physiofachbuch

Sportphysiotherapie

Harald Bant
Hans-Josef Haas
Martin Ophey
Mike Steverding

Paul Beenen
Mario Pietro Bizzini
Tom Fox
Erwin Jansen
Heinz-Otto Junker
Lusann Liebergesell
Walter Lindlbauer
Hannspeter Meier
Hauke Mommsen
Guido Perrot
Leo Pruimboom
Bernhard Reichert
Simone Schmidt
Dietmar Schmidtbleicher
Joachim Schwarz
Rolf Strasser
Igor Tak
Frans van den Berg
Robert van den Berg
Arjen van Duijn
Tim Watson
Thorsten Weidig
Sylvia Wunderlich
Fritz Zahnd

2. Auflage



Thieme



Sportphysiotherapie

Harald Bant, Hans-Josef Haas,
Martin Ophey, Mike Steverding

Paul Beenen, Mario Pietro Bizzini, Tom Fox, Sylvia Henn, Erwin Jansen, Heinz-Otto Junker, Lusann Liebergesell, Walter Lindlbauer, Hannspeter Meier, Hauke Mommsen, Guido Perrot, Leo Pruimboom, Bernhard Reichert, Simone Schmidt, Dietmar Schmidtbleicher, Joachim Schwarz, Rolf Strasser, Igor Tak, Frans van den Berg, Robert van den Berg, Arjen van Duijn, Tim Watson, Thorsten Weidig, Fritz Zahnd

2. Auflage

450 Abbildungen
222 Tabellen

Georg Thieme Verlag
Stuttgart · New York

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Ihre Meinung ist uns wichtig! Bitte schreiben Sie uns unter:
www.thieme.de/service/feedback.html

Wichtiger Hinweis: Wie jede Wissenschaft ist die Medizin ständigen Entwicklungen unterworfen. Forschung und klinische Erfahrung erweitern unsere Erkenntnisse, insbesondere was Behandlung und medikamentöse Therapie anbelangt. Soweit in diesem Werk eine Dosierung oder eine Applikation erwähnt wird, darf der Leser zwar darauf vertrauen, dass Autoren, Herausgeber und Verlag große Sorgfalt darauf verwandt haben, dass diese Angabe **dem Wissensstand bei Fertigstellung des Werkes** entspricht.

Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag jedoch keine Gewähr übernommen werden. **Jeder Benutzer ist angehalten**, durch sorgfältige Prüfung der Beipackzettel der verwendeten Präparate und gegebenenfalls nach Konsultation eines Spezialisten festzustellen, ob die dort gegebene Empfehlung für Dosierungen oder die Beachtung von Kontraindikationen gegenüber der Angabe in diesem Buch abweicht. Eine solche Prüfung ist besonders wichtig bei selten verwendeten Präparaten oder solchen, die neu auf den Markt gebracht worden sind. **Jede Dosierung oder Applikation erfolgt auf eigene Gefahr des Benutzers.** Autoren und Verlag appellieren an jeden Benutzer, ihm etwa auffallende Ungenauigkeiten dem Verlag mitzuteilen.

© 2018 Georg Thieme Verlag KG
Rüdigerstraße 14
D-70469 Stuttgart
www.thieme.de

Printed in Germany
1. Auflage 2011

Zeichnungen: Christiane und Dr. Michael von Solodkoff, Neckargemünd

Umschlaggestaltung: Thieme Gruppe
Umschlagfoto: Tobias Keil, Weinheim

Satz: L42 AG, Berlin
Gesetzt in Adobe InDesign CC

Druck: Appl, Wemding

ISBN 978-3-13-242434-0 1 2 3 4 5 6
Auch erhältlich als E-Book:
eISBN (PDF) 978-3-13-242435-7
eISBN (ePub) 978-3-13-242437-1

Geschützte Warennamen (Warenzeichen) werden **nicht** besonders kenntlich gemacht. Aus dem Fehlen eines solchen Hinweises kann also nicht geschlossen werden, dass es sich um einen freien Warennamen handelt.

Das Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Autorenadressen

Harald Bant
Hatertseweg 464
6533 GV Nijmegen
Niederlande

Hans-Josef Haas
Andreas-Schlüter-Str. 15
53639 Königswinter

Martin Ophey
Stollenbergweg 114
6572 AE Berg en Dal
Niederlande

Mike Steverding
Untere Hauptstr. 103
76863 Herxheim

Paul Beenen
Ed. Urbiceuta Piso 6
1300-125 Lisboa
Portugal

Mario Pietro Bizzini, PhD
Obstgartenstr. 9
8703 Erlenbach
Schweiz

Tom Fox
Feldstr. 7
53225 Bonn

Sylvia Wunderlich
Ströbinger Str. 18a
83093 Bad Endorf

Erwin Jansen
Nexus opleidingsinstituut
Maasweg 49
6591 BM Gennep
Niederlande

Heinz-Otto Junker
Storck-Schule Schule für Physiotherapie und Massage
Sebastian-Kneipp-Str. 36
35080 Bad Endbach

Lusann Liebergesell
Pestalozzistr. 19
34253 Lohfelden

Walter Lindlbauer
Ringstraße 6
5280 Braunau am Inn
Österreich

Hannspeter Meier
REHA-Zentrum Valznerweiher
Valznerweiherstr. 200
90480 Nürnberg

Prof. Dr. med. Hauke Mommsen
Friedheim 37
24944 Flensburg

Guido Perrot
Metzerstr. 19
4056 Basel
Schweiz

Leo Pruimboom
Ecles Bajos 52
03740 Gata de Gorgos
Spanien

Bernhard Reichert
Stiegelstr. 6
71701 Schwieberdingen

Dr. rer. nat. Simone Schmidt
Efferter Str. 57
53819 Neunkirchen-Seelscheid

Prof. Dr. med. Dr. h.c. Dietmar Schmidtbleicher
Ginnheimer Landstr. 39
60487 Frankfurt

Joachim Schwarz
Julius-Leber-Str. 25
69214 Eppelheim

Rolf Strasser
Eberlstr. 26
93051 Regensburg

Igor Tak
Oranje Nassaulaan 1
4101 JR Culemborg
Niederlande

Frans van den Berg
Römerstr. 18B
5204 Straßwalchen
Österreich

Robert van den Berg
Dr. Natterergasse 6/2/5
1020 Wien
Österreich

Arjen van Duijn
Schafmattstrasse 25
8841 Gross
Schweiz

Prof. Tim Watson
University of Hertfordshire
Department of Physiotherapy
Hatfield Campus/College Lane
AL109AB Hatfield Herts
United Kingdom

Dr. Dipl. Psych. Thorsten Weidig
Erikastr. 71
20251 Hamburg

Fritz Zahnd
Bühlstr. 10
8125 Zollikerberg
Schweiz

Autorenvorstellungen

Harald Bant, PT, BSc



Einleitung: Ich wurde geboren am 2. November 1966 in Hoevelaken, einem kleinen Dorf mitten in den Niederlanden. Während der Pubertät habe ich nach und nach immer mehr von der Welt kennengelernt. In Amersfoort besuchte ich die Rijkscholengemeenschap (staatliche Gesamtschule) und hatte danach die Qual der Wahl zwischen der Akademie für Leibeserziehung in Den Haag und der physiotherapeutischen Akademie „Thim van der Laan“ in Utrecht. Die Entscheidung fiel zugunsten der Physiotherapie aus, mit dem Ziel, meinen Beruf „Physiotherapeut“ mit meinem Hobby „Sport“ zu kombinieren. Nach vielen Kurse und der ISA-Ausbildung hatte ich mein Ziel schließlich erreicht: 1998 wurde ich Sportphysiotherapeut. Schon bald nach der Ausbildung zum Physiotherapeuten führte mich die Liebe nach Nijmegen, der ältesten Stadt der Niederlande, wo ich mittlerweile seit 22 Jahren lebe, mit meiner Frau Ditte, unseren Kindern Sanne, Rik und Lotte und nicht zu vergessen, unserem Labrador Sem.

Heutige Tätigkeiten: Schon früh in meinem Leben wurde ich mit dessen Relativität konfrontiert. Der plötzliche und unerwartete Tod meines Vaters ließ mich erkennen, dass es keinerlei Garantie dafür gibt, dass man am nächsten Morgen wieder aufwacht. Für mich ist diese Erkenntnis eine der stärksten Antriebsfedern, um jeden Tag zu genießen, aus jedem Tag ein Fest zu machen und alles aus dem Leben herauszuholen, was es bereithält.

In meiner physiotherapeutischen Praxis steht der folgende Satz an der Wand:

„Fülle deine Segel mit frischem Wind, suche, entdecke, erfahre, erlebe und feiere.“

Das immer noch andauernde Einfangen von „frischem Wind“ hat dazu geführt, dass ich eine Praxis für Physiotherapie, medizinische Fitness und Reintegration mit 12 Kollegen leite; das European Sports Physiotherapy Centrum in Gennep. Hier behandeln wir orthopädische und neurologische Klienten im weitesten Sinne des Wortes. Bei jedem Klienten streben wir - wie Sportler - nach einer Spitzenleistung, indem wir unserer Mission folgen und eine kreative Lernumgebung schaffen, in der der Patient Zuwendung und Freiraum erhält, um sich seiner eigenen Gesundheitsperspektive bewusst zu werden und anschließend daran arbeiten kann, die Qualität dieser Perpektive zu verbessern.

Neben der Praxisarbeit beschäftige ich mich seit 1998 auch mit dem Unterrichten. Ich habe an der International Academy for Sportscience (IAS), am Voortgezet Dienstverlenend Onderwijs (VDO) (weiterführende Schule im Dienstleistungsbereich) in Nijmegen und an der Hogeschool van Arnhem en Nijmegen (HAN) (Hochschule von Arnhem und Nijmegen), einer Schule für Physiotherapie, unterrichten dürfen.

2002 haben mein Kollege Robert van den Berg und ich unseren ganzen Mut zusammengenommen, um eine Ausbildungsstätte für Sportphysiotherapie ins Leben zu rufen: The European Sports Physiotherapy (ESP) Education Network. Mittlerweile hat unsere Ausbildung einen europäischen Charakter angenommen. In der Schweiz, in Österreich, Deutschland und den Niederlanden arbeiten wir mit einem enthusiastischen Team daran, Physiotherapeuten auf dem doch sehr speziellen Gebiet der Sportphysiotherapie auszubilden und zu qualifizieren. Ich selbst bin verantwortlich für die sportmedizinischen und sportphysiotherapeutischen Fächer.

2004 habe ich zusammen mit meinen Kollegen Martin Ophey und Paul Beenen in den Niederlanden ein Fort- und Weiterbildungsinstitut gegründet: Nexus. Nexus bedeutet wörtlich „Knotenpunkt“. Ein Kurs oder eine Ausbildung stellt für uns einen Knotenpunkt dar, an dem das Wissen und die Erfahrung anderer mit dem eigenen Handeln verknüpft wird.

Für die größte Herausforderung in unserem Beruf, sowohl in der Praxis als auch beim Unterrichten, halte ich dessen enorme Komplexität. In der Praxis geht es vor allem darum, den Kontext der Beschwerden eines Klienten aus biopsychosozialer Perspektive zu erkennen. Beim Unterrichten geht es vor allem darum, sportmedizinische, sportphysiotherapeutische und sportwissenschaftliche Fächer zu einem Ganzen zusammen zu fügen, mit dem Ziel, den Sportler bei seiner Leidenschaft zu begleiten, dem Ausüben seines Sports. Eine weitere große Herausforderung ist die Umsetzung klinischer und wissenschaftlicher Erkenntnisse in die tägliche Praxis. Hierbei spielt das Clinical Reasoning eine zentrale Rolle. Die Fallbeispiele im entsprechenden Teil dieses Buches zeigen, wie erfahrene Sportphysiotherapeuten an diese Herausforderung herangehen.

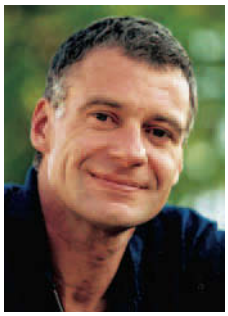
Neben der Physiotherapie interessiere ich mich aus beruflichen Gründen auch sehr für Philosophie, Evolutionslehre und die Naturwissenschaften. Indem ich diese Gebiete mit unserem Fach kombiniere, versuche ich einerseits, einen breiteren Kontext und mehr Tiefgang herzustellen und andererseits, die Relativität unseres Fachs aufzuzeigen. Bei jedem Kurs, bei jeder Ausbildung sehe

ich mich sowohl als Coach wie auch als Dozenten. Es ist jedes Mal eine große Aufgabe, unsere Kollegen zu begeistern, ihnen den Weg zu bahnen, sie herauszufordern und wo nötig zu unterstützen, sodass sie auf ihrer Reise zur Weiterentwicklung und Vertiefung der Sportphysiotherapie ihre eigenen Fähigkeiten optimal einsetzen können.

Persönliche Interessen: Keine optimale Anspannung ohne optimale Entspannung, oder wie Jost Hegner es fachsprachlich formuliert hat: „Trainieren ist Belasten und Wiederherstellen". Wenn meine berufliche Tätigkeit die Anspannung, das Training, darstellt, dann ist vor allem das Zusammensein mit meiner Familie die optimale Entspannung. Ohne sie hätte ich die Herausforderungen in meinem Beruf niemals bewältigen können. Es sind auch meine Hobbys (Laufen, Fitness, Inline-Skating, Gartenarbeit und Lesen), die mich im wörtlichen wie im übertragenen Sinne „erden". Wenn man es schafft, dieses Gleichgewicht in einem optimalen Zustand zu halten, kann man mit jedem Chaos im Leben fertig werden, oder wie Nietzsche es ausgedrückt hat: „Man muss noch Chaos in sich haben, um einen tanzenden Stern gebären zu können."

Eine Menge Chaos ist beim Schreiben dieses Buchs über Sportphysiotherapie entstanden, aber die Geburt eines tanzenden Sterns liegt nun in Ihren Händen. Viel Spaß beim Lesen!

Hans Josef Haas, Dipl.-Sportwissenschaftler



Hans-Josef Haas ist am 28. April 1958 in Marialinden bei Köln geboren. Von der Jugend bis zu seinem 27. Lebensjahr war er als Leichtathlet über die Mittelstreckendistanzen (800–1500 m) aktiver und erfolgreicher Leistungssportler.

Bis heute ist er dem Sport treu geblieben und verbringt seine Freizeit zusammen mit seiner Frau Petra und seinem Sohn Finn beim Klettern, Joggen, Mountain-Biken, Inline-Skaten, Snowboardfahren und Tauchen.

Ausbildung: 1992 Diplom in Sportwissenschaften an der Deutschen Sporthochschule in Köln.
In seinem Studium der Sportwissenschaften bevorzugte er neben den sportpraktischen Schwerpunkten Leichtathletik und Basketball die Fächer Sportmedizin, Leistungsphysiologie, Sportpsychologie und Rehabilitation.
Er unterbrach sein Studium für zwei Studienreisen nach Südamerika und Westafrika.

Beruflicher Werdegang: In verschiedenen Ausdauer- und Spielsportarten arbeitet er als Berater bzw. Athletiktrainer und beschäftigt sich dabei schwerpunktmäßig mit den Fragen der Leistungskontrolle, -entwicklung und Trainingssteuerung.

Bereits während seines Studiums war er ab 1987 an der Entwicklung und am Aufbau von Konzepten und Curriculae für die Weiterbildung von Physiotherapeuten zum Sportphysiotherapeuten beteiligt. Seit 2002 ist er Mitbegründer und Geschäftsführer der spt-education und seit 2005 zusätzlich Geschäftsführer der Universitätslehrgänge MAS (Master of Advanced Studies Sports Physiotherapy) bzw. MSc. (Master of Science Sports Physiotherapy) am Interfakultären Fachbereich Sport- und Bewegungswissenschaften (IFFB) der Universität Salzburg. Als Referent in diesen Weiterbildungen arbeitet er an der stetigen Aktualisierung dieser Konzepte mit. Das Vermitteln der angewandten Physiologie in der Sportphysiotherapie ist sein zentrales Anliegen. Dabei fasziniert ihn die Auseinandersetzung mit den Fragen nach dem „was, wann, wo, wie und warum" von physiologischen Vorgängen, die durch Training und Rehabilitationsprozesse ausgelöst werden. Das besondere Interesse an diesen Zusammenhängen führte zu seiner Mitarbeit als Autor an diversen Bänden der Lehrbuchreihe „Angewandte Physiologie" von Frans van den Berg hier im Thieme Verlag.

Martin Ophey, MSc

Ich bin 1975 in Kevelaer (Deutschland) geboren. Während meines Studiums der Physiotherapie an der Fachhochschule von Arnheim und Nimwegen (NL) von 1996 bis 2000 habe ich erfahren müssen, wie eingreifend der Paradigmenwechsel von Opinion Based Practice hin zu Evidence Based Practice ist. In den ersten drei Jahren des Studiums habe ich noch viele klassische Therapieformen wie Massage, Ultraschall und zum Beispiel diadynamische Stromformen kennengelernt. Im letzten Jahr des Studiums habe ich dann beim kritischen Lesen von wissenschaftlichen Publikationen feststellen müssen, dass für viele dieser Therapieformen kein Beweis der Effektivität besteht. Nach Abschluss des Bachelors habe ich mich darum entschieden, über einen Master of Science Studiengang herauszufinden, was der Wert der Wissenschaft für die tägliche Arbeit des Physiotherapeuten ist. Ich habe ge-



lernt, dass fehlender wissenschaftlicher Beleg für Effektivität nicht gleichzusetzen ist mit wissenschaftlichem Beleg für Ineffektivität.

Gleichzeitig kam ich mit der Sportphysiotherapie in Kontakt. Im Gegensatz zu den klassischen Therapieformen gab es nämlich schon zum damaligen Zeitpunkt verhältnismäßig viele wissenschaftliche Belege für aktive Rehabilitationsformen. Ein Grund zur Hoffnung für meine eigene physiotherapeutische Karriere und insgesamt ein Lichtblick am Ende des Tunnels.

Dieses Buch gibt meiner Meinung nach hervorragend wieder, wie die Sportphysiotherapie sich wissenschaftlicher und empirischer Evidenz bedient und in welche Richtung sich die Sportphysiotherapie in den nächsten Jahren noch entwickeln kann.

Zurzeit arbeite ich als Sportphysiotherapeut in einer Privatpraxis in Berg en Dal (NL), unterrichte für das European Sportsphysiotherapy Network (ESP), entwickle neue Kurse für das Nexus-Institut und verbringe meine Freizeit wandernd und kletternd in den Bergen der Welt.
Mehr Informationen auf
www.esp-education.net
www.nexus-physiotherapy.eu
www.fysiotherapiebergendal.nl

Mike Steverding, PT



wurde am 13.09.1963 in Landau/Pfalz geboren. Nach einigen Wanderjahren, lebt er mit seiner Ehefrau Eva Baltrusch-Steverding und seinen Kindern Kevin, Philipp, Luisa und Hannah in seinem Heimatort Herxheim. Dort leitet er seit 1997 sein Ambulantes Therapiezentrum MS SportReha.

Beruflicher Lebenslauf:

1987-1989	Ausbildung zum Physiotherapeuten an der Universitätsklinik Mannheim
1989-1990	Universitätsklinik Homburg/Saar
1990-1991	Ambulantes Therapiezentrum RehaGym, Karlsruhe
1991-1992	Ambulantes Therapiezentrum Sportec, Weinheim
1992-1994	therapeutischer Leiter, Leistungszentrum Reha Sport, Aspach/Österreich
1994-1996	therapeutischer Leiter, Ambulantes Therapiezentrum Reha Sport, Neustadt/Weinstraße
Seit 1997	Inhaber und fachliche Leitung Ambulantes Therapiezentrum MS SportReha, Herxheim

Lehr- und Referententätigkeit:

1991-1992	Lehrer an der Physiotherapieschule der Universitätsklinik Mannheim
1992-1999	Referent der A-Lizenztrainer- und Diplomtrainerausbildung des österreichischen Fußballbundes
Seit 1994	Mitbegründer, Kursleiter und Referent des Fachbereiches Sportphysiotherapie, nach dem Konzept SPT-Education

Sportlicher Werdegang:

1991-1992	Physiotherapeut und Athletiktrainer TUS Giresheim, 2. Handballbundesliga
1991-1999	Physiotherapeut der deutschen Juniorennationalmannschaft Basketball
1993	Physiotherapeut der österreichischen Freestyle Nationalmannschaft, bei der WM in Altenmarkt/Österreich
1994	Physiotherapeut bei den Olympischen Winterspielen in Lillehammer/Norwegen
1994-1996	Athletiktrainer der deutschen Juniorennationalmannschaft Basketball
1996	Physiotherapeut bei der U-18-Europameisterschaft Basketball in Tarbes/Frankreich
1999	Physiotherapeut bei der Nordischen Ski Weltmeisterschaft in Ramsau/Österreich
1999	Physiotherapeut bei der Twirling Europameisterschaft in Rüsselsheim/Deutschland
2001-2002	Physiotherapeut und Athletiktrainer 1. FC Saarbrücken
2002-2009	Physiotherapeut der U-21-Nationalmannschaft Fußball, Österreich
2002-2008	Projektleiter Medizin im Projekt Challenge EM 2008, des österreichischen Fußballbundes
2004-2007	Athletiktrainer BG Karlsruhe, 1. Basketballbundesliga
Seit 2009	Athletiktrainer der A-Nationalmannschaft Fußball, Österreich

Berufliche Weiterbildungen/Qualifikationen: Manuelle Therapie, Chiropraktik, Cranio-Sacrale Therapie, Sportphysiotherapie DOSB/IAS/SPT-Education, Kinesiotape, FBL, Medizinische Trainingstherapie und vieles mehr.

Paul Beenen, MSc



1995 machte ich meinen Abschluss als Physiotherapeut an der Hochschule von Arnhem und Nijmegen (HAN) und studierte anschließend Gesundheitswissenschaften an der Universität von Maastricht. Zurzeit arbeite ich an meiner Doktorarbeit, für die ich über die Implementation von Veränderungen in der Physiotherapie forsche. Von 1998 bis 2008 habe ich an der HAN unterrichtet und in einer Privatpraxis gearbeitet. Seit 2008 lebe und arbeite ich in der Nähe von Lissabon in Portugal. Ich arbeite dort als internationaler Koordinator für die Schulen des Roten Kreuzes (CVP) und koordiniere und unterrichte eine Physiotherapie-Master-Klasse an der Universität von Alcoitão (ESSA). Ich unterrichte motorisches Lernen und Praxismodelle in ESP- und Nexus-Kursen. Meine Interessen sind Veränderungen beim Lernen und im Verhalten in Bezug auf Gesundheit und Bewegung. Außerdem bemühe ich mich aktiv um die Professionalisierung der Physiotherapie (Ausbildung) in Europa; in dieser Rolle organisiere ich verschiedene Formen innovativer internationaler Ausbildungskurse.

Mario Bizzini, PT, MSc, PhD



Mario Bizzini, PT, PhD ist seit mehr als 20 Jahren in der Schulthess Klinik, einer auf Orthopädie und Sportmedizin spezialisierten Klinik in Zürich (Schweiz) tätig. Dort arbeitet er in der Wissenschafts-Abteilung der Orthopädie (Untere Extremität, www.schulthess-klinik.ch) und im Medizinischen Forschungszentrum der FIFA (FIFA Medical Research and Assessment Center, F-MARC, www.fifa.com/medical).

Er hat den Master of Science (MSc) der University of Pittsburgh, USA (School of Health and Rehabilitation Sciences, UPMC Center for Sports Medicine, 2001), und im August 2010 schloss er seine Doktorarbeit (PhD) am Oslo Sports Trauma and Research Center, Norwegian School of Sports Sciences (Oslo, Norwegen) ab.

Seine Forschungsbereiche sind: Hüft- und Knie-Rehabilitation im Sport, Verletzungen beim Fußball und deren Prävention. Er hat über 30 peer-reviewed Papers, 4 Bücher und 7 Buchkapitel publiziert und über 130 Präsentationen bei nationalen und internationalen Kongresse gehalten.

Er ist Reviewer verschiedener Journals und Associate Editor des International Journal of Sports Physical Therapy (www.spts.org/ijspt).

Als Sportphysiotherapeut ist er Vorstandsmitglied im Schweizerischen (www.sportfisio.ch) und im Internationalen Sportphysiotherapie Verband (www.ifsp-world.org). Er kooperiert als Konsultant mit Profi-Eishockey- und Fußballteams und hat an drei Fußball-Weltmeisterschaften (Deutschland 2006, Frauen-WM China 2007, Südafrika 2010) und an einer Olympiade (Beijing 2008) teilgenommen.

Tom Fox, Dipl.-Sportwissenschaftler



Geboren am 18.01.1967 in Kalletal

Member of the schientific advisory board European-Association of clinical PNI

Psycho-Neuro-Immunologist MSc i.A.

Alternative Practitioner

Der Heilpraktiker und Diplom-Sportwissenschaftler aus Bonn beschäftigt sich seit Jahren im Rahmen einer Lehrtätigkeit und am Patienten fast ausschließlich mit dem Thema klinische Psycho-Neuro-Immunologie sowie den Fachbereichen Ernährungsphysiologie, Trainingslehre und Sportmedizin in Deutschland, Österreich, den Niederlanden, Belgien und der Türkei. Seit 2003 organisiert er Weiterbildungen in klinischer Psycho-Neuro-Immunologie. Die Lösung gesundheitlicher Probleme, die durch Ernährung und Bewegungsmangel entstanden sind, steht dabei im Vordergrund seiner Recherche und Tätigkeit als Therapeut.

Tom Fox wohnt mit seiner Frau und seinen 2 Kindern in Bonn und widmet sich in seiner Freizeit gerne seiner Familie, Musik und Sport.

Bildungswerdegang:
- 1997 Diplom in Sportwissenschaften an der Sporthochschule Köln
- 1999 Weiterbildung EAP/MTT
- 2001 Abschluss der Weiterbildung Sportphysiotherapie
- 2003 Abschluss der Weiterbildung klinische Psycho-Neuro-Immunologie
- 2006 Zulassung als Heilpraktiker
- 2008/2009 Masterstudium Clinical Psycho-Neuro-Immunology an der Universität Girona (E)

Publikationen:
- 2005 Krafttraining in Physiopraxis 01/2005
- 2006 Krafttraining und Ernährung in Physiopraxis 03/2006
- 2008 Allergien bij kinderen in Van Nature 2008
- 2009 Beweging, het wapen tegen stress en ziekte in Van Nature 2009

Sylvia Henn, PT



Sylvia Henn (Jahrgang 1977) ist Physiotherapeutin, Manualtherapeutin und Inhaberin der Lizenz DOSB-Sportphysiotherapie.

Seit über 10 Jahren ist sie als Physiotherapeutin und leitende Angestellte in Therapie, Sport und Bildung tätig.

Hierzu zählen vor allem die Betreuung der Nationalmannschaften Fechten sowie die Übernahme verschiedenster Tätigkeiten an den Olympiastützpunkten Tauberbischofsheim und Rheinland. Die sportpsysiotherapeutische Betreuung von international bekannten Sportlern fand, neben diversen Europa- und Weltmeisterschaften, ihren Höhepunkt bei den Olympischen Spielen 2008 in Peking.

Als freiberufliche Dozentin mit dem Schwerpunkt untere Extremität und als therapeutische Leitung eines ambulanten REHA-Zentrums, ist sie immer auf dem aktuellsten wissenschaftlichen Stand, welcher in der Praxis erprobt und angewendet wird.

Erwin Jansen, PT



Ich wurde geboren am 21. März 1969 im schönen Heijen im Süden der Niederlande.

Dort wohne ich immer noch, zusammen mit meiner Frau Cristien und unseren Kindern Rai und Iza.

Vor allem gefallen uns dort die schönen Wälder und die Flüsse Maas und Niers.

1992 habe ich meine Ausbildung in Nijmegen abgeschlossen und anschließend 3 Jahre lang in verschiedenen Praxen in Deutschland Erfahrungen gesammelt.

Von 1995 bis 2009 habe ich für die Stiftung *Dichterbij* (näher heran) gearbeitet, die sich um geistig behinderte Menschen kümmert. Hier habe ich mich spezialisiert auf die Neurorehabilitation von Menschen mit mehrfachen Einschränkungen und leicht geistig behinderten Menschen mit Verhaltensstörungen. Für die Mitarbeiter habe ich eine interne Reintegrationseinrichtung aufgebaut, die präventive und kurative Programme zur Verbesserung des Wohlergehens der Mitarbeiter anbietet.

Zusätzlich zu meiner Ausbildung in Neurorehabilitation habe ich mich auf die Haptonomie spezialisiert; diese Ausbildung hat ungefähr 8 Jahre gedauert. Die Haptonomie ist eine Herangehensweise, die gut an die Physiotherapie anschließt und sich mit der Erforschung des menschlichen Gefühlslebens beschäftigt. Die Haptonomie geht davon aus, dass der Mensch über Selbstheilungskräfte verfügt und lehrt die Patienten, auf welche Weise sie mit Problemen und Beschwerden umgehen können. Sie propagiert einen sehr aktiven Umgang mit Beschwerden und passt perfekt zur Mission der Praxis, in der ich zurzeit arbeite.

In Gennep habe ich nämlich, zusammen mit Harald Bant, eine Praxis für Physiotherapie, Rehabilitation, medizinische Fitness, Reintegration, Haptonomie und Diätetik gegründet. Unser Team besteht aus 12 Personen. Gegenstand unserer Programme, die einen multidisziplinären Charakter haben, ist das gesamte Spektrum dessen, was wir als „Gesundheit“ bezeichnen.

Das sind momentan also meine großen Leidenschaften: meine Familie, die Praxis und das Unterrichten (bei der European Sportphysiotherapy Education).

Heinz-Otto Junker, PT



Ich wurde 1961 in Dautphetal - Mornshausen geboren. Nach der Mittleren Reife, Ausbildung zum Masseur und Medizinischen Bademeister.

Ausbildung:

1979 bis 1981	Berufsausbildung zum Masseur und Medizinischen Bademeister an der Storck – Massageschule Bad Endbach
1997	Verkürzte Ausbildung zum Physiotherapeuten an der Storck – Physiotherapie – Schule Bad Endbach

Fort- und Weiterbildung (Auswahl):

- PNF
- Sportphysiotherapeut
- Lymphdrainage
- Schlingentisch
- Rückenschule
- Funktionelle Bewegungslehre
- Studienlehrgang zur pädagogisch-psychologischen Qualifizierung von Lehrkräften im Gesundheitswesen

Beruflicher Werdegang:

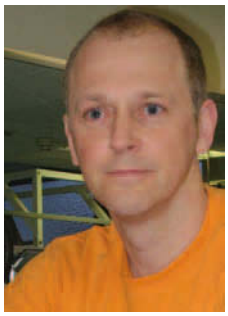
1983 – 1986	Masseur und Medizinischer Bademeister im Rheumazentrum Mittelhessen
1986 – 1999	Lehrkraft an der Storck – Massageschule Bad Endbach und Stellvertretender Leiter der Massageschule; Lehrtätigkeiten insbesondere klassische Massagetherapie, Anatomie, Bewegungslehre
Seit 1994	Lehrkraft an der Storck – Physiotherapie – Schule Bad Endbach im Fachbereich klassische Massage und spezielle Massagetechniken
Seit 1995	Referent bei Tagungen und Ärzteseminaren, Mitautor verschiedener Fachbüchern
Seit 2000	Leitende Lehrkraft der Storck – Physiotherapie – Schule Bad Endbach und Physiotherapeut am Rheumazentrum – Mittelhessen Bad Endbach

Lusann Liebergesell, Dipl.-Physioth.



- Diplom-Physiotherapeutin seit 2009
- 9 Jahre im ambulanten Rehazentrum am Urbicher Kreuz Erfurt tätig
- Behandlungsschwerpunkte Orthopädie, Chirurgie, Traumatologie und Sportmedizin
- ausgebildete Therapeutin in Manueller Lymphdrainage seit 2003
- ausgebildete Bobath Therapeutin seit 2004
- ausgebildete K-Taping Therapeutin seit 2008
- seit 1. Sept. 2011 Ausbildungsleitung an der Schule Dr. Rohrbach in Kassel (staatlich anerkannte Berufsfachschule für Physiotherapie)

Walter Lindlbauer, PT



Geboren 1969 in Braunau/Inn Oberösterreich, wo ich auch meine Kindheit und Jugend verbrachte und zur Schule ging. Nach Abschluss meiner Physiotherapieausbildung kehrte ich wieder in meine Geburtsstadt zurück, wo ich heute mit meiner Frau Nicole und meinen drei Söhnen lebe und arbeite.

Ausbildung: mein erster Beruf war Tischler (Lehre für Holzverarbeitung FA Barth 1985-1988), dann bin ich über die Krankenpflege (1990-1993 Gesundheit und Krankenpflegeschule am Krankenhaus St. Josef GmbH Braunau) zur Physiotherapie gekommen. Grundausbildung zur Physiotherapie 1993-1996 an der Akademie für Physiotherapie in Steyr.

Weiterbildung: Sportphysiotherapie am DFZ Mainz (Stützpunkt Salzburg), manuelle Ausbildung nach Kaltenborn - Evjenth, Ernährungsberatung SPT Edukation, Kinesiotape K- Aktive, APM nach Penzel, IMAK Ausbildung (Applied Kinesiology), Kurs für leitende Angestellte und Führungskräfte - Mitarbeiterführung am IBG (Institut für Bildung im Gesundheitsdienst) Bad Schallerbach.

Beruf: seit 1997 leitender PT im Krankenhaus St. Josef Gmbh Braunau.

Lehrtätigkeit: Sportphysiotherapie an der Uni Salzburg und Wien (Master Ausbildung) sowie für die SPT Education (Deutschland – Österreich – Schweiz), Lehrer für Trainingslehre an der Akademie für Physiotherapie Ried und Ergonomie an der Gesundheit und Krankenpflegeschule des KH Braunau. Außerdem Referent bei verschiedenen Kongressen und Fortbildungsveranstaltungen zum Thema Rehabilitation nach Sportverletzungen mit Schwerpunkt Trainingstherapie.

Therapeutische Betreuung: Kunstturnen männlich Landeskader Oberösterreich und Leichtathletik (Günter Weidlinger) national und international.

Hannspeter „Hape“ Meier, PT



- Geboren 1958
- Leiter des Rehazentrum Valznerweiher in Nürnberg, Rehazentrum für Sport und Hochleistungssport
- Physiotherapeut und Sportphysiotherapeut im DOSB
- Manualtherapeut, Reha-Trainer
- Lehrer für MTT, STT, Golftherapie
- Ständiger Lehrbeauftragter des DOSB
- Buchautor

Ausbildung:

- Studium der Germanistik und Philologie, 1984 Staatsexamen an der Uni Regensburg
- Krankengymnastikschule Bad Abbach bei Regensburg, Examen 1986
- Danach Praktikum und physiotherapeutische Taetigkeit im Reha Fit Center in Schoemberg bei Pforzheim
- 1983 - 1986 Bayerischer Landestrainer fuer Volleyball Jugend maennlich
- 1987–2001 Sportphysiotherapeut der Volleyball-Nationalmannschaft der Männer
- Zusatzausbildungen in den Bereichen
  - Manuelle Therapie
  - Lymphdrainage
  - Voijta Therapie
  - McKenzie Therapie
  - Myofasziale Therapie
  - MTT / KGG
  - Rehatrainer der IAS
  - Golftherapie
  - Slingtrainingstherapie

Berufliche Tätigkeit:

- Leiter der AMS Fortbildungsakademie
- Lehrer fuer Sportphysiotherapie, MTT, KGG, STT, Golftherapie
- Buchautor/ MTT in der Praxis, 1997, 2007
- Autor zahlreicher Fachartikel
- Physiotherapeut im Hochleistungssport, L.EAP der VBG
- Leitender Sportphysiotherapeut des ADH, Universiade

Prof. Dr. med. Hauke Mommsen, PT



- Facharzt Orthopädie/ Unfallchirurgie und Sportmedizin
- Diplom Osteopath D.O. DAAO/ EROP Diploma Osteopathic Medicine
- Physiotherapeut/Sportphysiotherapeut DOSB
- Professor für Physiotherapie an der University of applied sciences, Fachhochschule Kiel (Fachbereich Soziale Arbeit und Gesundheit)
- Mannschaftsarzt der SG Flensburg-Handewitt, 1. Handball-Bundesliga seit 2002, THW Kiel 1997-2002
- Ärztlicher Leiter Akademie Damp Bereich Sportmedizin/ Sportphysiotherapeut/ MTT/ MAT und Taping

Guido Perrot, PT, MAS Sportphysiotherapie



Guido Perrot ist am 28.10.1961 in Basel geboren. Als Jugendlicher begeistern ihn viele verschiedene Sportarten, aktiv betreibt er vor allem Handball. Eine Knieverletzung bremst den Sport abrupt. Fehlende Kenntnisse in der Nachbehandlung und mehrere Rezidive verhindern die Rückkehr zum Leistungssport. Fortan gilt sein Interesse der „progressiven" Nachbehandlung von Sportverletzungen.

Ausbildung:

- 1983 Diplom für Physiotherapie in Basel
- 1999 Instruktor für analytische Biomechanik nach R. Sohier
- 2009 MAS Sportphysiotherapie, Salzburg

Beruflicher Werdegang:

- 1983 Physiotherapeut, Reha-Klinik Rheinfelden
- 1988 Leiter Institut für Physiotherapie, Merian Iselin, Klinik für Orthopädie und Chirurgie
- 1998 Leiter Therapien, Parkresort Rheinfelden

Die Förderung der aktiven (Sport-) Rehabilitation ist ihm als Leiter Therapien sowie als Dozent an der Fachhochschule ein zentrales Anliegen. Sein Interesse gilt der Vernetzung und Umsetzung von wissenschaftlich fundiertem Fachwissen in die physiotherapeutische Behandlung. Die Bio- und Pathomechanik des Bewegungsapparates, die Wundheilung, die konditionellen Faktoren und die psychologische Betreuung stehen dabei im Mittelpunkt.

1998 gründet er mit Freunden die Schweizerische Arbeitsgruppe für Rehabilitationstraining. Der Verein (SART) setzt sich für eine optimale Vorbeugung und Heilung von Verletzungen am Bewegungsapparat des Menschen ein (www.sart.ch).

SART – schweizerische arbeitsgruppe für rehabilitationstraining, c/o Merian Iselin, Klinik für Orthopädie und Chirurgie, Postfach, 4009 Basel, Schweiz, guido.perrot@sart.ch

Leo Pruimboom, MSc



Nach mehreren Studiengängen, darunter auch Physiotherapie und Biochemie/Physiologie, beschäftigt sich Leo Pruimboom seit 1987 mit Klinischer Psychoneuroimmunologie. Seit dieser Zeit hat sein Leben einen neuen Schwerpunkt bekommen. Er ist wissenschaftlicher Leiter der Natura Foundation und Direktor von zwei Masterstudiengängen in Klinischer PNI an den Universitäten von Gerona (Spanien) und Graz (Österreich).

Seine Frau Fany und die beiden Kinder Marcela und Marco sind seine große Liebe und haben seinem Leben das Ziel der Beständigkeit gegeben und den Wunsch, darin eine Spur zu hinterlassen. Neben Fany, Marcela und Marco sind Freunde, klassische Opern, Sport, PNI, Decision Making Research und klinische Untersuchungen besonders wichtig in seinem Leben; Medizinische Anthropologie bedeutet für ihn die Zukunft.

Bernhard Reichert, PT, BSc



Geboren 1959 in Düsseldorf. Nach Abitur, erster Berufsausbildung und Selbstständigkeit verlegten seine Familie und er den Wohnsitz nach Schwieberdingen im Kreis Ludwigsburg.

Ausbildung:

1979 – 1981	Berufsausbildung zum Masseur und med. Bademeister an der staatl. anerk. Massageschule der Unikliniken in Düsseldorf
1994 - 1995	Verkürzte Ausbildung zum Physiotherapeuten an der VPT Akademie - staatl. anerk. Massage-/ Physiotherapeuten-Schule Fellbach
1996 - 1997	Ausbildung zum Bildungsmanager in der Aus- und Weiterbildung an der Führungsakademie der Fa. orgakom in Waldbronn

Beruflicher Werdegang:

1984 - 1995	Selbstständigkeit in eigener Praxis für Physikalische Therapie in Solingen
Seit 1994	Lehrkraft an der Physiotherapeutenschule und Schulleiter der Massageschule der VPT Akademie in Fellbach; Lehrtätigkeit insbesondere in Manueller Therapie, Funktioneller Anatomie und Klassischer Massagetherapie
Seit 1988	Referent in der Fort- und Weiterbildung vorwiegend innerhalb der VPT Akademie in Fellbach mit Schwerpunkten der Anatomie und Manuellen Therapie
Seit 1996	Selbstständig als Consultant und Inhaber der Fa. physio train consult mit Schwerpunkt auf Bildungsbedarfsanalyse und Bildungsplanung für Kliniken
Seit 1999	Anerkannter Fachlehrer für Manuelle Therapie (IKK-Bundesverband)
Seit 2008	Bachelor of Science in Physiotherapy an der Dresdner International University (DIU)
Seit 2009	Student Master of Science in Physiotherapy am FH Campus Wien

Dr. rer. nat. Simone Schmidt



Geboren 1973 in Köln, studierte sie Pharmazie an der Universität Bonn. Nach Erlangung der Approbation als Apothekerin 1999 war sie bis 2004 als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Deutschen Sporthochschule in Köln angestellt. Hier fertigte sie ihre Promotion zum Thema Phytoestrogene im Fachgebiet Pharmakologie in Kooperation mit der Universität Bonn an.

Sie ist seit vielen Jahren als Honorardozentin für das Fach Arzneimittellehre bei der Caritas im Fachseminar für Altenpflege und der PTA-Schule Köln tätig. Bei der spt education (Gesellschaft für die Fort- und Weiterbildung in Sportmedizin, Physiotherapie und Trainingswissenschaften) unterrichtet sie seit 2003 das Themengebiet Doping.

Neben ihrer Tätigkeit in einer öffentlichen Apotheke im oberbergischen Kreis schreibt sie als freie Autorin Fachartikel aus dem Bereich der Pharmazie und Medizin unter anderem für pnn (pharma nation network ag, Zürich, Schweiz) und PHARMA-LABOR (Apotheker H. Förster GmbH, Arnsberg). Seit 2010 ist sie zusätzlich als Auditorin für QMS bei der Apothekerkammer Nordrhein tätig.

Prof. Dr. Dr. h. c. Dietmar Schmidtbleicher



Geburtsdatum 13.7.1949

Lehrstuhlinhaber für Sportwissenschaft am Institut für Sportwissenschaften an der Goethe-Universität Frankfurt/Main (Departement of Exercise Physiology). Arbeits- und Forschungsschwerpunkte sind Kraft- und Schnellkrafttraining und dessen Auswirkung auf das Nerv-Muskelsystem, Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung, Entwicklung von Diagnostik- und Trainingsinstrumenten. Außerdem wurde eine neue Trainingsmethode (Stochastische-Resonanz-Therapie/SRT) für den Hochleistungssport und die Rehabilitation entwickelt.

Prof. Dr. Dr. h. c. Dietmar Schmidtbleicher war über zwölf Jahre Vorsitzender des Direktoriums des Bundesinstituts für Sportwissenschaften. Er ist Ehrenpräsident der „European Interdisciplinary Society for Clinical and Sports Applications" und Gutachter von zehn nationalen und internationalen wissenschaftlichen Zeitschriften. Er publizierte über 400 Bücher und Artikel und gilt als einer der führenden Experten für das Krafttraining im Hochleistungsbereich.

Joachim Schwarz, PT



ist Physiotherapeut und arbeitete 10 Jahre im orthopädisch-traumatologischen Bereich. Neben zahlreichen Fortbildungen absolvierte er von 2004–2006 die OMT-Ausbildung beim Schweizerischen Verband Orthopädischer Manipulativer Physiotherapie. Er lebt mit seiner Frau und seinen beiden Kindern in Eppelheim bei Heidelberg.

Rolf Strasser



- Staatlich geprüfter und anerkannter Masseur und Medizinischer Bademeister
- Fachlehrer für Physikalische Therapie
- Sportphysiotherapeut
- Ärztlich geprüfter Fußpfleger

Ausbildung und beruflicher Werdegang: Nach meiner Krankenpflegeausbildung folgte ab 1969 eine Ausbildung zum Masseur und Medizinischen Bademeister. Diese Tätigkeit übte ich 6 Jahre lang in verschiedenen Kliniken und Privatpraxen aus. Anschließend absolvierte ich eine Ausbildung zum Fußpfleger. In München-Grünwald wurde ich bei Dr. Montag und seinem Sohn Hans Montag zum Sportphysiotherapeuten ausgebildet. Bei Professor Ruprecht in Hannover legte ich die Fachlehrerprüfung für Physikalische Therapie ab und wechselte als Leitende Lehrkraft an eine anerkannte Berufsfachschule für Masseure, wo ich 22 Jahre lang in unterschiedlichen Fächern unterrichtete. Parallel dazu war ich – wann immer Gelegenheit bestand – in der Praxistherapie tätig.

Daneben erarbeitete ich 1994 auf Berufung des Staatsinstituts für Pädagogik und Bildungsforschung (www.isp.Bayern.de) die neuen Ausbildungspläne für Masseure und Medizinische Bademeister aus.

In meiner Zeit als Fachlehrer war ich aktiv an der Verbandstätigkeit im VPT in der Arbeitsgemeinschaft Schulen beteiligt.

Igor Tak, PT, MSc



Physiotherapeut in der Privatpraxis für (Sport-)Physiotherapie und Manuelle Therapie Utrecht-Ost in Utrecht/Niederlande.

Dozent und Koordinator des „Professional Master"-Lehrgangs in Sportphysiotherapie am *Dutch Institute for Allied Health Care* (NPI) (niederländisches Institut für Gesundheitsfachberufe).

Frans van den Berg, PT, BSc



wurde am 8. Oktober 1952 in Rotterdam geboren, wo er auch seine Jugend und Studienzeit verbrachte. Nach Abschluss der Physiotherapie-Ausbildung arbeitete er in seiner Praxis für Physiotherapie in Gouda. Von Januar 1990 bis Juli 2006 lebte er in Deutschland, in der Nähe von Mainz, wo er viele Jahre eine eigene Praxis für Physiotherapie leitete. Seit Juli 2006 lebt er mit seiner Lebensgefährtin Sandra in Zell am Moos in Österreich und arbeitet in der gemeinsamen Praxis für ganzheitliche Physiotherapie.

Ausbildung:

1975–1979	Ausbildung zum Physiotherapeuten an der Akademie für Physiotherapie, Rotterdam
1979–1982	Kurse in Manueller Therapie, FAC Hamm, bei den Lehrern F. Kaltenborn, O. Evjenth, W. Hinsen
1980	Kurse in Orthopädischer Medizin, London, bei Dr. James Cyriax
1983	Weiterbildungskurs: Neurophysiologie
1984	Weiterbildungskurs: Leistungsphysiologie
1985	Weiterbildungskurs: Zahnmedizin und Physiotherapie in einer multidisziplinären Betrachtung der Dysfunktionen des Kausystems. Lehrer: Prof. Mariano Rocabado (Chile)
1988	Abschlussexamen Orthopädische Manuelle Therapie (Kaltenborn/Evjenth-Konzept), Prüfer: David Lamb (CAN), Walter Hinsen (D), Freddy Kaltenborn, Olaf Evjenth und Lasse Thue (N)
1991–1992	Weiterbildung Ernährung und Physiotherapie bei Ghislaine Heesen
1992–1993	Weiterbildung im McKenzie-Konzept bei Peter Lageard (GB)
1996	Grundkurs Manuelle Therapie – Maitland Konzept (IMTA) bei Pieter Westerhuis
1998	Kurs Neurale Mobilisation bei David Butler
2002	Kurs Problematischer Schmerzpatient bei Max Zusman und Martina Moog

Beruflicher Werdegang:

1979–1980	Freier Mitarbeiter im Institut für Physiotherapie, Gouda
1980–1990	Eigene Praxis für Physiotherapie in Gouda
1980–1984	Lehrer für Massagetherapie an der Akademie für Physiotherapie, Rotterdam
1981–1990	Lehrer für Manuelle Therapie an dem Internationalen Seminar für Orthopädische Medizin/Manuelle Therapie (ISOMT)
1990–1992	Gastlehrer an der Vrije Universiteit Brussel, Weiterbildungsprogramm in Manueller Therapie für Physiotherapeuten und Ärzte
1990–1995	Clinical Instructor – Orthopaedic Manual Therapy an der ISOMT
1995	Unterricht an der Oakland University, USA, Manuelle Therapie und Bindegewebsphysiologie
Seit 1995	Senior Instruktor Orthopädische Manuelle Therapie
1997–2001	Freier Mitarbeiter in der Praxis für Physiotherapie und Manuelle Therapie – William Kuster in Grünstadt
2001–2006	Inhaber einer Praxis für ganzheitliche Physiotherapie in Mainz
2001–2006	Lehrauftrag Studiengang Physiotherapie an der Philips-Universität in Marburg, Unterrichtsbereiche: Angewandte Physiologie, Manuelle Therapie, Kiefergelenkbehandlung
Mai 2003	Gründer und Lehrer der Internationalen Akademie für Osteopathische und Manuelle Therapie (IAOMT) – Kursreihe KPM - Klinisches Patientenmanagement®

Seit vielen Jahren Vortragender auf nationalen und internationalen Kongressen.

Hobbys: Reisen, Schlittschuhlaufen, Skifahren, Wandern – und dem Klischee entsprechend mittlerweile in einem Alter: Golf spielen.

Seit langer Zeit ist es ihm ein großes Anliegen, Physiotherapeuten von der Notwendigkeit zu überzeugen, sich kontinuierlich mit den Inhalten der Grundlagenfächer der Physiotherapie – Anatomie und Physiologie – auseinanderzusetzen.

Zudem möchte er die Physiotherapeuten dazu ermutigen, sich hinsichtlich Untersuchung und Behandlung der Patienten nicht auf die alleinige Beurteilung des Bewegungsapparates zu beschränken.

Robert van den Berg, BSc, MSc



Geboren am 16. April 1972 und aufgewachsen in Weert (Niederlande), der „Stadt im Grünen“, die in ganz Holland für ihre „Weerter Vlaaitjes“, einer typischen Süßspeise, bekannt ist und die stets – wo ich auch immer sein werde – mein zu Hause ist.

Nach dem Gymnasium studierte ich auf der Hochschule in Eindhoven Physiotherapie. Mit ambivalenten Gefühlen blicke ich auf diese Zeit zurück. Die Ausbildung selbst war sehr interessant! Das Wichtigste, das ich gelernte habe, jedoch war, dass die klassische Physiotherapie nicht das Richtige für mich ist. Nach meinem Studium arbeitete ich für das Verteidigungsministerium, wo ich mich mit ganz anderen Dingen beschäftigte. Nachdem mein Vertrag zu Ende war, begann ich wieder zu studieren. Ich kombinierte die Fachgebiete Bewegungswissenschaften / Leistungsphysiologie mit einem Teilzeitjob als Sportphysiotherapeut und Trainer für den Niederländischen Athletenverband KNAU und eine Anzahl anderer Topathletenteams. In dieser Funktion durfte ich auch bei vielen internationalen Sportevents teilnehmen und konnte so meinen Teil zur „Road to Sydney“ beitragen.

Als junger Leistungsphysiologe entschied ich mich 1999 für eine Stelle als Hauptdozent für das Fachgebiet Sportwissenschaften an der „International Academy for Sportscience“ (IAS) bei Bert van Wingerden. Die Chance, die ich durch Bert bekam, war richtungsweisend für meine heutige Karriere. Auch nachdem sich unsere Wege bereits lange getrennt hatten, werde ich ihm hierfür immer dankbar sein.

Bei der IAS lernte ich auch Harald Bant kennen. Es entwickelte sich eine ganz besondere Freundschaft, die schon mehr als 15 Jahre durch dick und dünn geht. Im Jahre 2002 beschlossen Harald und ich, eine gemeinsame Firma, das „European Sports Physiotherapy Education Network“ (ESP) zu gründen.

Bei ESP bin ich für das Curriculum der Fachgebiete Sportwissenschaften und den nichtorthopädischen Teil der Sportmedizin verantwortlich. Stark inspiriert hat mich Per Olaf Astrand, der bereits im Jahre 1968 auf die Wichtigkeit des Bewegens hinwies. Von ihm stammen die für mich legendären Worte: „The human body is made for activity, once we had to run in order to survive“.

Diesem Leitmotiv versuche in der sportphysiotherapeutischen Ausbildung Rechnung zu tragen, einerseits durch wissenschaftlich fundiertes Lehren und andererseits durch Übungen mit hoher praktischer Umsetzbarkeit.

Neben meiner Arbeit für ESP betreue ich Studenten im Bereich der Sportwissenschaften und immer mehr bzw. wieder auf dem Gebiet des „Tactical Strength and Conditioning“ (TSAC). Auf theoretisch hohem Niveau beschäftige ich mich mit der Physiologie (vor allem der Zelluladaptation) des Muskelsehnenkomplexes und der Systemphysiologie. Ein relativ neues Fachgebiet, auf dem unter anderem wissenschaftliche Modelle entworfen werden, um komplexe physiologische Prozesse besser zu verstehen.

Des Weiteren bin ich bereits über 20 Jahre als Tauchlehrer aktiv, sowohl für rekreatives als auch technisches Tauchen. Ich unterstütze unter anderem das Divers Alert Network (DAN-Europe) durch hoch spezialisierte Erste-Hilfe-Kurse für Taucher und zugleich durch das Ausbilden neuer Instruktoren.

Das Allerwichtigste habe ich bis zum Schluss aufbewahrt! Die Liebe hat mich nach Wien gebracht. Hier traf ich meine „Christine“. Im Sommer 2010 haben wir sowohl in Wien als auch in Weert geheiratet. Kinder haben wir noch keine, aber bis es soweit ist, bin ich der „coolste“ Onkel auf der ganzen Welt – für meine Wahlneffen Lukas und Florian.

Arjen van Duijn, PT, MAS



Geburtsdatum	09.09.1963
Geburtsort	Noordwijkerhout, Niederlande
Nationalität	Schweiz/Niederlande

Ausbildung:

1977 – 1980	Handelsschule Zürich, Diplom
1980 – 1981	Exchange student, High School, Dalton, Georgia, USA
1982 – 1986	Studium Biologie, Gesundheitswissenschaften, Berry College, Georgia, USA Abschluss mit Bachelors Degree
1986 – 1990	Schule für Physiotherapie, Den Haag, Niederlande, Abschluss Bachelors Degree, Physiotherapie.
1991 – 1994	Ausbildung für manuelle Therapie Maitland, Level 1-3
1994 – 1995	Weiterbildungen; neurodynamische Teste und Therapie, nicht spezifische Rückenbeschwerden
1996 – 1999	Ausbildung Sportphysiotherapie, Schweiz Level 1-2
1999 – 2000	Spezialisation; Osteoporose, Rheuma, aktive Rehabilitation der Wirbelsäule, Sportphysiotherapie Level C
2003 – 2004	Didaktischer Fähigkeitsausweis: Europäischer Fachhochschuldozent
2008 - 2010	Ausbildung MAS Sportphysiotherapie, Salzburg Abschluss mit MAS

Arbeitserfahrung:

1982 – 1986	Praktika in diversen Spitälern in Rome, Georgia, USA
1990 – 1991	Teilzeitarbeit als Physiotherapeut, Den Haag, Niederlanden
1991 – 1994	Physiotherapeut im Westeinde Krankenhaus, Niederlanden; Intensivstation, Orthopädie, Traumatologie, Chirurgie, Neurologie
1994 - 2006	Leiter der Abteilung Paramedizin und Physiotherapie, Spital Lachen AG, Schweiz Dozent an der Schule für Physiotherapie Triemli, Zürich; Anatomie, Rheumatologie, funktionelle Anatomie Dozent bei European Sports Network, Sportphysiotherapie Dozent an der Schule für Rettungssanitäter (Emergency), Zofingen Berater des Fliegerärztlichen Instituts, Dübendorf Konditionstrainer/Physiotherapeut des Skikaders Region Mitte, Schweiz Lehrer für Instruktoren der Activit Fitnesscenter Fachlicher Beirat und Referent der Swiss Association of Rehabilitation Therapists (SART)
Seit 2006	Fachhochschuldozent an der Zürcher Fachhochschule in Winterthur (ZHAW), Dept. Physiotherapie. Fächer: Assessment und Intervention, Bindegewebsphysiologie
Sprachen	Englisch, Deutsch, Niederländisch: schriftlich, mündlich, Italienisch, Französisch: mündlich

Tim Watson, PhD, BSc, MCSP, DipTP



Tim Watwon wurde in London (England) zum Physiotherapeuten ausgebildet und machte 1979 seinen Abschluss. Nachdem er mehrere Jahre im staatlichen Gesundheitswesen (hauptsächlich muskuloskeletale Orthopädie und Rheumatologie) sowie mit verschiedenen Sportvereinen und Nationalmannschaften gearbeitet hatte, wandte er sich der Lehre zu und unterrichtete zunächst am *West Middlesex Hospital*, dann an der *Brunel University* und aktuell an der *University of Hertfordshire*. Er studierte Biomedizinische Wissenschaften und promoviert 1994 an der *University of Surrey* (Abteilung für Biomedizintechnik). Seine Doktorarbeit trug den Titel „The Bioelectric Correlates of Musculoskeletal Injury and Repair“ (Die bioelektrischen Korrelate von muskuloskeletaler Verletzung und Reparatur). Er hat eine ganze Reihe von Aufsätzen veröffentlicht, ist Herausgeber eines maßgeblichen Textes über Elektrotherapie und hat viele Beiträge zu anderen Veröffentlichungen geleistet. Er arbeitet als Reviewer für mehr als 25 Zeitschriften und Förderungsgremien und zeichnet auf seinem Fachgebiet verantwortlich für mehr als 800 Vorlesungen, Kurzlehrgänge und Konferenzbeiträge. Er forscht in verschiedenen Bereichen – vor allem im Zusammenhang mit Elektrotherapie und Gewebereparatur – und ist zurzeit Professor für Physiotherapie an der School of *Health & Emergency Professions* an der *University of Hertfordshire*.

Dr. Dipl. Psych. Thorsten Weidig



verantwortet beim Hamburger Sport-Verein seit 2010 die sportlichen Bereiche Persönlichkeitsentwicklung und Karrierebegleitung. Zuvor war er von 2005 bis 2010 Mitarbeiter am Lehrstuhl für Sportpsychologie der Fakultät für Sportwissenschaft an der Ruhr-Universität Bochum. In dieser Zeit promovierte er über Trainerkompetenz und betreute Spitzensportler (z.B. die Tischtennis-Nationalmannschaft) in zahlreichen Sportarten. Ein weiterer Tätigkeitsschwerpunkt lag in der Weiterbildung und Beratung von Trainern, unter anderem an der Trainerakademie Köln des Deutschen Olympischen Sportbundes. Ebenso war und ist er in der Fortbildung von Physiotherapeuten und Ärzten tätig. Thorsten Weidig hat 2004 an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen das Psychologiestudium abgeschlossen.

Fritz Zahnd, MPthy, PT-OMTsvomp, ACSM certified



ist Physiotherapeut, hat ein Postgraduate Diplom in Manueller Therapie (OMT, Kaltenborn und Evjenth, Oslo, Norwegen) und einen Master in „Musculoskeletal and Sports Physiotherapy“ der University of South Australia in Adelaide. Er besuchte ein Ergänzungsstudium im Fachbereich Fitness, Training und Gesundheit am Institut für Sport der Universität Basel und ist „Health & Fitness Instructor“ des American College of Sports Medicine (ACSM).

Er ist Mitbegründer des Schweizerischen Verbandes für Orthopädische Manipulative Physiotherapie (SVOMP) deren Ausbildungskommission er 10 Jahre lang angehörte. Als ehemaliger Judoka betreute er viele Jahre den achtfachen Schweizer Judo Mannschaftsmeister Nippon Zürich, den Trainingsstützpunkt Zürich des Schweizer Kunstturner Kaders und das Corps de Ballet des Opernhauses in Zürich.

Fritz Zahnd ist nationaler und internationaler Dozent für Manuelle Therapie und Medizinische Trainingstherapie.

Er ist Koautor von mehreren Fachbüchern und Autor diverser Artikel im Bereich der Manuellen Therapie und der Trainingstherapie.

Nach 18 Jahren Arbeit in der eigenen Praxis arbeitet Fritz Zahnd heute als freier Mitarbeiter in einer Physiotherapie-Praxis bei Zürich und hat einen Auftrag als Dozent in einem Master Programm für Muskuloskeletale Physiotherapie (MAS) an der Fachhochschule Winterthur.

Vorwort

"Try to learn something about everything and everything about something." *Thomas Henry Huxley (1825-1895)*

Das Physiofachbuch „Sportphysiotherapie“ in der Form, wie Sie es jetzt in den Händen halten, hatte seine Geburtsstunde im Jahr 2006. Im Frühjahr dieses Jahres haben sich wichtige Organisationen im Bereich der deutschsprachigen Sportphysiotherapie bei Thieme in Stuttgart versammelt. Das Ziel dieses Treffens war, ein gemeinsames Konzept für ein Buch über Sportphysiotherapie zu entwickeln. Am runden Tisch, mit vielen Experten aus Deutschland, Österreich, den Niederlanden und der Schweiz, Vertretern von Berufsverbänden und Ausbildungsorganisationen wurde mit viel Begeisterung und gegenseitigem Respekt über aktuelle Entwicklungen im Bereich der Sportphysiotherapie diskutiert und der Frage nachgegangen, wie die Inhalte dem interessierten Leser vermittelt werden könnten.

Sportphysiotherapie ist in der heutigen Zeit nicht mehr aus dem Gesundheitswesen wegzudenken. In den letzten 15 Jahren hat sich das Fachgebiet rasant entwickelt. Dies kommt durch die Zunahme von Verletzungen bei Sportlern, die Abnahme von körperlicher Aktivität und chronischen Erkrankungen in der allgemeinen Bevölkerung. Die Professionalisierung des Fachgebietes war unumgänglich, weil der Sportphysiotherapeut mehr Verantwortung bekommt und auch übernehmen will. Dadurch ist das wissenschaftliche Interesse in unserem Fachgebiet enorm gewachsen.

Berufspolitisch gesehen war die Gründung der International Federation of Sports Physiotherapy (IFSP) im Jahre 2000 ein wichtiger Grundstein für die formale Anerkennung der Sportphysiotherapie als Spezialisierung innerhalb der Physiotherapie. Der IFSP sind weltweit 24 nationale Verbände angeschlossen. Ein weiterer wichtiger Schritt war die Veröffentlichung des Berufsprofils „Sportphysiotherapie“. In diesem Berufsprofil ist beschrieben, was ein Sportphysiotherapeut ist und was man von ihm erwarten darf.

Dieses Profil war wiederum die Basis für dieses Physiofachbuch. Das Kernstück des Berufsprofils und damit dieses Buches ist die Rolle des „Patientenmanagers“. Der direkte Patientenkontakt mit dem Ziel Prävention, Erste Hilfe, Rehabilitation und Leistungssteigerung ist der primäre Ausgangspunkt sportphysiotherapeutischen Handelns.

Um der Komplexität dieser Ausgangspunkte gerecht werden zu können, hat der runde Tisch von Stuttgart sich für eine Zweiteilung des Buches entschieden. Der allgemeine Teil des Buches umschreibt die unterschiedlichsten Konzepte, die für adäquates sportphysiotherapeutisches Handeln relevant sind. Es geht hierbei um Themen wie konzeptuelle Modelle, Wundheilung, Erste Hilfe bei Sportverletzungen, die sportphysiotherapeutische Untersuchung, Reha- und Leistungsphysiologie, aber auch um multidisziplinäres Arbeiten, Ernährung, Doping und Sportpsychologie.

Um der sportphysiotherapeutischen Praxis gerecht zu werden, sind im speziellen Teil 13 Fallbeispiele ausgearbeitet worden. Experten auf dem Gebiet der Sportphysiotherapie beschreiben in diesen Fallanalysen ihr eigenes Handeln und vor allem die Überlegungen, die diesem Handeln zugrunde liegen. Auf diese Weise erhält der Leser tiefe Einblicke in die typischen Verletzungen der unterschiedlichen Sportarten und die dazugehörige Reha. Dem aufmerksamen Leser wird nicht entgehen, dass die Überlegungen der Experten oftmals eine Mischung aus verschiedenen Evidenzquellen darstellen. Einerseits versucht der Sportphysiotherapeut, wissenschaftliche Forschungsresultate in sein Handeln mit einfließen zu lassen, andererseits spielen Überzeugungen von Sportlern und das Erfahrungswissen des Sportphysiotherapeuten nach wie vor eine wichtige Rolle. Durch den bewussten, gewissenhaften und kritischen Gebrauch dieser verschiedenen Evidenzquellen versucht der Sportphysiotherapeut, die ideale Therapie für jeden einzelne Sportler zu finden.

Dieses Buch konnte nur durch die Unterstützung vieler Menschen zustande kommen. Einerseits gilt unser Dank natürlich den Autoren der verschiedenen Kapitel, die ihr Wissen, ihre Kompetenz und natürlich auch ihre Zeit in das Buch eingebracht haben. Es war und ist uns eine große Ehre, mit ihnen zusammen arbeiten zu dürfen. Andererseits möchten wir uns beim Thieme Verlag für die Unterstützung bedanken, mit der sich zum Beispiel Rosi Haarer-Becker, Fritz Koller und Eva Grünewald für dieses Buch eingesetzt haben. Nicht zuletzt gilt unser Dank unseren Familien, denn auch ihre „Homöostase“ wurde durch unsere Bucharbeiten regelmäßig gestört.

Wir hoffen, dass dieses Buch bei Physiotherapeuten Interesse für dieses komplexe Fachgebiet weckt, Schülern und Studenten in der Sportphysiotherapie-Ausbildung ein hilfreiches Lehrbuch und praktizierenden Sportphysiotherapeuten ein Ratgeber in der täglichen Arbeit ist.

Dieses Buch gibt die Diversität im Denken und Handeln innerhalb der heutigen Sportphysiotherapie wieder. Wir hoffen, dass dieses Buch dem Fachgebiet Sportphysiotherapie einen positiven Impuls zur Weiterentwicklung in den nächsten Jahren gibt.

“Es gibt nur ein unveränderliches Gesetz, das Gesetz der Veränderlichkeit.” *Indira Ghandhi (1917-1984)*

Harald Bant, Nijmegen
Martin Ophey, Berg en Dal März 2011

Vorwort

Die Idee zu diesem Buch geht auf das Jahr 1994 zurück. Und es war Rosi Haarer-Becker vom Thieme Verlag, die uns ansprach, ein Lehrbuch zum Thema Sportphysiotherapie zu schreiben. Natürlich konnten wir uns das vorstellen. Nicht vorstellen konnten wir uns die damit verbundene Arbeit. Enthusiastisch und ebenso naiv wie blauäugig sagten wir zu, um in den darauf folgenden Wochen, Monaten und letztlich Jahren festzustellen, dass unser persönlicher Lebensstil kaum Zeit für die Realisierung des Buchprojektes zuließ. Letztendlich hat es bis 2006 gedauert, um ein Autorenteam aus unterschiedlichen sportphysiotherapeutischen Konzepten und Gruppierungen für die Umsetzung zusammenzustellen. Hierbei wurden auch nationale Grenzen überwunden und ein Expertenteam aus den Niederlanden, Österreich, der Schweiz und Deutschland gewonnen.

Von Anfang an waren wir überzeugt, dass unsere Grundidee für ein Lehrbuch zum Thema Sportphysiotherapie auf aktuellem wissenschaftlichem Niveau durchaus den Zeichen der Zeit entsprach. Nicht zuletzt auch deshalb, weil der Stellenwert einer aktiven Physiotherapie und Trainingstherapie, belegt durch die physiologischen und nachgewiesenen Erkenntnisse zur Adaptation der Gewebe nach Verletzungen und operativen Eingriffen, in den Bewertungen der Kostenträger seinen Widerhall gefunden hatte. Sind heute doch Medizinische Trainingstherapie (MTT), Medizinisches Aufbautraining (MAT) und Krankengymnastik am Gerät (KGG) als aktive Therapien für viele Patientengruppen in den unterschiedlichsten Altersklassen und bei verschiedensten Erkrankungen von den Kostenträgern weitestgehend akzeptiert und in den Erstattungskatalog aufgenommen.

Berufspolitisch gesehen war die Gründung der International Federation of Sports Physiotherapy (IFSP) im Jahre 2000 ein wichtiger Grundstein für die formale Anerkennung der Sportphysiotherapie als Spezialisierung innerhalb der Physiotherapie. Der IFSP sind weltweit 24 nationale Verbände angeschlossen. Ein weiterer wichtiger Schritt war die Veröffentlichung des Berufsprofils „Sportphysiotherapie“ durch die IFSP. In diesem Berufsprofil wird das Tätigkeitsfeld in der Sportphysiotherapie herausgearbeitet und beschrieben. Seit einigen Jahren besteht nun auch die Möglichkeit, Bachelor- und Masterstudiengänge in Sportphysiotherapie an einigen europäischen Universitäten zu belegen.

Neben den grundsätzlichen Vorteilen einer aktiven Physio- und Trainingstherapie (Sportphysiotherapie) bei verschiedenen Krankheitsbildern wie neurologische Erkrankungen, Herz-Kreislauf-Beschwerden und orthopädisch-traumatologischen Erkrankungen, fasziniert die traditionelle Sportphysiotherapie oft in erster Linie durch die unmittelbare Betreuung von Sportlern und Sportlerinnen aller Leistungsklassen. Ist es nicht wirklich verlockend, eine erfolgreiche Mannschaft zu betreuen und dabei ein wichtiger Teil des Erfolges zu sein? Als Sportphysiotherapeut zu nationalen und internationalen Wettkämpfen oder gar zu Olympischen Spielen zu fahren? Einen Sportler von der Verletzung bis zur vollständigen, sportartspezifischen Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit zu begleiten? Nicht nur im Spitzensport stellt dies eine große Herausforderung dar.

Die erforderlichen Kompetenzen bestehen in der Prävention von Verletzungen, der Früherkennung von Überlastungssymptomen, der Einbeziehung einer adäquaten Ernährung, dem Einsatz einer effektiven Kommunikation, der Unterstützung in der mentalen Vorbereitung und in der Planung eines effektiven Rehabilitationsprozesses nach Verletzungen. Diese Kompetenzen müssen genauso beherrscht werden, wie die unmittelbare Betreuung im Training und Wettkampf durch regenerative (z. B. Weichteiltechniken) und therapeutische (z. B. Tapeverbände) Maßnahmen. Um diesen Herausforderungen gerecht zu werden, entlehnt die Sportphysiotherapie Fachwissen aus den Bereichen der Sportmedizin, der Physiotherapie und der Trainingswissenschaften.

Wir müssen in einer modernen Sportphysiotherapie sowohl die klassischen, als auch die aktuellen Anforderungen erfüllen. Der Sportler verlangt eine schnelle und unmittelbare Hilfe und langfristig müssen wir daran arbeiten, dass Probleme seltener entstehen, zum Beispiel

- dass Achsenfehlstellungen rechtzeitig erkannt bzw. vermieden werden
- Ursache-Folge-Ketten entdeckt und berücksichtigt werden
- eine systematische Planung und Periodisierung von Training und Rehabilitationstraining unter Berücksichtigung der Anpassungskapazität unseres Organsystems erfolgt
- eine dem Sportler oder Patienten angepasste Ernährung berücksichtigt wird
- die psychische (mentale) Komponente der sportlichen Leistung und eines erfolgreichen Rehabilitationsprozesses angemessen berücksichtig werden.

Letztlich liefert eine „moderne“ Sportphysiotherapie eine Symbiose aus den Erwartungen und Erfordernissen des Sports allgemein, des Spitzensports im Speziellen sowie der Medizinischen Trainingstherapie (MTT) bzw. dem Medizinischen Aufbautraining (MAT) im physiotherapeutischen Alltag.

Um dieser Symbiose gerecht werden zu können, haben wir uns auf erfahrene und in ihren Fachgebieten aner-

kannte Autoren verständigt und uns über die zahlreichen und spontanen Zusagen gefreut. Im ersten Teil des vorliegenden Buches werden die theoretischen und physiologischen Grundlagen aus Sportmedizin, Physiotherapie und Trainingswissenschaften vermittelt, im zweiten Teil werden diese theoretischen Grundlagen in praktisches Handeln umgesetzt und an 13 Fallbeispielen verdeutlicht.

Die Beiträge entstanden zum Teil unter erheblichem Zeitdruck und zeichnen sich dennoch durch ihre hohe fachliche Qualität aus. Dafür möchten wir uns herzlich bei allen Autoren bedanken. Ohne ihre engagierte Mitarbeit und fachliche Kompetenz wäre dieses Buch nicht entstanden.

Ein besonderer Dank gebührt auch den zahlreichen Mitarbeitern und Helfern aus dem Thieme Verlag. Hervorheben möchten wir Rosi Haarer-Becker als frühe Initiatorin und Fritz Koller sowie Eva Grünewald als Vollender. Ohne ihre Geduld, ihren Langmut, ihre stets vorhandene Forderung nach Ergebnissen und die dabei immer freundliche und kompetente Unterstützung würden wir heute noch im „Ideenstadium" stecken. Zu guter Letzt soll auch den Menschen von ganzen Herzen gedankt werden, die möglicherweise am meisten unter dem „Projekt" haben „leiden" müssen: unseren Familien (und den Familien der übrigen Autoren). Viele Stunden an möglicher Freizeit mit unseren Ehepartnern, Lebensgefährten und Kindern sind in die Schreiberei geflossen. Wir hatten dabei immer unser Ziel vor Augen und konnten auf ihr Verständnis vertrauen. Danke! TVB

Mike Steverding, Herxheim
Hans-Josef Haas, Königswinter März 2011
TVB

Inhaltsverzeichnis

Teil I – Theorie

1 Sport braucht Physiotherapie 1
1.1 Was ist Sportphysiotherapie? 1
Martin Ophey, Harald Bant
1.1.1 Trends 1
1.1.2 Geschichte der Sportphysiotherapie . . . 5
1.1.3 Europäisches Kompetenzprofil „Sportphysiotherapie“ 6
1.2 Modelle in der Sportphysiotherapie 15
Harald Bant, Martin Ophey
1.2.1 Einleitung 15
1.2.2 Gesundheit und Bewegung 15
1.2.3 Physiotherapeutische Methode 19
1.2.4 Schlussfolgerung 33
1.3 Der Sportphysiotherapeut im disziplinübergreifenden Team 35
Martin Ophey
1.3.1 Einleitung 35
1.3.2 Disziplinübergreifende Zusammenarbeit 36
1.3.3 Sportlerzentriertes Zusammenarbeiten . 40
1.3.4 Teamdynamik 42
1.3.5 Schweigepflicht und Vertrauen 44
1.3.6 Konsequenzen für die Ausbildung zum Sportphysiotherapeuten 45
1.3.7 Digitale Zukunft der interdisziplinären Zusammenarbeit 46
1.4 Wundheilungsprozess 47
Frans van den Berg
1.4.1 Angewandte Physiologie 47
1.4.2 Bindegewebsphysiologie 48
1.4.3 Wundheilungsphasen 51
1.4.4 Spezielle Bindegewebsphysiologie einiger Strukturen des Bewegungsapparates . . 57

2 Sportphysiotherapeutische Untersuchung 73
2.1 Bedingungen für die Testdurchführung . . 73
Hans-Josef Haas, Dietmar Schmidtbleicher
2.1.1 Bedingungen für die Testdurchführung . 73
2.1.2 Einflussfaktoren auf das Testergebnis . . 74
2.1.3 Beurteilung der Ergebnisse 77
2.1.4 Vor- und Nachteile von Laboruntersuchungen 77
2.1.5 Vor- und Nachteile von Feldtests 77
2.2 Schnelldiagnostik im Sport 79
Mike Steverding
2.2.1 Einflussfaktoren 79
2.2.2 Lösungsstrategie 81
2.3 Tests der motorischen Grundeigenschaften Kraft, Ausdauer und Schnelligkeit 87
Hans-Josef Haas, Dietmar Schmidtbleicher
2.3.1 Leistungsdiagnostik 87
2.3.2 Leistungsdiagnostik Kraft 88
2.3.3 Leistungsdiagnostik Ausdauer 100
2.3.4 Leistungsdiagnostik Schnelligkeit 113

3 Behandlung des Sportlers 123
3.1 Aktive sportphysiotherapeutische Maßnahmen 123
3.1.1 Gesundheit 123
Martin Ophey, Harald Bant
3.1.2 Entspannung 133
Erwin Jansen
3.2 Physikalische Therapie 140
3.2.1 Massage 140
Rolf Strasser, Bernhard Reichert
3.2.2 Manuelle Lymphdrainage 145
Rolf Strasser, Bernhard Reichert
3.2.3 Kryotherapie 148
Heinz-Otto Junker
Kryotherapie in der Entzündungsphase . . 150
Mike Steverding
3.2.4 Zusammenspiel physiologischer und physikalischer Reize 152
Frans van den Berg
3.2.5 Elektrotherapie 153
Tim Watson
3.2.6 Taping 159
Joachim Schwarz
Lymph-Tape 160
Lusann Liebergesell

4 Rehabilitation und Training 163
4.1 Motorisches Lernen 163
Paul Beenen
4.1.1 Einleitung 163
4.1.2 Sportler als komplexe Systeme: von der Motorik zur Aktion 163
4.1.3 Lernen 170

4.1.4 Motorisches Lernen als Basis der Sportphysiotherapie 175
4.2 Training von Kraft, Ausdauer und Schnelligkeit 183
Hans-Josef Haas und Dietmar Schmidtbleicher
4.2.1 Adaptation auf ein höheres Niveau 183
4.2.2 Training der Kraft 189
4.2.3 Training der Ausdauer 203
4.2.4 Training der Schnelligkeit 215
4.3 Rehakreise 229
Harald Bant, Martin Ophey, Robert van den Berg
4.3.1 Hintergrundinformationen 229
4.3.2 Rehakreis Mobilität 230
4.3.3 Rehakreis Koordination 240
4.3.4 Rehakreis Ausdauer 250
4.3.5 Rehakreis Kraft 261
4.3.6 Rehakreis Schnelligkeit 276
4.3.7 Sportanalyse – Einführung 285
4.4 Stufenplan für Rehaprogramme 294
Harald Bant, Martin Ophey
4.4.1 Kompetenzprofil in der Sportphysiotherapie 295
4.4.2 Die 3 Ebenen der Entscheidungsfindung 296
4.4.3 Methodisches Handeln des Sportphysiotherapeuten 299

5 Betreuerkoffer im Sport 317
Mike Steverding
5.1 Grundausstattung des Betreuerkoffers . . 317
5.2 Erstversorgung nach Sportverletzungen . 319
5.2.1 Sportlerverhalten in den ersten 24–48 Stunden 320
5.2.2 Therapeutische Sekundärmaßnahmen innerhalb der ersten 24–48 Stunden . . . 321

6 Doping und Sportphysiotherapie 325
Simone Schmidt
6.1 Geschichte 325
6.2 Dopingmittel 326
6.2.1 Substanzen, die zu allen Zeiten – im Training wie im Wettkampf – verboten sind 326
6.2.2 Substanzen, die im Wettkampf verboten sind 330
6.2.3 Beschaffung von Dopingmitteln 332
6.3 Dopingmethoden 332
6.3.1 Erhöhung des Sauerstofftransfers 332
6.3.2 Gendoping 333
6.4 Dopingkontrolle 333
6.4.1 Dopingnachweis 333
6.4.2 Arzneimittel in der Sportmedizin 333
6.4.3 Kontrollen 333
6.4.4 Manipulationen der Dopingkontrolle . . . 334
6.5 Sanktionen und Strafen 335

7 Nahrung und Bewegung – ein erfahrenes Team 337
Leo Pruimboom, Tom Fox
7.1 Ernährung im Sport 337
7.1.1 Erhöhter Energiebedarf 337
7.2 Zusammensetzung der Nahrung des Menschen 339
7.2.1 Proteine 339
7.2.2 Kohlenhydrate 348
7.2.3 Fette 351
7.2.4 Versorgung mit Vitaminen, Mineralstoffen und Spurenelementen im Sport 353
7.3 Ernährung im Hochleistungssport 356
7.3.1 Aufrechterhaltung ausreichender Energiedepots 357
7.3.2 Nahrung, Bewegung und Immunsystem 360

8 Patientenmotivation und psychologische Intervention nach Sportverletzungen 379
Thorsten Weidig
8.1 Patientenmotivation und deren Gestaltung im therapeutischen Prozess 379
8.1.1 Motivation 379
8.1.2 Umsetzung in die physiotherapeutische Behandlung 381
8.2 Psychologische Intervention als Therapiebaustein in der Rehabilitation nach Sportverletzungen 382
8.2.1 Stress 382
8.2.2 Psychologische Intervention 383

Teil II – Fallbeispiele

9 Fallbeispiel: Rehabilitation nach Femoroazetabulärem Impingement (FAI) – Eishockey 387
Mario Bizzini

9.1 Vorstellung des Patienten 387
9.2 Operative Therapie 389
9.3 Initiale Therapie 389
9.3.1 Rehabilitationsphase I 389
9.3.2 Rehabilitationsphase II 391
9.3.3 Rehabilitationsphase III 393
9.3.4 Rehabilitationsphase IV 395
9.3.5 Rehabilitationsphase V 398

10 Fallbeispiel: Sprunggelenkdistorsion – Fechten 401
Sylvia Henn

10.1 Vorstellung des Patienten 401
10.2 Allgemeines zu Verletzung und Verletzungsfolgen 401
10.3 Behandlungsweg bei Peter B. 403
10.3.1 Akutversorgung und Diagnose 403
10.3.2 Physiotherapeutische Untersuchung . . 404
10.3.3 Physiotherapeutische Behandlung 405
10.4 Prävention im Leistungssport 407

11 Fallbeispiel: Innenbandverletzungen des Knies – Fußball 409
Hannspeter Meier

11.1 Vorstellung des Patienten 409
11.2 Initiale Therapie 409
11.2.1 Akutversorgung 409
11.3 Therapieverlauf der posttraumatischen Behandlung 410
11.3.1 1. Tag nach der Verletzung 410
11.3.2 Posttraumatische Behandlung – 2. Tag nach der Verletzung 411
11.3.3 4. Tag nach der Verletzung 412
11.3.4 7. posttraumatischer Tag 414
11.3.5 13. posttraumatischer Tag und weiterer Verlauf 415

12 Fallbeispiel: Verletzung des Akromioklavikulargelenks – Judo . . . 417
Paul Beenen

12.1 Vorstellung des Patienten 417
12.2 Anatomie, Traumatologie 417
12.2.1 Anatomie des AC-Gelenks 417
12.2.2 Verletzungsmechanismus 418
12.3 Diagnostische und therapeutische Möglichkeiten 419
12.3.1 Diagnostik 419
12.3.2 Therapeutische Möglichkeiten 420
12.4 Tiagos Verletzung und Therapie 422
12.4.1 Therapieplanung und -verlauf 422
12.4.2 Sportartspezifische Bewegungsanalyse und Training 422
12.4.3 Weiterer Therapieverlauf 424

13 Schädigung der ischiokruralen Muskulatur (Hamstring-Syndrom) – Hürdenlauf 429
Harald Bant, Robert van den Berg

13.1 Vorstellung des Patienten 429
13.1.1 Vorüberlegungen 429
13.1.2 Vorstellung des Patienten 429
13.2 Muskelfaserriss des M. biceps femoris . . 430
13.2.1 Vorgänge und deren Bedeutung in der Entzündungsphase 430
13.2.2 Verletzungsverlauf 432
13.3 Problemanalyse nach der Anamnese . . . 432
13.3.1 Analyse des Trainingsstatus 432
13.3.2 Analyse der Verletzung 436
13.4 Körperliche Untersuchung 440
13.4.1 Inspektion 440
13.4.2 Funktionsuntersuchung 440
13.4.3 Flexibilitätstest 441
13.4.4 Krafttests 441
13.4.5 Spezifische Tests 441
13.4.6 Neurologische Untersuchung 441
13.4.7 Palpation 441
13.4.8 Aktivitätsorientierter Funktionstest . . . 441
13.5 Diagnose des Sportphysiotherapeuten . . 443
13.5.1 Physiotherapeutische Interventionsplanung 444
13.6 Analyse des 110-m-Hürdenlaufs 449
13.6.1 Analyse des Hürdenlaufs auf Partizipationsebene 449
13.6.2 Analyse der Bewegungshandlungen im Hürdenlauf 449
13.6.3 Analyse der sportmotorischen Grundeigenschaften 450
13.7 Initiale Therapie 454
13.7.1 Erste Behandlung 454
13.8 Therapieverlauf 458
13.8.1 Erste Wiederbefundung 458
13.8.2 Verlauf 458

13.8.3 Ziele und Therapiemittel der nächsten Phase 460

14 Fallbeispiel: Instabiles Kniegelenk – Ski alpin, Slalom 465
Arjen van Duijn

14.1 Vorstellung der Patientin 465
14.2 Geschichte 465
14.3 Sportartanalyse Slalom Damen 466
14.4 Physiotherapeutische Untersuchung . . . 467
14.5 Sportphysiotherapeutische Diagnose . . . 468
14.6 Therapieziele 469
14.7 Therapieplanung 469
14.8 Therapie 471
14.8.1 Behandlungsverlauf der Woche 7 471
14.8.2 Behandlungsverlauf der Woche 8 472
14.8.3 Behandlungsverlauf der Woche 9 473
14.8.4 Behandlungsverlauf der Woche 10 473
14.8.5 Behandlungsverlauf der Woche 11 474
14.8.6 Behandlungsverlauf der Woche 12 474
14.8.7 Behandlungsverlauf der Wochen 13 und 14 474

15 Fallbeispiel: Kniedistorsion – Hockey . 485
Igor J. R. Tak

15.1 Vorstellung des Patienten 485
15.2 Anamnese 485
15.2.1 Verletzungsgeschehen 485
15.2.2 Entwicklung in der ersten Phase nach der Verletzung 487
15.3 Hypothesen 489
15.4 Untersuchung 489
15.4.1 Inspektion 489
15.4.2 Funktionstests 490
15.4.3 Untersuchungsergebnisse 491
15.5 Indikatoren für eine operative Therapie . . 493
15.6 Vorschlag: ärztliche Konsultation 494
15.7 Dritte physiotherapeutische Behandlung 495
15.7.1 Therapieverlauf 496
15.7.2 Ergebnisse und Hinweise 498
15.8 Operative Therapie 499
15.9 Postoperative Therapie 500

16 Fallbeispiel: Rehabilitation nach einer lumbalen Bandscheibenoperation – Triathlon 503
Guido Perrot und Harald Bant

16.1 Vorstellung des Patienten 503
16.2 Das lumboradikuläre Syndrom (LRS) . . . 504
16.3 Die physiotherapeutische Untersuchung 505
16.3.1 Anamnese 505
16.3.2 Erwartungen des Patienten 506
16.3.3 Untersuchung nach den Kriterien der ICF 506
16.3.4 Sportphysiotherapeutische Überlegungen 508
16.4 Physiologische Grundlagen für die sportphysiotherapeutische Rehabilitation 508
16.5 Therapiegestaltung 510
16.6 Analyse der Sportart Triathlon 511
16.7 Methodischer Aufbau der funktionellen Rehabilitation 513
16.8 Therapieverlauf 513
16.8.1 Anfang der Rehabilitation – Entzündungs- und Proliferationsphase 514
16.8.2 Mitte der Rehabilitation – Remodulationsphase 516
16.8.3 Ende der Rehabilitation 518
16.8.4 Therapieabschluss 518

17 Fallbeispiel: Ventrale Schulterinstabilität – Basketball 521
Harald Bant, Martin Ophey

17.1 Vorstellung des Patienten 521
17.2 Operative Therapie 522
17.3 Problemanalyse nach der Anamnese . . . 522
17.4 Die körperliche Untersuchung 523
17.4.1 Inspektion 523
17.4.2 Funktionsuntersuchung 523
17.4.3 Krafttests 524
17.4.4 Spezifische Tests 524
17.4.5 Neurologische Untersuchung 525
17.4.6 Palpation 525
17.4.7 Aktivitätsorientierter Funktionstest . . . 525
17.5 Diagnose des Sportphysiotherapeuten . . 526
17.5.1 Physiotherapeutische Interventionsplanung 526
17.6 Analyse der Sportart Basketball 528
17.6.1 Analyse der Sportart Basketball auf Partizipationsebene 528
17.6.2 Analyse der Bewegungshandlungen im Basketball 528
17.6.3 Analyse der motorischen Grundeigenschaften 530
17.7 Initiale Therapie 530
17.7.1 Erste Behandlung 530
17.8 Therapieverlauf 532
17.8.1 Erste Wiederbefundung 532
17.8.2 Zweite Wiederbefundung 534
17.8.3 Dritte Wiederbefundung 536
17.8.4 Vierte Wiederbefundung 538
17.8.5 Fünfte Wiederbefundung 540

18 Fallbeispiel: Nachbehandlung einer Rekonstruktion des vorderen Kreuzbands Quadrizepssehne) – Handball 543
Mike Steverding

18.1 Vorstellung des Patienten 543
18.1.1 Anamnese 543
18.2 Diagnostik 544
18.3 Operative Therapie 544
18.4 Rehabilitation 545
18.4.1 Sportphysiotherapeutische Interventionsplanung 546
18.4.2 Therapie- und Trainingsverlauf 546

19 Fallbeispiel: Ermüdungsfraktur des 2. Mittelfußknochens – Kunstturnen . 565
Walter Lindlbauer

19.1 Vorstellung des Patienten 565
19.2 Anamnese 565
19.3 Sportphysiotherapeutische körperliche Untersuchung 566
19.3.1 Inspektion 566
19.3.2 Funktionsuntersuchung 566
19.3.3 Spezifische Tests 566
19.4 Diagnose des Sportphysiotherapeuten . . 567
19.5 Physiotherapeutische Interventionsplanung 567
19.5.1 Phasen der Rehabilitation 567
19.6 Initiale Therapie 568
19.6.1 Erste Behandlung 568
19.7 Therapieverlauf 569
19.7.1 Phase I: Entlastungsphase 569
19.7.2 Phase I: Trainingssteuerung und Restkörpertraining 571
19.7.3 Phase II: Koordinationsphase und Belastungseinstieg 571
19.7.4 Phase III: Progressiver Belastungsaufbau und Verbesserung des Kraftniveaus . . . 578
19.7.5 Phase IV: Wiedereinstieg ins volle Trainings- und Wettkampfgeschehen . . 583
19.7.6 Abschluss der Rehabilitation 587

20 Fallbeispiel: Lumbale Instabilität 589
Fritz Zahnd

20.1 Was ist Instabilität? 589
20.2 Physiotherapeutische Untersuchung . . . 591
20.2.1 Anamnese 591
20.2.2 Arbeitshypothese 591
20.3 Physiotherapeutische Behandlung 594
20.3.1 Information der Patientin 594
20.3.2 Ausschalten des wichtigsten beitragenden Faktors 594
20.3.3 Aufbau des lumbalen Stabilisationstrainings 595

21 Fallbeispiel: Achillessehnenschmerzen (Achillodynie) – Handball 603
Hauke Mommsen

Quellenverzeichnis 616

Sachverzeichnis 617

1 Sport braucht Physiotherapie

1.1 Was ist Sportphysiotherapie?

Martin Ophey, Harald Bant

Das Fachgebiet Sportphysiotherapie wurde in den letzten Jahren von zahlreichen Trends beeinflusst und hat sich – freiwillig oder notgedrungen – zu einer Spezialdisziplin innerhalb der Physiotherapie weiterentwickelt. In diesem Kapitel werden die bestimmenden Trends der letzten Jahre sowie die wichtigsten Schritte und heutigen Merkmale der Sportphysiotherapie beschrieben. Es zeigt sich, dass entgegen der gängigen Auffassung der Sportphysiotherapeut nicht nur mit (Hoch-)Leistungssportlern arbeitet, sondern auch mit Breitensportlern und Personen, die kaum körperlich aktiv waren, dies aber gern verändern möchten oder müssen. Außerdem spielt der Sportphysiotherapeut in den letzten Jahren eine immer größere Rolle bei der Behandlung von Menschen mit chronischen Erkrankungen.

1.1.1 Trends

Steigende Anzahl chronischer Erkrankungen

Seit geraumer Zeit sieht man in Europa eine stetige Zunahme der Inzidenz und Prävalenz von Wohlstandskrankheiten. Damit sind Krankheiten gemeint, deren Ursachen vor allem mit der Reduzierung körperlicher Tätigkeiten im Beruf, dem Überfluss von Nahrungsmitteln und veränderter Freizeitgestaltung zusammenhängen. Unter Wohlstandserkrankungen fallen z. B. Osteoporose, Arthrose, Koronarerkrankungen, Bluthochdruck, Diabetes Typ 2 und Übergewicht/ Obesitas. Hierzu ein paar Zahlen und Überlegungen zum Thema Diabetes:

Im Jahr 1998 sagte die Weltgesundheitsorganisation (WHO) noch vorher, dass die weltweite Prävalenz von Diabetes Typ 2 von 4% (1995) auf 5,4% im Jahr 2025 steigen würde. 2003 schätzte die International Diabetes Federation (IDF) die weltweite Prävalenz schon auf 5,2%. Die Diabetes-epidemie wird nicht kommen – sie ist schon da. Entscheidende Risikofaktoren für das Entstehen dieser Stoffwechselerkrankung sind unter anderen nicht ausreichende körperliche Bewegung und Übergewicht. Der Sportphysiotherapeut wird in den kommenden Jahren viel mehr mit dieser Art von Gesundheitsproblemen zu tun bekommen, ob er will oder nicht. Durch sein umfassendes Wissen im Bereich Trainingswissenschaften, Leistungsphysiologie und Coaching ist er ausgezeichnet in der Lage, gerade diese Patienten bei der Verbesserung der kardiovaskulären Fitness, Kraft und Gewichtskontrolle als Teil eines gesunden Lebensstils zu unterstützen.

Der Sportphysiotherapeut wird mehr und mehr mit Ernährungswissenschaftlern, Hausärzten und Internisten zusammenarbeiten (Kap. 1.3). Er wird sich in Zukunft jedoch spezifisch in den verschiedenen Erkrankungen weiterbilden müssen, um sowohl präventiv als auch kurativ eine Rolle spielen zu können. Es ist zu erwarten, dass auch die Sportphysiotherapie-Ausbildung sich diesen Herausforderungen stellen und die Lehrpläne entsprechend umstellen muss.

Ähnliche Szenarien lassen sich auch für andere Wohlstandserkrankungen beschreiben. In jedem Szenario spielt körperliche Inaktivität irgendwo im Erklärungsmodell zum Entstehen der chronischen Erkrankung eine Rolle. Die Gesundheitsministerien in vielen europäischen Ländern versuchen aus diesem Grund schon seit Jahren Bürger dazu zu stimulieren, in ihrer Freizeit körperlich aktiver zu werden (Kap. 3.1.1). Zudem steigert körperliche Fitness das allgemeine Wohlbefinden, erhöht damit die Produktivität und reduziert Fehlzeiten am Arbeitsplatz (WHO 2008). Negative Auswirkungen zunehmender körperlicher Ertüchtigung sind die damit verbundene Zunahme an akuten Sportverletzungen und Probleme mit Überlastungen des Haltungs- und Bewegungsapparates.

Steigende Anzahl von Sportverletzungen

In den letzten 20 Jahren haben immer mehr Menschen angefangen, in ihrer Freizeit Sport zu treiben. Dies hat nicht zuletzt als Konsequenz, dass in nahezu allen Sportarten auch immer mehr Sportverletzungen auftreten (Petridou et al. 2003). So ergab eine Studie, dass in Deutschland im Jahr 1998 3,1% der Erwachsenen eine Sportverletzung erlitten haben (Schneider et al. 2006). Umgerechnet handelt es sich hier um etwa 2 Millionen Sportverletzungen jährlich. Laut dieser Studie waren 62% dieser Erwachsenen aufgrund der Sportverletzung mindestens 1 Woche nicht in der Lage, ihrer Arbeit nachzugehen. 60% aller Verletzungen bestanden aus Prellungen, Verstauchungen und Überdehnung oder Riss eines Bandes, 18% waren Frakturen (vor allem der unteren Extremität).

Interessanterweise können anhand dieser Studie gängige Vorurteile bestätigt werden: 75% der Verletzungen gehen auf das Konto männlicher Sportler. In der Altersgruppe der 18–29-Jährigen liegt die Prävalenz der Sportverletzungen bei 6,9% im Vergleich zu 1% bei über 60-Jährigen. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass 34–46% aller Sportverletzungen in Deutsch-

land beim Fußball passieren (Steinbrück 2004, Schneider et al. 2006). Die hier beschriebenen Trends gelten auch für andere europäische Länder (Petridou et al. 2003). Auffallende Unterschiede im Ländervergleich beziehen sich vor allem auf die höhere Prävalenz von Frakturen im nichtorganisierten Sport (Ski fahren) in den Alpenländern Österreich und der Schweiz.

In den Niederlanden wird seit geraumer Zeit sehr detailliert festgehalten, wie sich sportliche Trends, Sportverletzungen und damit einhergehende Kosten zueinander verhalten. Jährlich gibt in den Niederlanden 1,5 Millionen Sportverletzungen, die Hälfte davon bedarf medizinischer Betreuung. Die direkten Kosten für diese medizinische Betreuung liegen bei etwa 230 Millionen Euro jährlich. Die Kosten als Folge von körperlicher Inaktivität werden mit 907 Millionen Euro jedoch deutlich höher eingeschätzt (Breedveld et al. 2008). Solche Zahlen machen Diskussionen um höhere Krankenkassenbeiträge für Sportler unsinnig. Wenn schon höhere Kassenbeiträge fällig wären, dann höchstens für Personen, die körperlich inaktiv sind. Da jedoch beide Lösungsansätze ausgesprochen diskriminierend sind, sollte man mit dem Prinzip der Belohnung versuchen, das Gesundheitsverhalten ganzer Bevölkerungsteile positiv zu beeinflussen.

Veränderung von Trainingsumgebung und Material

Immer mehr Menschen treiben in ihrer Freizeit Sport. Dies hat in vielen Sportarten auch zur Weiterentwicklung von Trainingsumgebung und Material beigetragen, was wiederum Einfluss auf die Verletzungshäufigkeit und -art gehabt hat. In vielen Fällen wird durch die technologische Weiterentwicklung von Umgebung und Material der menschliche Körper höheren Belastungen ausgesetzt. Hierzu 2 Beispiele:

Beispiele

Beim Feldhockey hat in den letzten Jahrzehnten der Kunstrasen als bevorzugte Unterlage Einzug gehalten. Der Sport ist hierdurch schneller geworden und man erlebt entsprechend mehr Verletzungen von Hockeysportlern an der Wirbelsäule und Muskel-Sehnen-Verletzungen aufgrund von Überbelastung (Kirr et al. 2007).

Beim alpinen Skisport hat ein Großteil der Skifahrer (80–85 %) vom klassischen Alpinski zum Carvingski umgesattelt. Verstärkte Taillierung und reduzierte Skilänge haben einen Einfluss auf die Verletzungshäufigkeit und -art. Entgegen der gängigen Berichterstattung in den Medien hat es durch die Einführung des Carvingskis im alpinen Skisport einen rückläufigen Trend bei der Verletzungshäufigkeit gegeben. Seit dem Einführen der Carvingski haben sich 7 % weniger Unfälle auf den Pisten ereignet (Gläser 2006). Die Verletzungsart hat sich allerdings verändert: Es gibt deutlich mehr Schulterverletzungen beim Skifahren, während die Anzahl der Knieverletzungen rückläufig ist. Man geht davon aus, dass die reduzierte Skilänge für die niedrigere Rate von Knieverletzungen verantwortlich ist und die vermehrte Präparierung der Pisten mit Kunstschnee und die damit zusammenhängende Härte der Schneeunterlage bei der Zunahme der Schulterverletzungen eine Rolle spielt.

Sportphysiotherapeuten müssen ihr Wissen über diese Art von Veränderungen ständig aktualisieren, um sportartspezifisch präventiv und kurativ auftreten zu können. Dies bedeutet, dass sportartspezifische Bewegungshandlungen in ihrem Kontext (Trainingsumgebung und -material) analysiert werden müssen (Kap. 4.1). Das gilt sowohl für den Breiten- als auch den (Hoch-)Leistungssport (Kap. 1.2.3).

Veränderungen im Hochleistungssport

Steigende Preisgelder. Gerade im Hochleistungssport gab es in den letzten 10 Jahren zahlreiche „finanzielle" Entwicklungen. Geld spielt eine immer größere Rolle. Ein Beispiel dafür ist die Höhe der Preisgelder. Bei den All England Championships in Wimbledon wurden im Jahr 2009 insgesamt 14,17 Millionen Euro an Preisgeldern ausgeschüttet. 1999 waren es noch 8,92 Millionen Euro. In 10 Jahren hat die Höhe der Preisgelder somit um 60 % zugenommen.

Auch bei vielen anderen Sportarten kann man diese Entwicklung beobachten. Wenn die deutsche Fußballnationalmannschaft 2008 bei der Europameisterschaft den Titel gewonnen hätte, wären jedem Spieler vom deutschen Fußballbund (DFB) 250 000 Euro zugekommen. Jürgen Klinsmann erhielt als Spieler für den EM-Titel 1996 in England 52 000 Euro.

Höhere Transfersummen. Mittlerweile werden für Sportler Transfersummen in einer Größenordnung gezahlt, mit der man in einer Wirtschaftskrise Unternehmen vor der Insolvenz retten könnte. So bezahlte 2009 der spanische Rekordmeister Real Madrid für den portugiesischen Superstar Cristiano Ronaldo etwa 94 Millionen Euro an Manchester United. Um auf Nummer sicher zu gehen, hat der spanische Klub gleich noch eine Klausel mit in den Vertrag aufgenommen für den Fall, dass der Fußballer den Klub verlassen möchte. Vereine, die Interesse an einer Verpflichtung von Ronaldo haben, werden eine Ablösesumme von 1 Milliarde Euro bezahlen müssen. Ein Hinweis darauf, dass der Einfluss des Geldes auf das Sportgeschehen in der Zukunft eher noch größer als kleiner werden wird.

Größere mediale Aufmerksamkeit. Die Vermarktung des Hochleistungsports hat stark zugenommen, die mediale Aufmerksamkeit steigt von Jahr zu Jahr weiter an. So hat z. B. der Verkauf der Übertragungsrechte der Olympi-

schen Spiele 2008 in Peking dem Internationalen Olympischen Komitee (IOC) 5 Milliarden Euro eingebracht. Die europäischen Senderechte hatte die European Broadcasting Union (EBU) für 443 Millionen Euro erstanden. Die deutschen öffentlich-rechtlichen Fernsehanstalten haben dazu insgesamt etwa 40 Millionen Euro beigetragen und damit beinahe 500 Mitarbeiter vor Ort finanziert. Somit waren die 436 deutschen Olympioniken medientechnisch sehr gut versorgt. Wenn man das mit den Sommerspielen 1996 in Atlanta vergleicht, bei der die EBU für das gleiche Paket noch 250 Millionen Euro bezahlte, ist das eine Steigerung um 77% innerhalb von 4 Sommer-Olympiaden.

Preisgelder, Transfersummen und die mediale Aufmerksamkeit haben einen enormen Einfluss auf den Spitzensport. Dieser Einfluss hat sowohl negative als positive Effekte auf die Sportler und deren Umfeld und somit auch auf den Sportphysiotherapeuten.

Zunächst einmal denkt man vor allem an die negativen Effekte: Das nichtentdeckte Dopen von Spitzensportlern ist mittlerweile selbst zum Spitzensport geworden, wobei sich Sportler mit den Dopingautoritäten einen Wettkampf auf höchstem Niveau liefern. Ruhm, Macht und Geld sind nach wie vor in vielen Fällen für Sportler, Trainer, Ärzte und Funktionäre wichtiger als die Gesundheit des Sportlers (Kap. 6). Der Radsport ist in dieser Hinsicht in den letzten Jahren das beste Beispiel dafür, wie es eben nicht gehen sollte. Vergessen wird in diesem Zusammenhang gern die Vorbildfunktion, die der Sport für den Rest der Gesellschaft hat. Darum wird seit längerer Zeit das Dopingverhalten auch im Breitensport untersucht. Das Robert Koch-Institut kommt in einer seiner Schriften zu folgendem besorgniserregenden Schluss (Müller-Platz et al. 2006, S. 27):

> „In Deutschland sind bisher keine Dopingfälle bei Breiten- und Freizeitsporttreibenden nachgewiesen geworden. Das liegt daran, dass dieser Bereich des Sports nicht kontrolliert wird. ... Es gibt für Deutschland zwar nur wenige Untersuchungen, aber ein nicht zu vernachlässigender Teil befragter Fitnessstudiokunden bekennt sich zum Missbrauch von Dopingsubstanzen."

Konkret bedeutet dies, dass auch der nicht im Spitzensport tätige Sportphysiotherapeut sich mit der Dopingproblematik und den gesundheitlichen Folgen von Doping auseinandersetzen muss.

Im Spitzensport muss der Sportphysiotherapeut neben der Dopingproblematik zudem mit den Medien und deren Einfluss umgehen können. Er wird sich einem höheren Druck ausgesetzt sehen, wenn es um Entscheidungen geht wie die Einsatzfähigkeit eines leichtverletzten Sportlers oder wenn der Aufbau einer effektiven Reha nach einer ernsthaften Verletzung gefragt ist.

Gleichzeitig steht dem Sportphysiotherapeuten im Spitzensport oftmals das Beste vom Besten zur Verfügung, wenn es um diagnostische Tests und therapeutische Anwendungen geht (Kap. 2.3). Man hofft natürlich, dass das viele Geld im Sport auch zur Weiterentwicklung von präventiven und kurativen Strategien genutzt wird und dass die Gelder unter anderem auch in die klinische Forschung fließen. Und letztlich ist da die Ambition, die neuen Erkenntnisse aus dem Spitzensport auch der Betreuung von Breitensportlern zugänglich zu machen und somit einen positiven Einfluss auf die Gesundheit der gesamten Bevölkerung zu haben (Kap. 8).

Mehr Erkenntnisse in der Prävention und Rehabilitation

Dass viel geforscht wird, steht außer Frage. Hierzu ein Beispiel: Eine gängige Verletzung, die sportphysiotherapeutisch betreut wird, ist die des vorderen Kreuzbandes (VKB). Eine Recherche in der größten medizinischen Datenbank Medline ergibt: In der Zeit von 1989–1998 wurden insgesamt 2970 Studien zum Thema VKB publiziert. In den anschließenden 10 Jahren von 1999–2008 wurden zum gleichen Thema 5075 Studien veröffentlicht. Das ergibt eine relative Zunahme von Publikation über einen Zeitraum von 10 Jahren um 70%! Dieser exponentielle Zuwachs von neuen Erkenntnissen bringt eine ganze Reihe von Problemen mit sich:

- Ein allgemein arbeitender Physiotherapeut kann nicht alle Entwicklungen in verschiedenen Fachgebieten wie z. B. der Neurologie oder Geriatrie verfolgen, wenn es schon bei einem einzelnen Thema innerhalb des Fachgebiets der Sportphysiotherapie schier unmöglich ist.
- Es ist nicht nur so, dass neue Erkenntnis hinzukommen, es werden auch viele alte Erkenntnisse widerlegt. Man nennt dies auch die Halbwertszeit des Wissens. Das, was früher als Wahrheit angesehen wurde, ist vielleicht mittlerweile widerlegt.

Der Sportphysiotherapeut bleibt innerhalb seines Fachgebietes nur auf dem neuesten Stand, wenn er regelmäßig Weiterbildungsveranstaltungen besucht, Fachzeitschriften liest, Kongresse und Symposien besucht. Bei diesen Gelegenheiten kann er sich neues Wissen aneignen und altes Wissen zur Diskussion stellen.

Verbesserte diagnostische Möglichkeiten

Auch im Bereich der diagnostischen Möglichkeiten hat sich viel getan (Kap. 2.3). Technische Fortschritte bei den bildgebenden Verfahren wie MRI, CT und Ultraschall stellen mehr und feiner detaillierte Informationen über Verletzungslokalisation und -ausmaß zur Verfügung. Der Grundgedanke ist natürlich, dass diese Fortschritte auch zu einer gezielteren und somit effektiveren Behandlung führen mögen. Aber auch dies stellt den Sportphysiotherapeuten wieder vor neue Probleme: Beim lumbalen

Bandscheibenvorfall beispielsweise stimmen die Beschwerden des Patienten oftmals nicht mit dem Niveau überein, auf dem mittels MRI der Bandscheibenvorfall diagnostiziert wurde (**Abb. 1.1**). Ein weiteres eindrucksvolles Beispiel ist die Tatsache, dass bei 20–36% von nichtsymptomatischen Personen Bandscheibenvorfälle diagnostiziert werden (Koes et al. 2007).

Validität und Zuverlässigkeit als Ausdruck der Qualität eines diagnostischen Messverfahrens müssen eingehend erforscht werden und Sportphysiotherapeuten sollten ihr Wissen darüber in jeden diagnostischen Prozess einbeziehen, um Resultate adäquat zu interpretieren. Dies gilt nicht nur für bildgebende Verfahren, sondern auch für die orthopädische Untersuchung.

Ein Beispiel hierzu ist die Validität von manuellen Tests. Gerade in diesem Bereich ist in den letzten Jahren viel geforscht worden (u. a. Deville u. van der Windt 2000, van Grinsven u. Kesselring 2006, Tennent et al. 2003, Malanga et al. 2003). Früher waren die Tests einfacher zu interpretieren: Ein positiver Impingementtest nach Neer war einer Supraspinatustendinitis gleichzusetzen. Mittlerweile muss sich der Sportphysiotherapeut fragen, wie groß die Chance auf ein falsch positives oder falsch negatives Testresultat ist. Und wenn der Impingementtest tatsächlich positiv ist, muss der Sportphysiotherapeut sich fragen, ob es nicht vielleicht auch noch andere Strukturen gibt, die für die Symptomatik verantwortlich sein könnten (Moen et al. 2008).

Im diagnostischen Bereich haben auch die anderen Berufsgruppen wie Sportärzte und Orthopäden lernen müssen, mit der Zunahme an diagnostischen Möglichkeiten auf der einen Seite und andererseits mit der damit einhergehenden Zunahme an Wissen über die Ungenauigkeit des Messverfahrens umzugehen. Die Basis für eine erfolgreiche Therapie ist die medizinische und sportphysiotherapeutische Diagnose. Durch interkollegiale (interdisziplinäre) Besprechung der diagnostischen Resultate kann die Diagnose adäquater gestellt werden.

Evidence Based Sportsphysiotherapy (EBS)

Die bisher beschriebenen Trends sind als sichtbare Veränderungen des Fachgebiets aufzufassen. Sie zeugen von der tief greifenden Veränderung, die sich innerhalb der (Sport-)Physiotherapie in den letzten Jahrzehnten vollzogen hat. Diese Veränderungen sind so fundamental, dass man durchaus von einem Paradigmenwechsel sprechen kann (Kuhn 1962), dessen Ursprünge in der Schulmedizin der 1970er Jahre liegen. David Sackett hat damals Evidence Based Medicine (EBM) als neues Paradigma beschrieben:

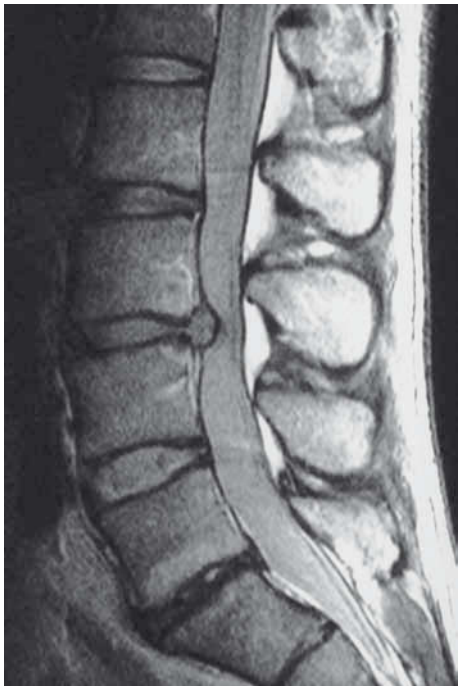


Abb. 1.1 Dieser Bandscheibenvorfall wird mit Sicherheit Beschwerden verursachen.

> „Evidence Based Medicine ist der gewissenhafte, ausdrückliche und vernünftige Gebrauch der gegenwärtig besten externen wissenschaftlichen Evidenz, um Entscheidungen für den individuellen Patienten zu treffen" (Straus et al. 2000, S. 1).

Obwohl tausendfach zitiert wird EBM nach wie vor auf wissenschaftliche Forschung reduziert oder, genauer gesagt, auf das Anwenden wissenschaftlicher Forschungsresultate (experimentelle Evidenz) auf den einzelnen Patienten. Dies führt unweigerlich zur Kochbuchstrategie: Bei vorher festgeschriebenen Patientenpopulationen, die den Einschlusskriterien der entsprechenden randomisierten Studien entsprechen, werden die Behandlungsabläufe extrem detailliert protokolliert. Naturgemäß halten sich die wenigsten Patienten in der sportphysiotherapeutischen Praxis an diese Einschlusskriterien und die wenigsten Gesundheitsprobleme im sportphysiotherapeutischen Alltag eignen sich für diese Strategie. Es wird von jedem Sportphysiotherapeuten erwartet, dass er nicht die Definition von Sackett auswendig lernt, sondern sich vor allem 2 Herausforderungen stellt:

> Der Sportphysiotherapeut soll das Problem jedes einzelnen Patienten zuerst genau analysieren und eine maßgeschneiderte Therapie erarbeiten.
>
> Bei dieser maßgeschneiderten Therapie soll er aktuelles Wissen aus der klinischen Forschung und sein Erfahrungswissen gleichermaßen einfließen lassen.

Dies erfordert eine kritische Haltung vor allem sich selbst gegenüber. Seine eigene Handlungsweise zur Diskussion zu stellen ist um ein Vielfaches schwieriger, als einfach damit weiterzumachen, was man vor vielleicht 5, 10 oder 20 Jahren in der Grundausbildung gelernt hat. Wenn in diesem veralteten Paradigma der „Opinion Based Practice“ eines eben nicht erwünscht war, war es die kritische Haltung sich selbst und vor allem dem Lehrer und Praktikumsbetreuer gegenüber.

Evidence Based Sportsphysiotherapy (EBS) kann als neues Paradigma umarmt werden, wenn es gelingt, den Stellenwert des Erfahrungswissens eines ganzen Berufsstandes zu deuten und dem Patienten die Rolle beizumessen, die er verdient.

Erfahrungswissen wird in der angelsächsischen Literatur mittlerweile als „empirical evidence“ angedeutet (Tonelli 2001). Ins Deutsche übersetzt bezeichnet empirische Evidenz einen Beweis, der auf Erfahrung beruht. Dieses Erfahrungswissen ist unersetzlich in der täglichen Praxis und dies wird auch immer so bleiben. Die Herausforderung wird jedoch darin bestehen, dieses Erfahrungswissen zu beschreiben und einer kritischen Prüfung zu unterziehen. „Das habe ich immer schon so gemacht und es funktioniert“ ist keine gültige Argumentation, um „das“ weiterhin so zu machen.

Die Aufgabe für die Sportphysiotherapie im Allgemeinen besteht darin, nach Erklärungen dafür zu suchen, *warum* „es“ funktioniert (Lettinga 2003). Dies ist sowohl wissenschaftsphilosophisch als auch methodologisch eine große Herausforderung.

Gleichzeitig werden die erfahrenen Praktiker sich der experimentellen Evidenz öffnen müssen. Allein schon dem Patienten gegenüber ist jeder in der Pflicht, die bestmögliche Therapie anzuwenden. Man kann heutzutage von Sportphysiotherapeuten erwarten, dass sie sich aktiv und konstruktiv mit den Gegensätzen zwischen ihrer eigenen empirischen Evidenz und der experimentellen Evidenz auseinandersetzen. Es geht hier wohlgemerkt um die Integration von empirischer und experimenteller Evidenz zum Wohl des Patienten und nicht um die Frage, ob experimentelle Evidenz der empirischen Evidenz überlegen ist.

Hinzu kommt, dass sich in den meisten europäischen Ländern in den letzten Jahren ganz klar der Gedanke durchsetzt, dass der Bürger auch in Bezug auf seine eigene Gesundheit als Konsument gesehen wird. Prinzipien des freien Marktes werden also übersetzt auf das Gesundheitswesen. Dies hat zur Folge, dass die (Sport-)Physiotherapie, analog zum Bild vom Patienten als Konsumenten, als Produkt gesehen wird. Der Konsument entscheidet durch sein Kaufverhalten, wie erfolgreich dieses Produkt am Markt wird. In der Gesetzgebung bekommt der Konsument dementsprechend immer mehr Mitspracherecht, wenn es um die Gestaltung des Gesundheitswesens im Allgemeinen und um das Mitspracherecht bei der Gestaltung der individuellen Therapie geht. Mehr Entscheidungsfreiheit und Mitspracherecht stimulieren einerseits die Compliance des Patienten, erfordern aber andererseits vom Sportphysiotherapeuten zusätzlich die Fähigkeit, dem Patienten diese Freiheit auch einzuräumen.

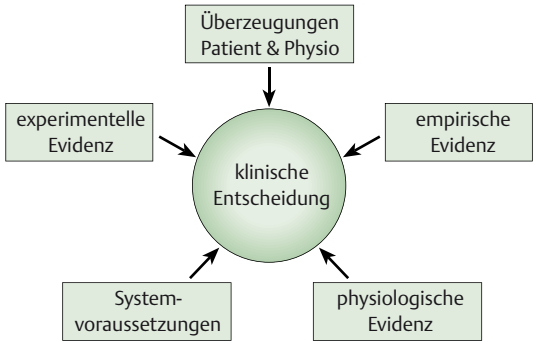


Abb. 1.2 Evidence Based Sportphysiotherapy: Bei der klinischen Entscheidung werden alle Quellen einbezogen.

Die Sportphysiotherapie wird in den nächsten Jahren beweisen müssen, ob sie dem hier formulierten Anspruch genügen kann. Sie muss beweisen, dass durch sportphysiotherapeutische Maßnahmen der Medikamentengebrauch des Diabetikers abnimmt, die Anzahl der Sportverletzungen zurückgeht, die Rückkehr des Sportlers auf das ursprüngliche Leistungsniveau schneller verläuft und dass Fehlzeiten am Arbeitsplatz tatsächlich reduziert werden.

Erst wenn der Sportphysiotherapeut empirische und experimentelle Evidenz, Vorzüge des Patienten und die (Un-)Möglichkeiten des Gesundheitswesens (Systemvoraussetzungen) in Entscheidungen bei jedem einzelnen Patienten einfließen lässt, wird das neue Paradigma der Evidence Based Sportsphysiotherapy (EBS) von allen Parteien akzeptiert werden und sich als neues gültiges Paradigma durchsetzen (**Abb. 1.2**).

1.1.2 Geschichte der Sportphysiotherapie

Innerhalb der Heil- und Krankengymnastik ist von jeher den Sportverletzungen viel Aufmerksamkeit gewidmet worden (Steinbrück 2004). Vor allem Impulse aus der Sportmedizin und Sportorthopädie haben geholfen, der Sportphysiotherapie mehr Selbstständigkeit zu verleihen. Bei vielen Sportverletzungen ist man zu der Erkenntnis gekommen, dass eine gute sportphysiotherapeutische Nachbehandlung entscheidend ist für die erfolgreiche Rückkehr in den Sport. Dies begründet den Status der Spezialisierung der Sportphysiotherapie innerhalb der Physiotherapie.

Einen Meilenstein in der Professionalisierung der Sportphysiotherapie stellt die Gründung der International Federation of Sports Physiotherapy (IFSP) im Jahr 2000 dar. Die IFSP ist eine weltweit arbeitende Organisation, die nationale Sportphysiotherapieverbände vertritt. Mittlerweile gehören ihr 22 Mitgliedsorganisationen an. Die Hauptziele der IFSP sind:

- Sportphysiotherapie weltweit zu fördern
- Fachinteresse (professional interest) und Statur/Gestalt der Sportphysiotherapie weltweit voranzubringen
- Qualität der Sportphysiotherapie in Bezug auf Wissen, Fertigkeiten und fachgerechte Verantwortung/Kompetenz (professional responsibility) weltweit zu verbessern
- Bemühungen zur Durchführung von Forschungen zur Förderung einer evidenzbasierten Sportphysiotherapie zu unterstützen/erleichtern
- Kommunikation und Austausch edukativer und beruflicher Informationen über unterschiedliche Medien zu fördern
- organisatorische Struktur und Politik nutzbar zu machen, um die internationale Harmonisierung zu fördern

Die IFSP ist seit dem Jahr 2003 eine anerkannte Gruppe des World Congress of Physical Therapy (WCPT). Einen wichtigen Beitrag zur Professionalisierung der Sportphysiotherapie hat die IFSP dadurch geliefert, dass sie zusammen mit den nationalen Vertretern ein europäisches Kompetenzprofil „Sportphysiotherapie“ entwickelt hat. Dieses Profil wurde am 21. Juni 2005 bei der Hauptversammlung in Oslo offiziell angenommen und noch im selben Jahr unter dem Titel „Sports Physiotherapy Competencies and Standards“ publiziert. Es beschreibt die heutige Auffassung darüber, was Sportphysiotherapie ist und was ein Sportphysiotherapeut können muss (**Abb. 1.3**).

Auf ihrer Webseite www.sportsphysiotherapyforall.org finden sich dieses Profil gratis zum Herunterladen und außerdem noch eine Menge Zusatzinformationen, wie z. B. die IFSP-Doping-Richtlinie.

1.1.3 Europäisches Kompetenzprofil „Sportphysiotherapie“

Definition, Rollen und Kompetenzen des Sportphysiotherapeuten

Im Europäischen Kompetenzprofil wird der Sportphysiotherapeut folgendermaßen definiert:

Definition

Ein Sportphysiotherapeut ist ein anerkannter Experte, der über fortgeschrittene Kompetenzen in Bezug auf die Förderung einer sicheren Teilnahme an physischen Aktivitäten, (die Bereitstellung von) Beratung und die Anpassung von Rehabilitations- und Trainingsinterventionen verfügt, um Verletzungen vorzubeugen, die optimale Funktion wiederherzustellen und zur Verbesserung der sportlichen Leistungsfähigkeit beizutragen bei Sportlern aller Altersstufen und Fähigkeiten, wobei er einen hohen Standard der beruflichen und ethischen Praxis gewährleistet (Bulley et al. 2005, S. 26).

Die IFSP geht davon aus, dass früher oder später auch die Sportphysiotherapeuten in Europa auf Master-Niveau arbeiten werden. Die Entwicklungen dazu sind noch sehr uneinheitlich, aber es gibt in fast jedem europäischen Land mittlerweile Studiengänge, die mit einem Master-Titel abgeschlossen werden. In diesem Professionalisierungsprozess geht es zunächst einmal nicht so sehr um den Titel des Master of Science oder des Master of Applied Sciences, sondern um die Tatsache, dass sich das Berufsfeld des Sportphysiotherapeuten wie oben beschrieben sehr rasant entwickelt. Komplexe Gesundheitsprobleme, viel neues Wissen und mehr Verantwortung stellen eben höhere Ansprüche an die Berufsausübung. Deswegen spricht man auch vom Sportphysiotherapeuten als Spezialisten. Die wichtigsten Merkmale des Spezialisten werden von der WCPT anhand dieser Punkte global beschrieben (WCPT 2003):

- wendet neues Wissen an
- vermittelt neues Wissen
- entwickelt neues Wissen

Diese Überlegungen formten die Basis für die Entwicklung des Kompetenzprofils des Sportphysiotherapeuten. Es wurden verschiedene Modelle entwickelt, um die Rollen und Kompetenzen für den Physiotherapeuten übersichtlich darzustellen. Das Modell von Coppoolse u. van den Heuvel (2004) ist speziell darauf ausgerichtet, die Rollen auf Master-Niveau zu definieren. Die IFSP hat dieses Modell als Leitfaden benutzt, um innerhalb der unterschiedlichen Rollen, die der Sportphysiotherapeut hat, spezielle Kompetenzen zu entwickeln und zu spezifizieren. Kompetenzen beschreiben die Integration von Wissen, Fähigkeiten und Berufshaltung des Sportphysi-

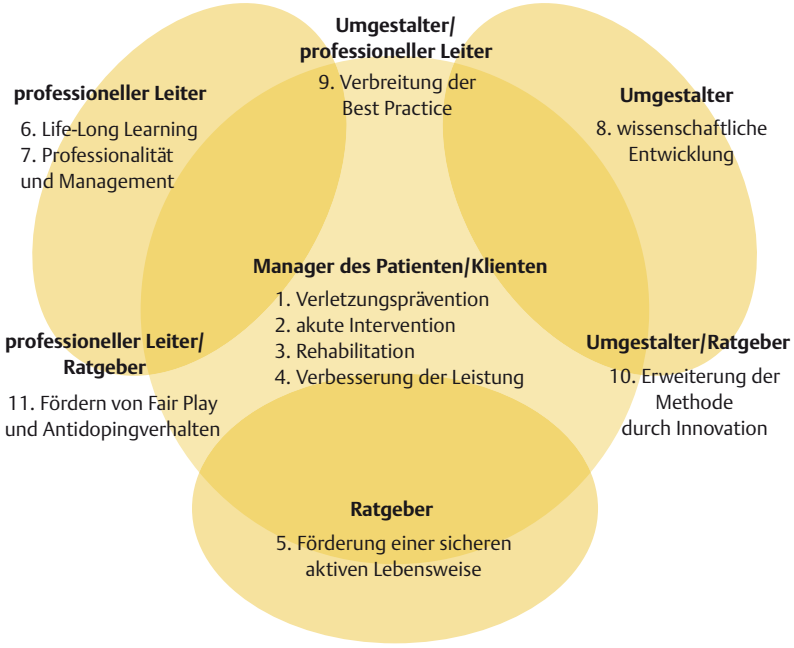


Abb. 1.3 Sportphysiotherapeutisches Kompetenzmodell (Bulley 2005).

otherapeuten in einem speziellen Kontext (Ministry for Education, Culture and Science 2002).

Durch die Standardisierung der Rolle und der Kompetenzen kann das Niveau, auf dem sich der Sportphysiotherapeut befindet, bestimmt und evaluiert werden.

Im Zentrum: der Klientenmanager

In diesem Modell steht die Rolle des „Klientenmanagers" im Zentrum. Das bedeutet, dass die Interaktion zwischen Sportphysiotherapeut und Patient/Sportler im Zentrum des sportphysiotherapeutischen Prozesses steht (Kap. 1.3). „Patientenzentrierte" Therapie bildet die Grundlage einer guten sportphysiotherapeutischen Behandlung. Durch den kontinuierlichen Dialog mit dem Sportler wird klar, wie der Gesundheitszustand des Sportlers verbessert und das Leistungsvermögen erhöht werden kann.

Innerhalb dieser Rolle werden 4 Kompetenzbereiche beschrieben:

- Verletzungsprophylaxe
- erste Hilfe
- Rehabilitation
- Leistungssteigerung

Verletzungsprophylaxe. Der erste Kompetenzbereich, den der Sportphysiotherapeut beherrscht, erstreckt sich über das Gebiet der sekundären Prävention. Sekundäre Prävention bezeichnet das Erkennen und Behandeln von Risikofaktoren im Frühstadium einer Krankheit, bevor diese bereits zu Symptomen geführt haben (Senten et al. 2003). Der Sportphysiotherapeut muss in der Lage sein, eine gute Risikoanalyse zu erstellen, die den Sport, den Sportler selbst und seine Umgebung, in der er funktioniert, berücksichtigt. Dadurch kann er erfahren, welche physischen, mentalen und sozialen Aspekte im Entstehungsprozess von Beschwerden eine prädisponierende Rolle einnehmen. Auf der Grundlage der biopsychosozialen Risikoanalyse werden präventive Maßnahmen angeführt, um Beschwerden vorzubeugen. Diese Präventivmaßnahmen können ausschließlich erfolgreich implementiert werden, wenn sowohl der Sportler, alle ihn begleitenden Disziplinen als auch sein Umfeld darüber informiert sind, welche Risikofaktoren eine Rolle spielen und wie jeder Einzelne seinen Teil dazu beitragen kann, um Beschwerden vorzubeugen. Der Sportphysiotherapeut übernimmt hierbei eine wichtige Aufgabe. Sowohl während der Behandlung in der Sportphysiotherapiepraxis als auch während des Trainings und im Verlauf von Wettkämpfen müssen und können präventive Maßnahmen angewendet werden. Präventive Maßnahmen können beispielsweise darin bestehen, den Sportler zu informieren und zu beraten. Beispiel dafür ist die Aufklärung des Sportlers über die Bedeutung regenerativer Maßnahmen nach dem Training, den Effekt von Alkohol auf das Leistungsvermögen oder die negativen Folgen des Dopinggebrauchs (Kap. 6 u. 7). Prävention kann ebenfalls durch das Anwenden passiver und aktiver sportphysiotherapeutischer Maßnahmen erreicht werden. Passive Maßnahmen wie z. B. Sportmassage, Eistherapie nach einem Wettkampf oder Triggerpoint-Behandlung sind regenerierende Maßnahmen, die Beschwerden nach dem Training oder im Laufe der Saison vermeiden können. Aktive Maßnahmen, wie beispielsweise die bewusste Anwendung von Entspannungstechniken, haben

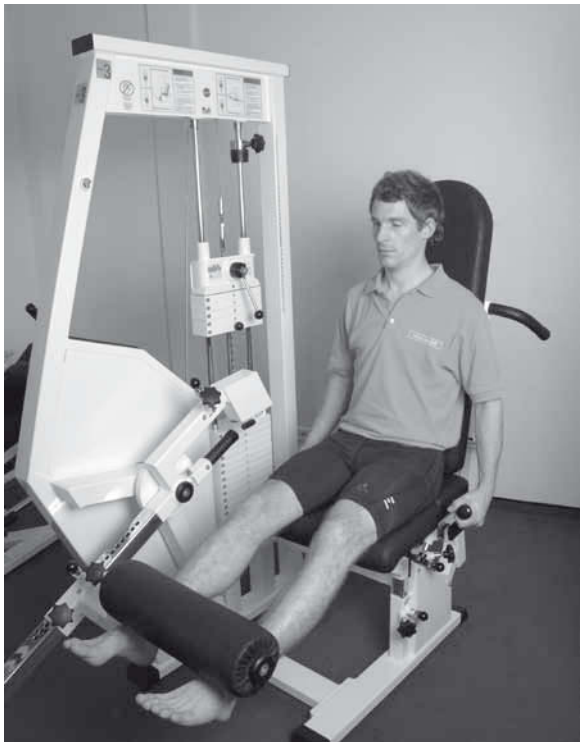


Abb. 1.4 Beispiel für einen Krafttest für den Quadrizeps auf dem Kniestrecker.

eine ähnliche Wirkung. Weitere Informationen sind dem Kap. 3.1.2 zu entnehmen.

Eine gute Analyse des Sports bezüglich des Funktions-, Aktivitäten- und Partizipationsniveaus bestimmt, was ein Sportler können muss, um den Sport optimal ausführen zu können (Kap. 4.4). Während des Trainings des Sportlers ist diese Analyse der Leitfaden, um Trainingsprogramme zusammenzustellen (Kap. 4.4). Die regelmäßige Ausführung sportspezifischer Tests gibt Auskunft über das Niveau, auf dem sich der Sportler zu diesem Zeitpunkt befindet (**Abb. 1.4**). Vor allem für Kraft, Ausdauer und Schnelligkeit gibt es viele Tests, die durchgeführt werden können. Obwohl das Testen selbst keine präventive Maßnahme ist, kann durch die Anwendung sportspezifischer Tests eine gute Analyse der aktuellen Belastbarkeit des Sportlers angefertigt werden. Die Beratung des Sportlers und seines Umfelds bezüglich der Testergebnisse und die Konsequenzen, die sich daraus für das Trainingsprogramm ergeben, sind Beispiele für die Vorbeugung von Beschwerden.

Erste Hilfe. Durch die stark zunehmende Zahl Sporttreibender steigt auch die Zahl der Sportverletzungen (Petridou et al. 2003). Bei Trainingseinheiten oder Wettkämpfen besteht ein erhöhtes Risiko, sich akut zu verletzen. Das kompetitive Element, Veränderungen in der Trainingsumgebung und der zunehmende Druck der Medien sind prädisponierende Faktoren für die Zunahme des

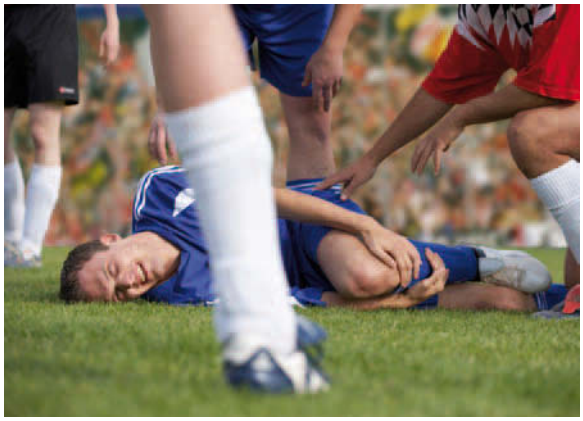


Abb. 1.5 Erste Hilfe bei Sportverletzungen.

Verletzungsrisikos. Wenn es bei einem Sportler um eine akute Verletzung geht, muss der Sportphysiotherapeut in der Lage sein, adäquat zu reagieren und zu handeln sowie mit dem Umfeld zu kommunizieren. Dies ist der zweite Kompetenzbereich des Sportphysiotherapeuten in der Rolle des „Klientenmanagers". Bei der Betreuung eines Sportlers durch ein disziplinübergreifendes Team muss im Vorfeld klar sein, wer während der Entstehung einer akuten Verletzung für welche Bereiche verantwortlich ist, und es muss deutlich sein, wie die Kommunikationswege zu verlaufen haben: Was ist die Rolle des Sportarztes, des Trainers und des Sportphysiotherapeuten (Kap.1.3)? Der Sportphysiotherapeut muss gerade in solch einer hektischen Situation die Ruhe bewahren und auf der Grundlage der Symptome und der Ausführung relevanter Tests den Ernst der Situation einschätzen und die richtigen Entscheidungen treffen. Um die Situation richtig einschätzen und die entsprechenden Entscheidungen treffen zu können, muss der Sportphysiotherapeut über ein ausreichendes Wissen bezüglich des Sports und dessen körperliche Ansprüche verfügen. Wenn sich der Sportphysiotherapeut nahe am Geschehen befindet, ist die Entstehensweise der Verletzung in den meisten Fällen deutlich. Dies steuert sein Handeln. Durch schnelle Kontaktaufnahme mit dem Sportler, Bestimmung der Gelenkfunktionen, die Ausführung verschiedener Untersuchungen, Schnelltests, Palpation, Widerstandstests und durch die Kontrolle der axialen Belastung kann eine fundierte Entscheidung für den verletzten Sportler getroffen werden. Weitere Informationen entnehmen Sie bitte Kap. 2.2; hier wird ausführlich beschrieben, was „erste Hilfe" beinhaltet.

Rehabilitation. Nach der Entstehung einer akuten Verletzung wird ein Sportler mit seinen Belastungsgrenzen konfrontiert (Tamboer 2004). Durch die Verletzung sind die Voraussetzungen für die verschiedenen motorischen Grundeigenschaften (Mobilität, Koordination, Kraft, Schnelligkeit und Ausdauervermögen) temporär nicht vorhanden, was zu einer Einschränkung der Sportparti-

zipation führt. Dies ist der Bereich der tertiären Prävention – das Gebiet, in dem der Sportphysiotherapeut sich am häufigsten bewegt. Tertiäre Prävention ist das Verhindern weiterer Schäden bei einem Sportler, der bereits Beschwerden hat (Senten et al. 2003). Nach der Entstehung einer Verletzung begleiten der Sportphysiotherapeut und angrenzende Disziplinen den Sportler auf seiner Reise zurück zur Sportpartizipation. Dieser Kompetenzbereich fordert dem Sportphysiotherapeuten viel ab.

Zuerst geht es um die Durchführung einer guten sportphysiotherapeutischen Untersuchung. Das Ziel dieser Untersuchung ist, zusammen mit dem verletzten Sportler eine Analyse seines Gesundheitsproblems aus einer biopsychosozialen Perspektive zu erstellen.

Nach der Untersuchung wird eine sportphysiotherapeutische Diagnose gestellt (Kap. 1.2). Unter einer sportphysiotherapeutischen Diagnose versteht man „ein berufsspezifisches Urteil des Physiotherapeuten über den Gesundheitszustand des Patienten, als Grundlage für die Erstellung eines Behandlungsplans (in Rücksprache mit dem Patienten/Betroffenen)“ (KNGF 2003, S. 7).

Die sportphysiotherapeutische Diagnose gibt Aufschluss über mögliche Aspekte, die der Sportphysiotherapeut bei der Erstellung eines Behandlungsplans verwenden kann. Der Behandlungsplan beinhaltet kurz-, mittel- und langfristige Ziele, die häufig folgende allgemeine Ausgangspunkte umfassen:

- Reduktion der Störungen
- Prävention der sekundären Störungen
- Vergrößerung und/oder Verbesserung der funktionellen Möglichkeiten/Aktivitäten des Sportlers
- Anteilnahme des Sportlers verbessern
- Förderung der Gesundheit
- Stimulation positiver und Reduktion negativer persönlicher Faktoren des Sportlers
- Reduktion negativer und Stimulation positiver Umgebungsfaktoren, die die Genesung bzw. die Leistungsfähigkeit des Sportlers positiv beeinflussen

Der Behandlungsplan wird in Zusammenarbeit mit dem Sportler erstellt. In der Sportphysiotherapie wird dies als „shared decision making“ bezeichnet (Higgs et al. 2008). Man weiß, dass dies zu einer Verbesserung der Compliance des Sportlers in Bezug auf den Rehabilitationsprozess führt.

Während der sportphysiotherapeutischen Behandlung stehen dem Sportphysiotherapeuten sowohl aktive als auch passive sportphysiotherapeutische, evidenzbasierte Interventionen zur Verfügung. Beispiele für passive Interventionen sind Sportmassage, Triggerpoint-Behandlung, Tape-Behandlung, Bandagen, Kryo- oder Wärmetherapie (Kap. 3). Die passiven Maßnahmen haben die Reduktion der Störungen zum Ziel sowie die Vorbeugung vor sekundären Störungen und die Verbesserung der funktionellen Möglichkeiten des Sportlers.



Abb. 1.6 Rehabilitation eines Sportlers in einer Sportphysiotherapiepraxis.

Aktive Interventionen wie z. B. Trainieren der Mobilität, Koordination, Kraft, Ausdauervermögen und Schnelligkeit werden gezielt eingesetzt, um die funktionellen Möglichkeiten des Sportlers zu verbessern (**Abb. 1.6**). Dies führt letztlich zur erwünschten Sportpartizipation. Wenn eine Verletzung vorliegt, wird häufig die Physis des Sportlers mit Hilfsmitteln wie z. B. Gehhilfen oder Orthesen unterstützt, die Störungen werden dadurch reduziert. Das soziale Umfeld wird über die Umstände informiert mit dem Ziel, optimale Bedingungen für die Genesung des Sportlers zu schaffen. Während des sportphysiotherapeutischen Behandlungsprozesses wird der Sportler kontinuierlich über den weiteren Verlauf informiert und dementsprechend beraten. Im Dialog mit dem Sportler trifft der Sportphysiotherapeut Entscheidungen, die letztlich zur Sportpartizipation führen. Der Sportphysiotherapeut trifft seine Entscheidungen nicht ausschließlich auf Basis der Informationen des Sportlers. Während der Rehabilitation wendet der Sportphysiotherapeut den Qualitätszyklus an (planen – tun – prüfen – handeln). Er beabsichtigt dadurch, systematisch und zielgerichtet vorzugehen. Evaluationsmomente (prüfen) sind als Meilensteine auf dem Weg zum therapeutischen Ziel zu verstehen. Sie geben Aufschluss über den Weg, den man schon gegangen ist und den man noch vor sich hat. Die zentrale Frage während der Evaluation ist, inwieweit man den Bedürfnissen des Patienten gerecht geworden ist (patientenzentrierte Fürsorge).



Abb. 1.7 Sportlernahrung mit dem Ziel der Leistungssteigerung.



Abb. 1.8 Förderung eines aktiven Lebensstils.

Leistungssteigerung. Der vierte Kompetenzbereich, der die Rolle des „Klientenmanagers" beinhaltet, ist die Leistungssteigerung. Der große Unterschied zu den vorangegangen Bereichen ist, dass Verletzungen nun keine Bedeutung mehr haben. Der Sportler ist genesen und möchte eine bessere Leistungsfähigkeit in seinem Sport erreichen. Für die Verbesserung der sportlichen Leistungsfähigkeit ist eine gute biopsychosoziale Analyse des Sportlers notwendig. Ein Beitrag des Sportphysiotherapeuten bei dieser Analyse ist unter anderen die Evaluation physischer Parameter des Sportlers. Diese Parameter bilden den Leitfaden für die Beratung des Sportlers und für die Anwendung evidenzbasierter, sportphysiotherapeutischer Interventionen, deren Ziel es ist, die Leistungssteigerung zu optimieren. Die sportphysiotherapeutischen Interventionen richten sich vor allem auf das Training des Sportlers. Die einfachste Definition von Training lautet:

Definition

Trainieren = belasten und regenerieren (Hegner 2006).

Die Belastung des Sportlers äußert sich vor allem durch das Training der physischen Parameter: die motorischen Grundeigenschaften Mobilität, Koordination, Kraft, Ausdauervermögen und Schnelligkeit. Die Erholungsphase des Sportlers ist einerseits gekennzeichnet durch Information und Beratung und andererseits durch die Ausführung passiver und aktiver sportphysiotherapeutischer Maßnahmen, die die Regeneration fördern sollen. Während des Prozesses der Leistungssteigerung muss der Sportphysiotherapeut ständig abwägen, welche Interventionen geeignet sind, um das Ziel der Leistungssteigerung zu erreichen. Dieser Evaluationsprozess ist eine „never ending story" im Rahmen einer sportphysiotherapeutischen Behandlung. Bei der Evaluation werden verschiedene Punkte abgearbeitet, um beurteilen zu können, inwieweit die Bedürfnisse des Patienten abgedeckt sind. Folgende Punkte sind zu beachten:

- Bestandsaufnahme des Status praesens
- Veränderungen im Vergleich zur Ausgangssituation und/oder zur letzten Evaluation
- Formulierung der Behandlungsziele für die kommende Periode
- Einschätzung der Dauer der weiteren Rehabilitation bzw. Prognose der voraussichtlichen Wiederaufnahme sportlicher Aktivitäten

Um die Leistungsfähigkeit des Sportlers zu steigern, sind die physischen Parameter lediglich ein Aspekt. Mentale und soziale Parameter, der Lebensstil des Sportlers und der Einfluss des Umfeldes sind genauso wichtig, um eine optimale Sportleistungsfähigkeit zu ermöglichen. Im Spitzensport ist ein multidisziplinäres Team verantwortlich für die ethisch vertretbare Begleitung des Sportlers bei der Leistungssteigerung. Sportarzt, Sportpsychologe, Ernährungsberater, Trainer etc. kümmern sich um das Wohl des Sportlers. Die konkrete Auslegung des Kompetenzbereichs Leistungssteigerung wird ausführlich in einigen Kapiteln dieses Buches beschrieben; die physischen Parameter werden in Kap. 4 besprochen. Die Optimierung der mentalen und sozialen Prozesse wird in Kap. 8 thematisiert. Ein Element des Lebensstils des Sportlers ist die Ernährung (**Abb. 1.7**). Dies wird ausführlich in Kap. 7 beschrieben

Beraterrolle

Eine zweite Berufsrolle, die der Sportphysiotherapeut einnimmt, ist die Rolle des Beraters. Auch wenn man zwischen den verschiedenen Rollen unterscheiden muss, so darf man sie dennoch nicht voneinander trennen. Die Rolle des Beraters hat Schnittmengen mit der Rolle des Klientenmanagers.

In der Rolle des Beraters hat der Sportphysiotherapeut die Aufgabe, Sportler, Menschen mit einem inaktiven Le-

bensstil und Menschen mit einer chronischen Erkrankung dahin gehend zu begleiten, zu beraten und zu stimulieren, dass sie einen aktiveren Lebensstil entwickeln und beibehalten. Der Kompetenzbereich wird dementsprechend beschrieben (**Abb. 1.8**).

Förderung eines sicheren und aktiven Lebensstils. Sowohl individuell als auch im multidisziplinären Rahmen kann der Sportphysiotherapeut verschiedene Zielgruppen zu einem aktiveren Lebensstil motivieren mit dem Ziel, das Verletzungsrisiko zu minimalisieren und den Gesundheitszustand zu verbessern. Diese Kompetenz wird immer wichtiger in der heutigen Zeit, in der Inaktivität einer der größten prädisponierenden Faktoren bei der Entstehung von Wohlstandskrankheiten ist.

In der Literatur wird schon seit geraumer Zeit angemerkt, dass körperliche Aktivität die Gesundheit des Menschen verbessern kann. Einige Beispiele werden dies verdeutlichen.

Beispiele

Körperliche Aktivität hat unter anderen einen positiven Einfluss auf den Blutdruck, das Körpergewicht und den prozentualen Anteil Körperfett. Gerade ein erhöhter Blutdruck, Übergewicht und ein hoher Körperfettanteil sind Risikofaktoren, die eine chronische Krankheit verursachen können.

Gesunde Menschen, die einem aktiven Lebensstil folgen, haben ein geringeres Risiko, eine chronische Krankheit wie z. B. Herzleiden, Diabetes mellitus Typ 2 oder bestimmte Krebsformen zu entwickeln. Außerdem verbessert dieser Lebensstil die Vitalität und die Selbstständigkeit vor allem bei älteren Menschen (Blair 2009).

Der Verlauf chronischer Erkrankungen, wie z. B. COPD, Asthma, Osteoporose, Diabetes mellitus Typ 2 und rheumatische Arthritis wird durch körperliche Aktivität positiv beeinflusst (Stiggelbout et al. 1998).

Der Sportphysiotherapeut hat die Kompetenz, sowohl Individuen mit Gesundheitsproblemen als auch Organisationen, die sich für einen gesunden Lebensstil einsetzen, zu informieren und zu beraten. Die Information des Sportphysiotherapeuten richtet sich vor allem auf die sichere Ausführung verschiedener körperlicher Aktivitäten oder Sportarten. Dadurch soll das Ziel erreicht werden, die Gesundheit zu verbessern, das gesundheitsfördernde Verhalten zu stimulieren und Verletzungen zukünftig vorzubeugen. Weitere Information über Gesundheit und körperliche Aktivität finden Sie in Kap. 3.

Professioneller Leiter

Die nächste Rolle, die der Sportphysiotherapeut ausfüllt, ist die eines professionellen Leiters.

In dieser Rolle ist der Sportphysiotherapeut verantwortlich für die Entwicklung und Verbesserung des sportphysiotherapeutischen Handelns. Durch die verantwortungsvolle Ausführung dieser Rolle übernimmt er eine Vorbildfunktion für Kollegen, Sportler und Mitglieder des multiprofessionellen Teams.

Die 2 Kompetenzbereiche, die der professionelle Leiter abdecken muss, sind:

- „Lifelong learning“
- Professionalität und Management

Der Kompetenzbereich „lifelong learning“ beinhaltet, dass der Sportphysiotherapeut die Qualität seines sportphysiotherapeutischen Handelns während seines Berufslebens behält bzw. verbessert. Der kontinuierliche Lernprozess wird durch die Fähigkeit ermöglicht, sein eigenes Handeln zu reflektieren und selbstkritisch zu sein. Dadurch, dass der Sportphysiotherapeut Kollegen und anderen Berufsgruppen Qualitätsverbesserungen kommuniziert, wird dazu beigetragen, dass die Qualität der Sportphysiotherapie auf ein stets höheres Niveau gebracht wird. Innerhalb der Sportphysiotherapie gibt es viele Weiterbildungen und Kurse, bei denen die Kompetenz „lifelong learning“ hoch im Kurs steht. Die Vermittlung von Wissen und Fertigkeiten, die Umsetzung dieses Wissens bzw. dieser Fertigkeiten und die Stimulation zur Reflexion der Umsetzung sind Voraussetzungen für die Qualitätsverbesserung. Der Sportphysiotherapeut handelt dabei nach dem neuen Paradigma der evidenzbasierten Sportphysiotherapie (EBS), wie es eingangs beschrieben wurde.

Die nächste Kompetenz, Professionalität und Management, beschreibt das Wissen, die Fertigkeiten und die Haltung des Sportphysiotherapeuten, in Bezug auf eine ethisch vertretbare Weise Zeit, Personal und Ressourcen zu „managen“. Ziel sollte das Erleichtern der professionellen Entwicklung und der Entwicklung der Qualität sein. Jeder Sportphysiotherapeut arbeitet in einem anderen Kontext; private Praxis, Rehabilitationszentrum, Krankenhaus, professionelle Sportvereine, Fitnesszentren etc. Sie arbeiten individuell, mit Kollegen oder anderen Disziplinen zusammen und innerhalb ihres Kontextes, in dem sie tätig sind, erfüllen sie verschiedene Funktionen. Das wichtigste Ziel dieser Kompetenz ist, dass jeder Sportphysiotherapeut seinen Teil zur Gestaltung einer Organisation beiträgt, die ein inspirierendes Lern- und Untersuchungsumfeld für die Patienten und die Profis darstellt. Ein Umfeld, in dem man gemeinsam nach Alternativen für Individuen und nach Innovation in Bezug auf Fürsorge und Wohlbefinden sucht. Eine lernende Organisation, die ihre Sichtweise kontinuierlich auf der Grundlage neuer Erkenntnisse aus dem Gesundheitswesen anpasst. Aus dem Blickwinkel verschiedener Quellen – Informationen des Kunden, die eigene Erfahrung, wissenschaftliche Untersuchungen und Umgebungsfaktoren – wird die Sichtweise intern angepasst und nach außen getragen. Diese Kompetenz liegt außerhalb des Spektrums dieses Buches.

Innovativer Klientenmanager

Die folgende Rolle des Sportphysiotherapeuten ist die des „Innovators" im Sinne des „Klientenmanagers". In dieser Rolle ist der Sportphysiotherapeut verantwortlich für das kontinuierliche Bestreben nach der besten Methode („best practice"). In diesem Zusammenhang muss der Sportphysiotherapeut in der Lage sein, sich an wissenschaftlichen Untersuchungen zu beteiligen („research involvement"), neue wissenschaftliche Erkenntnisse kritisch analysieren und beurteilen zu können und nach Möglichkeit im klinischen Setting zu implementieren.

Erforderliche Kompetenz: „Research Involvement"

Diese Kompetenz besagt, dass der Sportphysiotherapeut in der Lage ist, sein klinisches Handeln anhand neu erschienener Literatur zu evaluieren und für weitere wissenschaftliche Untersuchungen neue Untersuchungsfragen zu generieren. Dies kann direkten Bezug zur Sportphysiotherapie haben, wie z. B. Evaluation von Messinstrumenten, therapeutische Interventionen und Anwendung von Trainingsprinzipien. Die Untersuchungsfragen können aber auch indirekten Bezug zum Fachgebiet haben, wie z. B. die Frage nach dem Einfluss von Umgebungsfaktoren oder Materialien auf die mögliche Entstehung einer Verletzung. Der Sportphysiotherapeut ist so geschult, dass er in der Lage ist, selbst an einer wissenschaftlichen Untersuchung teilzunehmen. Einblick in Methodik, Statistik, quantitative und qualitative Untersuchungsdesigns, Analyseprogramme und die Interpretation der Daten sind Voraussetzungen, um dieser Kompetenz gerecht zu werden. Diese Kompetenz ausführlicher zu behandeln liegt – genau wie Professionalität und Management – ebenfalls außerhalb des Spektrums dieses Buches.

Innovativer professioneller Leiter

Die nächste Rolle des Sportphysiotherapeuten ist die des Innovators im Sinne des professionellen Leiters. In dieser Rolle ist der Sportphysiotherapeut imstande, neue sportphysiotherapeutische Information bekannt zu machen bzw. der Berufsgruppe oder angrenzenden Disziplinen näherzubringen. Diese Information kann sich auf inhaltliche Aspekte der Sportphysiotherapie beziehen, aber ebenso auf politische, wirtschaftstechnische und betriebsökonomische bzw. Managementaspekte.

Erforderliche Kompetenz: „Dissemination of Best Practice"

Wie bereits beschrieben übermittelt der Sportphysiotherapeut neue sportphysiotherapeutische Informationen und Innovation an die Berufsgruppe und verwandte Fachbereiche. Neben der Tatsache, dass der Sportphysiotherapeut in der Lage sein muss, den Wert der neuen Information einzuschätzen (siehe Kompetenz „Research Involvement"), muss er mittels verschiedener Kommunikationswege die neue Information „an den Mann" bringen. Diese Kommunikationswege sind z. B. das Internet, Veröffentlichungen in Fachzeitschriften, aber auch Lesungen, Kurse und Weiterbildungen sollten abgehalten werden. Einblick in verschiedene Kommunikationstechniken ist eine wichtige Voraussetzung, um als Sportphysiotherapeut diese Kompetenz im erforderlichen Maße zu beherrschen. Die Kommunikation mit dem Patienten, dem Kollegen, Sportarzt oder dem Mitarbeiter einer Versicherungsgesellschaft verlangen dem Sportphysiotherapeuten andere Fähigkeiten ab. Das gesprochene Wort auf Papier bringen – Präsentationen, Artikel oder Bücher schreiben – erfordert wiederum andere Fähigkeiten. Optimale Voraussetzung, um sich diese Kompetenz anzueignen, sind Einblick in die Kommunikationswege, verschiedene Kommunikationsarten, Schreiben, „learning by doing" und die kontinuierliche Reflexion des eigenen Handelns. Diese Kompetenz fällt für den Leser aus dem Spektrum des Buches heraus. Für die zahlreichen Autoren, die ihren Beitrag zur Entstehung dieses Buches geleistet haben, ist diese Kompetenz ausführlich bearbeitet.

Innovativer Berater

Die folgende Rolle des Sportphysiotherapeuten ist wiederum die Rolle des Innovators, allerdings diesmal im Sinne des Beraters. In dieser Rolle berät der Sportphysiotherapeut Athleten, Kollegen, die Öffentlichkeit und verwandte Fachdisziplinen in verschiedenen Kontexten. Die Beraterrolle richtet sich vor allem auf die Implementierung und Integration neuer Erkenntnisse in der Sportphysiotherapie.

Erforderliche Kompetenz: „Extending Practice through Innovation"

Sportphysiotherapeuten mit dieser Kompetenz sind in der Lage, neue Erkenntnisse und Innovationen auf eine verantwortungsvolle und ethische Weise in verschiedene Kontexte zu implementieren. Der Kontext kann breit gefächert sein: Die Implementierung eines guten sportphysiotherapeutischen Konzepts in die klinische Praxis bis hin zur Implementierung neuer wissenschaftlicher Informationen in nationale Leitlinien gehört dazu. Im Allgemeinen geht es für den Sportphysiotherapeuten um die Implementierung neuer sportphysiotherapeutischer, sportwissenschaftlicher und sportmedizinscher Erkenntnisse in die Praxis. Einsicht in das Veränderungsmanagement ist Voraussetzung, um sich diese Kompetenz anzueignen.

Professionell leitender Berater

Die letzte Rolle für den Sportphysiotherapeuten ist die des professionellen Leiters im Sinne eines Beraters. In dieser Rolle beeinflusst der Sportphysiotherapeut Prozesse, die in der Welt der Sportphysiotherapie primär Bezug



Abb. 1.9 Doping im Sport.

haben auf Richtlinien, Politik und Regeln. Neben der Einflussnahme auf diese Prozesse gibt der Sportphysiotherapeut Richtlinien, politische Entscheidungen und Regeln an die Berufsgruppe weiter.

Erforderliche Kompetenz: „Promotion of Fair Play and Anti-Doping Practices"

Der Sportphysiotherapeut ist dazu in der Lage, den Kollegen politische Entscheidungen, Richtlinien und Regeln zu vermitteln. Aber es geht vor allem auch darum, dies den Sportlern in Bezug auf Fair Play und verantwortungsvolle Sportausübung näherzubringen. Die verantwortungsvolle Ausübung des Sports bezieht sich hierbei auf den Einfluss von Medikamenten und Doping auf die sportliche Leistung (**Abb. 1.9**). Viele Sportler bekommen Medikamente verschrieben, wenn sie an einer Verletzung leiden. Die Auswirkung des Medikamentengebrauchs auf den Wundheilungsprozess und die Leistungsfähigkeit ist bei der Planung des Rehabilitationsprozesses sowohl für den Sportphysiotherapeuten als auch für den Sportler von großer Bedeutung. Der Wundheilungsprozess und der Einfluss von Medikamenten auf diesen Prozess werden im Kapitel 1.4 beschrieben.

Der Gebrauch von Doping im Sport ist ein heikles Thema. Viele Sportler aus verschiedenen Sportarten mussten ihre Karriere vorzeitig beenden, da sie verbotene Substanzen eingenommen hatten. Bekannte Sportler, denen dies widerfahren ist, sind z. B. Ben Johnson durch die Anwendung des anabolen Steroids Stanozol, der Radrennfahrer Bjarne Riis durch EPO und Floyd Landis, ebenfalls Radrennfahrer, der einen erhöhten Testosteronwert im Blut hatte. Der Sportphysiotherapeut muss sich mit der Anti-Doping-Politik auskennen und wissen, welche Substanzen verboten sind. Die Anti-Doping-Weltorganisation hat zu diesem Zweck eine ausführliche Liste zusammengestellt (WADA 2003). Der Sportphysiotherapeut hat die Aufgabe, die Anti-Doping-Politik aktiv zu vertreten und die Sportler über die gesundheitlichen Folgen des Dopings zu informieren und aufzuklären. Für weitere Information verweise ich auf das Kapitel 6.

Ausbildung zum Sportphysiotherapeuten

Durch die Beschreibung des Europäischen Kompetenzprofils für Sportphysiotherapeuten im Jahr 2005 sind die Anforderungen an den Sportphysiotherapeuten innerhalb der Rollen und Kompetenzen klarer definiert. Für die Sportphysiotherapieausbildung ist das Kompetenzprofil ein wichtiger Leitfaden für die Gestaltung des Inhalts und der Struktur der Ausbildung. Die Beschreibung der Standards bildet die Grundlage, um Sportphysiotherapeuten während ihrer Ausbildung zu testen. Das Kompetenzprofil hat einen europäischen Charakter. Es ist ein Leitfaden für alle europäischen Länder, um die Sportphysiotherapie transparenter zu machen, das Fach Sportphysiotherapie besser und deutlicher zu repräsentieren und den Sportphysiotherapeuten innerhalb bzw. außerhalb Europas mehr Entwicklungsmöglichkeiten zu bieten. Auf nationalem Niveau sind und werden weitere Kompetenzprofile für Sportphysiotherapeuten entwickelt, die ihre Wurzeln im europäischen Profil haben. Oft sind sie genau auf die Sportphysiotherapiekultur des jeweiligen Landes ausgerichtet.

Das SPA-Kompetenzprofil ist dank der Interaktion vieler Sportphysiotherapieexperten verschiedener Länder entstanden. Diese Interaktion ist ein kontinuierlicher Prozess, der als Grundlage für die weitere Entwicklung und Anpassung des Kompetenzprofils der Sportphysiotherapie dienen sollte. Ein weiteres Ziel ist, die Qualität der Sportphysiotherapie und die damit verbundene Verantwortung für bestimmte Zielgruppen der Sportphysiotherapeuten zu verbessern.

Das SPA-Kompetenzprofil diente als Grundlage für die Zusammenstellung dieses Buches über Sportphysiotherapie. Dabei steht vor allem die Rolle des Patienten-/Klientenmanagers im Vordergrund. Der direkte Kontakt mit dem Sportler ist ein wichtiger Ausgangspunkt und ermöglicht, Verletzungen vorzubeugen, erste Hilfe bei Verletzungen zu leisten, den Sportler verantwortungsvoll zu rehabilitieren und sein sportliches Leistungsvermögen zu verbessern. Im allgemeinen Teil des Buches werden das fundamentale Wissen und die Synthese des Wissens im Bereich der Sportphysiotherapie als zentrales Thema behandelt. Es wird ausführlich eingegangen auf den genauen Inhalt der Sportphysiotherapie, die sportphysiotherapeutische Untersuchung, Behandlung/Training und die Begleitung des Sportlers. Ergänzendes Wissen im Bereich Sporternährung, Sportpsychologie und Doping ist die Voraussetzung für eine adäquate Begleitung des Sportlers in einem multidisziplinären Team. Aus der Perspektive der „Evidence Based Practice" (EBP, evidenzbasierte Praxis) steht im allgemeinen Teil des Buches die experimentelle und physiologische Evidenz im Vordergrund.

Der speziellere Teil des Buches besteht aus 13 verschiedenen Fallbeispielen aus dem Bereich der Sportphysiotherapie. Diese Fallbeispiele werden von „Experten" der Sportphysiotherapie geschildert. In den Fallbeispielen, die auf verletzte Sportler Bezug nehmen, konzentriert man sich auf die Analyse, Integration, Evaluation und Modifizierung des sportphysiotherapeutischen Wissens. Aus der Sicht der EBP geht es hierbei um die Integration der unterschiedlichen Evidenzquellen: empirische, experimentelle und physiologische Evidenz, die Rahmenbedingungen und die persönlichen Überzeugungen des Sportlers/Klienten und des Therapeuten werden bei der Entscheidungsfindung während der sportphysiotherapeutischen Rehabilitation ständig miteinander abgewogen, um das oberste Ziel zu erreichen – die optimale Ausübung des Sports.

Literatur

Blair SN. Physical inactivity: the biggest public health problem of the 21st century. Br J Sports Med 2009; 43(1): 1–2

Breedveld K, Kamphuis C, Tiessen-Raaphorst A. Rapportage Sport 2008. Sociaal Cultureel Planbureau and W.J.H. Mulier Instituut. Den Haag: 2008

Bulley C, Donaghy M, Coppoolse R, Bizzini M, van Cingel R, DeCarlo M, Dekker L, Grant M, Meeusen R, Phillops N, Risberg M. Sports Physiotherapy Competencies and Standards. Sports Physiotherapy For All Project; 2005

Coppoolse R, van den Heuvel C. Opleidingsprofiel Professional Masters Physiotherapie. Utrecht: Hogeschool van Utrecht; 2004

Deville WL, van der Windt DAWM. The Test of Lasegue Systematic Review of the Accuracy in Diagnosing Herniated Discs. Spine 2000; 25(9): 1140–1147

Gläser H. Unfälle im alpinen Skisport – Zahlen und Trends der Saison 2004–2005. ARAG Sportversicherung; 2006

Van Grinsven S, Kesselring OHW. MR arthrography of traumatic anterior shoulder lesions showed modest reproducibility and accuracy when evaluated under clinical circumstances. Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery 2006; 127: 11–17

Hegner J. Training fundiert erklärt: Handbuch der Trainingslehre. Herzogenbuchsee: Ingold; 2006

Higgs J, Jones MA, Loftus S, Christensen N. Clinical reasoning in the health professions. Amsterdam: Elsevier; 2008

Kirr R, Gaulrapp H, Zenker H. Verletzungen und Überbelastungssyndrome beim Hockeysport. Sportorthopädie – Sporttraumatologie 2007; 23: 119–125

KNGF Richtlijn fysiotherapeutische verslaglegging. Supplement bij het Nederlands Tijdschrift voor fysiotherapie nummer 1; 2003

Koes BW, van Tulder MW, Peul WC. Diagnosis and treatment of sciatica. BMJ 2007; 334(7607): 1313–1317

Kuhn TS, The Structure of Scientific Revolutions. Chicago: Univ. of Chicago Pr.; 1962

Lettinga AT. Wetenschappelijke rationaliteit vs. fysiotherapeutische willekeur. In: Hullegie W, Lettinga AT, Verhagen AP, eds. Fysiotherapie & Wetenschap. Maarssen: Elsevier gezondheidszorg; 2003, 125–146

Malanga GA, Andrus S, Nadler S. Physical Examination of the Knee: A Review of the Original Test Description and Scientific Validity of Common Orthopedic Tests. Arch Phys Med Rehabil 2003; 84(4): 592–603

Ministry for Education, Culture and Science. Competenties; van complicaties tot compromis. Uitgave van de onderwijsraad. Den Haag, Netherlands; 2002

Moen MH, de Vos RJ, van Arkel ERA, Weir A, Moussavi J, Kraan T, de Winter TC. De meest waardevolle klinische schoudertesten. Geneeskunde en Sport 2008; 41(4): 6–17

Müller-Platz C, Boos C, Müller RK. Heft 34. Doping im Freizeit- und Breitensport. Berlin: Robert Koch-Institut; 2006

Petridou E, Kedikoglou S, Belechri M, Papadopoulos F, Alexe DM, Trichopoulos D, Sports Injuries European Union Group. Sports Injuries among Adults in Six European Union Countries. European Journal of Trauma 2003; 29: 278–283

Schneider S, Seither B, Tönges S, Schmitt H. Sports injuries: population based representative data on incidence, diagnosis, sequelae, and high risk groups. Br J Sports Med 2006; 40: 334–339

Senten M, Beckers M, Bloemers M, Kramer R, Sanders N, Janssens M. Preventie loont. Tussenstand van het programma Preventie van ZonMw. Screening. Assen: Van Gorcum; 2003

Steinbrück K. Orthopädisch-traumatologische Impulse für die Sportmedizin. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 2004; 55(12): 330–338

Stiggelbout M, Westhoff MH, Mulder YM, Ooijendijk WTM, Hildebrandt VH, Baken W. De gezondheidswaarde van lichamelijke activiteit; een literatuurstudie. Leiden: TNO Preventie en Gezondheid; 1998

Straus SE, Richardson WS, Rosenberg W, Haynes RB, Sackett DL. Evidence-based medicine, how to practice and teach EBM. Churchill: Livingstone; 2000

Tamboer JWI. Voetbaltheorie, een handelingstheoretische visie op het voetbalspel. Elsevier: Maarssen; 2004

Tennent TD, Beach W, Meyers JF A Review of the Special Tests Associated with Shoulder Examination Part I: The Rotator Cuff Tests. Am J Sports Med 2003; 31(2): 154–160

Tonelli MR. The limits of evidence-based medicine. Respiratory Care 2001; 46: 1435–1440

WHO. Preventing Noncommunicable Diseases in the Workplace through Diet and Physical Activity. 2008. Online im Internet: www.who.org Stand: 15.01.08

World Anti-Doping Agency, Stock Exchange Tower 800 Place Victoria. Montreal, Quebec. Canada; 2003

World Anti-Doping Agency: WADA. World anti-doping code: The 2004 Prohibited List International Standard. World Anti-Doping Agency; 2003

1.2 Modelle in der Sportphysiotherapie

Harald Bant, Martin Ophey

1.2.1 Einleitung

Die offizielle Definition des Sportphysiotherapeuten nach dem SPA-Kompetenzprofil (Bulley 2005) lautet:

> „Der Sportphysiotherapeut übt einen anerkannten Beruf aus und verfügt über die erforderlichen Kenntnisse auf dem Gebiet der sicheren physischen Partizipation und der guten Beratung und Anpassung an Rehabilitations- und Trainingsinterventionen mit dem Ziel, Verletzungen vorzubeugen, optimale Funktionen wiederherzustellen und sportliche Leistungen zu verbessern für Personen mit chronischen Erkrankungen und spezifischen Zielgruppen jeden Alters und aller Möglichkeiten, wobei ein hoher professioneller und ethischer Standard gewährleistet bleibt."

In dieser Definition wird deutlich, dass der Sportphysiotherapeut seine erworbenen Kompetenzen einsetzt, um die Bewegungsfunktionen des Sportlers zu optimieren. Optimierung bedeutet die Verhinderung von Verletzungen, die Wiederherstellung von Funktionen und die Verbesserung der sportlichen Leistungen. In Kapitel 1.1 wurden alle Fähigkeiten aufgeführt, die ein Sportphysiotherapeut mitbringen muss. Viele dieser Fähigkeiten haben einen direkten oder indirekten Einfluss auf die Bewegungsfunktionen des Sportlers. Aber was bedeutet „Bewegungsfunktion des Sportlers" eigentlich genau?

Seit Anbeginn der Menschheit machte man sich Gedanken über die Bewegungen von Mensch und Tier. Berühmte Philosophen wie Aristoteles, Sokrates, Heraclitus und Plato haben sich mit der „Bewegung" beschäftigt. Bis heute wird über das Bewegungsvermögen von Mensch und Tier philosophiert und diskutiert. Was ist Bewegung, wie definiert man Bewegung, welcher Zusammenhang besteht zwischen Bewegung und Gesundheit und was genau ist Gesundheit? Um für alle Disziplinen, die sich mit den Bewegungsfunktionen und der Gesundheit des Menschen befassen, Klarheit und Ordnung zu schaffen, wurden zahlreiche Modelle entwickelt. Obwohl diese Modelle die Wirklichkeit nur bedingt widerspiegeln, verschaffen sie der Physiotherapie doch einen gemeinsamen Kontext und Rahmen. Innerhalb der Physiotherapie existieren verschiedene Modelle, die dem sportphysiotherapeutischen Handeln Ordnung, Erkenntnisse und Klarheit verschaffen. In diesem Kapitel geht es um den Zusammenhang zwischen Bewegung und Gesundheit sowie um 3 physiotherapeutische Modelle, die als Richtschnur für die Sportphysiotherapie gelten können.

1.2.2 Gesundheit und Bewegung

Die menschliche Bewegung und die Gesundheit können aus unterschiedlichen Blickwinkeln betrachtet werden. Durch Kenntnisse über Gesundheit, Körper- und Bewegungsbilder entsteht für den Sportphysiotherapeuten ein zusammenhängendes Bild. Vor dem Hintergrund dieses Kontextes lassen sich die verschiedenen physiotherapeutischen Modelle besser verstehen.

Perspektiven der Gesundheit

Im Laufe der Zeit hat sich die Einstellung des Menschen zur Gesundheit stark verändert. So kam es im vergangenen Jahrhundert zu einer Verschiebung von einer biomedizinischen hin zu einer biopsychosozialen Perspektive.

Biomedizinische Perspektive

Die klassische Perspektive der Gesundheit ist die biomedizinische. Aus diesem Blickwinkel definiert man Gesundheit als „die Abwesenheit von Krankheit". Menschen ohne Krankheit werden also als gesund betrachtet und dienen gleichzeitig als Referenz für das Normale. Weist ein Körper bestimmte Zeichen und Symptome auf, die für eine bestimmte Krankheit charakteristisch sind, wird der Patient mit dem Namen dieser Erkrankung belegt. Diese Etikettierung einer Person bezeichnet man als Diagnostik. Eine Person mit einem bestimmten Etikett durchläuft einen diagnostischen Prozess. Der Arzt sammelt objektivierbare Informationen über den Gesundheitszustand, stellt die Diagnose und legt auf dieser Grundlage die Behandlung fest. Der Patient gilt als geheilt, wenn die zuvor vorhandenen Zeichen und Symptome verschwunden sind und der Patient damit wieder dem Referenzbereich des Normalen entspricht – er ist wieder gesund (Mead 2000). Der Patient ist das Objekt, über das durch den Arzt auf Grundlage von Diagnose und Therapie bestimmt wird (arztzentrierte Versorgung).

Biopsychosoziale Perspektive

In der biopsychosozialen Perspektive wird Gesundheit als Zustand völligen körperlichen, geistigen und sozialen Wohlbefindens definiert und eben nicht allein über die Abwesenheit von Krankheit (WHO 1948). In dieser Definition hat die Gesundheit mehrere Dimensionen – eine körperliche, eine geistige und eine soziale. Gleichzeitig kommt es zu einer Diskrepanz zwischen einer diagnostizierbaren Erkrankung (der Etikettierung in der biomedizinischen Perspektive) und dem Empfinden von Beschwerden. Manche Sportler haben keine Beschwerden, aber dafür nachweisbare pathologisch-anatomische Ver-

änderungen, andere Sportler haben Beschwerden, jedoch ohne solche nachweisbaren Veränderungen. Diese Diskrepanz setzt sich auch in der täglichen Praxis fort:

- Bei einem beschwerdefreien Fußballer wird während einer Routine-Kern(spin)resonanzspektroskopie (NMR, nuclear magnetic resonance) ein lumbaler Bandscheibenvorfall (lumbale Hernia nuclei pulposi, HNP) diagnostiziert.
- Ein anderer Fußballer mit akuten Rückenbeschwerden sieht sich einem unauffälligen NMR gegenüber, während er auf Grundlage der Beschwerden die Diagnose eines HNP erwartet hatte.
- Ein Marathonläufer mit Achillessehnenbeschwerden und einer hohen subjektiven Schmerzintensität auf einer VAS (visuelle Analogskala) setzt sein Training fort, ohne sich medizinische Hilfe zu holen.
- Ein Marathonläufer mit Achillessehnenbeschwerden und einer niedrigen subjektiven Schmerzintensität auf derselben VAS sieht sich zu einer Fortsetzung seines Trainings außerstande und ist eigentlich der Ansicht, dass eine multidisziplinäre Versorgung erforderlich wäre.

Diese Beispiele verdeutlichen den nur mäßigen Zusammenhang zwischen dem Erleiden einer bestimmten Erkrankung und dem Auftreten von Beschwerden.

Aus biopsychosozialer Sicht stehen die Beschwerden des individuellen Patienten im Mittelpunkt (und nicht die Krankheit) und der Behandler versucht, sowohl Einblick in die biomedizinischen als auch in die nicht biomedizinischen Aspekte zu erlangen, die für den Gesundheitszustand des Patienten relevant sind. In der jüngeren Literatur wird dieses „Einsichterlangen“ auch als patientenzentrierte Versorgung bezeichnet (u. a. Mead 2000). Die patientenzentrierte Versorgung besteht aus 5 Einzelaspekten. Einer dieser Aspekte ist die biopsychosoziale Perspektive. Die unterschiedlichen Aspekte der patientenzentrierten Versorgung werden an dieser Stelle besprochen und direkt in den Zusammenhang mit der Sportgesundheitsversorgung gebracht. In diesem Zusammenhang geht es dann um die sportlerzentrierte Versorgung.

Sportlerzentrierte Versorgung

Um zu verstehen, was genau die sportlerzentrierte Versorgung ist, könnte man mit der Beschreibung dessen beginnen, was sie *nicht* ist, z. B. ist sie keine arztzentrierte Versorgung (Stewart 2001). Die 5 Aspekte der sportlerzentrierten Versorgung sind:

- die biopsychosoziale Perspektive
- der Sportler als Person
- das Abgeben von Macht und Verantwortung
- die therapeutische Allianz
- der Sportphysiotherapeut als Person

Der Sportler als Person

Das sportlerzentrierte Arbeiten macht es ebenfalls erforderlich, sich auf die Überzeugungen und Ängste der Person einzulassen. Es geht hierbei um die Interpretation von Zeichen und Symptomen im Licht der individuellen Karriere des Sportlers. Eine Verletzung des vorderen Kreuzbandes als Pathologie hat für einen altgedienten Bundesligafußballer möglicherweise eine andere Bedeutung als für ein jugendliches Talent, das kurz vor dem Abschluss eines Profivertrags steht.

Abgeben von Macht und Verantwortung. In der klassischen arztzentrierten Versorgung erhält der Patient oder Sportler eine bestimmte Diagnose oder Therapie. Der Patient als Laie unterwirft sich dem Allwissen des Therapeuten. Der Therapeut verfügt über ausreichendes Wissen und Fertigkeiten und bestimmt damit die Richtung der Diagnose und der Therapie. Diese asymmetrische Verteilung von Macht und Verantwortung ist typisch für das biomedizinische Modell. Die sportlerzentrierte Versorgung neigt hingegen viel mehr zu einer symmetrischen Verteilung von Macht und Verantwortung zwischen Therapeut und Patient. Es gibt mittlerweile sogar ausreichende Hinweise darauf, dass diese symmetrische Verteilung nicht nur dazu führt, dass Patienten sich besser informiert fühlen und zufriedener mit der Therapie sind, sondern dass die Therapie auch effektiver verläuft (Little et al. 2001). Es geht hier natürlich nicht um akute lebensbedrohliche Situationen, sondern um Verletzungen am Haltungs- und Bewegungsapparat, wie man sie häufig in der sportphysiotherapeutischen Praxis sieht. Mit anderen Worten: Je mehr Eigenverantwortung, Information und Entscheidungsfreiheit der Patient bekommt, desto größer ist die Chance auf eine aktivere Mitarbeit und eine höhere Compliance.

Dies gilt auch für gesunde Sportler. Mitspracherecht und ausreichende Informationen über die Zusammenstellung von Trainingsplänen erhöhen die Motivation. Sportlerzentriertes Arbeiten bedeutet jedoch auch, dass der Sportler das Recht hat, dem Team zeitweise mehr Verantwortung zu übertragen. Dies wird oftmals vergessen (Stewart 2001).

Therapeutische Allianz. Diese Dimension der sportlerzentrierten Arbeit bezieht sich auf die Tatsache, dass Therapeut und Sportler gemeinsam „an einem Strang ziehen“ müssen. Empathie, Kongruenz und bedingungslose positive Unterstützung sind die wichtigsten Pfeiler dieser Dimension. Dies wird deutlich anhand der gemeinsamen Therapieplanung und der Einsicht des Patienten, dass der Therapeut sich tatsächlich um den Sportler sorgt.

Der Sportphysiotherapeut als Person

In der klassischen biomedizinischen Versorgung ist Kommunikation eigentlich eine Einbahnstraße. Die objektive Anwendung von diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen wird hier nicht durch die Person des Therapeuten beeinflusst, der diese Maßnahmen anwendet. In der biopsychosozialen Perspektive ist dieser Ansatz nicht haltbar. Die Person des Sportphysiotherapeuten und die Person des Patienten beeinflussen einander ständig und wechselseitig (Balint 1993).

Zusammenfassung

Die sportlerzentrierte Versorgung hat 5 Aspekte, von denen die biopsychosoziale Perspektive der Gesundheit eine ist. Die sportlerzentrierte Versorgung kann knapp zusammengefasst werden als: „Nichts mit mir ohne mich" (Berwick 2002). Nur der Sportler selbst kann entscheiden, ob er sich in einem „Zustand völligen körperlichen, geistigen und sozialen Wohlbefindens" befindet. Das sollte der Sportphysiotherapeut im Hinterkopf behalten. Dies ist auch Gegenstand des SPA-Kompetenzprofils in Section 3: Definition and Description of the Sports Physiotherapist auf S. 26.

Im Zentrum des Denkens und Handelns eines Sportphysiotherapeuten liegen das Verständnis und die Sensibilität für die Implikationen einer Verletzung für den Sportler und die Auswirkungen auf die Personen in seiner Umgebung. Er bleibt unabhängig in seiner Entscheidungsfindung und kommt seiner Pflicht gegenüber der Versorgung des Sportlers im Kontext zahlreicher möglicher Interessenkonflikte nach.

Daraus folgt indirekt, dass der Sportphysiotherapeut sich nicht nur ein Bild von der Verletzung machen muss, sondern auch von ihren Implikationen für den Sportler und seine Umgebung. Diese implizierte Übertragung des oben beschriebenen Konzepts der sportlerzentrierten Versorgung wird im Kompetenzprofil nicht weiter ausgeführt. Wir haben versucht, diese Lücke hier zu schließen.

Die in diesem Kapitel vorgestellten Modelle basieren alle auf der biopsychosozialen Perspektive. Die Modelle müssen den Sportphysiotherapeuten bei der sportlerzentrierten Versorgung unterstützen. Zum besseren Verständnis wird im folgenden Abschnitt zunächst – analog zur Perspektive der Gesundheit in diesem Abschnitt – auf die Perspektiven der menschlichen Bewegung eingegangen.

Perspektiven der Bewegung

Substanzielles Körperbild

„Der Körper ist der Kerker der Seele" (Plato)

Plato gilt als Begründer des Rationalismus, dessen Kern der Glaube an die Erkennbarkeit und Beherrschbarkeit der physischen Wirklichkeit durch den Verstand ist, wobei primär von der Kausalität ausgegangen wird. Vor allem im 16. und 17. Jahrhundert stand der Rationalismus stark im Vordergrund. In dieser Zeit von Descartes, Galileo und Newton vollzog sich ein Prozess, der als „Mechanisierung des Weltbildes" bekannt wurde, in der Geschichte jedoch besser bekannt ist als „Aufklärung" (Dijksterhuis 1975). Diese Vorstellungen führten dazu, dass sich auch das Bild des Menschen veränderte. Der Dualismus betrat die Weltbühne, genauer gesagt der anthropologische Dualismus, der den Körper und seine Sterblichkeit von der Seele und ihrer Unsterblichkeit schied. Plato legte für diesen Dualismus den Grundstein. Descartes verlieh ihm neue Impulse, indem er herausstellte, dass Körper und Seele zwar verschieden und voneinander zu trennen, jedoch eng miteinander verbunden seien. Der berühmte Ausspruch „cogito ergo sum" zeugt hiervon. Metaphorismen vom Körper als Uhrwerk, Dampfmaschine oder heute als Computer spiegeln deutlich das mechanische Körperbild wider. Der Körper wird als Substanz betrachtet, als Stoff, Materie, Grundstoff oder Material. Diese Vergegenständlichung des Körpers findet ihren Widerhall in einem gegenständlichen Körperbild. Kennzeichnend dafür ist, dass der Körper als abgeschlossene Einheit betrachtet wird. Er besteht aus einer ihn umgebenden Haut und aller darin befindlichen Substanzen, wie Knochen, Muskeln, Sehnen, Nerven usw. Der Umstand, dass Menschen eine Psyche haben und in Interaktion mit der Welt leben, wird zwar anerkannt, aber als Verbindung nach außen betrachtet. Die Verbindungen zwischen dem substanziellen Menschen, seiner Psyche und der soziokulturellen Umgebung werden als kausale, aber sekundäre Zusammenhänge betrachtet.

Im heutigen Gesundheitssystem richtet sich der Blick noch stark nach dem substanziellen Körperbild, was auch als biomedizinisches Modell bezeichnet wird. Sowohl innerhalb der medizinischen als auch in den paramedizinischen Berufsgruppen sowie in den entsprechenden Ausbildungen findet sich dieses Modell in Form von Anatomie, Biomechanik, Physiologie, Pathologie usw. wieder, die oft als für sich allein stehende Fächer unterrichtet werden. Nicht nur in der Ausbildung sondern auch in den physiotherapeutischen Behandlungen wird dies deutlich. Physiotherapeutische Spezialisierungen wie die vielen verschiedenen Formen der Manualtherapie beruhen auf unterschiedlichen Erklärungsmodellen, von biomechanisch bis neurophysiologisch.

Das substanzielle Körperbild hat dazu geführt, dass sich viele verschiedene Disziplinen mit der Bewegungsfunktion des Menschen beschäftigen. Aus diesen Disziplinen entstehen auf diese Weise viele verschiedene Blickwinkel auf die Bewegung, was man auch als disziplinäre Bewegung bezeichnet.

Bewegungsbild: disziplinäre Bewegung

Unter dem Begriff disziplinäre Bewegung versteht man die Analyse von Bewegungen in einer bestimmten Disziplin und eine damit verbundene bestimmte Sichtweise. Bewegung kann z. B. aus einer biomechanischen oder aus einer physiologischen, substanziellen Sicht heraus analysiert werden (**Abb. 1.10**). Bax u. van den Heuvel (2005) sprechen in diesem Zusammenhang von substanziellen Bewegungsbildern. Hier geht es primär um den stofflichen Körper und um das physiologisch-mechanische Bewegungsbild, das ihm zugrunde liegt. Bewegungen werden mit Begriffen wie Verlagerung des Körpers oder von Körperteilen beschrieben. Eine konkretere Beschreibung von „Verlagerung" drückt sich dann in Begriffen wie Rollen und Gleiten des Gelenks, Geschwindigkeit, Koordination, Mobilität usw. aus. Gewiss haben die Analyse und Untersuchung nach der disziplinären Bewegung von einem substanziellen Bewegungsbild aus innerhalb der Sportphysiotherapie viele Erkenntnisse über die physischen Aspekte geliefert, die eine Rolle bei der Leistung eines Sportlers spielen können. Die Analyse und bedarfsorientierte Untersuchung sowie das Training der verschiedenen motorischen Grundeigenschaften wie Mobilität, Koordination, Kraft, Ausdauer und Schnelligkeit der sportlichen Leistung haben ihre Spuren innerhalb der Sportphysiotherapie hinterlassen. Neben dieser monodisziplinären Annäherung an Bewegung gibt es auch eine multidisziplinäre Herangehensweise. Das bedeutet, dass die Analyse einer bestimmten Bewegung aus verschiedenen Blickwinkeln erfolgt. Die Kombination und Interaktion von physiologischen, psychologischen und soziologischen Perspektiven steht vor allem in den letzten Jahren stark im Vordergrund und wird auch als biopsychosoziales Modell bezeichnet. Aufgrund des vermehrten Interesses am Menschen als biopsychosoziale Einheit (Hagenaars 2003) gibt es eine Zunahme an sowohl multidisziplinären Untersuchungen als auch an multidisziplinären sportphysiotherapeutischen Behandlungen. Weitergehende Informationen zur multidisziplinären Arbeit im Rahmen der Sportphysiotherapie finden sich in Kapitel 1.3.

Relationales Körperbild

Das Gegenteil des substanziellen Körperbildes ist das relationale Körperbild, dessen Ursprung in die Zeit von Aristoteles und den Empirismus zurückführt. Der Empirismus ist eine philosophische Strömung, nach der Erkenntnis durch Erfahrung gewonnen wird. Nach Aristoteles kann die Welt anhand des interaktiven „bewegenden" Verhältnisses zwischen Mensch und Umwelt erklärt werden.

Charakteristisch für das relationale Körperbild ist, dass eine Grenzziehung zwischen dem, was dazugehört, und dem, was nicht dazugehört, nicht möglich ist. Alles ist intrinsisch miteinander verbunden, weshalb es auch keine kausalen Verbindungen gibt. Kant, Nietzsche, Marx und Freud waren Anhänger eines relationalen Körperbildes und gaben auch an, dass es sich nicht um dualistische Anthropologie handele und dass der Mensch und seine Umgebung in einer Wechselwirkungsbeziehung zueinander stünden. Fritjof Capra hat dies in seinem Buch „Lebensnetz" (1996) so ausgedrückt:

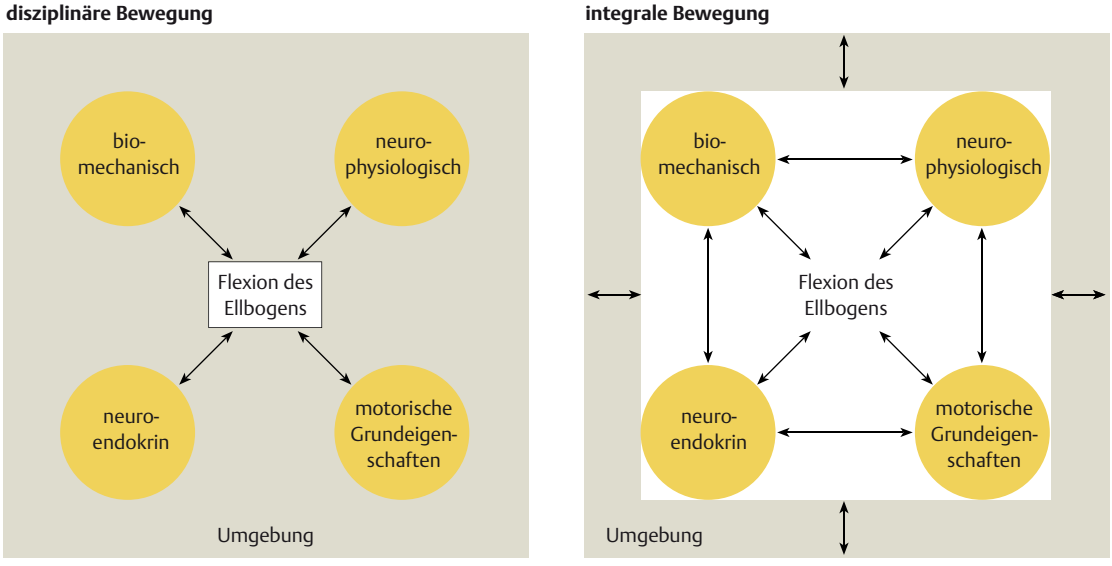


Abb. 1.10 Disziplinäre versus integrale Bewegung. Die disziplinäre Bewegung ist die Betrachtung einer Bewegung aus verschiedenen Blickwinkeln. Die integrale Bewegung ist die Betrachtung einer Bewegung, wobei es besonders um das Erkennen von Verbindungen zwischen den verschiedenen Blickwinkeln und der Interaktion der Bewegung mit ihrer Umgebung geht.

„Die Natur ist ein verwobenes Netz aus Beziehungen, intrinsisch dynamisch und gerichtet."

Sowohl innerhalb der Wissenschaft als auch im Gesundheitssystem erfährt das relationale Körperbild in der letzten Dekade große Aufmerksamkeit. In der Wissenschaft zeigt sich das unter anderem durch Aussagen aus der Quantenphysik und den Umstand, dass es eine intrinsische Verbindung zwischen den verschiedenen atomaren Teilchen gibt (Zeilinger 2005). Im Gesundheitssystem sieht man es bei der Zunahme inter- und transdisziplinärer Arbeiten (Lavin 2001 et al.); siehe Kapitel 1.3.

Innerhalb des relationalen Körperbildes verzeichnet man eine deutliche Verschiebung vom „Objekt zu den Beziehungen" (Capra 1982). Dabei geht es vor allem um die intrinsischen Beziehungen, die der Mensch mit der Welt eingeht. Diese Beziehungen sind Bedeutungsbeziehungen, die sich unter anderem in der Bewegungsfunktion des Menschen ausdrücken können. Die integrale Bewegung ist hiermit untrennbar verbunden.

Bewegungsbild: integrale Bewegung

Unter integraler Bewegung versteht man eine Analyseform für Bewegung, bei der das Ganze größer ist als die Summe seiner Teile (Tamboer 2004, **Abb. 1.10**). Beim integralen Bewegen werden bestimmte Bewegungen, z. B. das Schießen des Balls beim Fußball, unter verschiedenen Aspekten betrachtet. 2 solcher Aspekte sind beispielsweise die Analyse des „Wissens um die Ausführung der Bewegung" und die Analyse des „Wissens um das Ergebnis der Bewegung". Der erste Aspekt sagt etwas darüber aus, wie der Sportler die Bewegung ausführt. Das Schießen des Balls wird unter anderem im Hinblick auf Arthrokinematik, Bewegungsverlauf (Koordination), Bewegungsgeschwindigkeit (Kraft), Bewegungsumfang (Beweglichkeit) analysiert. Bei dem zweiten Aspekt geht es darum, zu welchem Ergebnis die Bewegung führt; ob der Ball einem Mitspieler zugespielt wird, ob er sein Ziel trifft, ob er mit der richtigen Geschwindigkeit geschossen wird etc. Zugleich wird beim integralen Bewegen auch untersucht, ob Zusammenhänge bestehen zwischen den verschiedenen Methoden, nach denen die Bewegung analysiert wird. Man denke hierbei an die inter- und transdisziplinäre Behandlung eines Sportlers.

Innerhalb der in der Sportphysiotherapie gehandelten Modelle spielen das substanzielle Körperbild, die disziplinäre Bewegung und das relationale Körperbild und die integrale Bewegung eine Rolle. Das handlungstheoretische Modell stützt sich besonders auf das relationale Körperbild und die integrale Bewegung. Die mehrdimensionale Belastung und das Belastbarkeitsmodell haben ihren Ursprung im substanziellen Körperbild und in der disziplinären Bewegung. In den vergangenen Jahren wurde die Bedeutung des relationalen Körperbildes immer mehr erkannt und angepasst.

Folgende Modelle werden hier in aller Kürze besprochen:

- das handlungstheoretische Modell
- das mehrdimensionale Belastungs- und Belastbarkeitsmodell
- die internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit (ICF)

1.2.3 Physiotherapeutische Methode

Handlungstheoretisches Modell

Das handlungstheoretische Modell hat seinen Ursprung zu Beginn der 1990er-Jahre. In diesen Jahren wurde der Mensch immer mehr als biopsychosoziale Einheit betrachtet (Hagenaars 2003), wobei zwischen „bio", „psycho" und „sozial" keine kausale, sondern eine intrinsische Verbindung gesehen wird. Es kommt für den Patienten zu einer Verschiebung vom Objekt zum Subjekt (Tamboer 2004). Der Mensch wird nicht mehr als eine für sich allein existierende Person verstanden, sondern als Person, die mit ihrer Umgebung interagiert. Im Hinblick auf die Körperbilder erfolgt eine Verschiebung vom substanziellen Körperbild hin zum relationalen und von der disziplinären Bewegung zur integralen.

Körperbewegungen und Bewegungshandlungen

Im handlungstheoretischen Modell steht das Handeln des Menschen in Relation zu seiner Umgebung im Mittelpunkt. Das Handeln des Menschen verfügt über ein breites Spektrum an Handlungsmöglichkeiten: Sprachhandlungen, expressive Handlungen, Denkhandlungen und auch Bewegungshandlungen (Wimmers 1992, **Abb. 1.11**, **Abb. 1.12, Abb. 1.13**).

Besonders die Bewegungshandlungen stehen im Zentrum der Sportphysiotherapie. Im handlungstheoretischen Modell wird zwischen Körperbewegungen und Bewegungshandlungen unterschieden.

Körperbewegungen sind räumliche Veränderungen von Körperteilen oder des gesamten Körpers. Sie werden unabhängig von der Umgebung beschrieben, untersucht und behandelt. In der Sportphysiotherapie wird sowohl innerhalb der sportphysiotherapeutischen Untersuchung als auch während der Behandlung reichlich Gebrauch von Körperbewegungen gemacht (**Abb. 1.4**). Körperbewegungen können „außerhäutig" und „innerhäutig" beschrieben werden (Tamboer 1985). Außerhäutige Bewegungen sind Bewegungen mit räumlichen Veränderungen von Körperteilen, des gesamten Körpers oder einer Kombination davon. Ein Beispiel dafür ist die Anteflexion des Ellbogens oder auch die Ganganalyse eines Sportlers.

Bei den innerhäutigen Bewegungen geht es vor allem um die Analyse der inneren Körperstrukturen, wie z. B. die Arthrokinematik der Gelenke und den Verlauf der verschiedenen physiologischen Prozesse.



Abb. 1.11 Handlungsform Denkhandlung.



Abb. 1.12 Handlungsform expressive Handlung.



Abb. 1.13 Handlungsform Bewegungshandlung.

Wenn bei einem Sportler eine bestimmte Pathologie vorliegt, hat dies Folgen für die Ausführung von Körperbewegungen. Bei einem verstauchten Knöchel sind die Plantarflexion und damit auch ein sauberes Gangbild nicht mehr möglich (außerhäutige Bewegungen). Die Ursache liegt in einer Verletzung des Lig. talofibulare anterior und dem nachfolgenden Entzündungsprozess, der mit einer vaskulären und einer zellulären Phase verbunden ist (innerhäutige Bewegung, Kap. 1.43).

Die klassische (sport-)physiotherapeutische Untersuchung ist ein gutes Beispiel für die Beschreibung von Körperbewegungen. Der verletzte Sportler unterzieht sich dabei einer Anamnese, Inspektion, Funktionsprüfung und eventuell spezifischen Tests, wenn die Indikation dafür gegeben ist. Die Untersuchungsergebnisse werden unabhängig von der Umgebung und oft auch unabhängig von den individuellen Merkmalen des Sportlers beschrieben. Das Ziel der Untersuchung ist vor allem die Objektivierung von Störungen, Einschränkungen bei Aktivitäten und Partizipationsproblemen. Die individuellen und externen Faktoren werden zumeist bei der Untersuchung nicht berücksichtigt und falls doch, sind sie in der Regel nur von sekundärem Interesse.

Dass die Untersuchungsergebnisse der physiotherapeutischen Untersuchung im Hinblick auf die Bewegungsbeschreibung relativiert werden müssen, macht folgendes Beispiel deutlich: „Wenn ein Volleyballspieler mit der Diagnose ventrale Instabilität und sekundäres Impingement des M. supraspinatus während der aktiven physiotherapeutischen Untersuchung eine Anteflexion-Elevation ausführt, erreicht er z. B. einen Bewegungsausschlag von 130–140°. Jetzt bitten wir denselben Volleyballspieler nach der Untersuchung, dieselbe Bewegung auszuführen, aber als Ziel gilt es nun, einen 500-€-Schein von einem hohen Schrank herunterzuholen. Wenn ihm dies gelingt, darf er die 500 € behalten. Dabei wird deutlich, dass sich der Bewegungsausschlag verändert, wenn die Bewegung ein Ziel hat: Er nimmt zu."

Das obige Beispiel zeigt, dass sich die bei der physiotherapeutischen Untersuchung erhobenen objektiven Informationen verändern, wenn die Bewegung ein Ziel hat. Durch die Realisierung eines Ziels kommt es zu einer Interaktion zwischen der Bewegung und der Umgebung. Die Bewegung erlangt eine Bedeutung und eine Bewegungshandlung ist entstanden (Wimmers 1992, **Abb. 1.15**). Die Tatsache, dass wir durch Bewegung eine Bedeutungsverbindung mit der Umgebung eingehen, zeigt, dass wir keine isolierten Einheiten sind. Wir sind immer auf eine Interaktion mit der Umgebung ausgerichtet. Da sich sowohl unsere physische als auch unsere soziale Umgebung fortwährend verändern, verändern sich auch die Bedeutungen unserer Bewegungshandlungen. Die Art, wie wir im Urlaub gehen, bei warmem Wetter mit vielen Touristen und dem Gedanken, dass nichts sein muss, aber alles sein kann, ist eine andere als die, wenn wir noch schnell etwas besorgen müssen und die Geschäfte bald schließen.

Das Ausmaß der intrinsischen Verbundenheit des Menschen mit seiner Umgebung bezeichnet man als die



Abb. 1.14 Körperbewegung während der physiotherapeutischen Untersuchung; Abduktion-Elevation: nichtfunktionelle Bewegung ohne Ziel im Verhältnis zur Umgebung.



Abb. 1.15 Bewegungshandlung: eine funktionelle Bewegung des Torwarts Aaron mit dem Ziel, den Ball nicht ins Tor zu lassen. Aarons Bewegung tritt in Verbindung mit der Umgebung und erlangt dadurch eine Bedeutung.

Intentionalität einer Bewegung. Es bestimmt somit die Art der Bewegung (Tamboer 2004).

Im handlungstheoretischen Modell stehen die Bewegungshandlungen für den Physiotherapeuten im Mittelpunkt. Im Allgemeinen kann man sagen, dass die Fortbewegung und ihre Beschreibung im Verhältnis zu ihrer Umgebung und dem Ziel die typischen Merkmale einer Bewegungshandlung sind. Konkret bedeutet dies für eine Bewegungshandlung (Wimmers 1992):

- Die Intentionalität ist primär auf die Fortbewegung gerichtet: das Sprinten eines Fußballers.
- Die Umgebung wird in für die Fortbewegung relevanten Begriffen beschrieben: Der Fußballer rennt über das nasse Feld, um den Ball direkt auf das Tor zu schießen.
- Die Art der Fortbewegung wird in zeitlich-räumlichen Termini näher definiert: Der Fußballer rennt, so schnell er kann.

Durch die Beschreibung von Bewegungshandlungen mithilfe der oben genannten 3 Kennzeichen wird eine intrinsische Verbindung zwischen den Aktivitäten des Sportlers und seiner Umgebung erzeugt (zur Partizipation s. unter ICF Kap. 1.2). Das spielt für die Sportphysiotherapie eine wichtige Rolle, z. B. wenn ein Sportler sein Training wiederaufnimmt oder wenn ein Sportphysiotherapeut in der Rehabilitation sportspezifisch trainieren will. Die Herstellung einer Interaktion zwischen dem Sportler und dem sportspezifischen Kontext lenkt den Rehabilitations-/Trainingsprozess.

Nesting

Bei der Analyse von Bewegungshandlungen stößt man auf zahlreiche Subhandlungen (Kugler 1987). Diese Subhandlungen bezeichnet man als „eingenistete" Handlungen. In der Sportrehabilitation ist es wichtig, solche eingenisteten Subhandlungen zu analysieren und zu prüfen, ob es sich um erwünschte oder unerwünschte Subhandlungen handelt. Erwünschte eingenistete Subhandlungen sind Handlungen, die das Ergebnis der gesamten Bewegungshandlung unterstützen. Unerwünschte eingenistete Subhandlungen bewirken das Gegenteil. In der Sportphysiotherapie werden die erwünschten eingenisteten Subhandlungen im Laufe der Rehabilitation in die Bewegungshandlung mitaufgenommen, während die unerwünschten Subhandlungen so modifiziert werden, dass sie die Bewegungshandlung unterstützen.

Sequenz

Zu einer guten Analyse problematischer Bewegungshandlungen des Sportlers ist es bedeutsam zu wissen, welche Bewegungshandlungen unmittelbar vor und gleich nach einer problematischen Handlung stattgefunden haben.

Das zeitliche Aufeinanderfolgen von Handlungen wird als Sequenz bezeichnet (Wimmers 2000). Sequenzen ermöglichen es dem Sportphysiotherapeuten zu erfahren, welche Bewegungshandlungen bei der Entstehung oder dem Fortdauern der Beschwerden eine Rolle gespielt haben könnten. Am Ende der Rehabilitation müssen die sequentierten Handlungen in den Rehabilitationsprozess implementiert sein.

Zusammenhang zwischen Körperbewegungen und Bewegungshandlungen

Aus den oben dargestellten Zusammenhängen lässt sich folgern, dass im Hinblick auf das Endziel einer optimalen Sportpartizipation sowohl die Analyse der Körperbewegungen als auch die der Bewegungshandlungen wichtig ist. Körperbewegungen und Bewegungshandlungen sind zwar voneinander zu unterscheiden, aber nicht voneinander zu trennen, denn beide beeinflussen sich gegenseitig.

Der Zusammenhang zwischen den Körperbewegungen und den Bewegungshandlungen äußert sich zunächst im Prinzip der funktionellen Variabilität (Tamboer 2004). Das bedeutet, dass dieselben Bewegungshandlungen durch verschiedene Körperbewegungen realisiert werden können. Das Treten vor einen Ball ist eine Bewegungshandlung. Die Art, wie der Ball geschossen wird, kann unterschiedlich sein: mit der Innenseite des Fußes, mit der Außenseite des Fußes oder mit dem Spann. Dem liegen verschiedene Körperbewegungen zugrunde. Im Sport spricht man von verschiedenen Schusstechniken. Es besteht also kurz gesagt ein flexibler Zusammenhang zwischen der Bewegungshandlung Schießen einerseits und der Schusstechnik andererseits.

Weiter zeigt der Zusammenhang zwischen der Bewegungshandlung Schießen und der Schusstechnik eine genauere Charakterisierung dessen an, wie die Bewegungshandlung exakt ausgeführt werden kann.



Abb. 1.16 Formorientierte Sportart, z. B. Turnen.

Das kann vor allem innerhalb des Sports wichtig sein. Sport lässt sich nämlich unterteilen in formorientierten und ergebnisorientierten Sport.

Beim formorientierten Sport hängt das sportliche Ergebnis von der Art und Weise ab, wie das Ergebnis erreicht wurde. Zu den bekanntesten formorientierten Sportarten zählt das Turnen. Der Schweregrad der Übungen und deren Ausführung bestimmen das Resultat. Die Bedeutung der Körperbewegungen (Technik) ist auf diesem Gebiet groß (**Abb. 1.10**).

Im ergebnisorientierten Sport wird ebenfalls ein Ergebnis angestrebt, jedoch ist die Art, wie es zustande gekommen ist, zweitrangig. Das Ziel beim Fußball ist es, mehr Tore als die gegnerische Mannschaft zu erzielen. In welcher Weise gespielt wurde und wie die Tore erzielt wurden, ist für das Endergebnis unbedeutend (**Abb. 1.17**).

Obwohl der Technik in den verschiedenen Sportarten eine unterschiedliche Bedeutung beigemessen wird, wird hier deutlich, dass die Körperbewegungen und die Bewegungshandlungen miteinander verbunden sind, und zwar durch die funktionelle Variabilität.

Die Körperbewegungen werden hier in Relation zur Technik gesetzt. Für eine gute Technik sollten alle motorischen Grundeigenschaften gut beherrscht werden. Jede Technik verlangt nach einer bestimmten Mobilität, Stabilität, Kraft, Schnelligkeit und Ausdauer.

Der Zusammenhang zwischen Bewegungshandlungen und Körperbewegungen stellt sich ebenfalls dar, wenn der Sportler sich mit seinen Unter- und Obergrenzen konfrontiert sieht.



Abb. 1.17 Ergebnisorientierte Sportart, z. B. Volleyball.

Beispiel

Rik ist ein talentierter Fußballspieler. Er ist 12 Jahre alt und spielt beim Fußballclub Union. Wegen seines Spielverständnisses, seines Laufvermögens und seiner außergewöhnlichen Ausdauer möchte der Proficlub NEC Nijmegen ihn in seine D1-Jugendmannschaft holen. Sowohl im Training als auch in den Ligaspielen wird Rik mit seinem körperlichen Unvermögen konfrontiert. Es fehlt ihm an Laufvermögen und Kondition, um auf diesem Niveau ein ganzes Spiel zu absolvieren. Er stößt an seine Obergrenzen. Seine Kraft, Schnelligkeit und Ausdauer reichen momentan nicht aus, um auf diesem Niveau mithalten zu können. Es ist die Aufgabe des Kraft- und Konditionstrainers des NEC und von Rik, seine Kraft, Schnelligkeit und Ausdauer so zu trainieren, dass eine optimale Sportpartizipation möglich wird.

Während eines Spiels zwischen NEC und Ajax bekommt Rik einen Tritt gegen die Knöchelinnenseite, wodurch er umknickt und starke Schmerzen an der Knöchelaußenseite hat – die Diagnose ist ein Inversionstrauma. Spielen ist nicht mehr möglich. Jetzt wird Rik mit seinen Untergrenzen konfrontiert. Verletzungsbedingt sind die Bedingungen auf den Gebieten Mobilität, Koordination, Kraft, Schnelligkeit und Ausdauer zeitweilig nicht gegeben, was sein fußballerisches Vermögen beeinträchtigt. Durch eine optimale sportphysiotherapeutische Begleitung durch den NEC kann Rik nach 8 Wochen bereits wieder spielen.

Das Beispiel zeigt, dass der Sportphysiotherapeut meistens mit Sportlern zu tun hat, die an ihre Untergrenzen stoßen. Die Ursache findet sich oft in einer akuten oder chronischen Verletzung. Die Bewegungshandlungen innerhalb des Sports sind eingeschränkt, da die Bedingungen auf dem Gebiet der verschiedenen motorischen Grundeigenschaften nicht erfüllt werden. Werden die Bedingungen wieder erfüllt, sind auch Bewegungshandlungen wieder möglich und die Sportpartizipation wird wieder vorstellbar.

Um das Verhältnis zwischen Bewegungshandlungen und Körperbewegungen für den Sportphysiotherapeuten zu konkretisieren und den Beginn der Rehabilitation zu ermöglichen, wurde der handlungsorientierte Funktionstest entwickelt.

Handlungsorientierter Funktionstest

Der handlungsorientierte Funktionstest besteht aus mehreren Schritten (**Abb. 1.19**):

- Ausfüllen der funktionellen Fragenlisten: Die Fragenlisten geben eine Übersicht über die problematischen Handlungen (Beeinträchtigungen bei Aktivitäten s. ICF Kap. 1.2) des Sportlers. Durch die Erhebung von Messwerten zu den Einschränkungen kommt es zu einer Objektivierung des subjektiven Gefühls des Sportlers.
- Analyse der am stärksten belastenden problematischen Handlungen des Sportlers: Damit ist die eingeschränkte Aktivität gemeint, die physisch am belastendsten ist. Diese Aktivität wird am Ende der Rehabilitation in das Rehabilitationsprogramm integriert.
- Prioritätenliste der problematischen Handlungen: Die problematischen Handlungen, die den Sportler am meisten stören, sollten im Rehabilitationsprozess am meisten beachtet werden.
- Analyse der Umgebung: Die Umgebung wird in den für die problematische Handlung relevanten Begriffen beschrieben.
- Analyse der Verlagerung: Die problematische Handlung wird im räumlich-zeitlichen Verhältnis ausgedrückt.
- Analyse der Intentionalität/Ziel der problematischen Handlung: Hiermit wird der Grad der Beteiligung zwischen dem Sportler, der problematischen Handlung und der Umgebung angegeben.
- Analyse der Nesting-Aktivitäten: Analyse der erwünschten und unerwünschten „eingenisteten" Subhandlungen, die während der problematischen Handlung stattfinden.
- Analyse der Aktivitätensequenz: Analyse der Bewegungshandlungen, die unmittelbar vor und nach der problematischen Handlung erfolgen.
- Analyse des praktischen Bewegungsverlaufs der problematischen Handlung des Sportlers: Wenn ein Sportler Schwierigkeiten beim Bücken hat, weiß der Sportphysiotherapeut noch nicht, *wie* der Sportler sich bückt. Durch die Analyse des praktischen Bewegungsablaufs hat der Sportphysiotherapeut die Möglichkeit, eine Transferübung zu bestimmen. Bei der Zusammenstellung des Rehabilitationsprogramms ist dies eine wichtige Info.
- Bestimmung der Transferübungen: Bei Transferübungen wird die problematische Handlung des Sportlers am besten simuliert. Wenn sich der Sportler mit gestreckten Beinen bückt und seine Wirbelsäule beugt, ist steifbeiniges Kreuzheben („stiff leg dead lift") eine gute Übung (**Abb. 1.18**a-b).
- Bestimmung der vorbereitenden Übungen: Sie bereiten Transferübungen vor und sorgen für einen schrittweisen Anstieg der Belastungen, sodass schließlich die Ausführung der Transferübungen wieder möglich wird. Für welche Übungen man sich entscheidet, hängt unter anderem davon ab, in welcher Phase der Wundheilung sich der Sportler befindet. Zu Beginn der Proliferationsphase wählt man weniger intensive Übungen aus als gegen Ende der Regenerationsphase.
- Bestimmung der Belastungsvariablen: Belastungsvariablen sind Gewicht, Anzahl der Serien, Anzahl der Wiederholungen, Bewegungsrhythmus, Pausen, Anzahl der Übungen und die Superkompensationszeit (für weitere Ausführungen s. Kap. 4.3).





Abb. 1.18 stiff leg dead lift.
a Bücken mit gestreckten Beinen.
b stiffed leg dead lift, welche der funktionellen Einschränkung entspricht.

Durch Ausführung eines aktivitätsorientierten Funktionstests kommt es zu einem klinischen Brückenschlag von der problematischen Handlung hin zu einem konkreten Rehabilitationsprogramm, und der intrinsische Zusammenhang zwischen Körperbewegungen und Bewegungshandlungen wird deutlich (**Abb. 1.18**).

Mehrdimensionales Belastungs-/Belastbarkeitsmodell

Das mehrdimensionale Belastungs-/Belastbarkeitsmodell versucht nicht wie viele andere Modelle das Gesundheitsproblem des Menschen zu erklären, sondern es wird als fachphilosophisches Modell beschrieben. Das bedeutet, dass es neben der Beschreibung der philosophischen Ausgangspunkte des Modells auch ein Ergebnis für eine wissenschaftliche Ausarbeitung und vor allem für die klinische Praxis enthält (Hagenaars 2006).

Das fachphilosophische Modell wird mithilfe von 4 Ebenen beschrieben:

- fachphilosophische Ebene
- methodische Ebene
- klinische Ebene
- Alltagsebene (Hullegie 1995)

Fachphilosophische Ebene

Die fachphilosophische Ebene beschreibt das theoretische Fundament des mehrdimensionalen Belastungs-/Belastbarkeitsmodells.

Der wichtigste Ausgangspunkt ist, wie der Mensch die Wirklichkeit wahrnimmt. Wir unterscheiden hier 2 Formen der Wirklichkeit: die subjektive und die objektive Wirklichkeit.

Subjektive Wirklichkeit

Die subjektive Wirklichkeit ist die aktuelle moderne Auffassung. In ihrem Mittelspunkt steht, dass jeder Mensch durch seine Wahrnehmung seine eigene Wirklichkeit erzeugt. Charakteristisch für diese subjektive Wirklichkeit ist, dass es einen intrinsischen Zusammenhang zwischen dem Menschen und der Umgebung gibt. Das bedeutet, dass der Mensch und seine Umgebung untrennbar miteinander verbunden sind. Der Mensch kann als lebender Organismus nur dank der Interaktion bestehen. Interaktionen innerhalb des Körpers sind etwa die physiologischen Prozesse untereinander und die Interaktionen zwischen physiologischen und psychologischen Prozessen, aber auch die Interaktionen zwischen dem Menschen und seiner physischen und sozialen Umgebung. Kein individueller Organismus kann sich für allein existieren. Die Erste, die das aussprach, war eine Mitbegründerin der Gaia-Hypothese: Lynn Margulis.

Der aktivitätsorientierte Funktionstest

1	Das Ausfüllen der funktionellen Fragelisten
2	Analyse der am stärksten belastenden problematischen Handlungen/ Aktivitäten des Sportlers:
3	Festlegung der Prioritäten der problematischen Handlungen/Aktivitäten:
4	Analyse der Umgebung/des Umfeldes:
5	Bestimmung/Beschreibung der Intentionalität der Handlungen/Aktivitäten:
6	Analyse der Art und Weise des (Fort)Bewegens:
7	Analyse der Nesting-Aktivitäten:
8	Analyse der Sequenz-Aktivitäten:
9	Analyse des praktischen (= tatsächlichen?) Bewegungsverlaufs:
10	Bestimmung/Beschreibung der Transferübungen:
11	Bestimmung/Beschreibung der Vorbereitungsübungen:
12	Bestimmung/Beschreibung der Belastungsvariablen: Anzahl der Übungen, Reihen, Wiederholungen, Rhythmus, Pause

Abb. 1.19 Stufenplan eines handlungsorientierten Funktionstests.

„Die Evolution der lebenden Organismen ging Hand in Hand mit der Transformation der planetaren Oberfläche von einer anorganischen Umgebung hin zu einer sich selbst regulierenden Biosphäre." (Lovelock 2007)

Diese Auffassung von der Wirklichkeit knüpft an das oben besprochene relationale Körperbild und die damit verbundenen Bewegungshandlungen an.

Aus der subjektiven Wirklichkeit und ihrer Erklärung kann ein Zusammenhang hergestellt werden zwischen der heutigen Wissenschaft und ihren verschiedenen Strömungen. Wissenschaftler, die der subjektiven Wirklichkeit gegenüber offen sind, sind die Vorreiter der qualitativen Untersuchung. In dieser Form der Wissenschaft steht die hermeneutische Methode im Vordergrund. Mit Hermeneutik wird das strukturierte, planmäßige Vorgehen bezeichnet, das dazu dient, die Bedeutung von Ereignissen in einem größeren Zusammenhang zu begreifen und zu interpretieren.

Die Evidenzquellen, die hier meistens genutzt werden, sind die klinischen Expertisen des Behandlers, hier also des Sportphysiotherapeuten, und die Vorlieben, Wünsche und Erwartungen des Klienten, also des Sportlers. Die Beschreibung von Fallbeispielen ist eine hervorragende Methode zur Durchführung qualitativer Untersuchungen (Beenen et al. 2007). Der zweite Teil dieses Buches enthält Fallbeispiele, bei denen die qualitative Wissenschaft im Vordergrund steht.

Objektive Wirklichkeit

Die objektive Wirklichkeit ist die klassische Art, auf die Wirklichkeit zu blicken. Dabei wird die Wirklichkeit als substanzielle Wirklichkeit betrachtet, die für alle Menschen gleich ist. Charakteristisch für diese Wirklichkeit ist, dass Substanzen voneinander zu trennen und zu analysieren sind. Der Zusammenhang zwischen den verschiedenen Substanzen wird erkannt und in kausalen Verhältnissen wiedergegeben. Diese Auffassung von der Wirklichkeit ist eng mit dem beschriebenen substanziellen Körperbild und den damit verbundenen Körperbewegungen verknüpft. Die quantitative Wissenschaft befasst sich primär mit der Analyse und Erklärung der objektiven Welt. Die von den Wissenschaftlern am häufigsten verwendete Methode ist die empirisch-analytische Methode. Sie besteht aus logischen und unabhängigen Erscheinungen, die gleichzeitig Instanzen allgemeiner Gesetzmäßigkeiten sind (Tamboer 2004). Durch das Suchen nach Kausalzusammenhängen zwischen den verschiedenen Phänomenen bemüht man sich, eine umfassende Theorie zu bilden. Eine bekannte Theorie aus den verschiedenen quantitativen Wissenschaften ist die Beschreibung der

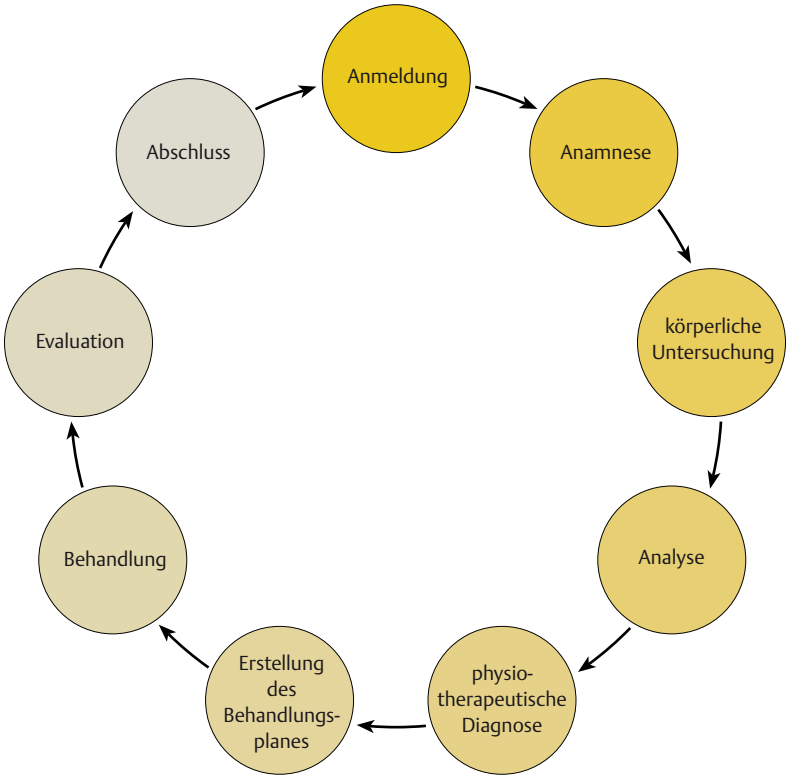


Abb. 1.20 Methodisches Handeln des Sportphysiotherapeuten.

unterschiedlichen physiologischen Prozesse, die während der Wundheilung ablaufen (s. Kap. 1.4). Im allgemeinen Teil dieses Buches zur Sportphysiotherapie wird mehr die quantitative Untersuchung dargestellt.

Methodische Ebene

In den vergangenen Jahren hat der methodische Unterbau der Physiotherapie stark zugenommen (Ostelo 2002). In den 1990er-Jahren stand vor allem die quantitative Untersuchung im Mittelpunkt, bei der auf einer theoretischen Grundlage nach allgemeinen Gesetzmäßigkeiten gesucht wird. Die Ergebnisse werden oft in messbaren Einheiten wiedergegeben. Grund dafür war, dass sich die Physiotherapie auf eine naturwissenschaftliche Basis stützte. Der Mensch wurde als Objekt betrachtet und damit war die objektive Wirklichkeit der primäre Ausgangspunkt.

Mit Beginn unserer Dekade wird ein deutlicher Wechsel im wissenschaftlichen Unterbau unseres Fachs deutlich. Die Bedeutung der qualitativen Untersuchung wird immer besser erkannt und umgesetzt. Dabei steht die Erlebniswelt des Patienten in einer bestimmten Situation im Mittelpunkt. Die Untersuchung ist deshalb verbal, beurteilend und meinungsbildend. Der wichtigste Grund für eine qualitative Untersuchung ist, dass die Physiotherapie nicht nur auf naturwissenschaftlicher Basis, sondern auch aus dem Blickwinkel der Sozialwissenschaft betrachtet wird. Das Menschenbild verschiebt sich vom Objekt zum Subjekt. Die subjektive Wirklichkeit bildet hier die Grundlage.

Für den wissenschaftlichen Unterbau unseres Fachs sind beide wissenschaftlichen Ansätze wichtig, um die Physiotherapie voranzubringen.

Klinische Ebene

Der rote Faden im (sport)physiotherapeutischen Handeln liegt im Clinical Reasoning.

Die Definition des Clinical Reasoning lautet: „Ein bewusster Denkprozess, bei dem man sich einen Überblick über den Gesundheitszustand des Patienten verschafft und ihn interpretiert. Dies führt zur Festlegung möglicher Behandlungsziele und Behandlungsstrategien“ (Hagenaars et al. 2003).

Das Clinical Reasoning ist integraler Bestandteil des professionellen Denkprozesses des Sportphysiotherapeuten (Higgs 1992). Indem der Sportphysiotherapeut sich die verschiedenen Reasoningprozesse bewusst macht, erlangt er einen größeren Einblick in sein eigenes professionelles Handeln, was zu dessen Verbesserung beitragen kann.

Es gibt viele verschiedene Formen des Clinical Reasoning, z. B. das prozedurale, das narrative, das interaktive, das pragmatische, das bedingte usw. (Jones 2004).

Die wichtigsten Formen des Clinical Reasoning für den Sportphysiotherapeuten sind:

- das prozedurale Reasoning
- das narrative/interaktive Reasoning
- das bedingte Reasoning (Fleming 1994)

Das prozedurale Reasoning kann als diagnostisches Reasoning des Sportphysiotherapeuten angesehen werden, das die Aufstellung einer Hypothese zum Ziel hat, die mithilfe (sport)physiotherapeutischer Tests bestätigt oder verworfen wird. Diese Form des Clinical Reasoning passt am besten zum objektiven Wirklichkeitsbild. Dabei wird meistens das hypothetisch-deduktive Denken eingesetzt.

Diese Form des prozeduralen Reasonings ist mit einer bestimmten Form der Informationsübertragung verbunden – die intentionale Informationsversorgung (Sassen 2001). Diese Form der Informationsversorgung zielt darauf ab, das Verhalten des Patienten (Sportlers) zu beeinflussen, um eine Verbesserung des Gesundheitszustands zu erreichen.

Beim narrativen/interaktiven Reasoning stehen das Verhalten und die Wahrnehmung des Patienten (Sportlers) im Zentrum. Das Ziel des Sportphysiotherapeuten ist es, die Wirklichkeit des Patienten zu begreifen und ihn die Bedeutung der Störung/Erkrankung aus seiner Perspektive verstehen zu lassen. Diese Form des Clinical Reasoning passt am besten zum subjektiven Wirklichkeitsbild. Die Störung/Erkrankung des Patienten erhält eine individuelle Bedeutung.

Diese Form des Clinical Reasoning bringt die fazilitierte Form der Informationsversorgung mit sich (Sassen 2001). Das Ziel besteht darin, das Wissen des Sportlers zu verbessern, sodass die eigene Wirklichkeit relativiert werden kann. Was der Sportler dann mit diesen Informationen macht, liegt an ihm selbst.

Alltagsebene

Unter der Alltagsebene versteht man die physiotherapeutische Untersuchung und Behandlung in der Praxis. Kennzeichen dieser Ebene sind 2 Dinge: die Anpassung der Methodik an die Untersuchung und die Behandlung sowie die Interaktion zwischen Physiotherapeut und Patient.

Methodisches Handeln

Das methodische Handeln ist ein bewusster Prozess des Physiotherapeuten, der durch 3 Elemente charakterisiert ist: Zielgerichtetheit, Systematik und Prozesshaftigkeit (Brouwen 1995). Für den Sportphysiotherapeuten besteht das methodische berufsspezifische Handeln aus folgenden Schritten:

- Screening
- Anamnese
- physiotherapeutische Untersuchung
- Analyse
- physiotherapeutische Diagnose
- Erstellung eines Behandlungsplans
- physiotherapeutische Behandlung
- Evaluation
- Abschluss der Behandlung (van den Zanden et al. 2001, **Abb. 1.20**)

Eine genauere Beschreibung dieser verschiedenen Schritte finden Sie in Kapitel 4.

Interaktion zwischen Physiotherapeut und Patient

Der Sportphysiotherapeut steht während der physiotherapeutischen Untersuchung im fortwährenden Dialog mit dem Sportler. Ziel des Gesprächs ist es, einen gemeinsamen Blick auf das Gesundheitsproblem des Sportlers zu entwickeln und herauszufinden, welche Möglichkeiten er sieht, das Gesundheitsproblem in den Griff zu bekommen. Dazu ist ein ehrlicher Dialog erforderlich, der von gegenseitigem Interesse und Respekt für die Vorstellungen und Ideen des anderen geprägt ist. Während der Behandlung bedient man sich oft einer hermeneutischen Betrachtungsweise. Diese Sicht zielt darauf ab, dem Sportler seine Eigenverantwortlichkeit für das Gesundheitsproblem als unabdingbare Voraussetzung zu dessen Bewältigung vor Augen zu führen. Ein Sportler kann nur sich selbst verbessern. Der Sportphysiotherapeut schafft dafür die Voraussetzungen durch Information, Beratung, Einübung von Funktionen und Fertigkeiten und den eventuellen Einsatz von Hilfsmitteln (NRV – de Nationale Raad voor de Volksgezondheid 1995).

Einer der schwierigsten Aspekte in der sportphysiotherapeutischen Behandlung ist die Kommunikation zwischen dem Sportphysiotherapeuten und dem Sportler, aber auch zwischen dem Sportphysiotherapeuten und den Vertretern angrenzender Disziplinen, die den Sportler auf seinem Genesungsweg unterstützen. Besonders durch die Verwendung einer unterschiedlichen Nomenklatur und von unterschiedlichen Bedeutungen kommt es zu Missverständnissen, die Verwirrung stiften und schließlich dem Rehabilitationsprozess des Sportlers nicht guttun.

Um Missverständnisse zu vermeiden, bedienen sich medizinische und paramedizinische Disziplinen u. a. des von der Weltgesundheitsorganisation („World Health Organization“ WHO) entwickelten Klassifikationsmodells „International Classification of Functioning, Disability and Health“ (Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit, ICF).

WHO-Klassifikation

Klassifikationen dienen der Ordnung komplexer Phänomene. So ordnet z. B. das Periodensystem der Elemente die chemischen Elemente mit steigender Ordnungszahl und entsprechend ihrer chemischen Eigenschaften in Haupt- und Nebengruppen. Auch das Phänomen „Gesundheit“ und alles, was damit zusammenhängt, können

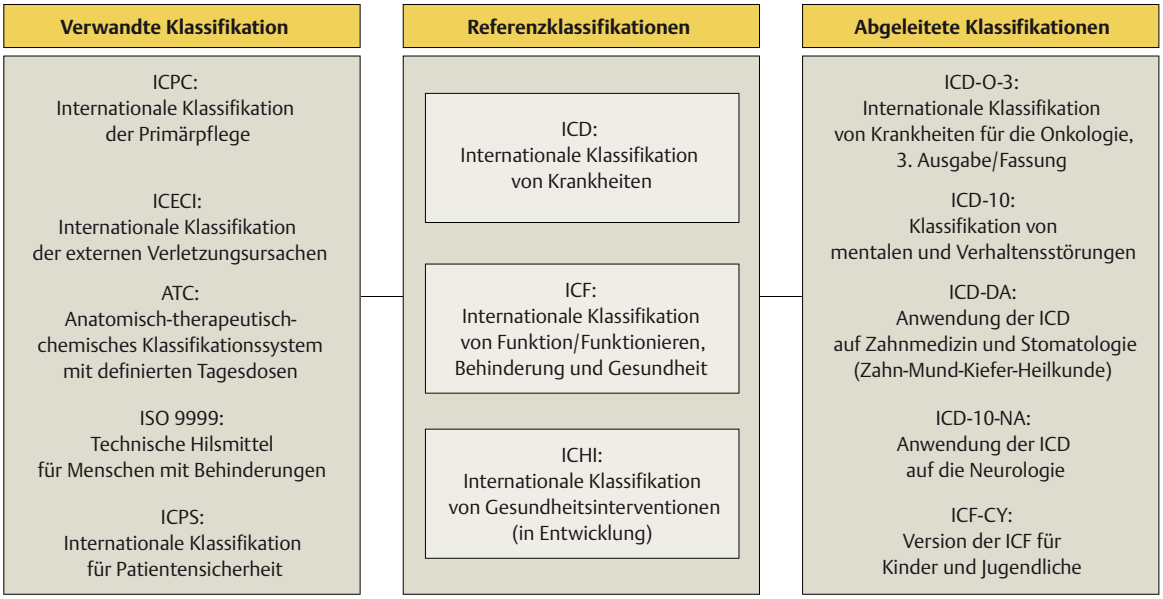


Abb. 1.21 Übersicht über alle WHO-Klassifikationen mit der ICF als Teil der WHO-Familie.

mithilfe von Klassifikationen geordnet werden. Durch das Anbringen von Ordnung wird es möglich, Daten zu sammeln, zu verwalten, zu analysieren und zu interpretieren.

Wenn Mediziner, Physiotherapeuten und Forscher auf die gleichen Ordnungsprinzipien (sprich auf die gleiche Klassifikation) zurückgreifen, können z. B. die Daten, die zu verschiedenen Zeitpunkten gesammelt wurden, miteinander verglichen werden.

Es ist auch möglich, Daten von verschiedenen Disziplinen oder von denselben Disziplinen, aber in verschiedenen Ländern miteinander zu vergleichen. Diese Vergleiche sind sowohl für wissenschaftliche Forschungen als auch für interdisziplinäres Arbeiten oder für politische Entscheidungen auf nationaler und internationaler Ebene von Bedeutung.

Hierzu steht mittlerweile eine ganze Familie von Klassifikationen zur Verfügung, die von der WHO in den letzten Jahren entwickelt wurden. Diese WHO-Familie von Klassifikationen besteht aus 2 Referenz- oder Kernklassifikationen, nämlich der „International Classification of Diseases and Related Health Problems“ (Internationale Klassifizierung der Krankheiten, ICD) und der ICF (**Abb. 1.21**). Diese sind so entworfen, dass sie auf viele unterschiedliche Gesundheitsprobleme in verschiedenen Kulturkreisen anwendbar sind.

Die ICD ist die älteste Klassifikation und wird zurzeit in ihrer zehnten Version benutzt (ICD-10). Ihre Ursprünge liegen in der Todesursachenstatistik, die in einigen Ländern seit Anfang des 20. Jahrhunderts geführt wird (Giere 2007). In der ICD werden Erkrankungen und andere Gesundheitsprobleme (Symptome und Verletzungen) klassifiziert. Außerdem findet sie Verwendung bei der Diagnosestellung von Medizinern. Anders gesagt wird die medizinische Diagnose anhand der ICD gestellt, ihr Gebrauch ist somit den Medizinern vorbehalten. Ein Beispiel für eine medizinische Diagnose ist „Ruptur des vorderen Kreuzbandes“. Die ICD beschreibt jedoch nicht die Konsequenzen einer Erkrankung im Sinne von Problemen im täglichen Leben, beim Ausüben der Arbeit, bei Sport oder Hobby (Ewert u. Stucki 2007). 2 Patienten mit derselben ICD-Diagnose können vollständig andere Konsequenzen im täglichen Leben erfahren. Aus diesem Grund hat die WHO in den 1970er-Jahren begonnen, eine weitere Klassifikation zu entwerfen. Als Ergebnis wurde 1980 die „International Classification of Impairments, Disabilities and Handicap“ (Internationale Klassifikation der Schädigungen, Fähigkeitsstörungen und Beeinträchtigungen, ICIDH) publiziert (WHO 1980). Diese Klassifikation rief jedoch einige Kritiker auf den Plan, weil sie ein sehr einfaches Ursache-Wirkungs-Modell zur Erklärung von Erkrankungsfolgen benutzte. Dies entsprach nicht den Erfahrungen aus der täglichen Praxis. Andererseits wirkte die ICIDH stigmatisierend. Menschen mit einer chronischen Erkrankung waren a priori nicht gesund. Die Erkrankung wurde mehr als eine Eigenschaft der Person angesehen als eine erfahrene Behinderung aus einer komplexen Wechselwirkung zwischen der Erkrankung, der Person und der direkten Umwelt der Person. Dies entsprach nicht den Erfahrungen und Überzeugungen chronisch Kranker.

Aus diesem Grund begann die WHO 1993 mit einer Revision der ICIDH, an der über 1800 Experten in über 65 Ländern mitarbeiteten. Immerhin sollte die neue Version

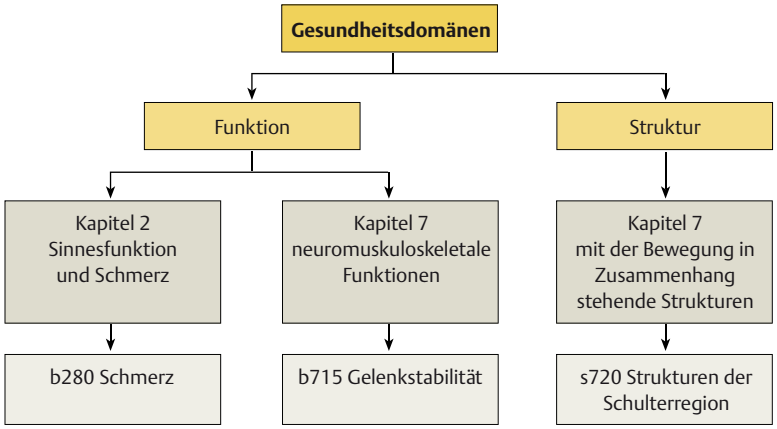


Abb. 1.22 Auszug aus der Hierarchie der ICF.

in verschiedenen Kulturen, für alle Altersgruppen und für alle Geschlechter voll einsetzbar sein. Die ICF wurde 2001 in der englischsprachigen Version von der Generalversammlung der WHO offiziell verabschiedet (WHO 2001) und gleich nach ihrem Erscheinen in verschiedene andere Sprachen übersetzt. So erschien etwa die niederländische Version im Jahr 2002 (RIVM 2002) und die deutschsprachige 2006 (DIMDI 2006), ermöglicht durch die Arbeit der WHO-Collaboration Centres in den entsprechenden Ländern.

Zurzeit befindet sich noch eine dritte Referenzklassifikation in der Entwicklungsphase. Die „International Classification of Health Interventions" (Internationale Klassifikation der medizinischen Interventionen, ICHI) soll in Zukunft helfen, Interventionen im Gesundheitswesen einheitlich darzustellen (Jakob et al. 2007).

Von den Referenzklassifikationen sind mittlerweile verschiedene Klassifikationen abgeleitet worden. **Abb. 1.21** gibt einen Überblick über die Referenzklassifikationen und deren Ableitungen. Die Ableitungen sind aufzufassen als spezielle Anpassungen der Referenzklassifikationen an spezifische Situationen. Dies erhöht die Anwenderfreundlichkeit der Klassifikationen.

So können z. B. Hausärzte auf die „International Classification of Primary Care" (Internationale Klassifikation für die medizinische Grundversorgung, ICPC) zugreifen.

Tipp

Der Internetauftritt der Weltgesundheitsorganisation ist gut. Es finden sich viele Informationen zu den Klassifikationen und die Klassifikationen selbst auf der WHO-Seite unter www.who.org. Außerdem ist die Internetseite des Deutschen Instituts für medizinische Dokumentation und Information (www.dimdi.de) eine informative Quelle.

ICF im Detail

Die ICF dient als Organisationsrahmen für alle Informationen bezüglich der menschlichen Funktionsfähigkeit und ihrer Beeinträchtigungen. Diese Informationen werden in 2 Teile gegliedert, die sich zum einen mit Funktionsfähigkeit und Behinderung (Teil 1) und zum anderen mit den Kontextfaktoren (Teil 2) befassen. Jeder Teil hat 2 Komponenten: In Teil 1 sind dies Funktionsfähigkeit und Behinderung sowie Aktivitäten und Partizipation, in Teil 2 sind es Umwelt- und personenbezogene Faktoren. Jede Komponente wiederum besteht aus verschiedenen Domänen und – innerhalb jeder Domäne – aus Kategorien, die letztlich die Einheiten der Klassifikation bilden. Dadurch ergibt sich eine weite Verzweigung, die wie beim Periodensystem der Elemente Ordnung schafft und dazu führt, dass die ICF universell einsetzbar ist, dass also der Gesundheitszustand von Patienten mit allen möglichen Krankheitsbildern beschrieben werden kann, aber eben auch der Gesundheitszustand von gesunden Menschen.

Die beiden Komponenten der Funktionsfähigkeit und Behinderung sind:

- Körperfunktionen und -strukturen.
  - Körperfunktionen sind physiologische Funktionen von Körpersystemen wie z. B. das Herz-Kreislauf-System. Körperstrukturen sind etwa Muskeln, Bänder oder Gelenke.
- Aktivitäten und Partizipation.
  - Eine Aktivität ist eine Handlung eines Menschen im täglichen Leben, Hobby, Sport oder Arbeit wie z. B. der Aufschlag beim Tennis. Unter Partizipation versteht man das Einbezogensein in eine Lebenssituation wie z. B. die Teilnahme an einem ATP-Turnier, um damit seinen Lebensunterhalt zu verdienen.

In der ICF-Terminologie spricht man von Behinderung, wenn eine Schädigung der Körperfunktionen und/oder -strukturen oder wenn eine Beeinträchtigung der Aktivitäten und Partizipation vorliegt. So liegt nach der ICF-Terminologie eine Schädigung des Herz-Kreislauf-Systems vor, wenn die arterielle Sauerstoffsättigung unter der Norm liegt. Ein Muskelfaserriss ist nach ICF-Terminologie

Tab. 1.1 Erstes Beurteilungsmerkmal für Körperfunktionen und -strukturen und Aktivitäten und Partizipation.

Kategorie	Ernst oder Ausmaß des Problems	
xxx.0	Problem nicht vorhanden	0–4 %
xxx.1	Problem leicht ausgeprägt	5–24 %
xxx.2	Problem mäßig ausgeprägt	25–49 %
xxx.3	Problem erheblich ausgeprägt	50–95 %
xxx.4	Problem voll ausgeprägt	96–100 %
xxx.8	nicht spezifiziert	
xxx.9	nicht anwendbar	

Tab. 1.2 Erstes Beurteilungsmerkmal für Umweltfaktoren

Kategorie	Barrieren	
xxx.0	Barriere nicht vorhanden	0–4 %
xxx.1	Barriere leicht ausgeprägt	5–24 %
xxx.2	Barriere mäßig ausgeprägt	25–49 %
xxx.3	Barriere erheblich ausgeprägt	50–95 %
xxx.4	Barriere voll ausgeprägt	96–100 %
xxx.8	nicht spezifiziert	
xxx.9	nicht anwendbar	

eine Schädigung einer Körperstruktur. Gerade bei der Klassifizierung von Körperstrukturen gibt es eine gewisse Überlappung mit der ICD. Die Beeinträchtigung einer Aktivität liegt etwa dann vor, wenn der Aufschlag beim Tennis nicht mehr mit der gewohnten Geschwindigkeit durchgeführt werden kann.

Die soeben beschriebenen Komponenten der ICF werden weiter unterteilt. Hier ein kleiner Auszug daraus, um den Aufbau der Klassifikation zu demonstrieren:

So wird im ICF-Kapitel 2 „Sinnesfunktionen und Schmerz“ die Körperfunktion „Schmerz“ beschrieben. Die Abkürzung für Schmerz ist in der ICF „b280“.

Im ICF-Kapitel 7 „Neuromuskuloskeletale Funktionen“ findet man unter „b715“ die Kategorie „Gelenkstabilität“.

Innerhalb der Klassifikation der Körperstrukturen findet man im ICF-Kapitel 7 „Mit der Bewegung in Zusammenhang stehende Strukturen“ unter „s720“ die „Strukturen der Schulterregion“ beschrieben.

Auch die Komponente der Aktivitäten und Partizipation wird auf ähnliche Weise gegliedert. Unter „d430“ ist die Aktivität „Gegenstände anheben und tragen“ spezifiziert.

Die wahrgenommenen Aspekte von Gesundheit können innerhalb der ICF mit dem ersten Beurteilungsmerkmal qualifiziert werden. Die Qualifizierung wird mithilfe der Ziffern 0–4 vollzogen (s. **Tab. 1.1**). Wenn keine Details zum Ausmaß des Problems bekannt sind oder wenn aus irgendeinem Grund die Kategorie nicht anwendbar ist, werden die Ziffern 8 oder 9 vergeben.

So bedeutet der Code „b280.3“ etwa „erheblich ausgeprägte Schmerzen“. Mit einem weiteren Beurteilungsmerkmal können auch eventuelle Veränderungen beschrieben werden (nähere Details hierzu sind in der gratis herunterladbaren ICF-Version von der Internetseite des DIMDI (www.dimdi.de) zu erfahren).

Neben dem Teil, der sich mit Funktionsfähigkeit und Behinderung befasst, gibt es in der ICF noch den Teil der Kontextfaktoren. Die Komponenten hier sind umwelt- und personbezogene Faktoren.

Umweltfaktoren sind Faktoren, die außerhalb der Person liegen und doch Einfluss auf den Gesundheitszustand haben. Es geht hier z. B. um Lebensmittel, Luftqualität, Lärm oder Personen aus dem engsten Familienkreis. Umweltfaktoren können in der ICF als positive Faktoren ausgewiesen werden, wenn sie der Gesundheit förderlich sind, oder aber als negative Faktoren, wenn sie der Gesundheit abträglich sind. Außerdem findet das erste Beurteilungsmerkmal auch bei den Umweltfaktoren Anwendung. Hier wird es dazu verwendet, Förderfaktoren oder Barrieren zu kennzeichnen. Förderfaktoren werden mit einem Pluszeichen (+) versehen. Auch positive Aspekte von Gesundheit können in dieser Klassifikation beschrieben werden. Hier kommt der ressourcenorientierte Ansatz zum Ausdruck (Ewert u. Stucki 2007). Wenn kein Pluszeichen kodiert ist, handelt es sich um ein Problem bzw. eine Barriere.

Personbezogene Faktoren haben Einfluss auf den Gesundheitszustand, ohne jedoch direkt Teil des Gesundheitszustands zu sein. Beispiele hierfür sind Alter, Geschlecht, körperliche Fitness und Lebensstil. Die personbezogenen Faktoren sind in der ICF jedoch nicht weiter ausgearbeitet. Man hat sie in die Klassifikation mit aufgenommen, da man der Meinung war, dass aus einer biopsychosozialen Perspektive auch diese Faktoren Einfluss auf den Gesundheitszustand haben. In **Abb. 1.23** wird schematisch der Zusammenhang zwischen den verschiedenen Komponenten und Domänen der ICF beschrieben.

In der Kategorie „Gesundheitsproblem“ in **Abb. 1.23** kann die Krankheit in ICD-Terminologie beschrieben werden. **Abb. 1.22** verdeutlicht somit den Zusammenhang zwischen einem möglichen Gesundheitsproblem und den damit zusammenhängenden Konsequenzen für eine Person.

Da das medizinische Modell nicht mehr der ICF zugrunde liegt und die Wechselwirkung zwischen den verschiedenen Domänen anerkannt ist, werden die Zusammenhänge zwischen den Domänen auch in alle Richtungen dargestellt.

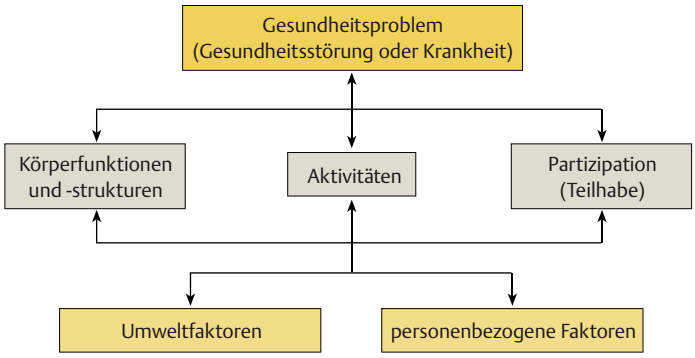


Abb. 1.23 Schematische Wiedergabe der ICF; der Zusammenhang zwischen den verschiedenen Dimensionen wird deutlich.

Dieses Wechselwirkungsmodell beschreibt den Zusammenhang zwischen einer Person und ihrer Erkrankung und zwischen der Person und ihrer physischen und sozialen Umwelt. Dies ist ein entscheidender Unterschied zum Vorgängermodell ICIDH, dem das medizinische Modell zugrunde liegt. Diesem traditionellen Modell folgend würde man eben sagen, dass eine Ruptur des M. supraspinatus (Schädigung einer Struktur) zu einer Beeinträchtigung der Aufschlagbewegung beim Tennis (Beeinträchtigung einer Aktivität) führt, wodurch der Leistungsverlust ein Problem in der Partizipation am gesellschaftlichen Leben nach sich zieht. Die Denkweise hier ist kausal (durch A entsteht B) und führt immer in eine Richtung (von Strukturschädigung über Beeinträchtigung von Aktivitäten hin zu Beeinträchtigung der Partizipation). Es gibt jedoch viele Gesundheitsprobleme, die sich durch diese Denkweise nicht erfassen lassen. So können etwa Patienten mit lumbalen Rückenschmerzen und hohem Schmerzniveau (Funktionsstörung) trotzdem ihre tägliche Arbeit verrichten (also geringe Beeinträchtigung im täglichen Leben und bei der Partizipation). Und genauso können bestimmte Aktivitäten im täglichen Leben zum Entstehen von Funktionsstörungen führen. Der Wert der ICF liegt vor allem darin, dass anhand dieser Klassifikation der Gesundheitszustand übersichtlich, systematisch und mit einer universellen Sprache beschrieben werden kann. Die Interpretation (also Analyse) des einzelnen Patienten ist dem behandelnden Sportphysiotherapeuten überlassen. In Kapitel 1.2.3.3.2 der ICF als Denkmodell wird dazu ein Vorschlag gemacht.

Ein großer Nachteil der ICF ist jedoch, dass sie in ihrer Vollversion zwar vollständig für die Dimensionen Körperfunktionen, -struktur, Aktivitäten und Partizipation beschrieben ist, aber dadurch auch gleichzeitig so umfangreich wurde, dass die Vollversion im klinischen Alltag nicht einsetzbar ist. Aus diesem Grunde hat man in den letzten Jahren begonnen, für bestimmte Patientengruppen Core-Sets (Kerngruppen) zu formulieren, in denen die Aspekte der Gesundheit aufgenommen werden, die am häufigsten gestört oder beeinträchtigt sind. So sind mittlerweile ICF-Core-Sets für nichtspezifische Rückenbeschwerden und rheumatoide Arthritis entwickelt worden (Stucki 2002, Coenen et al. 2006). Zurzeit wird intensiv an der Entwicklung von Core-Sets für andere Patientengruppen gearbeitet, wodurch die Anwenderfreundlichkeit der ICF zunehmen muss (Dahl 2002).

ICF als Denkmodell

Mittlerweile hat sich die Klassifikation der menschlichen Funktionsfähigkeit sogar als Denkmodell etabliert, obwohl die ursprünglichen Ziele gar nicht darauf ausgerichtet waren. Ziel der Klassifikation ist eigentlich nicht, als Analysemodell für Gesundheitsprobleme zu dienen, sondern Aspekte von Gesundheit zu beschreiben und zu ordnen sowie den verschiedenen Disziplinen im Gesundheitswesen eine Basis für eine gemeinsame Sprache zu bieten.

Seit der Präsentation des HOAC-Modells („Hypothesis-oriented Algorithm for Clinicans“) in den 1980er-Jahren (u. a. Echternach u. Rothstein 1989) hat man sich immer mehr Gedanken über die Art und Weise gemacht, wie Physiotherapeuten in der täglichen Praxis Entscheidungen treffen. Das HOAC-Modell diente dazu, anhand von Anamnese und körperlicher Untersuchung eine vorläufige Hypothese zu erstellen. Das Formulieren der Hypothese sollte dafür sorgen, dass die Therapie dann auch direkt auf die Hypothese abgestimmt wird, um zu verhindern, dass z. B. jeder Rückenschmerzpatient standardmäßig die gleiche Therapie bekommt.

Stucki, Cieza und Ewert haben 1998 den Rehab-Cycle beschrieben. Der Rehab-Cycle ist der Qualitätszyklus, den der Physiotherapeut durchlaufen sollte, um systematisch und zielgerichtet seine Therapie durchzuführen. Er beschreibt den Prozess von Planung, Durchführung, Evaluation und erneuter Planung der Behandlung, was dem HOAC-Modell sehr ähnelt. Der Patient mit seinen individuellen Bedürfnissen steht den Autoren zufolge jedoch mehr im Mittelpunkt, als es beim HOAC-Modell der Fall war. Dies soll dazu führen, dass die Behandlung den Gesundheitszustand dieses Patienten verbessert. Was jedoch der Prozessbeschreibung im Rehab-Cycle fehlte, waren die Inhalte, nämlich was geplant und was evaluiert werden

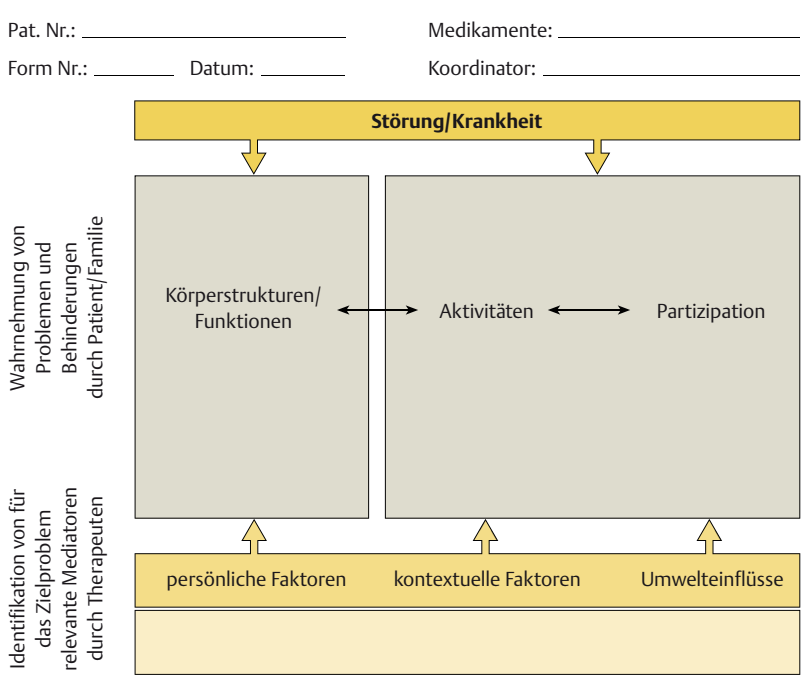


Abb. 1.24 RPS-Formular als direkte Ableitung von der ICF (s. **Abb. 1.22**).

sollte. Die Publikation der ICF war daher ein willkommener Schritt, um dem Rehab-Cycle mehr Inhalt zu verleihen. Bereits 1 Jahr nach der Publikation der ICF stellten Steiner et al. (2002) ihr Rehabilitation-Problem-Solving-Instrument (kurz RPS) vor. Dieses Instrument beruht voll und ganz auf der ICF (**Abb. 1.24**) und kann in den Rehab-Cycle integriert werden. Das RPS-Instrument dient der Planung und Evaluation der Behandlung.

Eigentlich ist das RPS-Formular eine leere Version des ICF-Schemas (**Abb. 1.23**). Die Vorteile sind offensichtlich: Im Kopf des RPS-Formulars werden der Name des Patienten und des Therapeuten, das Datum und die Medikation vermerkt. Das leere Formular wird im Laufe der Anamnese und Untersuchung vom Physiotherapeuten mit relevanten Daten gefüllt. Im Analyseprozess kann der Physiotherapeut mögliche ursächliche Zusammenhänge mit einem Pfeil aufzeigen und somit seine vorläufigen Hypothesen visualisieren. Zusammenhänge zwischen Symptomen und Beeinträchtigungen, die zwar miteinander in Beziehung stehen, aber offen lassen, ob es sich um eine ursächliche Beziehung handelt, werden nur mit einem Strich oder einer Linie verbunden.

In der Planungsphase der Behandlung lassen sich außerdem individuelle Behandlungsziele ableiten, die gemeinsam mit dem Patienten festgelegt werden. Patienten bekommen so mehr Mitspracherecht bei der Festlegung des Reha-Programms. Mittlerweile sind Beispiele dieser Vorgehensweise für Patienten mit Patelladislokation und Rückenbeschwerden beschrieben (Helgeson u. Smith 2008, Rundell et al. 2009).

Durch den universellen Charakter der ICF kann das RPS-Formular von verschiedenen Disziplinen benutzt werden. Es fördert sowohl die Zusammenarbeit zwischen Mitgliedern desselben Berufsstands (intraprofessionell) als auch zwischen Mitgliedern verschiedener Berufsstände (interprofessionell), da dieselbe Sprache benutzt werden kann.

Eine sinnvolle Ergänzung des Formulars ist die Unterscheidung zwischen der Perspektive des Patienten und der des Therapeuten. Im oberen Bereich werden Komponenten des Gesundheitszustands genannt, die vom Patienten wahrgenommen und beschrieben werden. Dies sollte wörtlich vom Patienten übernommen werden und nicht der Interpretation des Therapeuten unterliegen (Steiner et al. 2002). Im unteren Bereich ist Raum für Komponenten des Gesundheitszustands, die der Therapeut festgestellt hat und/oder relevant findet. So kommen garantiert beide Perspektiven zum Zug (patientenzentrierte Reha). Und es gibt bereits sinnvolle Weiterentwicklungen durch Integration von Clinical Reasoning und evidenzbasierter Medizin (Beenen 2007, Rundell et al. 2009).

ICF und Sportphysiotherapie

Für den Sportphysiotherapeuten ist die ICF die zentrale Klassifikation, um aus der biopsychosozialen Perspektive Gesundheitsprobleme

- in seiner (sport-)physiotherapeutischen Diagnose zu beschreiben und zu ordnen im Sinne von Körperfunktionen, -strukturen und Beeinträchtigung von Aktivitäten und Partizipation. Ebenso beschreibt der Sportphysiotherapeut in seiner Diagnose den möglichen

positiven wie negativen Einfluss von Kontextfaktoren. Aufgrund dieser Beschreibung und Ordnung kann der Therapeut mithilfe des RPS-Formulars seine Analyse vollziehen, auf deren Grundlage er zusammen mit dem Patienten die Therapieziele und -mittel festlegt.

- in seiner Therapie zu evaluieren. Ziel der Evaluation ist es zu ermitteln, inwieweit die therapeutischen Interventionen zum Erreichen der Therapieziele beitragen.
- seine Schlussfolgerungen aus Diagnose und Evaluation anderen Disziplinen zu kommunizieren und mit ihnen zu diskutieren, da die ICF für verschiedene Disziplinen eine gemeinsame Sprache bietet.
- gesammelte Daten eventuell wissenschaftlichen Forschungszwecken zur Verfügung zu stellen, wodurch Vergleiche zwischen Ländern, Disziplinen sowie im Zeitverlauf von Erkrankungen möglich werden.
- anhand von Kodierungen zu verschlüsseln, die dann einfach mit der entsprechenden Software verarbeitet werden können. Gerade in diesem Bereich liegt noch ein enormer Entwicklungsbedarf. Das Arbeiten mit den Kodierungen erfordert noch viel Zeit, Erfahrung und vor allem Unterstützung aus dem IT-Bereich. Die bisher entwickelte Software ist noch nicht anwenderfreundlich genug oder es gibt Probleme mit der Datensicherheit und dem Datenschutz. Diese Diskussionen um die Konsequenzen (Vor- und Nachteile) des gläsernen Patienten müssen erst geführt werden, bevor man solche Systeme einführt.

1.2.4 Schlussfolgerung

Die oben genannten Modelle (handlungstheoretisches Modell, mehrdimensionales Belastungs-/Belastbarkeitsmodell und das Klassifikationssystem bzw. Denkmodell der ICF) bilden für den Sportphysiotherapeuten einen gemeinsamen Rahmen, der ihm Einsicht in sein eigenes sportphysiotherapeutisches Handeln ermöglicht. Jedes beschriebene Modell steht für eine bestimmte Methodik. Das handlungstheoretische Modell beschreibt vor dem Hintergrund des substanziellen und des relationalen Körperbildes 2 Formen von Bewegung: die disziplinäre Bewegung, die zu Körperbewegungen führt, und die integrale Bewegung, die zu Bewegungshandlungen führt. Beide Bewegungsformen sind für die sportphysiotherapeutische Behandlung wichtig. Zu Beginn einer Rehabilitation stehen oft die Körperbewegungen im Vordergrund – man denke nur an die sportphysiotherapeutische Untersuchung. Am Ende der Rehabilitation steht die Bewegungshandlung im Mittelpunkt – die funktionelle Bewegung des Sportlers in Interaktion mit seiner sportspezifischen Umgebung.

Das mehrdimensionale Belastungs-/Belastbarkeitsmodell ist ein fachphilosophisches Modell, das die Methodik des sportphysiotherapeutischen Handelns durch die Beschreibung von 4 verschiedenen Ebenen erklärt: die fachphilosophische Ebene, die methodische Ebene, die klinische Ebene und die Alltagsebene. Die Ebenen sind voneinander unterscheidbar, aber nicht trennbar. Die Methodik des sportphysiotherapeutischen Handelns wird meist in der klinischen und in der Alltagsebene beschrieben. Auf diesen Ebenen liegt der Schwerpunkt im Clinical Reasoning und im methodischen Handeln des Sportphysiotherapeuten. Ein Verständnis für die Methodik und ihre Erklärungen wird besonders auf der fachphilosophischen und auf der methodischen Ebene befördert. Aus welchem Blickwinkel der Wirklichkeit schaut man auf den Sportler: aus dem objektiven oder aus dem subjektiven? Wie kann das physiotherapeutische Handeln erklärt werden: mithilfe der quantitativen oder der qualitativen Wissenschaft?

Das ICF-Klassifikationssystem hatte ursprünglich das Ziel, dem Gesundheitszustand des Menschen eine Ordnung zu geben. Durch die Ordnung können Informationen systematisch gesammelt werden. Hierdurch werden die Analyse und die Interpretation der Informationen möglich. So lassen sich verschiedene Daten miteinander vergleichen, etwa für eine wissenschaftliche Untersuchung. Darüber hinaus lässt sich die ICF als internationale Sprache für alle Fachrichtungen nutzen, die sich mit der Gesundheit des Menschen befassen. Aktuell wird die ICF immer mehr als analytisches Denkmodell eingesetzt, um den Gesundheitszustand von Sportlern zu beschreiben. Die sportphysiotherapeutische Diagnose wird über die Bereiche Körperfunktion, Aktivität, Partizipation, Umweltfaktoren und personenbezogene Faktoren klassifiziert.

Die beschriebenen Modelle können zur Beschreibung und Erklärung der Komplexität von Gesundheitsstörungen herangezogen werden. Jedes Modell verfügt hierbei über seine eigene Methodik und Erklärungsweise. Im sportphysiotherapeutischen Handeln werden zur Anpassung der Methodik besonders die klinische und die Alltagsebene des mehrdimensionalen Belastungs-/Belastbarkeitsmodell in Kombination mit der ICF benutzt. Das Verstehen der Methodik schlägt sich besonders im handlungstheoretischen Modell und auf der fachphilosophischen und der methodischen Ebene des Belastungs-/Belastbarkeitsmodells nieder, also den 3 Modellen, die in der Sportphysiotherapie zur Erzeugung eines Kontextes genutzt werden. Durch Verwendung dieses Kontextes erlangt der Sportphysiotherapeut mehr Struktur und Einsicht in sein eigenes professionelles Handeln. Dies wiederum führt zu einer verantwortungsvolleren Begleitung des Sportlers auf seinem Weg zurück zu seiner Leidenschaft – dem Sport.

Literatur

Balint E, Courtenay M, Elder A, Hull S, Julian P. The doctor, the patient and the group: Balint revisited. London: Routledge; 1993

Bax H, van den Heuvel A. Ethiek in beweging. Bewegen en ethiek in onderwijs, sport en gezondheidssector. Assen: van Gorcum; 2005

Beenen P, Ophey M, Bant H. Case-study-research: Was wir von unseren Patienten lernen können. Manuelle Therapie 2007; 11(2): 74–79

Berwick D. Escape Fire. The Commonwealth Fund: New York; 2002

Brouwen T, Nonhof-Boiten JC, Uilendreef-Tobi, FC. Diagnostiek in de fysiotherapie. Bung: Utrecht; 1995

Bulley C, Donaghy M, Coppoolse R, Bizzini M, van Cingel R, DeCarlo M, Dekker L, Grant M, Meeusen R, Phillops N, Risberg M. Sports Physiotherapy Competencies and Standards. Sports Physiotherapy For All Project. 2005

Bulley C, Donaghy M, Coppoolse R et al. (2005) Sports Physiotherapy Competencies and Standards. Sports Physiotherapy For All Project. [online] Available at: www.SportsPhysiotherapyForAll.org/publications

Capra F. The Web of Life. New York: Anchor Books; 1996

Capra F. The turning Point. Toronto: Bantum Books; 1982

Coenen M, Cieza A, Stamm TA, Amann E, Kollerits B, Stucki G. Validation of the International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF) Core Set for rheumatoid arthritis from the patient perspective using focus groups. Arthritis Res Ther 2006; 8(4): 1–14

Dahl TH. International Classification of functioning, disability and health: an introduction and discussion of its potential impact on rehabilitation services and research. J Rehabil Med 2002; 34: 201–204

Dijksterhuis EJ. De mechanisering van het wereldbeeld. Amsterdam: Meulenhoff; 1975

DIMDI. Internationale Klassifikation der menschlichen Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit (ICF). Online im Internet: www.dimdi.de; letzter Zugriff: 10.01.2010

Echternach JL, Rothstein JM. Hypothesis-Oriented Algorithm. Phys Ther 1989; 69(7): 559–564

Ewert T, Stucki G. Die Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit (ICF) – Einsatzmöglichkeiten in Deutschland. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 2007; 50: 953–961

Fleming MH. The therapist with the three-track mind. In: Mattingly MH, Fleming MH, Eds. Clinical Reasoning – forms of inquiry in a therapeutic practice. Philadelphia: F.A. Davis; 1994: 119–137

Giere W. Klassifikation in der Medizin. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 2007; 50: 913–923

Hagenaars LHA. Klinisch redeneren: een interactief, narratief proces. Lezing op het congres van de Nederlandse vereniging van manuele Therapie met als titel „de NVMT steekt haar nek uit; diagnostiek en behandeling bij nekklachten“. Veldhoven: 14.–15. März 2003

Hagenaars LHA, Bernards ATM, Oostendorp RAB. Over de kunst van het hulpverlenen; het meerdimensionale belasting-belastbaarheidsmodel: een vakfilosofisch model voor een menswaardige gezondheidszorg. Amersfoort: NPI; 2003

Hagenaars LHA, Bos JM. Over de kunst van het hulpverlenen. Amersfoort: NPI; 2006

Helgeson K, Smith AR. Process for Applying the International Classification of Functioning, Disability and Health Model to a Patient With Patellar Dislocation. Phys Ther 2008; 88(8): 956–964

Higgs J. Developing Clinical Reasoning Competencies. Physiotherapy 1992; 78(8): 575–579

Hullegie W. Fysiotherapie: een wetenschapstheoretische en vakfilosofische analyse. Utrecht: de tijdstroom; 1995

Jakob R, Üstün B, Madden R, Sykes C. The WHO-Family of International Classifications. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 2007; 50(7): 1437–1588

Jones MA, Rivett DA. Clinical reasoning for Manual Therapists. Edinburgh: Butterworth-Heinemann; 2004

Kugler PN, Turvey MT. Information, natural law, and the self-assembly or rhythmic movement. New Jersey (NJ): Lawrence Erlraum Associates, Hillsdale; 1987

Lavin MA, Ruebling I, Banks R, Block L, Counte M, Furman G, Miller P, Reese C, Viehmann V, Holt J. Interdisciplinary Health Professional Education: A Historical Review. Advances in Health Sciences Education 2001; 6: 25–47

Little P, Everitt H, Williamson I, Warner G, Moore M, Gould C, Ferrier K, Payne S. Observational study of effect of patient centredness and positive approach on outcomes of general practice consultations. BMJ 2001; 323: 908–911

Lovelock J. De wraak van Gaia, waarom de aarde terugvecht – en hoe we de mensheid alsnog kunnen redden. Amsterdam: Bert Bakker; 2007

Mead N, Bower P. Patient-centredness: a conceptual framework and review of the empirical literature. Social Science and Medicine 2000; 51: 1087–1110

NRV (Nationale raad voor de Volksgezondheid). Voorlopige WCC stanndardclassificatie Verrichtingen Paramedische beroepen (CVPB). Zoetermeer: NRV; 1995

Ostelo RWJG, Verhagen AP, de Vet HCW. (2002) Onderwijs in wetenschap. Lesbrieven voor de fysiotherapeut. Houten: Bohn Stafleu Van Loghum; 2002

RIVM. Internationale Classificatie van het menselijk functioneren (ICF). Bilthoven; 2002.

Rundell SD, Davenport TE, Wagner T. Physical Therapist Management of Acute and Chronic Low Back Pain Using the World Health Organization's International Classification of Functioning, Disability and Health. Phys Ther 2009; 89(1): 82–90

Sassen B. Gezondheidsvoorlichting voor paramedici. Maarssen. Elsevier Gezondheidszorg, 2001

Senten M, Beckers M, Bloemers M, Kramer R, Sanders N, Janssens M. Preventie loont. Tussenstand van het programma Preventie van ZonMw. Screening. Assen: Van Gorcum; 2003

Stewart M. Towards a global definition of patient centred care. BMJ 2001; 322: 444–445

Stucki G, Cieza A, Ewert T. Die Perspektive der Rehabiliationsmedizin zur ICF. Phys Med Rehab Kuror 2002; 11(231): 232

Stucki G, Sangha O. Principles of rehabilitation. In: Klippel JH, Dieppe PA, eds. Rheumatology. 2nd ed. London: Mosby; 1998: 11.1–11.14

Tamboer JWI. Mensbeelden achter bewegingsbeelden. Haarlem: De Vriescheborch; 1985

Tamboer JWI. Voetbaltheorie, een handelingstheoretische visie op hte voetbalspel. Maarssen: Elsevier; 2004

Tamboer JWI. Filosofie van de bewegingswetenschappen. Elsevier gezondheidszorg vierde druk. Maarssen; 2004

van der Zanden OCMW, Barbaix EJ, Bautmans I, Oostendorp RAB. Gezondheidsprofiel als uitkomst van het diagnostisch proces door de fysiotherapeut/kinesitherapeut: een patient met

epicondylitis lateralis. Jaarboek fysiotherapie/kinesitherapie 2001; 8–37
WHO. ICIDH – International Classification of Impairments, Disabilities, and Handicaps: A Manual of Classification Relating to the Consequences of Disease: Genf: World Health Organization; 1980
WHO.int, Preamble to the Constitution of the World Health Organization as adopted by the International Health Conference, New York, 19–22 June 1946; signed on 22 July 1947 by the representatives of 61 States (Official Records of the World Health Organization, no. 2, 100); and entered into force on 7 April 1948
Wimmers RH. Een nieuwe kijk op motorische ontwikkeling: implicaties voor de fysiotherapiepraktijk. Ned. T Fysiotherapie 2000; 110 (SK): 22–26
Wimmers RH, de Vries CDL. Functionele fysiotherapie, het functioneel onderzoeken van de problematische handeling. Ned. Tijdschrift voor Fysiotherapie; 1992
Zeilinger A. Toeval! Hoe de kwantumfysica ons wereldbeeld verandert. Uitgeverij Veen Magazines B.V.; 2005

1.3 Der Sportphysiotherapeut im disziplinübergreifenden Team

Martin Ophey

1.3.1 Einleitung

Der Sportphysiotherapeut begegnet in seiner Arbeit verschiedenen Zielgruppen (Bulley et al. 2005). Einerseits geht es um Freizeit- und Leistungssportler, andererseits in den letzten Jahren auch immer mehr um Menschen, die nach längerer inaktiver Zeit versuchen möchten, einen gesünderen und somit aktiveren Lebensstil an den Tag zu legen. Außerdem sieht der Sportphysiotherapeut auch immer mehr Menschen mit chronischen Erkrankungen, wie Diabetes oder COPD (chronisch obstruktive Lungenerkrankung), denen aufgrund ihrer Erkrankung empfohlen wird, sich körperlich zu betätigen. Es geht hierbei nicht um sportliche Leistung, sondern um Lebensqualität und die bewiesenen günstigen Effekte von körperlicher Bewegung auf den Verlauf der chronischen Erkrankungen. Im ersten Kapitel wird dies detailliert erläutert.

Der Sportphysiotherapeut wird aufgrund dieser höchstunterschiedlichen Zielgruppen in verschiedenen Organisationen und Teams auch mit verschiedenen Disziplinen zusammenarbeiten (müssen). Aus diesem Grund wird im internationalen SPA-Kompetenzprofil auf verschiedenen Ebenen auf diese Zusammenarbeit verwiesen:

Manager des Patienten: Fähigkeit, bildgebende und diagnostische Tests im Einvernehmen mit anderen Mitgliedern des multidisziplinären Teams zu interpretieren.

Manager des Patienten: Wissen und Fähigkeit, Athleten oder andere Therapeuten/Heilberufe auf unabhängiger Basis zur Fortführung einer Behandlung und/oder eines Trainingsprogramms beraten zu können, falls erforderlich.

Manager des Patienten: Relevantes Wissen und die Fähigkeit, Athleten und andere Physiotherapeuten zum Thema Ernährung zu beraten.

Manager des Patienten: Wissen um und Verständnis für psychologische Theorien, Sensibilisierung für Sportpsychologie und psychologische Ansätze, Indikationen und Möglichkeiten der Überweisung sowie die Fähigkeit, Athleten und andere Therapeuten entsprechend zu beraten.

Förderung eines sicheren und aktiven Lebensstils: Aufklärung der Öffentlichkeit und anderer Therapeuten über die Entwicklung eines sicheren und gesunden aktiven Lebensstils und über sportbezogene Aktivitäten.

Professionalismus und Management: Fähigkeit zur Führung anderer Therapeuten, falls erforderlich, um deren optimale fachliche Einbindung in das multidisziplinäre Team zu gewährleisten.

Bei der Zusammenarbeit geht es um das Austauschen von Informationen und das Abstimmen verschiedener Aktionen. Voraussetzung hierfür sind jedoch Vertrauen und ein gemeinsames Bewusstsein, dass man an denselben Zielen arbeitet (Rogerson 2006). In diesem Kapitel werden unterschiedliche Aspekte des disziplinübergreifenden Arbeitens besprochen.

Offensichtlich ist es mittlerweile selbstverständlich, dass Zusammenarbeit im sportmedizinischen Bereich zu größerem Erfolg führt als die selbstständige Arbeit mit dem Patienten/Sportler. Schlägt man jedoch in renommierten Zeitschriften wie dem American Journal of Sports Medicine nach in Bezug auf disziplinübergreifendes Arbeiten, dann sind die Resultate äußerst dünn. So empfehlen Anderson et al. (2001) bei Hüft- und Leistenproblemen mit verschiedenen Disziplinen zusammenzuarbeiten:

„Es muss betont werden, dass viele Hüft- und Leistenverletzungen häufig die Einbeziehung verschiedener Fachärzte und spezialisierter Chirurgen erfordern. Oft ist ein vorgeplanter, multidisziplinärer Ansatz für die optimale Betreuung dieser komplexen Sportverletzungen erforderlich."

Diese Empfehlung wird gegeben aufgrund der Feststellung, dass das Beschwerdebild komplex, schwierig zu diagnostizieren und zu betreuen ist. In ihrem Artikel beschreiben die Autoren z. B., was die diagnostischen Möglichkeiten des Sportarztes, des Orthopäden oder des Ra-

diologen sind. Interessanterweise wird mit keinem Wort die sportphysiotherapeutische Betreuung erwähnt. So gibt es noch weitere Beispiele von Sportverletzungen, bei denen die Autoren angeben, dass eine multidisziplinäre Rehabilitation der Schlüssel zum Erfolg ist (z. B. Wilk u. Briem 2006). Auch im Bereich der Prävention von Overtraining gibt es Beispiele von erfolgreicher sportwissenschaftlicher Teamarbeit (Gustaffson et al. 2008). Aber in keiner Publikation findet man eine genaue Beschreibung, welche Merkmale diese erfolgreiche disziplinübergreifende Rehabilitation aufweisen sollte. Außerdem gibt es keinerlei Effektstudien, die tatsächlich belegen, dass diese Art von Teamwork zu besseren Erfolgen führt. Die Empfehlungen beruhen somit auf Erfahrungswerten. Diese Erfahrungswerte lehren außerdem, dass es nicht ausreichend ist, verschiedene Disziplinen an einen Tisch zu bringen und dann von einem gut zusammenarbeitenden Team zu sprechen. Dies wird auch belegt in Publikationen aus anderen Bereichen des Gesundheitswesens – wie z. B. in Schmerzteams oder in der Neurorehabilitation –, in denen schon seit Längerem disziplinübergreifend gearbeitet wird (Mullins et al. 1997). Die Frage ist, warum in den letzten Jahren so viel über disziplinübergreifendes Arbeiten geschrieben wurde. Die Antwort auf diese Frage ist genauso komplex wie das disziplinübergreifende Arbeiten selbst. Im Allgemeinen werden die folgenden Gründe angeführt (Higgs et al. 2008, S. 291):

„Die Komplexität von Gesundheitsproblemen nimmt zu, aber auch das Wissen über die Gesundheitsprobleme nimmt zu. Zusammenarbeit von verschiedenen Berufszweigen muss die volle Breite und Tiefe des zu behandelnden Gesundheitsproblems erfassen. Außerdem ist bei Sportlern die Leistungssteigerung und gleichzeitige Verletzungsprophylaxe eine komplexe Angelegenheit geworden."

Auch in den Arbeitsfeldern des Sportphysiotherapeuten ist die Kostenexplosion im Gesundheitswesen spürbar. Durch das Einführen von disziplinübergreifender Zusammenarbeit erhofft man sich auch einen kostendämpfenden Effekt, da Behandlungen nicht mehr doppelt angeboten werden und besser aufeinander abgestimmt sind. Die weit fortschreitenden technologischen Innovationen führen zu weiteren Spezialisierungen innerhalb von Berufszweigen und somit zu weiterer Fragmentierung von Wissen und Erfahrung. Einzelne Mitglieder einer Berufsgruppe wissen sozusagen immer mehr über immer kleiner werdende Wissensfelder.

Eine enorme Zunahme an Fachwissen durch ständige Neupublikationen macht es dem Einzelnen unmöglich, ständig in allen relevanten Bereiche auf dem neuesten Stand zu bleiben.

Die hohe Anzahl von neu chronisch erkrankten Personen in Kombination mit der stetig steigenden Lebenserwartung bietet dem medizinischen Fachpersonal eine große Herausforderung in Bezug auf Komorbiditäten.

Hinzu kommt, dass unser Verständnis, was Gesundheit ist, wie sie erreicht und erhalten werden kann, stark verändert ist. Gesundheit ist mittlerweile mehr als nur die reine Abwesenheit von Erkrankungen. Der Gesundheitsbegriff individualisiert. Menschen definieren für sich selbst, ob sie gesund sind und ob sie mit dem momentanen Gesundheitszustand zufrieden sind.

1.3.2 Disziplinübergreifende Zusammenarbeit

Es gibt somit eine Vielzahl von Gründen, die das Auftreten des Phänomens „disziplinübergreifende Zusammenarbeit" erklären. Man muss sich jedoch darüber im Klaren sein, dass es ganz unterschiedliche Formen von disziplinübergreifender Zusammenarbeit gibt. In der Literatur wird ein Unterschied gemacht zwischen multi-, inter- und transdisziplinärem Arbeiten, um die Art von disziplinübergreifender Zusammenarbeit zu beschreiben.

Multidisziplinäre Zusammenarbeit

Den Begriff des multidisziplinären Arbeitens findet man schon seit geraumer Zeit in der Literatur (Halstead 1976). Ein multidisziplinäres Team besteht aus Mitgliedern mindestens 2 verschiedener Berufe und dieses Team trifft sich regelmäßig. Verantwortungsbereiche und Behandlungsziele der teilnehmenden Disziplinen sind jedoch klar voneinander abgegrenzt. Die Autonomie der verschiedenen Disziplinen ist entsprechend hoch. **Abb. 1.25** („Das multidisziplinäre Team") zeigt die verschiedenen „Disziplinen", die mit dem Sportler/Patienten in Kontakt stehen. Der Kontakt zwischen den verschiedenen Disziplinen ist minimal.

Interdisziplinäre Zusammenarbeit

Interdisziplinäres Arbeiten ist ein Phänomen aus der jüngeren Vergangenheit (Mullins et al. 1994). In einem interdisziplinär arbeitenden Team wird stärker zusammengearbeitet; dies äußert sich z. B. durch das Formulieren von gemeinsamen Therapiezielen. **Abb. 1.26** („Das interdisziplinäre Team") zeigt die Verbundenheit der verschiedenen „Disziplinen" untereinander und wie sie mit dem Sportler/Patienten in Kontakt stehen.

Transdisziplinäre Zusammenarbeit

Transdisziplinäres Arbeiten ist echtes Teamwork. Die Rollen und Verantwortungen werden von Fall zu Fall verteilt und sind oftmals nicht mehr strukturell deutlich getrennt (Mullins et al. 1997). Die Teammitglieder können auch Arbeiten und Aufgaben von anderen Mitgliedern eines anderen Berufsstandes übernehmen. **Abb. 1.27** („Das transdisziplinäre Team") visualisiert den fließenden Übergang von der einen zur anderen Disziplin. Die Grenzen werden nur von Fall zu Fall deutlich. Anders gesagt: Die Teammit-

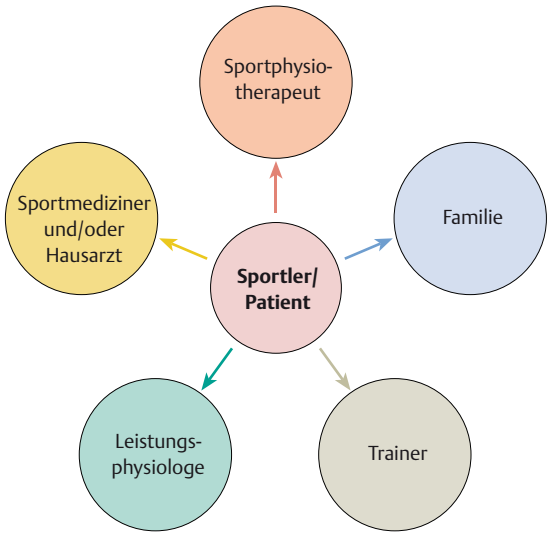


Abb. 1.25 Das multidisziplinäre Team – der Sportler steht im Mittelpunkt. Die verschiedenen Disziplinen besprechen ihre Behandlung mit dem Sportler. Die Abstimmung zwischen den verschiedenen Disziplinen ist jedoch minimal.

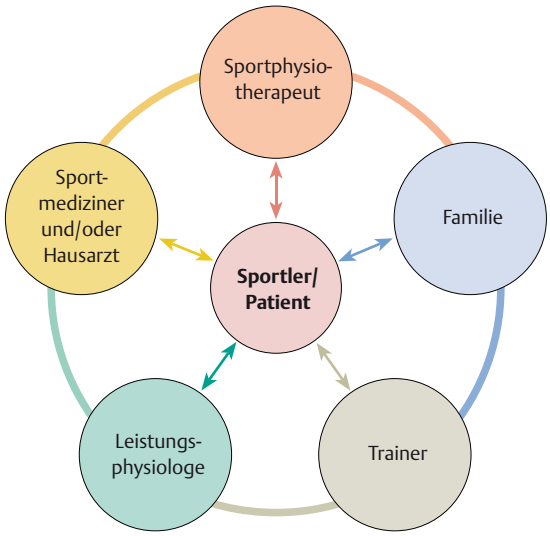


Abb. 1.26 Das interdisziplinäre Team – der Sportler steht im Mittelpunkt. Die verschiedenen Disziplinen besprechen ihre Behandlung mit dem Sportler. Die Abstimmung zwischen den verschiedenen Disziplinen ist jedoch minimal.

glieder des transdisziplinär arbeitenden Teams können auf verschiedenen Positionen spielen.

In diesem Zusammenhang ist es wohl auch notwendig, den Begriff der Zusammenarbeit zu definieren:

> Zusammenarbeit ist „ein fachbereichsübergreifender Kommunikations- und Entscheidungsprozess, der die speziellen und allgemeinen Kenntnisse und Fertigkeiten von Angehörigen der Heilberufe zur synergistischen Einflussnahme auf die Klienten-/Patientenpflege einsetzt“ (Way u. Jones 1994, S. 30)

Um von diesen Synergien Gebrauch zu machen, muss man sich der Tatsache bewusst werden, dass Zusammenarbeit an einige Voraussetzungen geknüpft ist. Hierbei geht es um Begriffe wie „Bereitschaft, zu teilen“, „Partnerschaft“, „gegenseitige Abhängigkeit“ und „Machtverteilung“. Die Autonomie des Einzelnen steht ständig auf dem Spiel und Autonomie ist gerade das, was vielen Fachkräften im Gesundheitswesen mehr als wichtig ist. In multidisziplinären Teams ist die Autonomie des Einzelnen besonders hoch. Jedes Teammitglied kann eigentlich das machen, was es für richtig hält. Die verschiedenen Teammitglieder leben sozusagen in ihren eigenen Parallelwelten (Satin 1994). Nur während der Teamtreffen öffnen sich die Welten. In den inter- und transdisziplinären Teams nimmt zwar die Autonomie des Einzelnen ab, dafür erhöht sich aber die Autonomie des Teams (Paul und Peterson 2001). In einer Übersichtsstudie von Mullins et al. (1997) wurden Erfahrungswerte von Physiotherapeuten, Ergotherapeuten und Logopäden in verschiedenen Reha-

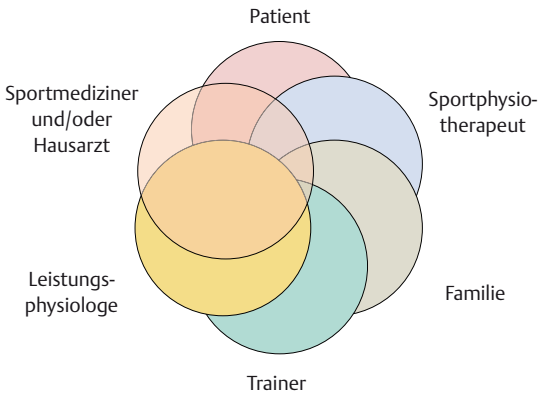


Abb. 1.27 Das transdisziplinäre Team – der Sportler steht so weit im Mittelpunkt, dass er sogar Teil des Teams ist. Die Grenzen zwischen den Disziplinen sind verwischt – nur von Fall zu Fall werden diese Grenzen deutlich.

Einrichtungen beschrieben. In der Sportmedizin tätige Fachkräfte gaben zur Art ihrer Zusammenarbeit an:

- 23 % in einem multidisziplinären Team
- 52 % in einem interdisziplinären Team und
- 25 % in einem transdisziplinären Team

Leider werden keine weiteren Details dieser Teamstrukturen beschrieben. Die Frage bleibt, wie es in der heutigen Zeit um diese Zahlen bestellt ist. Außerdem ist es fraglich, ob sich diese amerikanischen Verhältnisse auf die europäische Situation übertragen lassen. Interessant ist allerdings die Tatsache, dass Therapeuten aus inter- und transdisziplinären Team besser abschnitten bei Fragen zu

Tab. 1.3 Merkmale der verschiedenen Arten der Zusammenarbeit

	multidisziplinär	interdisziplinär	transdisziplinär
Autonomie des Einzelnen			
Autonomie des Teams	+	+/–	–
Austauschen von Informationen	–	+/–	+
Gemeinsame Entscheidungsfindung	+/–	+	+
Spezifische Rollen der einzelnen Disziplinen	–	+/–	+
Starke Partnerschaften zwischen den Disziplinen	+	+	+/–
Kohäsion zwischen den einzelnen Disziplinen	+/–	+	+
Zufriedenheit der einzelnen Disziplinen mit der Teamarbeit	+/–	+	+
Erfahren von Gleichwertigkeit zwischen den Disziplinen	+/–	+	+

den Aspekten „Kohäsion", „Kooperation", „Zufriedenheit" und „erfahrene Gleichwertigkeit".

Hier wird nicht festgestellt, dass inter- oder transdisziplinäres Arbeiten effektiver ist als multiprofessionelles Arbeiten. Man kann jedoch wohl feststellen, dass Mitglieder von inter- und transdisziplinären Teams im Allgemeinen zufriedener sind mit ihrer Arbeit, obwohl sie einen Teil ihrer individuellen professionellen Autonomie abtreten mussten, um erfolgreich arbeiten zu können.

Barr (1998) beschreibt 8 Kompetenzen über die ein Teammitglied verfügen muss um erfolgreich arbeiten zu können:

1. Beschreiben Sie Angehörigen anderer Disziplinen die eigenen Funktionen und Verantwortungsbereiche klar und eindeutig.
2. Erkennen und beachten Sie die Beschränkungen der eigenen Funktion, Verantwortung und Kompetenzen, nehmen Sie aber auch die Erfordernisse in einem größeren Kontext wahr.
3. Erkennen und respektieren Sie die Funktionen, Verantwortungsbereiche und Kompetenzen anderer Disziplinen im Verhältnis zu Ihrer eigenen.
4. Arbeiten Sie mit anderen Disziplinen, um Änderungen zu bewirken und Konflikte bei der Bereitstellung von Pflege und Therapie zu lösen.
5. Arbeiten Sie mit anderen zusammen, um die Pflege einzelner Patienten zu erörtern, zu planen, bereitzustellen und zu überprüfen.
6. Tolerieren Sie Unterschiede, Missverständnisse und Unzulänglichkeiten in anderen Disziplinen.
7. Unterstützen Sie fachbereichsübergreifende Fallsitzungen, Teambesprechungen etc.
8. Gehen Sie verflochtene Beziehungen mit anderen Disziplinen ein.

Verfügen ein oder mehrere Mitglieder des Teams nicht über diese Kompetenzen, wird ein Team höchstens multidisziplinär arbeiten können. Es ist darum wichtig, sich bei der Neugründung eines Teams über die Ziele, Aufgabenbereiche und eben die Frage nach der Art der Zusammenarbeit im Klaren zu sein. Dies gilt auch für Situationen, bei denen der Sportphysiotherapeut eingeladen wird, in einem schon bestehenden Team mitzuwirken. Unterschiedliche Erwartungen an die Teamarbeit und unklar definierte Aufgaben- und Verantwortungsbereiche führen oftmals zu Frustrationen und Konflikten, die im Allgemeinen auf Kosten der Sportler und Patienten gehen. **Tab. 1.3** gibt eine Übersicht über die Merkmale der verschiedenen Arten der Zusammenarbeit.

Zusammenfassung

Man unterscheidet 3 Niveaus von disziplinübergreifender Zusammenarbeit:

- Multidisziplinär zusammenarbeiten: Ein multidisziplinäres Team besteht aus Mitgliedern mindestens 2 verschiedener Berufe und dieses Team trifft sich regelmäßig. Verantwortungsbereiche und Behandlungsziele der teilnehmenden Disziplinen sind jedoch klar voneinander abgegrenzt.
- Interdisziplinär zusammenarbeiten: In einem interdisziplinär arbeitenden Team wird verstärkt zusammengearbeitet. Dies äußert sich z. B. durch das Formulieren von gemeinsamen Therapiezielen.
- Transdisziplinär zusammenarbeiten: Rollen und Verantwortungen werden von Fall zu Fall verteilt. Die Teammitglieder können auch Arbeiten und Aufgaben von anderen Mitgliedern eines anderen Berufsstandes übernehmen.

Vorteile disziplinübergreifender Zusammenarbeit

In der internationalen Literatur werden die Vorteile der disziplinübergreifenden Zusammenarbeit folgendermaßen zusammengefasst (Rogerson 2006):

Höheres (Selbst-)Bewusstsein – die Möglichkeiten und Grenzen der eigenen und der anderen Disziplin

Wer gewohnt ist, allein zu arbeiten, wird versuchen, mit den ihm zur Verfügung stehenden Mitteln seine Ziele zu erreichen. Viele Disziplinen mit einem hohen Maß an Ei-

genverantwortung und Autonomie werden weniger die Neigung haben, Alternativen in Betracht zu ziehen, die außerhalb ihres eigenen Könnens liegen. Ob diese Strategie tatsächlich dem Sportler zugutekommt, ist fraglich. Die Zusammenarbeit mit verschiedenen Disziplinen gibt eine bessere Sicht auf eben diese Alternativen. Interventionen von allen Disziplinen werden dadurch gezielter eingesetzt, wodurch sich die Erfolgsaussichten vergrößern. Das gezielte Einsetzen des eigenen Könnens führt zu mehr Erfolg und fördert dadurch das Selbstbewusstsein und die Zufriedenheit aller Beteiligten.

Gelegenheit, gemeinsam zu lernen und zu forschen

Zusammenarbeit, den Fragen von anderen Disziplinen ausgeliefert zu werden und gemeinsam zu evaluieren führt unweigerlich zu Lernprozessen. Wenn dies dann systematisch stattfindet, können die gesammelten Erfahrungswerte in Forschungsprojekten genutzt werden.

Einsatz der Fähigkeiten anderer Disziplinen

Wenn Therapeuten tatsächlich wissen, was die Fähigkeiten der anderen Teammitglieder sind, werden Sportler zielgerichtet von einer Disziplin an eine bestimmte andere Disziplin verwiesen (siehe „sportlerzentriertes Zusammenarbeiten“ Kap. 1.3.3), um damit besser ihren Bedürfnissen gerecht zu werden.

Größere Objektivität in der Betrachtung von Leistungs- und Trainingsproblemen.

Die Tatsache, dass ein Problem aus verschiedenen Blickwinkeln analysiert wird, führt immer zu einer besseren Beurteilung des Problems. Die Herausforderung besteht jedoch darin, diese verschiedenen Perspektiven zusammenzubringen.

Nachteile disziplinübergreifender Zusammenarbeit

Leider ist die Liste der möglichen Gründe für ein Versagen der disziplinübergreifenden Teams lang:

Unterschiedlich ausgeprägtes Engagement der Teammitglieder

Der häufigste Grund für Probleme in Teams ist das fehlende Engagement Einzelner oder zumindest große Unterschiede zwischen den Teammitgliedern in Bezug auf Motivation und Verantwortung. Es kann hierbei um grundlegende Formen des Engagements gehen wie Pünktlichkeit, aber auch um das Erfüllen von Aufgaben, die während eines Teamtreffens vereinbart worden sind. Differenzen zwischen Teammitgliedern auf diesem Gebiet sollten so schnell wie möglich angegangen, also offiziell als Tagesordnungspunkt festgelegt werden, da dies ansonsten sehr schnell die Moral und die Atmosphäre untergräbt.

Missverständnisse durch unterschiedlichen Fachjargon und unterschiedliche Terminologie

Natürlich benutzen unterschiedliche Disziplinen unterschiedliche Modelle und Konzepte. Der entsprechende Fachjargon und die Terminologie können verwirrend sein (Croker et al. 2008). Einerseits sollten bereits zu Beginn der Zusammenarbeit disziplinspezifische Modelle untereinander erklärt werden und andererseits sollte man sich möglichst auf gemeinsame Modelle verständigen. Landesweite oder internationale Modelle können hierbei sehr hilfreich sein. Ein Beispiel hierfür ist die Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit. In Kapitel 1.2 wird dies ausführlich erklärt.

Missverständnisse durch Vermengung von Aufgabenbereichen zwischen den Disziplinen

Bei inter- oder transdisziplinär arbeitenden Teams werden Aufgabenbereiche oftmals in Abhängigkeit von Therapiezielen, Fähigkeiten und Möglichkeiten der Teammitglieder vergeben. Dies erhöht die Flexibilität und die Erfolgsaussichten des Teams, was wiederum zu mehr Engagement im Team führt. Wechselt jedoch die Teamzusammenstellung oder die Verteilung der Aufgabenbereiche zu schnell, kann dies zu Fehlern und Missverständnissen führen. Die daraus resultierende negativen Erlebnisse oder Frustrationen belasten die Zusammenarbeit und reduzieren das Engagement der einzelnen Teammitglieder.

Angst vor Eingriff in die professionelle Autonomie und Kontrollverlust führen zu territorialen Konflikten zwischen verschiedenen Disziplinen

Territoriale Konflikte entstehen dann, wenn einzelne Therapeuten sich bedroht fühlen in ihrem „core business“ (Kerngeschäft). Typische Beispiele für das Entstehen dieser Konflikte sind z. B.

- „Lagerung von Patienten im Krankenhaus“, wobei dann Konflikte zwischen Pflege und Physiotherapie ausgetragen werden
- „Rollstuhltraining und Mobilitätstraining“, wobei dann Konflikte zwischen Ergotherapie und Physiotherapie entstehen (Lingard et al. 2004)

Innerhalb der Sportphysiotherapie sind typische Konfliktfelder

- „der Übergang des Sportlers nach Verletzung von der Reha in den Trainingsbereich“. Wobei Sportphysiotherapeut, Sportarzt, Trainer und eventuell Reha-Trainer oder Leistungsphysiologe sich eher gegenseitig im Wege stehen, anstatt in gemeinsamer Teamarbeit für eine optimale Rückkehr in den Sport zu sorgen.

Aufgabe des Teams ist es, diese Konfliktfelder zu benennen, die Aufgabenbereiche genau zu definieren und an

den Rändern dieser Aufgabenbereiche gemeinsam Entscheidungen zu treffen.

Unterschiedliche oder nicht ausgesprochene Ziele und Themengebiete der interdisziplinären Teamarbeit führen zu – unterschwelligen – Konflikten

Die Teamarbeit sollte geprägt sein von Gemeinsamkeiten und nicht von eventuellen Unterschieden zwischen den Disziplinen. Hier kann der Leiter des Teams eine wichtige Rolle spielen, indem er Gemeinsamkeiten benennt und somit Unterschiede in den Hintergrund stellt.

Teammitglieder sind in interdisziplinärer Arbeit unerfahren

Unerfahrenheit in der Arbeit mit verschiedenen Disziplinen führt oftmals dazu, dass man die Herausforderung unterschätzt und es als selbstverständlich ansieht, dass verschiedene Disziplinen automatisch miteinander zusammenarbeiten werden, nur weil man sie an einen Tisch bringt. Disziplinübergreifende Teams müssen gut in die gesamte Organisation eingebunden und am Anfang gut unterstützt werden, um langfristig erfolgreich arbeiten zu können.

1.3.3 Sportlerzentriertes Zusammenarbeiten

Die Herausforderung eines disziplinübergreifend arbeitenden Teams besteht darin, den Sportler in den Mittelpunkt des Geschehens zu stellen. Schon in der Eins-zu-eins-Betreuung passiert es regelmäßig, dass z. B. „maximale Sauerstoffaufnahme" trainiert wird anstelle des Ziels: Triathlet beim Erreichen des Saisonziels zu unterstützen unter anderem in Form von Verbesserung der maximalen Sauerstoffaufnahme.

In der Teamarbeit ist die Gefahr noch größer, dass nicht die Person des Sportlers oder Patienten betreut wird, sondern die von der jeweiligen Disziplin analysierten Fragmente bzw. Teilziele. Dadurch kann es passieren, dass die Effekte von Interventionen verschiedener Teammitglieder sich gegenseitig aufheben. Deshalb ist wichtig, dass die Person des Sportlers im Mittelpunkt steht und nicht die Trainingsphysiologie oder die Reha-Maßnahme. Dies wird auch „sportlerzentriertes" oder „patientenzentriertes" Arbeiten genannt (Michie et al. 2003). In der frühen Literatur zu diesem Thema wird gerne das Zitat von McWhinney (1989) benutzt:

> „Der patientenbezogene Ansatz bedeutet, dass der Arzt versucht, sich in die Welt des Patienten zu versetzen, die Krankheit durch die Augen des Patienten zu sehen."

Mead und Bower (2000) unterscheiden verschiedene Dimensionen des „patientenzentrierten Arbeitens". Diese Dimensionen werden hier in den disziplinübergreifenden Kontext übersetzt.

Biopsychosoziale Perspektive

Sportlerzentriertes Arbeiten aus einer biopsychosozialen Perspektive bedeutet, sich als Sportphysiotherapeut nicht nur auf die biologisch-medizinischen Variablen einzulassen, wie im oben genannten Beispiel des Triathleten, sondern sich mit dem Sportler in der ganzen Breite und Tiefe zu befassen. Es geht hier um die nichtmedizinischen Variablen, die in Betracht gezogen werden sollten (siehe hierzu auch Kap. 1.2). Sowohl das Ziel der Leistungssteigerung als auch eine eventuelle Rehabilitation nach einer Verletzung kann durch persönliche Variablen und Umgebungsfaktoren positiv und negativ beeinflusst werden. In einem disziplinübergreifend arbeitenden Team können die verschiedenen Disziplinen unterschiedliche Perspektiven haben. So wird ein Sportphysiotherapeut eher geneigt sein, die hier beschriebene biospsychosoziale Perspektive in den Vordergrund zu stellen, während der Sportarzt sich vor allem mit der medizinischen Diagnose konfrontiert sieht und geneigt sein wird, vor allem die Krankheit zu behandeln (biologisch-medizinische Perspektive). Unterschiede in den Perspektiven können zu Missverständnissen und Konflikten führen. In multidisziplinären Teams müssen die Teammitglieder zumindest Verständnis für die jeweils andere Perspektive aufbringen. In interdisziplinären Teams, in denen gemeinsame Therapieziele formuliert werden, sollte man versuchen, eine gemeinsame biopsychosoziale Teamperspektive zu erarbeiten.

Sportler als Person

Sportlerzentriertes Arbeiten erfordert auch, sich auf die Überzeugungen und Ängste der Person einzulassen. Es geht hierbei um die Interpretation von Zeichen und Symptomen im Licht der individuellen Karriere des Sportlers. Eine Verletzung des vorderen Kreuzbandes als Pathologie hat für einen altgedienten Bundesligafußballspieler möglicherweise eine andere Bedeutung als für ein jugendliches Talent, das kurz vor dem Abschluss eines Profivertrages steht. In inter- und transdisziplinären Teams ist die Chance größer, diese Dimension des Problems zu erfassen und dies adäquat im Trainings- oder Reha-Plan zu verankern.

Geteilte Autorität und Verantwortung

In der klassischen „therapeutenzentrierten" Auffassung erhält der Patient oder Sportler eine bestimmte Diagnose oder Therapie. Der Patient als Laie akzeptiert das Wissen des Therapeuten. Der Therapeut verfügt über ausreichendes Wissen und geeignete Fertigkeiten und bestimmt damit die Richtung der Diagnose und der Therapie. Diese asymmetrische Verteilung von Autorität und Verantwortung ist typisch für das biologisch-medizinische Model.

Die „patientenzentrierte“ Auffassung tendiert hingegen viel mehr in Richtung symmetrische Verteilung von Autorität und Verantwortung zwischen Therapeut und Patient. Es gibt mittlerweile sogar ausreichende Hinweise, dass diese symmetrischere Verteilung nicht nur dazu führt, dass Patienten sich besser informiert fühlen und zufriedener sind mit der Therapie, sondern auch, dass die Therapie effektiver verläuft (Little et al. 2001). Es geht hier natürlich nicht um akute lebensbedrohliche Situationen, sondern um Verletzungen am Haltungs- und Bewegungsapparat, wie man sie häufig in der sportphysiotherapeutischen Praxis sieht. Anders gesagt: Je mehr Eigenverantwortung, Information und Entscheidungsfreiheit der Patient bekommt, desto größer ist die Chance auf aktivere Mitarbeit und höhere Compliance.

Dies gilt natürlich auch für gesunde Sportler. Mitspracherecht und ausreichende Information über die Zusammenstellung von Trainingsplänen erhöhten die Motivation. Sportlerzentriertes Arbeiten bedeutet jedoch auch, dass der Sportler das Recht hat, zeitweise mehr Verantwortung dem Team zu übertragen. Dies wird oftmals vergessen (Stewart 2001).

In multi- und interdisziplinären Teams sind meistens Autorität und Verantwortung heiße Themen. Bisher wurde hier nur über eine symmetrische Verteilung von Autorität und Verantwortung zwischen Therapeut und Sportler gesprochen. Aber wie sollten Autorität und Verantwortung in einem Team von Therapeuten verteilt werden? Patientenzentriertes Arbeiten in einem interdisziplinären Team ist nur möglich, wenn die Autorität unter den teilnehmenden Disziplinen symmetrisch verteilt wird. Hierdurch wird die Teamstruktur adurch eine strikt hierarchische Struktur „flacher“.

Ein weiterer Aspekt der Machtverteilung liegt in der Tatsache, dass der Sportler eigentlich Teil des Teams sein sollte. Er steht im Mittelpunkt. Abhängig von der Art des Problems werden Autorität und Verantwortung dynamisch im Team unter den Teilnehmern verteilt.

Therapeutisches Bündnis

Diese Dimension der sportlerzentrierten Arbeit bezieht sich auf die Tatsache, dass Therapeut und Sportler „gemeinsame Sache“ machen müssen. Empathie, Kongruenz und bedingungslose positive Unterstützung sind die wichtigsten Pfeiler dieser Dimension. Dies wird deutlich anhand der gemeinsamen Therapieplanung und der Einsicht des Patienten, dass der Therapeut sich tatsächlich um den Sportler sorgt. Gerade diese Dimension ist eine enorme Bereicherung in der multi- und interdisziplinären Zusammenarbeit. Das Team kann auf diese Weise ein wirkliches Fangnetz für den Sportler aufbauen.

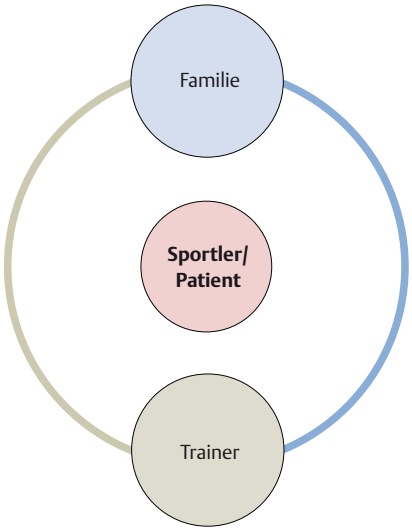


Abb. 1.28 Mikrokosmos des Sportlers.

Sportphysiotherapeut als Person

In der klassischen biologisch-medizinischen Auffassung geht die Kommunikation nur in eine Richtung. Die objektive Anwendung von diagnostischen und therapeutischen Maßnahmen wird laut dieser Auffassung nicht beeinflusst durch die Person des Therapeuten. Aus der biopsychosozialen Perspektive heraus ist dieser Ansatz nicht haltbar. Anders gesagt, die Person des Sportphysiotherapeuten und die Person des Patienten beeinflussen einander ständig und wechselseitig (Balint et al. 1993). Diese Beeinflussung kann sowohl positiv als auch negativ sein. Dies gilt eben auch für die verschiedenen Teammitglieder, sodass es lohnenswert ist, sich über den Einfluss der einzelnen Teammitglieder auf den Patienten im klar zu werden. So kann es sein, dass „es nicht so gut klickt zwischen dem Leistungsphysiologen und dem Sportler“. Das Team sollte sich dann so flexibel positionieren, dass trotzdem die Ziele erreicht werden.

Um diesem Modell im Sport tatsächlich gerecht zu werden, sollte nicht nur der Sportler, sondern der „Mikrokosmos des Sportlers“ im Mittelpunt des Geschehens stehen (**Abb. 1.28**). Gerade im Nachwuchs- und Leistungssportbereich spielen der Trainer und die Familie eine wichtige Rolle. Unter „sportlerzentriertem Arbeiten“ verstehen wir in diesem Kapitel die Teamarbeit unter Einschluss von Trainer und Familie. Man kann sich dies am besten vorstellen, indem **Abb. 1.29** „Mikrokosmos“ in die (**Abb. 1.28**)„implantiert“ wird. Ein schönes Beispiel hierzu wird von Nijhuis und Kollegen (2007) beschrieben. Sie haben aufgezeigt, dass in der pädiatrischen Rehabilitation das aktive Einbeziehen der Familie in die Reha ein Erfolgsfaktor für erfolgreiche Teamarbeit ist. Ob man in der Sport-Reha genauso weit gehen muss, ist fraglich. Aber es wird deutlich, dass dies zumindest eine Rolle spielen

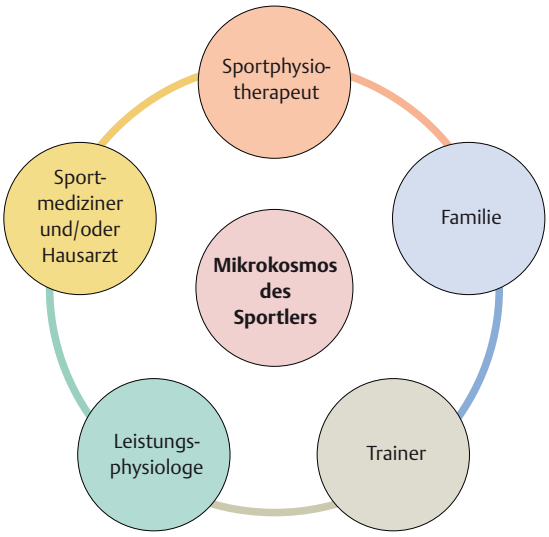


Abb. 1.29 Mikrokosmos implantiert.

kann. Dies gilt sowohl für Teams, die leistungssteigernd arbeiten, als auch für Teams im Reha-Bereich. Anders gesagt: Trainer und Familie sollten – wenn nötig – aktiv einbezogen werden.

Merke Bei jeder Form der disziplinübergreifenden Zusammenarbeit sollte nicht der Therapeut oder das Team im Mittelpunkt stehen, sondern die Person des Patienten oder Sportlers.

1.3.4 Teamdynamik

Die Arbeit im disziplinübergreifenden Team ist ein kontinuierlicher Prozess. Dieser Prozess wird sichtbar während des formellen Teamtreffens, aber auch während kurzer informeller Kontakte oder in Einzelgesprächen zwischen 2 Disziplinen.

Formelles Teamtreffen

Die formellen Teamtreffen sind das Rückgrat der Teams. Hierfür ist es wichtig, dass alle Teilnehmer gut vorbereitet sind. Der Teamleiter sollte im Vorhinein die Tagesordnung bekannt geben, sodass sich jeder Teilnehmer optimal vorbereiten kann. Im inter- oder transdisziplinären Team sollte die Tagesordnung gemeinsam erstellt werden. In multidisziplinären Teams sollte zumindest jede Disziplin die Möglichkeit bekommen, während des Treffens ihre Meinung abzugeben.

Hinweise für die Gestaltung formeller Teamtreffen:

- Erstellen Sie feste Tagesordnungspunkte.
- Geben Sie jedem Teammitglied die Chance, ergänzende Tagesordnungspunkte einzubringen.
- Die Tagesordnung sollte frühzeitig bekannt gemacht werde, sodass sich alle Mitglieder vorbereiten können.
- Erstellen Sie von jeder Teamsitzung ein kurzes Ergebnisprotokoll, in dem wichtige Beschlüsse festgehalten werden.
- Besprechen Sie am Anfang jeder neuen Sitzung kurz das Ergebnisprotokoll der vorherigen Sitzung und evaluieren Sie, ob alle Teilnehmer ihren Verpflichtungen nachgekommen sind.

Leitung des therapeutischen Teams

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, den Teamverantwortlichen festzulegen. Diese formelle Teamstruktur sollte in Abhängigkeit von den Zielen des Teams gewählt werden.

So kann es z. B. sein, dass auf Olympiastützpunkten interdisziplinäre Teams eingesetzt werden, um die Trainingsplanung zu gestalten. In solchen Teams sollte dann der Trainer die Verantwortung für das interdisziplinäre Team auf sich nehmen.

In Sportreha-Einrichtungen werden oftmals interdisziplinäre Teams eingesetzt, um die Rehabilitation nach einer Verletzung optimal zu gestalten. Die Hauptverantwortung liegt dann beim Sportmediziner, der dann diese Rolle im interdisziplinären Team übernimmt.

In transdisziplinären Teams wäre es denkbar, den Vorsitz jedes Mal aufgrund der Tagesordnung festzulegen. Der Vorsitz wird dann von dem Teammitglied übernommen, das bei der festgelegten Tagesordnung am besten die Führung übernehmen kann.

Die Rolle des Teamverantwortlichen ist komplex. Einerseits muss er ständig die Ziele des Teams und die Rolle des Teams in der gesamten Organisation im Auge behalten; andererseits hat er den Vorsitz über eine Gruppe von einzelnen Fachkräften, die wahrscheinlich gewohnt sind, mit einem hohen Maß an Eigenverantwortung und Autonomie zu arbeiten. Der Teamverantwortlichehat verschiedene Möglichkeiten, seiner vorsitzenden Rolle gerecht zu werden.

Anforderungen an den Teamverantwortlichen

Der traditionelle Führungsstil basiert auf Misstrauen und Kontrolle. Dieser Führungsstil wird in inter- und transdisziplinären Teams sicherlich nicht zum Erfolg führen (Patrick 2001). Es geht vielmehr um einen situationsbedingten Führungsstil; dabei ist der Vorsitzende in der Lage, seinen Führungsstil der jeweiligen Situation anzupassen.

Der Vorsitzende sollte dafür über die nachfolgenden Fertigkeiten verfügen:

- Normen und Struktur der formellen Teamtreffen beschreiben: beispielsweise Datum und Zeit des nächsten Treffens festlegen, aber auch auf Vertraulichkeit und Schweigepflicht hinweisen.
- Respektieren von unterschiedlichen Belangen und Erwartungen und dafür sorgen, dass diese auch erfüllt werden.
- Stimulieren von gegenseitigem Respekt und von Achtung.
- Stimulieren von Eigenverantwortung der einzelnen Teammitglieder.
- Konflikte und Probleme im Team ansprechen.

Teammitglieder im formellen Teamtreffen

Unabhängig von den Zielen des jeweiligen Teams sollte sich jedes Teammitglied entsprechend der Tagesordnung gut vorbereiten. Dazu gehören Fragen wie:

- Welche Informationen sind für meine Teammitglieder relevant?
- Welche Informationen brauche ich von anderen, um meine Verantwortung wahrnehmen zu können?

An dieser Stelle sei auch erwähnt, dass sich die Teammitglieder gut in Wort und Schrift ausdrücken können müssen. Verbale Fertigkeiten wie „Zuhören“, „Nachfragen“ und „Zusammenfassen“ werden zu oft als selbstverständlich vorausgesetzt. Das Gleiche gilt für das Schreiben von Teamprotokollen, aber auch von Einladungen oder E-Mails. „Der Ton macht die Musik“ – dieses Sprichwort beschreibt oftmals nur zu gut die möglichen Gründe für ein Gelingen oder Versagen eines Treffens. Immerhin wird durch den Austausch von Informationen nicht nur das Bild über den Sportler oder Patienten komplettiert, sondern auch Vertrauen untereinander geschaffen (Wicke et al. 2004).

Aufbau eines formellen Teamtreffens

Ein gutes formelles Teamtreffen konzentriert sich auf die zentralen Fragen der Sportbetreuung. Anders gesagt, der Sportler steht im Mittelpunkt des Geschehens. Typische Themen, die in einem sportlerzentrierten Teamtreffen besprochen werden, sind:

- Periodisierung im Jahresplan und konkrete Trainingszyklen.
- Wettkampfplanung und damit zusammenhängende praktische Aspekte wie An- und Abreise usw.
- Verletzungsprophylaxe.
- Eventuelle Probleme in der Kommunikation mit dem Sportler.
- Rolle der Familie und der Ausbildung bzw. des Studiums.
- Teameffizienz: Wie effektiv arbeiten wir tatsächlich zusammen?

Meistens wird in den Teamtreffen kurz über alle Sportler gesprochen, wobei der Teamleiter dafür sorgen muss, dass zwar jede Disziplin ihren spezifischen Beitrag liefern kann, andererseits aber auch nicht zu viel im Detail besprochen wird. Sollte Bedarf bestehen, diese Details zu besprechen, sollte dies als „to do“ im Protokoll vermerkt werden. Meistens geht es dabei um Details, die nur 2 Disziplinenbetreffen. Diese beiden Parteien sollten dann im Anschluss an das Teamtreffen die nötigen Informationen austauschen. Meistens ist es sehr hilfreich, wenn alle Teilnehmer nach Abschluss des Teamtreffens noch eine halbe Stunde reservieren, um in eventuellen Einzelgesprächen die nötige Abstimmung zu erzielen. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass das hier beschriebene Konzept des Teamtreffens auch einsetzbar ist bei der Betreuung von Freizeitsportlern oder chronisch Erkrankten.

Informelle Kontakte und Einzelgespräche

Informeller Kontakt findet außerhalb der formellen Teamtreffen und geplanten Einzelgespräche statt. Teammitglieder treffen sich zufälligerweise auf dem Flur oder beim Kaffeeautomaten. Diese oftmals unerwarteten Gelegenheiten bieten die Möglichkeit, außerhalb der offiziellen Tagesordnung Informationen auszutauschen, die relevant sind für die andere Disziplin, Fragen zu stellen, und nicht zuletzt das bessere Kennenlernen der Person hinter dem Therapeuten. Oftmals ist es einfacher, in informeller Atmosphäre gemeinsame Entscheidungen zu treffen, die auf der öffentlichen Bühne nicht so schnell zu realisieren sind. Informelle Kontakte sind vertrauensbildend und vergrößern die Übersicht über die Belange des Sportlers (Rogerson 2006).

Lebenslauf eines Teams

Eine wichtige Dimension in diesem Zusammenhang ist die Frage nach dem Lebenslauf des Teams. In der internationalen Literatur spricht man von verschiedenen Phasen, die ein Team durchlaufen muss, um sich seinen komplexen Aufgaben tatsächlich stellen zu können. In der Psychologie werden verschiedene Modelle benutzt um diese Phasen der Entwicklung zu beschreiben. Ein sehr akzeptiertes Modell, um diesen Lebenslauf des Teams zu beschreiben, ist das Modell von Tuckman (1965). Diesem Modell entsprechend durchläuft ein Team 4 verschiedene Phasen: „forming“, „storming“, „norming“ und „performing“:

Phasen der Teamentwicklung

Erste Phase

In der ersten Phase formiert sich das Team – „forming“. Gemeinsame Ziele und Verantwortungsbereiche werden besprochen. Die einzelnen Mitglieder sind noch sehr unabhängig. In dieser Phase tritt der Teamverantwortliche noch sehr direktiv auf. Das gegenseitige Kennenlernen

steht im Vordergrund. Mitglieder sollten in der Lage sein, einerseits über ihren persönlichen und professionellen Hintergrund zu berichten und andererseits anderen Mitgliedern zuzuhören.

Zweite Phase

„Storming" ist die zweite Phase, in das sich ein Team begibt. Dabei werden unterschiedliche Belange deutlich, Bündnisse werden geschlossen und territoriale Konflikte werden ausgetragen. Wer hat welche Verantwortung und wer hat wem etwas zu sagen? Viele Teams kommen leider über diese pubertäre Phase der Teambildung nicht hinaus. Die Gründe hierfür wurden bereits erwähnt. Diese zweite Phase ist essenziell und kann nicht übersprungen werden. Es gibt aber viele Beispiele, in denen Teams diese Phase sehr schnell durchlaufen. Dies gelingt vor allem dann, wenn die Teammitglieder über die entsprechenden Kompetenzen verfügen (Barr 1998). Unabhängig davon, wie schnell diese Phase durchlaufen wird, kann sie trotzdem schmerzhaft und frustrierend für einzelne Mitglieder sein.

Dritte Phase

In der nächsten Phase, dem „norming" kommt es zur tatsächlichen Abstimmung von Tätigkeiten. Es werden Gewohnheiten entwickelt und es entsteht langsam Vertrauen zueinander. Arbeitsmethoden, Modelle, Sprache und Überzeugungen entwickeln sich zu gemeinsamem Gut. Teambelange werden genauso wichtig wie die Belange des Einzelnen. Dies führt zu mehr Motivation in der Teamarbeit.

Vierte Phase

Nicht alle Teams kommen über die dritte Phase hinaus in die Leistungsphase – „performing". Selbständigkeit, Eigenverantwortung und Autonomie werden in dieser Phase eher über das Team definiert als über die einzelnen Mitglieder des Teams. Es hat sich ein hocheffizientes Netzwerk von professionellen Mitgliedern entwickelt. Teams in der „performing"-Phase sind allerdings auch sehr verletzlich. So kann es z. B. sein, dass bei einem Wechsel in der Teamzusammenstellung ein Rückfall in frühere Phasen möglich ist, der einen erneuten Start nötig macht.

Rollen innerhalb eines Teams

Das Modell von Tuckman ist sehr hilfreich bei der Analyse von Teamprozessen. Ein weiteres hilfreiches Modell sind die Belbin-Rollen. Dr. Meredith Belbin hat in den 70er-Jahren des 20. Jahrhunderts verschiedene Rollen von Mitgliedern in Teams definiert. Ihr Grundgedanke basiert darauf, dass Teams nur dann erfolgreich ihre Arbeit erfüllen können, wenn sie sich aus unterschiedlichen Persönlichkeiten zusammensetzen. Diese Heterogenität führt dazu, dass sich die Teammitglieder ergänzend verhalten. Das Verhalten der Mitglieder wird nach Belbin (2003) anhand verschiedener Rollen beschrieben:

- Handlungsorientierte Rollen:
  - Macher – shaper
  - Umsetzer – implementor
  - Perfektionist – completer
- Kommunikationsorientierte Rollen:
  - Koordinator – coordinator
  - Teamarbeiter – teamworker
  - Wegbereiter – resource investigator
- Wissensorientierte Rollen:
  - Erfinder – plant
  - Beobachter – monitor or evaluator
  - Spezialist – specialist

In der Arbeit von Belbin werden den unterschiedlichen Rollen entsprechende Charakteristiken zugeordnet. Es gibt entsprechende Rollentests, die helfen, die eigene Rolle im Team zu analysieren.

Wer noch einen Schritt weiter gehen will in der Teamanalyse und eventuell sogar die Effizienz der Teamarbeit noch vergrößern möchte, dem sei der Ansatz des parallelen Denkens in der Gruppe empfohlen (De Bono 1985).

Merke Je heterogener ein Team in seiner Rollenzusammenstellung ist, desto größer ist die Chance, einander zu ergänzen und mehr zu leisten, desto schwieriger ist es jedoch auch, eine gemeinsame Basis zu entwickeln. Heterogene Teams brauchen gerade am Anfang mehr Zeit und Unterstützung.

1.3.5 Schweigepflicht und Vertrauen

Schweigepflicht

Eine Grundvoraussetzung für erfolgreiche disziplinübergreifende und patientenzentrierte Zusammenarbeit sind Schweigepflicht und gegenseitiges Vertrauen. Dies gilt für alle Arten der Zusammenarbeit. Eine besondere Rolle spielt hier die Schweigepflicht. Einerseits müssen die verschiedenen Teammitglieder einander optimal informieren, andererseits geht es bei diesem Informationsaustausch um sensible Daten des Sportlers oder Patienten. Der Sportphysiotherapeut hat die Pflicht, behutsam mit diesen Daten umzugehen, und der Sportler hat das Recht, den Sportphysiotherapeuten zu bitten, diese Informationen nicht mit in die Teambesprechung zu nehmen. Ein Team sollte darum mit allen zu betreuenden Sportlern Absprachen treffen über den Umgang mit vertraulicher Information. So wird einerseits gewährleistet, dass das Team optimal arbeiten kann und andererseits der Sportler nicht zu befürchten hat, dass vertrauliche Informationen an Dritte gelangen. Viele Verbände wie das IOC oder das American College of Sports Medicine (A.C.S.M.) haben

entsprechende Regeln in ihren Ethikerklärungen verfügt. Das A.C.S.M. (2007) schreibt z. B. in seinem Ethikcode:

> „Die Teammitglieder müssen individuelle medizinische Sachverhalte vertraulich behandeln und schützen das Recht des sauberen Athleten auf Wettbewerb."

Es braucht jedoch ein gewisses Maß an Erfahrung, um einschätzen zu können, welche Information relevant ist für die anderen Disziplinen im Team und welche Informationen eben nicht geteilt werden müssen. Im Zweifelsfall sollte man mit dem Sportler besprechen, inwieweit er damit einverstanden ist, dass die entsprechende Information an andere Disziplinen übermittelt wird. Eine andere Möglichkeit ist es, Informationen nicht mit allen Teammitgliedern zu teilen, sondern nur in Einzelgesprächen zu kommunizieren. Das Konzept der Schweigepflicht kann jedoch sehr strapaziert werden, wenn z. B. der Arzt vom Verein bezahlt wird. Immerhin stellt der Verein den Arzt ein mit dem Ziel, den Athleten zur maximalen Leistung zu befähigen, und andererseits hat der Arzt die Pflicht, Verletzungsprophylaxe und Gesundheit des Sportlers in den Mittelpunkt zu stellen (Dunn et al. 2007). Im erweiterten Sinne gilt dieses Dilemma auch für den Sportphysiotherapeuten im disziplinübergreifenden Team.

Neben der Schweigepflicht gilt ein weiterer wichtiger Aspekt, um erfolgreich in einem interdisziplinären Team zu arbeiten, nämlich wie eingangs dieses Kapitels erwähnt das Vertrauen.

Vertrauen

> „Vertrauen basiert auf gemeinsamen Zielen und identischen Erwartungen über Ergebnisse, was durch wiederholte wechselseitige Handlungen vermittelt wird, und wird durch Kommunikation und den Austausch von Informationen aus einem Pool von Themen aufrechterhalten" (Rogerson 2006, S. 4)

Hierbei geht es nicht nur um Vertrauen zwischen Sportler und Teammitgliedern, sondern auch um Vertrauen unter den Teammitgliedern. Interne Konflikte und große „Egos" zerstören das gegenseitige Vertrauen und wirken sich negativ auf die Teamatmosphäre aus.

1.3.6 Konsequenzen für die Ausbildung zum Sportphysiotherapeuten

Die bisherigen Ausführungen in diesem Kapitel „Der Sportphysiotherapeut im disziplinübergreifenden Team" haben weitreichende Konsequenzen sowohl für die Grundausbildung Physiotherapie als auch für die Weiterbildung zum Sportphysiotherapeuten. Monodisziplinäre Ausbildungsziele und -inhalte sind kein Garant für erfolgreiches multi- oder interdisziplinäres Arbeiten. Anders gesagt, Ausbildungs- und Weiterbildungsprogramme sollten auch multi- und interdisziplinäre Komponenten aufweisen. So beschreiben Mullins und Kollegen (Jahreszahl) in ihrer schon eher erwähnten Studie, dass viele Therapeuten nicht oder nur unzulänglich während ihrer Ausbildung auf disziplinübergreifendes Arbeiten vorbereitet werden. Die Autoren spekulieren dann auch über die Möglichkeit, dass die festgestellte Unzufriedenheit vor allem in multidisziplinären Teams gerade mit der fehlenden Vorbereitung auf Zusammenarbeit mit anderen Disziplinen in der Grundausbildung zu tun hat. Grund genug, um an dieser Stelle etwas über Konsequenzen in Ausbildungsprogrammen nachzudenken.

Die WHO hat 1988 interdisziplinäre Ausbildung folgendermaßen definiert:

> "The process by which students (or workers) from the health-related occupations with different educational backgrounds learn together during certain periods of their education, with interaction as an important goal, to collaborate in providing promotive, preventative, curative, rehabilitative, and other health-related services."
>
> „Der Prozess, in dem Auszubildende (oder Angestellte) im Gesundheitswesen mit unterschiedlichen Ausbildungshintergründen während bestimmter Perioden ihrer Ausbildung zusammen lernen, wobei die gegenseitige Beeinflussung ein wichtiges Ziel darstellt, um mitzuwirken, begünstigende, präventive, heilende, rehabilitative und andere gesundheitsbezogene Dienstleistungen zu unterstützen."

Es gibt mittlerweile Modelle, die interdisziplinäre Ausbildung beschreiben und helfen, diese in die Grundausbildung zu integrieren (Lavin et al. 2001). So beschreiben Lary und Kollegen (1997) ein 3-Stufen-Modell mit dem Ziel, Therapeuten auf das Zusammenarbeiten vorzubereiten:

- Einführung in Themenbereiche, in denen disziplinübergreifend gearbeitet wird.
- Disziplinübergreifendes problemorientiertes Lernen. Studenten von verschiedenen Studienrichtungen arbeiten in gemeinsamen Teams, um problemorientiert vorzugehen und disziplinübergreifende Lösungen zu formulieren.
- Wenn Teams von Studenten erfolgreich in der zweiten Phase zusammengearbeitet haben, werden ihnen „echte" Patienten vorgestellt. „Real-life situations" stimulieren die Motivation und erhöhen die Chancen auf erfolgreiches disziplinübergreifendes Zusammenarbeiten.

Vor allem die zweite und dritte Stufe sorgen laut Lary dafür, dass Studenten schneller und besser komplexe Probleme lösen lernen, dass Studenten lernen, in einer Gruppe zusammenzuarbeiten und mehr Einsicht in die Fähigkeiten der jeweils anderen Disziplin bekommen. Es

existieren zurzeit jedoch noch keine Studien, die belegen, dass die Integration von disziplinübergreifendem Unterricht während der Grundausbildung zum Physiotherapeuten dafür sorgt, dass während der späteren Berufsausübung Patienten entsprechend besser betreut werden (Oandasan et al. 2004). Aber auch an dieser Stelle ist wohl der Satz angebracht, dass die Abwesenheit von Beweisen kein Beweis für deren Abwesenheit ist.

Im Gegensatz dazu gibt es einige Beispiele, die belegen, dass Training in disziplinübergreifender Zusammenarbeit im Weiterbildungsbereich zu besserer Versorgung von Patienten führt (Oandasan et al. 2004). Dies ist jedoch (noch) nicht für die Sportphysiotherapie belegt.

Zusammenfassung

In diesem Kapitel werden verschiedene Arten der Zusammenarbeit beschrieben. Um erfolgreich zusammenarbeiten zu können, müssen Mitglieder des disziplinübergreifenden Teams über die entsprechenden Kompetenzen verfügen. Das disziplinübergreifende Zusammenarbeiten hat viele Vorteile. Um diese Vorteile optimal ausschöpfen zu können, müssen verschiedene Voraussetzungen erfüllt werden. Nachteile werden beschrieben. Der Sportler bzw. Patient steht im Mittelpunkt des disziplinübergreifenden Teams. Die Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Disziplinen gestaltet sich in formellen und informellen Situationen, wobei das Team als Ganzes verschiedene Phasen durchlaufen muss, um zu optimaler Zusammenarbeit zu finden. Die Effektivität der Zusammenarbeit wird außerdem von den Rollen der verschiedenen Mitglieder bestimmt.

1.3.7 Digitale Zukunft der interdisziplinären Zusammenarbeit

Es sei noch darauf hingewiesen, dass in der heutigen Zeit Zusammenarbeit auch über das Internet wesentlich interaktiver gestaltet werden kann als noch vor einigen Jahren. Die Tatsache, dass die verschiedenen Disziplinen vielleicht nicht unter einem Dach untergebracht sind, will nicht mehr heißen, dass eine konstruktive und effektive Zusammenarbeit zum Wohle der Patienten ausgeschlossen ist. In verschiedenen Ländern wird mittlerweile mit digitalen Patienten-Informationssystemen versucht, auf dem digitalen Wege Kommunikationsbarrieren abzubauen und so Zusammenarbeit zu stimulieren.

Literatur

American College of Sports Medicine. Code of Ethics. Indianapolis: 2007 www.acsm.org

Balint E, Courtenay M, Elder A, Hull S, Julian P. The doctor, the patient and the group: Balint revisited. London: Routledge; 1993

Barr H. Competent to collaborate: towards a competency-based model for interprofessional education. Journal of Interprofessional Care. 1998; 12(2): 181–187

Belbin RM. Management Teams: Why they succeed or fail. 2nd edition. Oxford: Butterworth Heinemann; 2003

Bulley C, Donaghy M, Coppoolse R, Bizzini M, Cingel van R, DeCarlo M, Dekker L, Grant M, Meeusen R, Phillops N, Risberg M. Sports Physiotherapy Competencies and Standards. Sports Physiotherapy for All Project. 2005

Croker A, Loftus S, Higgs J. Multidisciplinary clinical decision making. In: Higgs J, Jones M, Loftus S, Christensen N, eds. Clinical reasoning in the health professions. London: Butterworth Heinemann; 2008, 291–298

De Bono E. Six Thinking Hats. Boston: Little, Brown & Co.; 1985

Dunn WR, George MS, Larry C, Spindler KP. Ethics in Sports Medicine. Am J Sports Med 2007; 35 (5):840–844

Gustafsson H, Holmberg HC, Hassmann P. An elite endurance athlete's recovery from underperformance aided by a multidisciplinary sport science support team. European Journal of Sport Science 2008; 8 (5):267–276

Halstead L. Team care in chronic illness: A critical review of the literature for the past 25 years. Arch Phys Med Rehabil 1976; 57: 507–511

Higgs J, Jones M, Loftus S, Christensen N. Clinical reasoning in the health professions. London: Butterworth Heinemann; 2008

Anderson K, Strickland SM, Warren R. Hip and Groin Injuries in Athletes. Am J Sports Med 2001; 29 (4): 521–533

Lary MJ, Lavigne SE, Muma RD, Jones SE, Hoeft HJ. Breaking down barriers: multidisciplinary education model. Journal of Allied Health 1997; 26 (2): 63–69

Lavin MA, Ruebling I, Banks R, Block M, Counte M, Furman G, Miller P, Reese C, Viehmann V, Holt J. Interdisciplinary Health Professional Education: A Historical Review. Advances in Health Sciences Education 2001; 6: 25–47

Lingard L, Espin S, Evans C. The rules of the game: interprofessional collaboration on the intensive care team. Critical Care 2004; 8 (6): 403–408

McWhinney I. The need for a transformed clinical method. In: Stewart M, Roter D, eds. Communicating with medical patients. London: Sage; 1998

Mead N, Bower P. Patient-centredness: a conceptual framework and review of the empirical literature. Social Science and Medicine 2000; 51: 1087–1110

Michie S, Miles J, Weinman J. Patient-centredness in chronic illness: what is it and does it matter? Patient Education and Counselling 2003; 51 (3): 197–206

Mullins LL, Balderson BHK, Sanders N, Chaney JM, Whatley PR. Therapists' Perceptions of Team Functioning in Rehabilitation Contexts. International Journal of Rehabilitation and Health 1997; 3 (4): 281–288

Mullins LL, Keller J, Chaney JM. A systems and social cognitive approach to team functioning in physical rehabilitation settings. Rehab Psychol 1994; 39: 161–178

Nijhuis BJG, Reinders-Messelink HA, de Blecourt ACE, Olijve WG, Groothoff JW, Nakken H, Postema K. A review of salient elements defining team collaboration in paediatric rehabilitation. Clinical Rehabilitation 2007; 21 (3): 195–211

Oandasan I et al. Interdisciplinary Education for Collaborative, Patient-centred Practice – Research and Findings Report. Health Canada; 2004

Patrick T. Examining the need for transformational leadership within the Canadian amateur sport system: A case study involving national training centers. 2001; http://www.uwinnipeg.ca/~tpatrick/frames/recent_publications.htm

Little P, Everitt H, Williamson I, Warner G, Moore M, Gould C, Ferrier K, Payne S. Observational study of effect of patient centredness and positive approach on outcomes of general practice consultations. BMJ. 2001; 323 (7318): 908–911
Paul S, Peterson CQ. Interprofessional collaboration: issues for practice and research. Occupational Therapy in Health Care. 2001; 15 (3/4): 1–12
Rogerson. Examining Collaboration on Interdisciplinary Sport Science Teams. University of Alberta; 2006
Satin DG. A conceptual framework for working relationships among disciplines and the place of interdisciplinary education and practice: Clarifying muddy waters. Gerontology and Geriatrics Education; 1994; 14 (3): 3–24
Stewart M. Towards a global definition of patient centred care. BMJ: 2001; 322 (7284): 444–445
Tuckman BW. Developmental sequence in small groups. Psychological Bulletin. 1965; 63 (6): 384–399
Way DO, Jones L. The family physician-nurse practitioner dyad: indication and guidelines. CMAJ 1994; 151 (1): 29–34
Wicke D, Coppin R, Payne S. Teamworking in Nursing Homes. Journal of Advanced Nursing. 2004; 45 (2): 197–204
Wilk K, Briem K. Rehabilitation of Articular Lesions in the Athlete's Knee. Journal of Orthopedic Sports Physical Therapy. 2006; 36 (10): 815–827
World Health Organization. Learning Together to Work Together for Health. Geneva: 1988 www.who.org

1.4 Wundheilungsprozess

Frans van den Berg

1.4.1 Angewandte Physiologie

Die Angewandte Physiologie ist ein Bindeglied zwischen den einzelnen Komponenten der Sportphysiotherapie. Für die optimale Betreuung des Sportlers bzw. der Sportlerin ist die Kenntnis der verschiedenen physiologischen Prozesse des Bewegungsapparats und seiner Strukturen eine wesentliche Voraussetzung. Nur so können Trainingsprozesse effektiv begleitet und betreut werden. Für eine zielgerichtete Rehabilitation nach Verletzungen sind diese Kenntnisse ein absolutes Muss.

Alle Organsysteme im Blick

Ich werde mich in diesem Kapitel auf die Physiologie des Bewegungsapparates beschränken, möchte aber ausdrücklich darauf hinweisen, dass sich der Therapeut für die umfassende Betreuung eines Sportlers nicht auf den Bewegungsapparat beschränken darf. Die Physiologie aller Organsysteme nimmt ebenfalls einen hohen Stellenwert ein. Auf sie wird in anderen Kapiteln eingegangen.

Verdauungsapparat

Meiner Meinung nach ist es sehr hilfreich, sich intensiv mit der Physiologie des Verdauungsapparates zu beschäftigen. Vom Funktionieren dieses Systems hängt es ab, ob die über die Nahrung aufgenommenen Makronährstoffe in für die Zelle entscheidende Mikronährstoffe umgesetzt werden können. Trainingsreize sind nur effektiv, wenn in den Zellen ausreichende Mengen hochqualitativer Nährstoffe zur Verfügung stehen und Heilungs- bzw. Reparaturprozesse brauchen diese ebenfalls. Dabei geht es unter der physiologischen Sichtweise nicht nur darum, welche Nahrungsmittel aufgenommen werden, sondern um die Prozesse im Verdauungstrakt, die Nahrungsmittel für den Körper in essenzielle Kohlenhydrate, Fettsäuren und Aminosäuren umbauen.

Diese Prozesse beginnen schon mit der Nahrungsaufnahme. Es ist bereits entscheidend, wie der Sportler isst. Die Verdauung hängt davon ab, ob er langsam oder schnell isst, oft genug kaut, beim Essen trinkt. All das sind Faktoren, die über die Wirksamkeit von Enzymen im Mundbereich entscheiden.

Der Prozess hängt weiter davon ab, wie gut Magen, Leber, Gallenblase, Pankreas und Dünndarm funktionieren. Diese Organe werden durch Stress, Medikamente sowie Ess- und Trinkgewohnheiten sehr stark beeinflusst. Wichtig ist dann letztlich auch, wie gut die Ausscheidungs- bzw. Entgiftungsorgane in der Lage sind, die entstandenen Giftstoffe aus dem Körper zu entsorgen.

Merke Trainingsreize können noch so optimal aufgebaut und appliziert werden, sie nutzen nur, wenn die Zellen in der Lage sind, eine optimale Synthese neuen Gewebes durchzuführen.

Beobachtet man bei einem Sportler, dass er auf Trainingsreize

- nicht mehr optimal mit einer Anpassung bzw. der Verbesserung seiner Leistungsfähigkeit reagiert oder
- nach einer Verletzung nicht der normale Wundheilungsverlauf einsetzt,

muss man sich mit der Frage nach dem Warum auseinandersetzen.

Die Ursachen können liegen in

- schlechter Ernährung
- mangelhafter Verdauung
- zu niedrigem pH-Wert des Gewebes
- erhöhtem Blutzuckerspiegel
- schlechter Entgiftung
- usw.

Immunsystem

Das Immunsystem spielt ebenfalls eine große Rolle für die Physiologie des Sportlers. Ist es geschwächt durch

- schlechte Ernährung – Mangel an Vitaminen, Mineralien, Spurenelementen
- schlechte Darmflora – Antibiotika, Pilzbefall des Dickdarms (Kap. 7)
- hohen Stresspegel

wird der Sportler anfälliger für Krankheiten.

1.4.2 Bindegewebsphysiologie

Die Grundlage der Sportphysiotherapie im Rahmen der Rehabilitation nach Verletzungen und/oder Operationen am Bewegungsapparat beruht auf 2 Grundkenntnissen der Bindegewebsphysiologie

- über Aufbau und Funktion der jeweilige Bindegewebsarten – Kapsel, Knorpel, Bandscheiben, Sehnen, Bänder –, damit man weiß, welche physiologische Belastung dieses Gewebe braucht, um seine Funktion optimal durchzuführen.
- über den Ablauf der Wundheilung. Aus den Stadien der Wundheilung leiten sich Dosierung und Intensität der Belastungsreize ab, die das Gewebe während der Heilung braucht.

Alle Strukturen unseres Bindegewebes werden permanent abgebaut und durch neue ersetzt. Damit das Gewebe seinen normalen Aufbau und seine Funktion beibehält, müssen die Zellen ständig zur Synthese stimuliert werden; dabei werden sie auch darüber informiert, welche Bindegewebskomponenten in welchen Verhältnissen zu produzieren sind. Die dafür notwendigen Reize erfährt die Zelle durch die normale physiologische Belastung des Gewebes.

So wird ein Bindegewebe bzw. eine Bindegewebszelle, die permanent mit Zugbelastungen konfrontiert wird, andere Bindegewebebestandteile produzieren als eine Zelle, die Kompression als primäre Belastung kennt.

Dieses Prinzip der Adaptation ist die Grundlage der Trainingslehre und Trainingswissenschaft. Das bedeutet in der Praxis, dass langsame, progressiv sich steigernde Belastungsreize die Zelle zu einer Gewebesynthese stimulieren, deren Ergebnis eine gesteigerte Belastbarkeit und Funktionsfähigkeit des Gewebes ist.

Die Trainingswissenschaft beschäftigt sich sehr stark mit der Trainierbarkeit des Muskelsystems sowie des Herz-Kreislauf- und Atemsystems, also der Leistungsphysiologie. Sie beschäftigt sich aber deutlich weniger mit der Trainierbarkeit der passiven Strukturen des Bewegungsapparates wie den Sehnen, Bändern, Bandscheiben. Es zeigt sich häufig, dass die Adaptation des Muskelsystems auf Trainingsreize schneller ist als die der Sehnen. In der Folge kann es passieren, dass die mangelnde Belastbarkeit der Sehne zu – erneuten – Verletzungen führt und das Training bzw. die Rehabilitation negativ beeinflusst oder gar unterbrochen wird.

Zellen und Matrix

Bindegewebe besteht aus Zellen und aus extrazellulärer Matrix.

Zellen

Die Zellen, die man im Bindegewebe vorfindet, werden unterteilt in

- Fibroblasten bzw. Fibrozyten
- Chondroblasten bzw. Chondrozyten und
- Osteoblasten bzw. Osteozyten

Alle stammen embryonal von der Mesenchymzelle ab. Wozu diese Embryonalzelle sich entwickeln wird, ist unter anderem abhängig von der mechanischen Belastung, die diese Zelle erfährt. Für die Differenzierung spielen natürlich auch andere Faktoren eine Rolle wie z. B. die Sauerstoffversorgung des Gewebes. Der Unterschied zwischen Blasten und Zyten liegt in der Syntheseaktivität der Zelle.

- Blasten sind Zellen mit einer sehr hohen Syntheseaktivität, das zeigt sich durch eine große Menge an Mitochondrien und endoplasmatischem Retikulum innerhalb die Zelle. Diese Zellen findet man primär während des Wachstums und während Wundheilungsprozessen im Bindegewebe.
- Zyten haben dagegen eine deutlich geringere Syntheseaktivität und haben demzufolge entscheidend weniger Mitochondrien und endoplasmatisches Retikulum. Diese Zellen produzieren nur so viele Bindegewebskomponenten, dass die physiologischen Abbauprozesse ausgeglichen werden können.

Fibroblasten

Eine Zelle, die in einem Gewebe liegt, das überwiegend mit Zugbelastungen konfrontiert wird – Kapsel, Sehne, Ligament –, wird aus dieser Matrixkomponente primär kollagene Fasern vom Typ I produzieren, daneben eine geringe Menge an elastischen Fasern und eine ganz kleine Menge Grundsubstanz. Diese Zelle wird wegen ihrer hohen Produktion an Fasern Fibroblast genannt.

Die Grundsubstanz – mit dem an sie gebundenen Wasser – hat die Aufgabe,

- Diffusionsprozesse zu ermöglichen, die wichtig für die Zellernährung sind
- Reibung zwischen den kollagenen Fasern bzw. Faserbündeln zu eliminieren

Auf diese Weise werden die Reibung und damit der Verschleiß sowie die Wärmeproduktion während Be- und Entlastungen reduziert. Den Aufbau und die Funktion einer Sehne oder eines Ligamentes kann man mit einem Abschleppseil oder einem Sicherheitsgurt im Auto vergleichen.

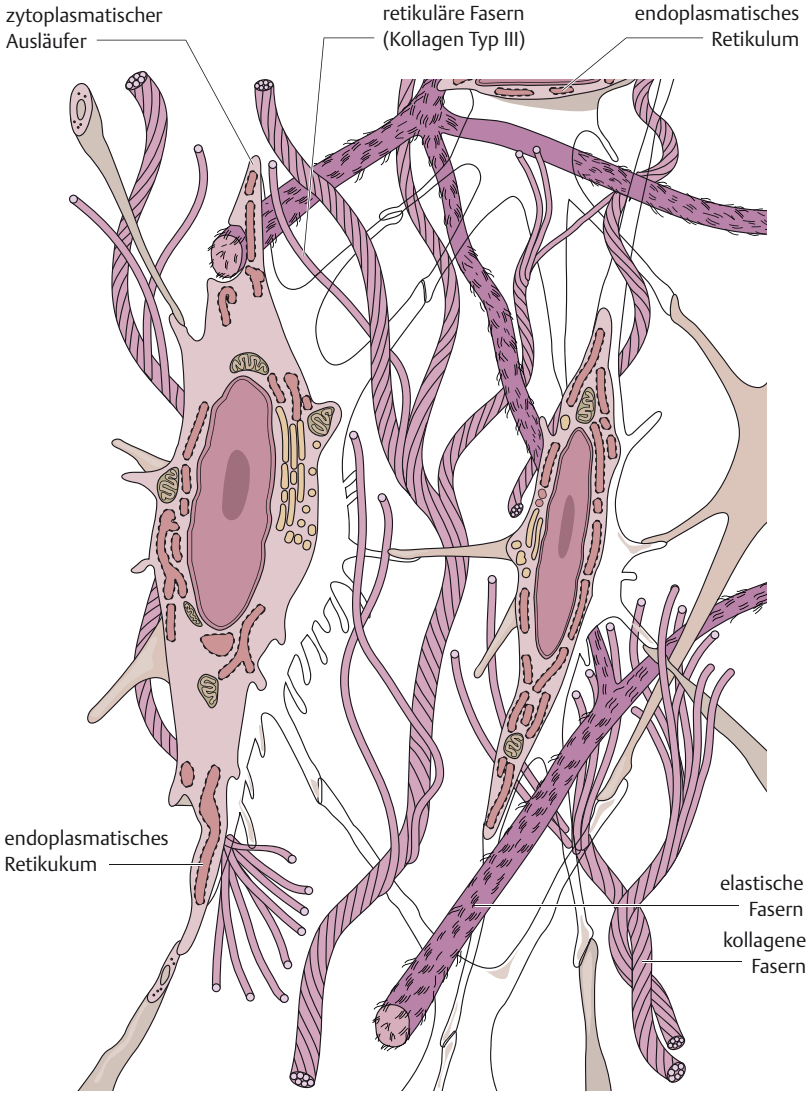


Abb. 1.30 Unterschiede zwischen Blast und Zyt am Beispiel von Fibroblast (links) und Fibrozyt (rechts): Der aktive Blast ist größer als der inaktive Zyt. Das größere endoplasmatische Retikulum des Blasten weist auf stärkere Syntheseaktivitäten hin.

Chondroblasten

Eine Zelle, die in einem Gewebe liegt, das überwiegend mit Druckbelastungen konfrontiert wird – z. B. Gelenkknorpel –, wird verstärkt Grundsubstanz produzieren. Die große Menge an Grundsubstanz und das daran gebundene Wasser fungieren wie ein Wasserkissen. Druckbelastungen können dadurch absorbiert werden. Damit diese Grundsubstanz zusammengehalten und stabilisiert wird, produziert diese Zelle – Chondroblast – auch noch eine kleine Menge an sehr dünnem Kollagen – Kollagen Typ II. Ihren Namen verdankt diese Zelle der Tatsache, dass sie Knorpelgewebe – Chondralgewebe – produziert.

Die Situation im Gelenkknorpel und im Nucleus pulposus der Bandscheibe lässt sich mit einer PET-Flasche vergleichen. Leer oder nur gering gefüllt, lässt sich die Flasche leicht zusammendrücken. Bis zum Rand gefüllt ist die Flasche dagegen stabil und kann nicht bzw. kaum verformt werden.

Matrix

Die Matrix hat primär die Aufgabe, die Zelle bzw. die Zellmembran gegen mechanische Belastungen zu schützen. Eine Matrix besteht aus

- Fasern – elastischen und kollagenen
- Grundsubstanz – Glykosaminoglykane und Proteoglykane
- Vernetzungs- und Verbindungsproteinen

Zugbelastung – Druckbelastung

Aus diesen physiologischen Erkenntnissen lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

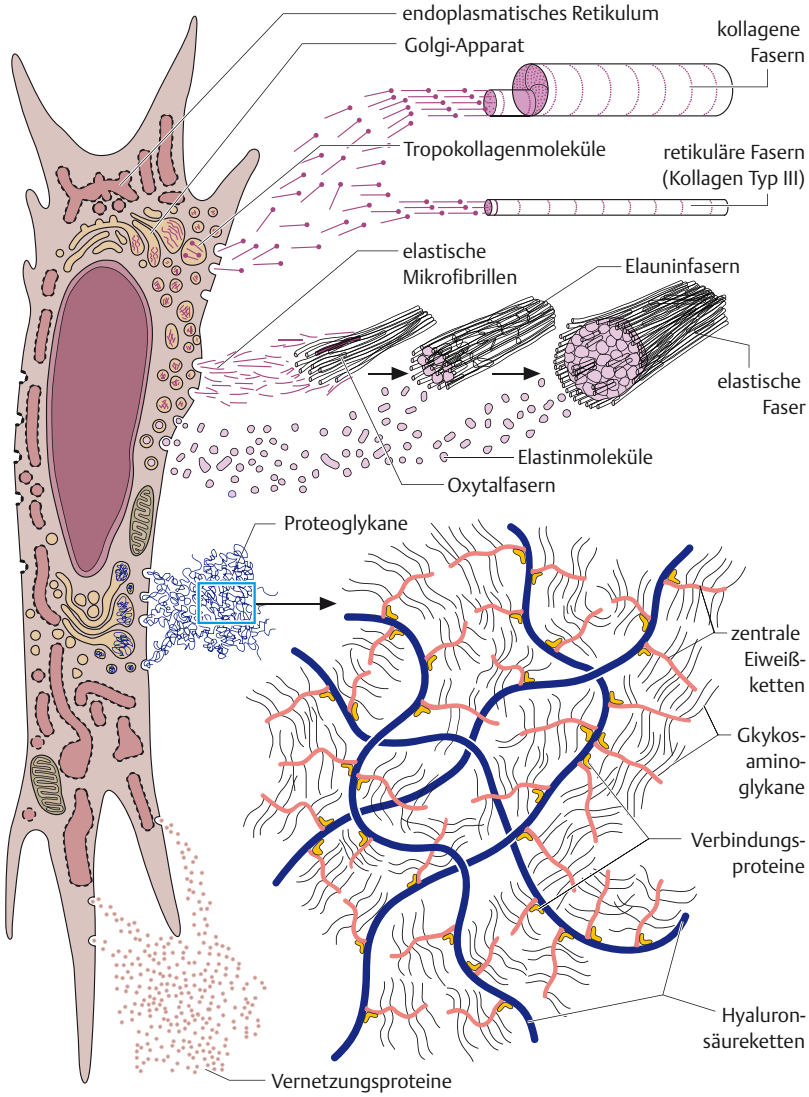


Abb. 1.31 Fibroblast und die extrazellulären Bestandteile, die er synthetisiert.

- Ein Patient hat eine Verletzung bzw. eine Degeneration einer Gelenkkapsel. Die Kapsel hat eine Struktur, die vorwiegend mit Zugbelastungen konfrontiert wird; demzufolge findet man in ihrem Gewebe Fibroblasten und eine entsprechende Zusammensetzung der Matrix. Damit die Zelle während der Wundheilung in der Lage ist, die Wunde so zu reparieren, dass dabei das entstehende Gewebe genau den gleichen Aufbau, die gleiche Funktion und Stabilität erhält wie das ursprüngliche Gewebe, muss die Zelle in dieser Phase mit wiederholten Zugbelastungen – Bewegungen des Gelenks – konfrontiert werden. Selbstverständlich muss die Belastung am Anfang so reduziert sein, dass keine neue Verletzung entsteht.
- Hat ein Patient dagegen eine Verletzung oder Degeneration seines Gelenkknorpels, braucht er für die Regeneration des Gewebes eine regelmäßige Druckbelastung im Gewebe. Auch hier muss anfänglich die Belastung angepasst und reduziert sein, damit keine neue oder weitere Schädigung verursacht wird.

Leider sieht man in der Praxis immer noch, dass Patienten mit Gelenkknorpelbeschwerden mit Traktion und einer Reduktion der Belastung behandelt werden. Unter physiologischen Aspekten ist das nicht zielführend. Entsprechend der Physiologie braucht das Gelenk intermittierende Kompressionen und der Patient muss angehalten werden, sein Gelenk öfter und wenn möglich länger zu belasten. Damit die Belastungsreize durch das Körpergewicht gerade für die Gelenke der Beine nicht zu groß sind, können unter Umständen Unterarmgehstützen eingesetzt werden.

Bandscheibe

Hat der Patient eine Verletzung der Bandscheibe – wobei es sich in den meisten Fällen um eine Verletzung des Anulus fibrosus handelt –, muss sich der Therapeut überlegen, wie der geeignete Belastungsreiz aussieht. Der Name Anulus fibrosus deutet bereits an, dass das Gewebe faserreich ist und demzufolge Fibroblasten besitzen muss. Die normale Belastung dieses Gewebes ist also eine Zugbelastung. Damit die Bandscheibe während der Wundheilung in der Lage ist, das Gewebe funktionsgerecht aufzubauen, muss das Gewebe mit einer dosierten Zugbelastung konfrontiert werden. Der Patient muss die Wirbelsäule in Flexions- sowie in Rotationsrichtung bewegen. Die Rotationsbelastung ist wichtig, weil die meisten Fasern des Anulus fibrosus einen schrägen Aufbau und Verlauf haben. Auch hier müssen die Belastungen natürlich unbedingt im schmerzfreien Bereich durchgeführt werden. Voraussetzung ist dabei, dass der Patient eine funktionierende Schmerzwahrnehmung hat.

Meniskus

Bei Verletzungen der Menisken des Kniegelenks müssen wir ähnliche Überlegungen anstellen. In der Literatur werden unterschiedliche Funktionen der Menisken angegeben. So wird immer wieder verbreitet, die Menisken hätten eine gewichttragende und stoßabsorbierende Aufgabe. Histologisch betrachtet besteht ein Meniskus überwiegend aus kollagenen Fasern Typ I. Damit ist eine gewichttragende Funktion dieser Struktur zweifelhaft. Kollagen Typ I wird gebildet, wenn auf die Zelle bzw. das Gewebe Zugbelastungen einwirken. Zugbelastungen wirken auf die Menisken vor allem während Rotationsbewegungen im flektierten Kniegelenk ein. In der Rehabilitation nach einer Meniskusverletzung muss genau für diese Reize gesorgt werden: für Zugbelastungen durch Rotationen im flektierten Kniegelenk.

Merke Wenn wir wissen, wie ein bestimmtes Bindegewebe aufgebaut ist und was seine normale physiologische Belastung ist, dann wissen wir auch, welche Belastungsreize im Training und in der Rehabilitation gesetzt werden müssen.

1.4.3 Wundheilungsphasen

Der nächste wichtige Pfeiler für eine erfolgreiche Rehabilitation ist die Kenntnis über der Ablauf der Wundheilung in den verschiedenen Geweben. Aus diesen Abläufen lässt sich ableiten, in welcher Dosierung die physiologischen Belastungsreize in den verschiedenen Wundheilungsphasen durchgeführt werden müssen. Direkt nach der Verletzung, die in den meisten Fällen nicht nur eine Verletzung des Bindegewebes, sondern auch der Gefäße ist, kommt es zu einer Blutung. Der Prozess der Blutgerinnung wird initiiert und gleichzeitig werden Prozesse angeregt, die die Wundheilung einleiten. Der gesamte Prozess gliedert sich in folgende Phasen:

- Entzündungsphase
- Proliferationsphase
- Umbauphase

Entzündungsphase

Die erste Phase der Wundheilung wird Entzündungsphase genannt. Sie wird unterteilt in

- vaskuläre Phase – Verletzungstag bis 2. Tag
- zelluläre Phase – 3.–5. Tag nach der Verletzung

Vaskuläre Phase der Entzündungsphase

Hauptziel dieser Phase ist es, die Blutung durch das Auslösen einer Blutgerinnung zu stoppen. Wichtig ist jetzt, den Druck auf das Gefäßsystem so gering wie möglich zu halten, damit zuerst die Gefäßkontraktion und später der Thrombus das Gefäß verschließen können. Aus diesem Grund ist die geschädigte Struktur in dieser Phase höher zu lagern als das Herz – zur Blutdrucksenkung –, ebenso ist eine leichte Kompression sinnvoll.

Kontraproduktiv wären zu diesem Zeitpunkt die Applikation von Wärme sowie auch alle anderen Faktoren, die den Blutdruck ansteigen ließen.

In dieser Phase kommen alle bekannten Zeichen einer Entzündung vor wie Rötung, Erwärmung, Schwellung, Schmerzen und eine gestörte Funktion. Diese Veränderungen sind normale Zeichen eines physiologischen und vom Gewebe gewollten Prozesses und werden durch die Freisetzung von Schmerz- und Entzündungsmediatoren – Prostaglandin 2, Histamin, Substanz P, Bradykinin, Thromboxan, Prostacyclin, Serotonin usw. – verursacht.

Exkurs – Therapie mittels Friktionen

Bei einigen schlecht durchbluteten Geweben wie Sehnen, Bändern und deren Insertionen kann es passieren, dass es bei der Verletzung nur zu einer ganz geringen Gefäßverletzung und damit einer sehr geringen Entzündungsreaktion kommt. Eine geringe Entzündung bedeutet aber meistens auch schlechte Wundheilungsbedingungen.

Bei solchen Verletzungen werden in der Physiotherapie häufig Friktionen in der Therapie eingesetzt. Die Friktionen sorgen dafür, dass lokal, durch die mechanische Stimulation der Mastzellen, Histamin – bei kurzer Friktionen von wenigen Minuten – und/oder Prostaglandin 2 – bei länger durchgeführten, 15–30-minütigen Friktionen – freigesetzt werden (**Abb. 1.32**). Der Therapeut versucht also künstlich im Gewebe eine Entzündung zu aktivieren, damit die Wundheilung besser ablaufen kann. Auch bei der Therapie mit Ultraschall nutzt man diese Wirkung aus.

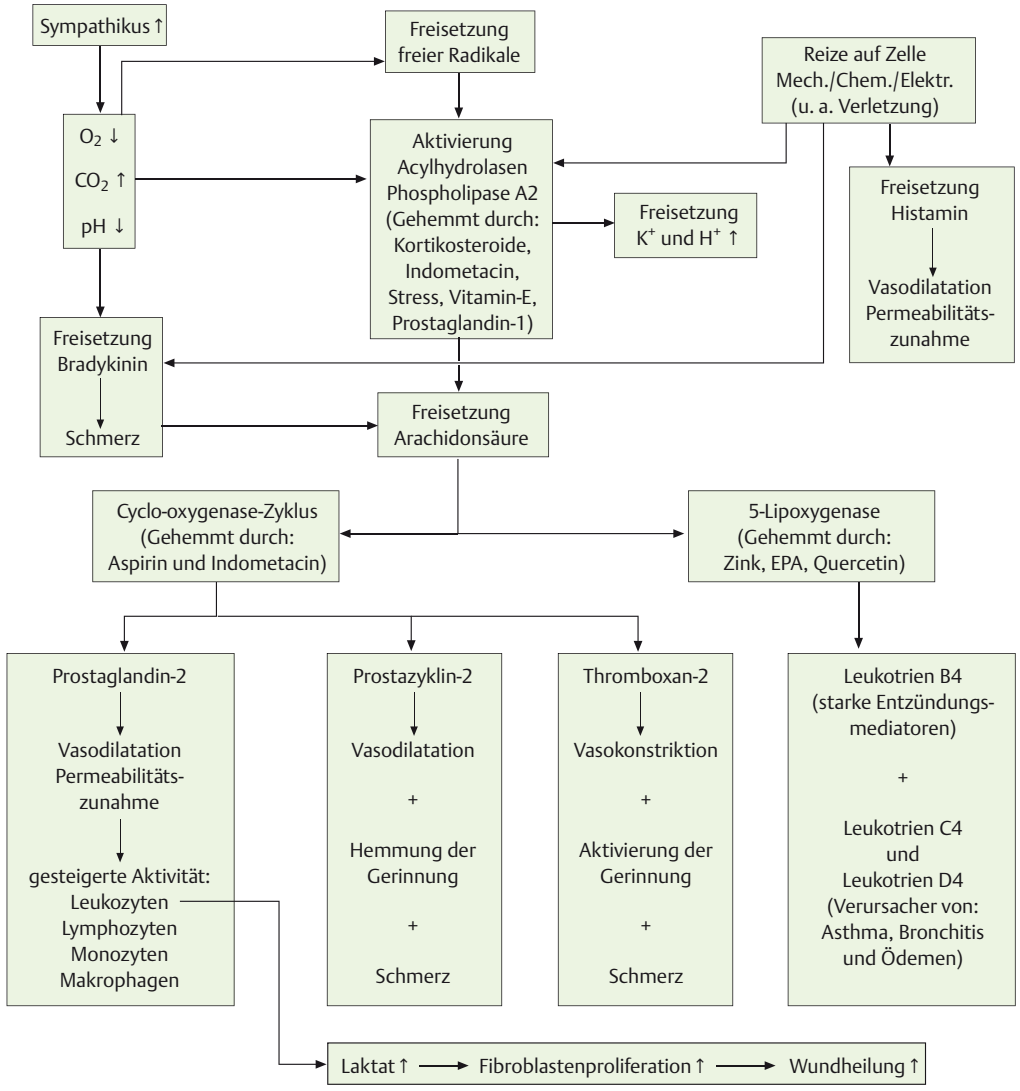


Abb. 1.32 Biochemische Effekte einer Friktionsmassage.

Schmerz

Schmerz und die durch ihn entstehende Bewegungslimitierung schützen den Körper rechtzeitig vor zu hohen Belastungen, die erneut Verletzungen und Blutungen verursachen könnten. Selbstverständlich hat das Gewebe nach einer Verletzung nicht die Stabilität eines intakten Gewebes. Damit der Körper über die reduzierte Belastbarkeit im Gewebe informiert wird, sorgen die nach der Verletzung freigesetzten Schmerzmediatoren dafür, dass die Reizschwelle der Schmerzrezeptoren herabgesetzt wird. Dies hat zur Folge, dass bereits bei einer geringen Belastung im Gewebe die Schmerzrezeptoren aktiv werden und im Zentralnervensystem einen Schmerzreiz auslösen. Das Ignorieren dieses Warnsignals durch den Patienten oder durch den Therapeuten ist ein Fehler – wiederkehrende Verletzungen sind die Folge, die Wundheilung wird gestört. Aus diesem Grund wird während der Entzündungsphase das verletzte Gewebe meistens ganz oder teilweise immobilisiert und geschont.

Exkurs Schmerzphysiologie Wenn Schmerzen irgendwo im Körper erzeugt werden, z. B. durch eine Verletzung, werden Nozizeptoren im Gewebe aktiviert, die ihre Aktionspotenziale über periphere Nerven zum Hinterhorn im Rückenmark schicken.

Schmerzreize werden geleitet über
- nichtmyelinisierte, langsame C-Fasern
- über dünn myelinisierte, schnelle A-Delta-Fasern.

Die C-Fasern aktivieren Zellen im Bereich von Lamina II des Hinterhorns, die A-Delta-Fasern dagegen Zellen im Lamina V.

Vom Hinterhorn wird diese Information über verschiedene Bahnensysteme zum verlängerten Rückenmark, zur Pons und zum Kortex weitergeleitet.

Der A-Delta-Schmerz benutzt hierzu überwiegend den auf der kontralateralen Seite – anterior – im Rückenmark verlaufenden Tractus spinothalamicus, der als primäre Anlaufstelle die lateralen Kerne des Thalamus hat (**Abb. 1.33a**). Von hier aus wird die Information zum sensorischen Kortex weitergeleitet, wo der Schmerz dann bewusst wahrgenommen wird. Zudem wird hier auch die genaue Lokalisation des Schmerzes im Körper ermittelt. Außer dem Tractus spinothalamicus werden auch noch Bahnensysteme auf der homolateralen Seite – posterior – im Rückenmark verwendet, die aber auch den lateralen Thalamus als Anlaufstelle haben.

Der C-Faser-Schmerz benutzt Bahnensysteme, die zum Teil im grauen Rückenmark liegen, aber auch einen ontogenetisch älteren Tractus spinothalamicus sowie propriospinale Bahnen wie den Tractus von Lissauer (**Abb. 1.33b**). Diese Bahnsysteme leiten den Schmerz zum Formatio reticularis, zum Hypothalamus und zu den medialen Kernen des Thalamus. Von hier aus geht dann die Information zum limbischen System. Hier findet primär eine emotionale Beurteilung des Schmerzes statt, was bedeutet, dass hier die emotionalen Reaktionen bzw. das Verhalten des Patienten auf Basis des Schmerzes koordiniert werden.

Der Schmerz löst auf verschiedenen Ebenen im Zentralnervensystem Reaktionen aus.

So gibt es

- spinale Reflexaktivitäten – z. B. Zurückziehreflex, der aber auch von höheren Strukturen aus koordiniert wird
- Reaktionen im Bereich des Formatio reticularis – Tonuserhöhung der quergestreiften Muskulatur
- Erhöhung der Wachsamkeit
- Veränderungen im vegetativen Nervensystem – Sympathikussteigerung
- erhöhte Freisetzung von Stresshormonen über den Hypothalamus – Adrenalin, Kortisol – und Beeinflussung des vegetativen Nervensystems

Schmerzhemmende Medikamente

An dieser Stelle sei kurz auf die Gefahr schmerzhemmender Medikamente in dieser Phase der Wundheilung hingewiesen. Interessanterweise sieht man, dass bei der Produktion von Autos immer mehr Sicherheitssysteme eingebaut werden, damit der Fahrer über jeder Störung im Auto rechtzeitig informiert wird. Dies passiert über viele Warnlämpchen im Armaturenbrett. Brennt so ein Lämpchen, dann weiß der Fahrer, es könnte etwas kaputtgehen oder es funktioniert etwas nicht richtig. Unser Körper kennt nur ein „Lämpchen", den Schmerz. Er warnt uns davor, Strukturen zu schädigen. Leider wird ihm nicht immer die gleiche Bedeutung wie den Warnlämpchen im Auto beigemessen. In der Regel werden nach Operationen und Verletzungen schmerzhemmende Medikamente verschrieben; die Folge kann sein, dass der Patient sein Gewebe wie „normal" belastet, eigentlich aber in dieser Phase überlastet und die Wundheilung stört.

Mit ein bisschen Zeit und Geduld wären Schmerzhemmer vermeidbar. Viele Menschen und vor allem Sportler glauben aber, diese Zeit nicht zu haben. Das Ergebnis sind nicht selten ein länger dauernder Wundheilungsprozess und Probleme, die länger anhalten. Selbstverständlich gibt es aber auch Patienten, die sehr große Schmerzen haben. In diesen Fällen ist natürlich die Benutzung von schmerzhemmenden Medikamenten eine Notwendigkeit und für den Patienten ein Segen. Zudem könnte die Gefahr einer Chronifizierung des Schmerzes bestehen. Wichtig ist, die verletzte Struktur gerade bei der Einnahme von Schmerzhemmern zu schonen.

Der negativen Einfluss von schmerzhemmende Medikamente auf der Wundheilung wurde in folgenden Studien nachgewiesen: Brower und Johnson 2003, Dormus et al. 2003, Northcliffe u. Buggy 2003, Bislo u. Tanelion 1992, sowie Scherb et al 2009.

Weitere Symptome: Rötung, Erwärmung, Schwellung

Die während der Wundheilung entstehenden Symptome wie Rötung, Erwärmung und Schwellung entsprechen der ganz normalen und notwendigen Physiologie. Nach der Verletzung müssen die Zellen in die Lage gebracht werden, eine Reparatur durchzuführen. Hierfür müssen die Zellen verstärkt und beschleunigt eine Synthese von Matrixbestandteilen durchführen, damit die Wunde geschlossen werden kann. Dies bedeutet, dass die Zellen plötzlich viel mehr Nährstoffe, Vitamine, Enzyme und Sauerstoff brauchen. Diese Stoffe werden über das Gefäßsystem zu den Zellen transportiert und das Gewebe im Verletzungsbereich wird deshalb stärker durchblutet. Das bedeutet aber, dass entzündungshemmende Medikamente die Wundheilung negativ beeinflussen, weil durch sie keine verstärkte Durchblutung im Gewebe entsteht. Es gibt viele Untersuchungen, die die negative Wirkung von entzündungshemmenden Medikamenten auf die Wundheilung nachweisen (Bergenstock et al. 2005, Kaftan et al. 2005, Marsolais et al. 2003, Murnaghan et al. 2006, Muscará et al. 2000, Sikiric et al. 2003, Tortland 2007, Yugoshi et al. 2002.

Freigesetzte Enzyme

Weiter werden in der vaskulären Phase der Wundheilung Enzyme freigesetzt, die das beschädigte Gewebe abbauen, damit es von Makrophagen aufgenommen werden kann. Diese Enzyme sind Kollagenasen zum Abbau des Kollagens, Elastasen zum Abbau elastischer Fasern und Proteasen zum Abbau der Grundsubstanz. Während dieses Abbaus verliert das Gewebe noch etwas mehr von seiner Stabilität.

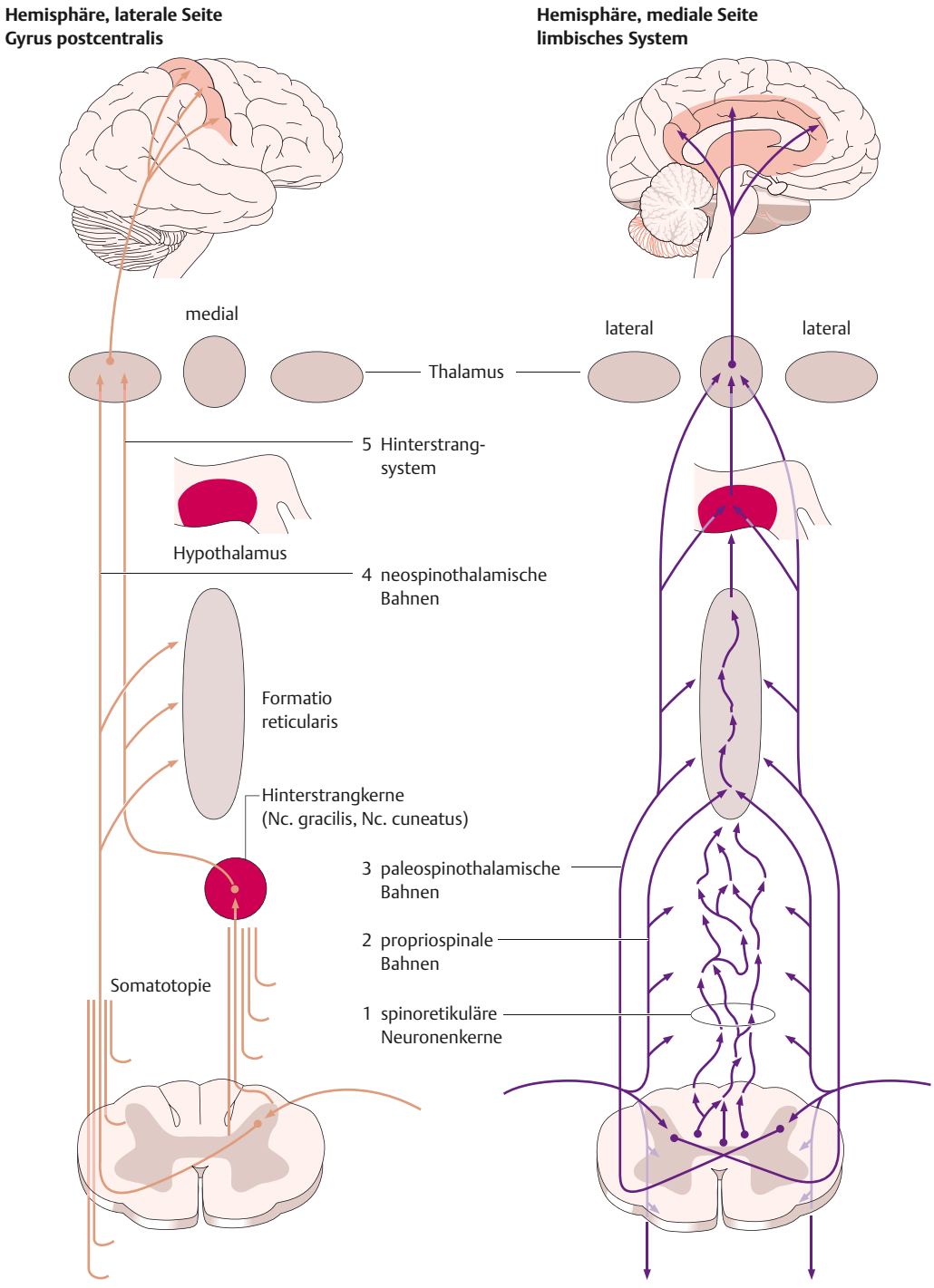


Abb. 1.33 Schmerzbahnen.
a A-fasriger Schmerz, dick-afferenter Schmerz, „Zurückziehreaktion“.
b C-fasriger Schmerz, dünn-afferenter Sschmerz, „Schmerzverarbeitung“ (Wundheilung).

Zelluläre Phase der Entzündungsphase

In der zellulären Phase kommt es zu einer Einwanderung von Zellen ins Verletzungsgebiet. Diese Myofibroblasten sind im Gegensatz zu den normalen Bindegewebszellen mobil.

Exkurs – Eisbehandlung

In der Entzündungsphase der Wundheilung wird recht häufig eine Kältetherapie – Eis, Eiswasser, Stickstoff – angewendet. Die Meinungen darüber, wie sinnvoll das ist, sind unterschiedlich.

Der Grund dafür, warum in diese Phase so gern zu Eistherapien gegriffen wird, ist wahrscheinlich die Tatsache, dass Eis einerseits den Schmerz hemmt und andererseits die Schwellung – zunächst – abnimmt, weil die Durchblutung im Verletzungsgebiet gedrosselt wird.

Aus physiologischer Sicht ist diese Therapieform sicherlich nicht gutzuheißen.

Die Kältetherapie löst auf Basis unserer Thermoregulation eine Vasokonstriktion aus. Der Grund ist der Versuch des Körpers, dafür zu sorgen, dass das Blut nicht gekühlt wird, weil damit die Körperkerntemperatur sinken würde. Wenn das geschieht, werden viele lebenswichtige Enzymprozesse gestoppt, was lebensbedrohend wäre – es käme zur Unterkühlung. Eine lokale Vasokonstriktion bedeutet, dass das Gewebe nicht mehr optimal durchblutet wird, was einer normalen Wundheilung entgegensteht.

Eine lang anhaltende Kältetherapie führt zu einer weiteren negativen Konsequenz: Die Nerven werden nur noch gedrosselt durchblutet. Nerven sind aber sehr sauerstoffabhängige Strukturen, die sehr schlecht und empfindlich auf jegliche Form der Durchblutungsabnahme reagieren. Dies führt zu der Freisetzung von vielen Neuropeptiden, die dann dafür sorgen, dass der Nerv anfängt, Schmerzsignale nach zentral zu schicken. Der Schmerz ist auch hier ein Zeichen einer drohenden Schädigung. Aus diesem Grund verspüren Menschen schon nach wenigen Minuten bei einer Eisapplikation Schmerzen. Dieser Schmerz erlischt erst, wenn der Nerv funktionsunfähig ist.

Eine weitere Komplikation der Langzeiteisbehandlung ist das Auslösen eines Lymphödems durch die Tatsache, dass durch den lang anhaltenden Kältereiz die Epithelplatten des Lymphgefäßes so weit auseinandergleiten, dass sie sich nicht mehr schließen können. Hierdurch nimmt die Permeabilität des Lymphgefäßes zu und auch größere Eiweißmoleküle können das Lymphsystem verlassen. Wird der Eiweißgehalt außerhalb des Lymphgefäßes größer, so gleicht sich der kolloidosmotische Druck im Interstitium dem des Lymphsystems an und das Lymphsystem verliert seine wasseransaugende Wirkung.

Proliferationsphase

Die zweite Phase der Wundheilung ist die Proliferationsphase, sie legt etwa zwischen dem 5. und ca. 21. Tag. In dieser Phase wird durch die jetzt stark gesteigerte Produktion von Matrixkomponenten – überwiegend Kollagen Typ III – die Wunde geschlossen. Damit das Gewebe wieder den gleichen Aufbau wie vorher erhält, muss es mit normalen physiologischen Belastungsreizen konfrontiert werden.

Auch in dieser Phase der Therapie ist es weiterhin wichtig, Schmerzgrenzen zu respektieren. In der Medizin und auch in der Physiotherapie gibt es immer noch die Meinung, dass man Gewebe zur Heilung „zwingen“ kann. Äußerungen wie „Therapie hilft nur, wenn sie wehtut“ oder „Böses mit Bösem vertreiben“ existieren leider noch immer und oft werden Therapien unter Schmerzen durchgeführt. Oder Patienten bekommen vor der Therapie schmerzhemmende Medikamente, damit sie die Behandlung besser aushalten, mit der Begründung, dass man der Schmerzchronifizierung vorbeugen möchte, die bekanntlich dann entsteht, wenn Patienten ständig oder immer wieder mit starken Schmerzen konfrontiert werden.

Ein Argument für die Durchführung von Therapien unter Schmerzen ist, man wolle der Bildung von Narben vorbeugen. Diesen beugt man aber viel besser vor, wenn man den Patienten dazu animiert, selbst regelmäßig im schmerzfreien Bereich zu bewegen. Merkt der Patient, dass die Bewegungen schmerzfrei möglich sind, wird er viel eher bereit sein, sie oft am Tag zu wiederholen. Zudem wird der Patient sehr schnell merken, dass der schmerzfreie Bewegungsbereich ständig größer wird. Motorschienen können in diese Phase sehr sinnvoll sein. Sie können dem gewonnenen schmerzfreien Bewegungsbereich immer wieder angepasst werden. Hier muss man aber sehr darauf achten, die Motorschiene nicht bei jedem Patienten im gleichen Bewegungsumfang einzustellen, wie dies in manchen Krankenhäusern der Fall ist, sondern sie genau dem schmerzfreien Bewegungbereich anzupassen. Bei manchen Patienten stellt dies eine Überforderung, bei manchen eine Unterforderung des heilenden Gewebes dar.

Die Proliferationsphase kann in einigen, schlechter durchbluteten Geweben länger dauern – bis zum 28. Tag oder sogar noch länger.

In der Proliferationsphase wird die Wunde stabilisiert und durch die Aktivität der Myofibroblasten zusammengezogen. Man spricht von einer Wundkontraktion, die man auch bei größeren Verletzungen der Haut sehen kann. Die Wundränder werden zusammengezogen und die Wunde wird dadurch schneller geschlossen.

Narben im Bindegewebe der Sehnen, Bänder und Bandscheiben – nicht zu vergleichen mit Hautnarben – entstehen, wenn in der Proliferationsphase die normalen physiologischen Belastungen nicht auf das heilende Ge-

webe einwirken konnten. Es kommt dann zu einer Ablagerung von kollagenen Molekülen ohne jegliche Ausrichtung und Organisation.

Umbauphase

In der Literatur wird manchmal zwischen der Proliferations- und Umbauphase noch von einer Konsolidierungsphase gesprochen. Grundsätzlich sind die Übergänge im Rahmen der Wundheilung fließend.

Am Ende der Proliferationsphase ist die Wunde mit dem Kollagen Typ III geschlossen. In der anschließenden Umbauphase wird Kollagen Typ III in Kollagen Typ I umgebaut. Das Kollagen Typ III ist viel dünner als Kollagen Typ I und hat demzufolge natürlich eine deutlich geringere Belastbarkeit.

Damit Kollagen Typ III in Kollagen Typ I umgebaut werden kann, muss das Gewebe langsam stufenweise mit einer ansteigenden Belastung konfrontiert werden (Kap. 4.3). Für die Zelle bedeutet diese Belastung eine potenzielle Bedrohung, auf die sie mit einer Schutzreaktion reagiert, in diesem Fall mit verstärkter Kollagenproduktion.

Wie weit man in der Therapie die Belastung steigern sollte, ist sehr stark davon abhängig, welche Belastbarkeit das Gewebe des Patienten braucht. Unsportliche Menschen, deren Beruf auch nicht mit körperlicher Belastung verbunden ist, brauchen weniger Belastung als Sportler und Bauarbeiter.

Damit das Gewebe auf die applizierten Belastungsreize mit einer adäquaten Wundheilung und Reparatur reagiert, müssen bestimmte Bedingungen im Gewebe erfüllt werden: die sekundären Wundheilungsbedingungen.

Sekundäre Wundheilungsbedingungen

Kontrolle der Belastbarkeit des Gewebes

Damit der Patient die Kontrolle über die momentane Belastbarkeit im Gewebe hat, braucht er die Information der Schmerzrezeptoren. Aus diesem Grund stellt jeglicher Eingriff in die Schmerzweiterleitung eine Gefahr für die Wundheilung dar. Sind schmerzhemmende Medikamente in der Therapie notwendig, sollte man in dieser Phase mit einer mechanischen Belastung im Gewebe sehr zurückhaltend sein und eventuell das Gewebe immobilisieren.

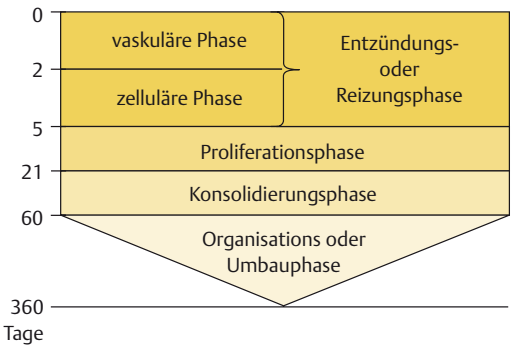


Abb. 1.34 Phasen der Wundheilung.

Durchblutung

Damit die Wundheilung optimal stattfinden kann, brauchen die Zellen eine ausreichende Menge an Nährstoffen, Vitaminen, Mineralien, Spurenelementen, Sauerstoff und Enzymen, um die notwendige und gesteigerte Produktion von Matrixkomponenten gewährleisten zu können. Die Verwendung entzündungshemmender Medikamente wirkt negativ auf diesen Prozess.

Die Durchblutung im Gewebe wird vom vegetativen Nervensystem, in diesem Fall vom Sympathikus, gesteuert. Ist die sympathische Reflexaktivität hoch, ist die Durchblutungssituation im Gewebe niedrig. Darum ist während der Wundheilung eine niedrige sympathische Reflexaktivität wichtig. Ein häufiger Grund für eine Steigerung der sympathischen Reflexaktivität sind Schmerz und damit verbunden Angst oder Stress. Der Patient sollte daher über die Ursachen des Schmerzes informiert werden und er sollte immer dafür sorgen, selbst keine Schmerzen zu provozieren; zudem sollten selbstverständlich durch die Therapie keine Schmerzen provoziert werden. Wichtig ist auch, den Patienten über den Ablauf der Wundheilung aufzuklären, damit er die Sicherheit bekommt, dass die Schmerzen mit fortschreitender Wundheilung von selbst nachlassen.

Einen anderen Grund für eine gestörte Durchblutung im Gewebe stellt das Rauchen da, wobei es egal ist, ob es sich um aktives oder passives Rauchen handelt. Es gibt mittlerweile ausreichend Untersuchungen, die nachweisen, dass das Rauchen einen negativen Einfluss auf die physiologischen Aufbauprozesse im Bindegewebe hat (Holm u. Nachemson 1988, Oda et al. 2004, Iwahashi et al. 2002, Pezeshki et al. 2007).

Ein weiterer Grund für eine reduzierte Durchblutung im Gewebe ist die Gefäßverengung durch Arteriosklerose. Die Ursachen dieser Gefäßerkrankung sind vielschichtig. Eine Rolle spielt sicherlich der übermäßige Verzehr von gesättigten Fettsäuren und raffiniertem Zucker (Kauppila 2009, Liu et al. 2009, Pezeski et al. 2007, Dwivedi et al. 2003, Kurunlahti et al. 1999, Turgut et al. 2008, Liu et al. 2009, Tokuda et al. 2006, Liuke et al. 2005).

Wenn das interstitielle Gewebe mit Abfallprodukten – Schlacken – angefüllt ist, ist der Transportweg vom Gefäß zur Zelle gestört. Die Zelle erhält nicht ausreichend die Nährstoffe, die für die Reparaturprozesse nötig sind, und man spricht von Verschlackung des Bindegewebes. Durch diese Veränderungen im Bindegewebe kommt es zu einer Reaktionsstarre. Die Zellen stellen ihre Syntheseaktivität zum größten Teil ein und das Gewebe kann seine norma-

len physiologischen Umbauprozesse nicht mehr durchführen.

Transportweg

Bei einem vorhandenen Lymphödem wird der Transportweg von der Kapillare zur Zelle verlängert. Nährstoffe erreichen die Zelle schwieriger. Aus diesem Grund kann es sinnvoll sein, den Abtransport der Lymphe zu unterstützen bzw. zu optimieren. Deshalb kann bereits in einem sehr frühen Stadium der Wundheilung Lymphdrainage indiziert sein.

Synthesebedingungen

Ein entscheidender Faktor für eine normale Syntheseaktivität der Fibroblasten ist der Säuregrad bzw. pH-Wert im Gewebe. Fibroblasten und Osteoblasten brauchen, damit sie eine Synthese durchführen können, einen pH-Wert im Gewebe von 6,5 oder höher. Sinkt der pH-Wert unter 6,5, können diese Zellen ihre normale Syntheseaktivität nicht mehr durchführen. Die einzige Bindegewebszelle, die auch bei niedrigem pH-Wert synthetisieren kann, ist der Chondroblast. Ein häufiger Grund für eine Übersäuerung im Gewebe ist der hohen Konsum von tierischem Eiweiß, Zucker, Kaffee, schwarzem Tee; aber auch Rauchen und Stress übersäuern.

Basis für eine normale Bindegewebssynthese ist eine ausreichende Menge Eiweiß, weil das Bindegewebe überwiegend aus Eiweiß aufgebaut wird. Aus diesem Grund sollte man auf eiweißreiche Nahrung achten, vor allem essenzielle Aminosäuren sind wichtig. Damit keine Übersäuerung stattfindet, sollte man die Eiweiße überwiegend aus pflanzlichen Produkten beziehen. Werden tierische Eiweiße konsumiert, sollte man darauf achten, mit der gleichen Mahlzeit ausreichend basische Nahrungsmittel zu sich zu nehmen.

Auch ein hoher Blutzuckerspiegel hat einen negativen Einfluss auf die Heilungsprozesse. Das bedeutet, dass Patienten mit einem Typ-I- oder Typ-II-Diabetes schlechtere Heilungsbedingungen haben.

Für die Stabilität des produzierten Bindegewebes sind vor allem die in der Nahrung vorhandenen Vitamine, Mineralien und Spurenelemente entscheidend. Damit die aufgenommenen Makronährstoffe in unseren Körper in verwertbare Mikronährstoffe umgesetzt werden können, brauchen wir, wie vorher bereits angeführt, einen gut funktionierenden Verdauungsapparat.

Wenn die Leber stark durch Gifte (Alkohol, Medikamente, Umweltgifte usw.) belastet wird, kann sie unter anderem ihre entgiftende und pH-Wert-stabilisierende Wirkung nicht mehr ausüben. Wenn die Leber in ihrer Funktion eingeschränkt ist, kann sie den Energiehaushalt nicht mehr optimal regulieren. Eine gestörte Leber-/Gallenblasenfunktion kann zudem zu einer gestörten Fettverdauung führen (Kap. 7.3.2).

Merke Die Freisetzung von Stresshormonen hat einen negativen Einfluss auf die Wundheilung sowie die physiologischen Umbau- und Regenerationsprozesse. Unter Stress produzierte Hormone wie Kortisol hemmen die Kollagensynthese.

1.4.4 Spezielle Bindegewebsphysiologie einiger Strukturen des Bewegungsapparates

Im Sport sieht man regelmäßig Verletzungen mit typischen Verletzungsmechanismen folgender Strukturen:

- Kapsel-Band-Apparat durch endgradige Bewegungen im Gelenk, häufig in Kombination mit großer Geschwindigkeit – ($F = M \times a$). Dies führt zu extremen Belastungen, die wiederum Hypermobilität oder sogar Subluxationen und Luxationen auslösen können, z. B. Schulterirritationen durch Wurfbewegungen
- Gelenkknorpel durch endgradige Bewegungen im Gelenk, hier in Kombination mit einer hohen axialen Belastung im Gelenk. Vor allem sind die Knorpelflächen gefährdet bei Traumata wie z. B. dem Inversionstrauma des Fußes
- Menisken durch schnelle und/oder endgradige Rotationen im flektierten Kniegelenk
- Bandscheiben durch schnelle und/oder endgradige Rotationsbewegungen in Flexion, häufig auch in Kombination mit hoher axialer Belastung
- Muskel-Sehnen-Apparat – Muskelbauch, Sehne, Insertion – durch kräftige und/oder schnelle Kontraktionen unter Vordehnung des Muskels
- Nervensystem – vor allem periphere Nerven – durch exzessive Dehnungen des Nervs, aber vor allem auch durch erhöhten Druck. Durch den Druck kommt es zu einer gestörten – reduzierten – Durchblutung und zu einer gestörten Mobilität des Nervs. Auslöser hierfür können sein
  - hypertone Muskeln
  - Hämatome
  - Kallusbildung
  - Narben

Belastung und Belastbarkeit

Bei all diesen Verletzungen geht es natürlich wie immer um das Gleichgewicht zwischen Belastung und Belastbarkeit (Kap. 1.2). Die oben beschriebenen Belastungen sind für den jeweiligen Sportler normal und alltäglich, der Körper hat sich darauf durch viele Wiederholungen über lange Zeit, Monate bis Jahre, eingestellt – nach dem Prinzip der Adaptation.

Werden aber Belastungen zu schnell gesteigert, entstehen Verletzungen.

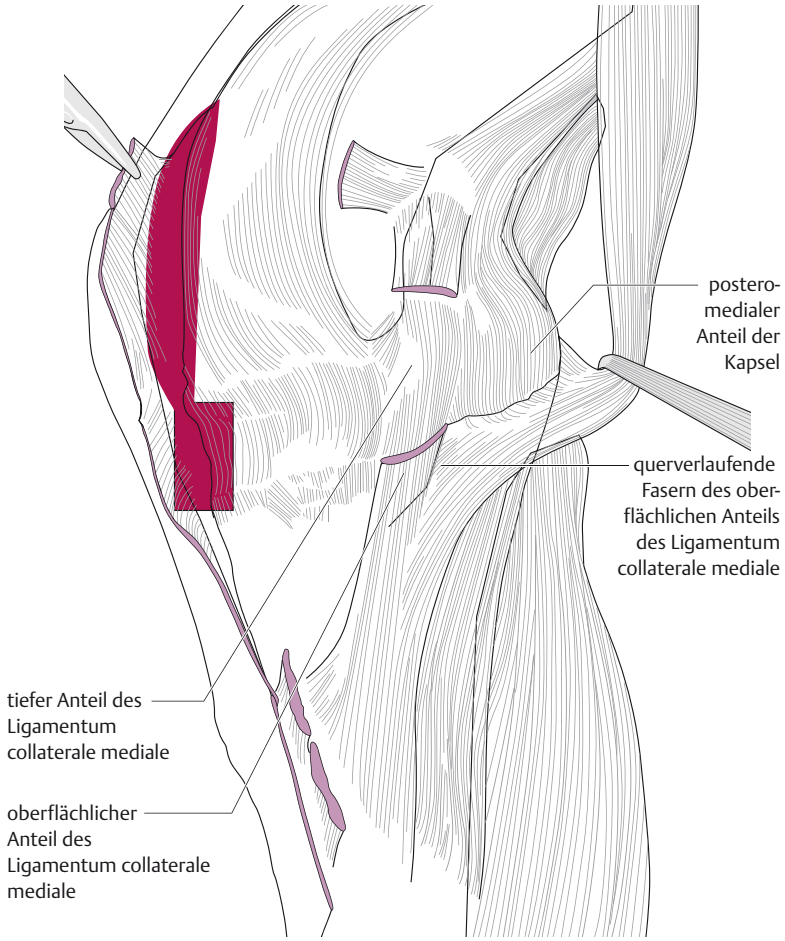


Abb. 1.35 Gelenkkapsel und Bänder am Beispiel des Kniegelenks.

Sinkt die Belastbarkeit, z. B. durch
- Krankheit
- schlechte Ernährung
- Stress usw.

kann die Grenze der Belastbarkeit schnell erreicht und überschritten werden.

Bänder und Gelenkkapsel (Ligamente)

Der Gelenkkapsel (**Abb. 1.35**) besteht aus 2 Schichten:
- Membrana fibrosa = äußere, weiße Schicht, die kollagenhaltig ist und der Kapsel Stabilität verleiht. Sie besteht aus einem ungeformtem Netzwerk von kollagenen Fasern – primär Kollagen Typ I –, das sich durch seinen netzförmigen Aufbau groß entfalten kann und damit Mobilität für das Gelenk erlaubt.
- Membrana synovialis = Schicht der Gelenkkapsel, die stark gefaltet an der Innenseite liegt und für die Produktion und Resorption der Synovialflüssigkeit zuständig ist. Sie besteht aus lockerem Bindegewebe – Subintima – und an der Innenseite aus synovialen Deckzellen – Intima (**Abb. 1.36**).

Aufbau und Verletzungen

Interkapsuläre Bänder

Weil die Membrana fibrosa nur sehr dünn ist und damit dem Gelenk nicht sehr viel Stabilität bieten kann, gibt es in vielen Gelenken an bestimmten Stellen Verdickungen der Membrana fibrosa. Sie entstehen durch eine lokal gesteigerte Kollagenproduktion, weil diese Stelle der Kapsel vermehrt und verstärkt belastet wird. Die Verdickungen der Membrana fibrosa werden interkapsuläre Bänder genannt. Beispiele für solche Kapselverdickungen sind das Ligamentum collaterale mediale im Knie und das Ligamentum talofibulare anterior im Sprunggelenk. Es handelt bei diesen interkapsulären Bändern also um Teile der Kapsel, was bedeutet, dass dortige Verletzungen immer wieder zusammenwachsen werden. Operative Eingriffe, um die gerissenen Bandanteile zu nähen, sind normalerweise nicht notwendig.

Extrakapsuläre und intrakapsuläre Bänder

Neben den interkapsulären gibt es extrakapsuläre Bänder – z. B. Ligamentum collaterale laterale im Knie – und intrakapsuläre Bänder – z. B. Kreuzbänder im Knie. Diese

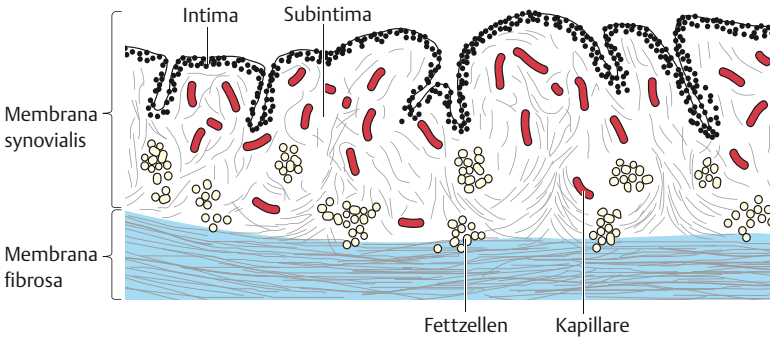


Abb. 1.36 Aufbau einer Gelenkkapsel: Membrana fibrosa und Membrana synovialis mit Intima und Subintima.

Bänder haben keine Verbindung mit der Membrana fibrosa. Reißen diese Bänder durch ein Trauma, müssen sie operativ refixiert werden. In den meisten Fällen werden diese Bänder durch körpereigenes Material ersetzt – z. B. dient die Gracilissehne als Ersatz für das vordere Kreuzband.

Gelenkkapsel

Die Gelenkkapsel ist gut durchblutet und reich innerviert. Durch die gute Innervation bekommt unser zentrales Nervensystem permanent Informationen über Bewegungen und/oder die Haltung, also die Position im Gelenk. Über die permanente Information der statischen Rezeptoren – Typ I – findet eine konstante Steuerung unseres Muskeltonus statt, wodurch wir in der Lage sind, gegen die Schwerkraft aufrecht zu bleiben (tonischer Respons). Die Typ-I-Rezeptoren adaptieren nicht bzw. sehr langsam und sind damit in der Lage, das Nervensystem permanent zu informieren.

Über die dynamischen Rezeptoren – Typ II – erhält das zentrale Nervensystem Informationen über Bewegungen im Gelenk und kann auf diese Weise die muskuläre Gelenkstabilität und das Gleichgewicht koordinieren. Diese Rezeptoren werden nur durch Spannungsänderungen der Gelenkkapsel stimuliert und adaptieren sehr schnell bei einer gleichbleibenden Spannung der Kapsel.

Weiter ist die Kapsel reich mit Schmerzrezeptoren bestückt, was bedeutet, dass sie nach Verletzungen und anschließenden Entzündungen wehtut.

Synovialflüssigkeit

Die gute Durchblutung der Kapsel ermöglicht eine gute Versorgung des Gewebes mit Nährstoffen, die über Diffusion vom Gefäßsystem zu den Zellen gelangen. Im kapillaren Bereich treten Flüssigkeit und darin aufgelöste Stoffe aus dem Gefäßsystem aus. Diese Flüssigkeit diffundiert durch die Gelenkkapsel und landet in der Gelenkhöhle. Dort angekommen nennt man sie Synovialflüssigkeit. Sie ist ein Filtrat des Blutes und damit reich an Sauerstoff, Nährstoffen, Zucker und Vitaminen. Die Membrana synovialis resorbiert permanent Synovialflüssigkeit aus dem Gelenk, um sie an Venen und Lymphgefäße abzugeben. So entsteht ein permanenter Austausch von Synovialflüssigkeit; sie wird stetig erneuert. Dies ist wichtig, weil der Gelenkknorpel sich aus der dieser Flüssigkeit ernährt. Der konstante Austausch wird von den Gelenkbewegungen unterstützt und sorgt dafür, dass nur eine ganz geringe Menge Flüssigkeit im Gelenk vorhanden ist. Durch die geringe Flüssigkeitsmenge entsteht eine sehr hohe Adhäsionskraft zwischen den Knorpelflächen, die dafür sorgt, dass die Gelenkflächen immer miteinander in Kontakt bleiben, wie z. B. die Gelenkflächen in den Gelenken der unteren Extremität während der Schwungbeinphase oder sogar beim Wegtreten eines Balles.

Arthritis

Nach einer Verletzung der Kapsel kommt es auch zu Gefäßverletzungen. Dies führt direkt zu einer starken Entzündungsreaktion, der Arthritis. Die Entzündung ist zwar von Vorteil für die Wundheilung; nachteilig ist jedoch, dass jetzt mehr Flüssigkeit aus dem Gefäßsystem austritt und damit auch mehr Flüssigkeit im Gelenk ankommt. Durch diese größere Flüssigkeitsmenge im Gelenk wird die Adhäsionskraft zwischen den Knorpelflächen reduziert, die Stabilität des Gelenks leidet. Ein anderer großer Nachteil der Gelenkkapselentzündung ist, dass die hier entstehenden Entzündungsmediatoren in die Synovialflüssigkeit gelangen und den Gelenkknorpel angreifen können. Aus diesem Grund soll der Sportler bei einer Arthritis aufgefordert werden, das Gelenk so viel wie möglich zu schonen, nur im schmerzfreien Bereich zu bewegen sowie axiale Belastungen zu reduzieren.

Crosslinks

Werden Gelenke ruhiggestellt – z. B. nach Operationen und/oder Traumata des Gelenks oder auch durch andere Ursachen wie eine Fraktur in der Nähe des Gelenks –, werden die Zellen weniger zur Synthese stimuliert, wodurch die Produktion von Matrixkomponenten abnimmt. Vor allem der dann entstehende Verlust von Grundsubstanz sorgt dafür, dass die kollagenen Fasern in der Membrana fibrosa sich immer mehr annähern können. So können Bindungsbrücken zwischen den einzelnen Fasern entstehen: die pathologischen Crosslinks. Crosslinks reduzieren

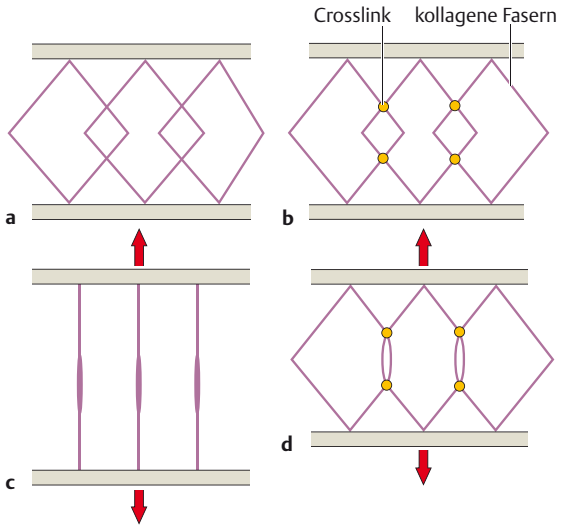


Abb. 1.37 Schematische Darstellung eines Gitternetzes.
a Im entspannten Normalzustand.
b Entspannt mit pathologischen Crosslinks.
c Im belasteten Normalzustand.
d Belastet mit pathologischen Crosslinks.

die Fähigkeit des kollagenen Netzwerks, sich aufzufalten, und verringern damit die Mobilität des Gelenks.

Verklebungen

Neben der Bildung von Crosslinks kann auch die Bildung von Verklebungen zwischen Kapselanteilen, den Kapselfalten, in einigen Gelenken für Bewegungseinschränkungen verantwortlich sein. Diese Verklebungen kennt man nur am Knie-, Ellenbogen- und Schultergelenk. Sie entstehen durch Fettansammlungen auf der Innenseite der Gelenkkapsel, wodurch eine starke Adhäsion zwischen beiden Teilen der Gelenkkapsel entsteht.

Therapie

Die Therapie bei einer Arthritis besteht primär aus Bewegen im schmerz- und widerstandsfreien Bereich. Dafür eignen sich

- alle möglichen manualtherapeutischen Techniken wie intermittierende Traktionen, posteriore/anteriore Zusatzbewegungen
- aktive Bewegungen wie FBL, PNF etc.
- Pendelübungen

Wichtig ist, dass man die Therapie nicht forciert, das Gelenk nicht überlastet und es in „Ruhe" seine Wundheilung durchlaufen lässt. Eine funktionierende Schmerzwahrnehmung des Patienten ist notwendig. Ein Bagatellisieren der Verletzung ist auf alle Fälle zu vermeiden. Je länger die Kapsel entzündet ist, desto mehr wird der Gelenkknorpel angegriffen. Vor dem Infiltrieren entzündungshemmender Medikamente ins Gelenk wird gewarnt, weil diese Stoffe den Gelenkknorpel stark angreifen.

Die Therapie bei entstandenen pathologischen Crosslinks besteht aus regelmäßigem endgradigem Belasten der Gelenkkapsel. Diese endgradige Belastung, die nicht zu stark sein und sicher keine Schmerzen auslösen darf, sorgt dafür, dass die Fibroblasten das Enzym Kollagenase in großen Mengen freisetzen, die die pathologischen Crosslinks auflöst. Gleichzeitig erzeugt das endgradige Bewegen eine gesteigerte Produktion von Grundsubstanz, wodurch die Fasern wieder einen größeren Abstand zueinander bekommen.

Das Therapieergebnis ist hier aber sehr stark davon abhängig, wie viel Zeit der Patient selbst in seine „Heilung" investiert. Es geht hier nicht um Kraft oder Gewalt, sondern um Regelmäßigkeit! Es gilt „je öfter, umso besser" und nicht „je mehr Kraft, desto besser"!

Die einzige Veränderung, bei der Kraft in der Therapie eine Rolle spielt, ist bei der Kapselverklebung. Hier muss vom Therapeuten eine größere Kraft aufgebracht werden als die der Adhäsionskraft. Aus diesem Grund empfiehlt sich hier die Manipulation. Durch die hohe Geschwindigkeit wird die Belastung auf die Verklebungen erhöht. Deshalb werden Kapselverklebungen auch häufig unter Narkose mobilisiert bzw. manipuliert. Die Kapselverklebung ist übrigens die einzige Indikation für Narkosemobilisationen.

Gelenkknorpel

Der Gelenkknorpel synovialer Gelenke dient dem Schutz des subchondralen Knochens (**Abb. 1.38**). Der Gelenkknorpel kann sich im Gegensatz zum Knochen bei Belastungen sehr schnell verformen. Das bedeutet, dass die Stöße bei jeder Landung am Boden beim Gehen, Laufen und Springen durch eine minimale Verformung der Gelenkknorpel absorbiert werden. Wenn der Gelenkknorpel nach einer Schädigung, Degeneration oder Arthrose diese Aufgabe nicht mehr ausüben kann, wirken die Belastungen immer stärker auf den Knochen, was dann zu Schädigungen im subchondralen Knochenbereich führt. Weil der Knochen im Gegensatz zu dem Gelenkknorpel innerviert ist, führt dies dann zu Schmerzen während der Belastung.

Ich möchte auf dieser Stelle noch einmal auf den Vergleich mit der vollen und halb vollen PET-Flasche zurückgreifen. Nur wenn der Gelenkknorpel bzw. die Grundsubstanz mit Wasser gefüllt ist und das kollagene Netzwerk von Kollagen Typ II die Grundsubstanz stabilisiert, entsteht eine Struktur, die optimal in der Lage ist, Kompressionskräfte zu absorbieren (**Abb. 1.39**). Damit diese Struktur permanent in einer solchen optimalen Form vorhanden ist, müssen die Zellen im Gelenkknorpel ständig zur Synthese stimuliert werden; dies passiert durch einen regelmäßigen Wechsel zwischen Be- und Entlastung (**Abb.**

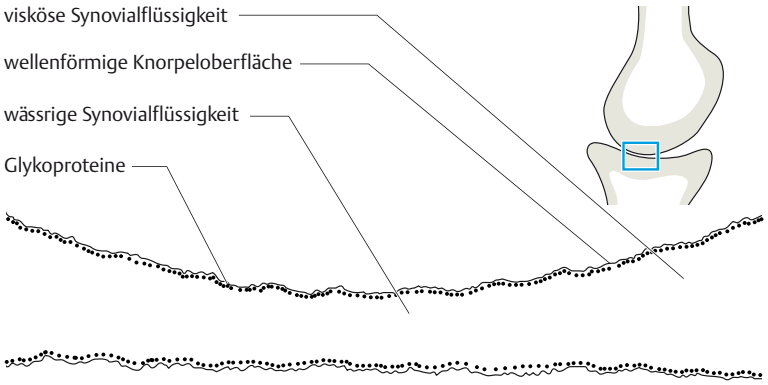


Abb. 1.38 Gelenk mit Gelenkspalt und Gelenkknorpel, der eine wellenförmige Oberfläche aufweist. Darauf liegen Glykoproteine, viskös und wässrige Synovialflüssigkeit.

1.40, Abb. 1.41). So bekommen die Zellen den notwendigen Reiz und die Informationen, die sie brauchen, um eine passende Matrix zu produzieren. Der Belastungswechsel sorgt auch dafür, dass der Gelenkknorpel ernährt wird und dass die elektrische Ladung im Gelenkknorpel permanent wechselt, man spricht von piezoelektrischer Aktivität, was zum einen die Zellaktivität stimuliert und zum anderen für die Organisation bzw. den Aufbau der produzierten Matrixkomponente verantwortlich ist.

Arthrose

Degenerationen des Gelenkknorpels entstehen, wenn der regelmäßige Wechsel zwischen Be- und Entlastung nicht mehr gewährleistet ist. Dies betrifft vor allem den nichtsportlichen Teil unserer Bevölkerung. Diese Menschen sitzen durchschnittlich 12 Stunden pro Tag und schlafen 8 Stunden, was bedeutet, dass die Gelenke max. 4 Stunden pro Tag belastet werden. Die hierdurch ausgelöste Degeneration und anschließende Arthrose werden dementsprechend Unterbelastungsarthrose genannt.

Bei Sportlern hat man eher das Gegenteil zu erwarten. Bei der Sportausübung entstehen häufig extrem hohe Belastungen im Gelenk. Dies könnte dann zu Überbelastungsarthrosen führen. Diese Arthroseform sieht man vor allem, wenn Sportler über eine bestimmte Periode ihre sportspezifische Belastung nicht ausüben konnten bzw. durften, z. B. während einer Erkrankung oder Verletzung.

Wenn der Sportler nach seiner Erkrankung oder Verletzung wieder beginnt – und vor allem wenn er dann versucht, mit der Trainingsbelastung anzufangen, die er vor der Verletzung hatte –, ist die Gefahr sehr groß, dass das Gleichgewicht zwischen Belastung und Belastbarkeit nicht gehalten wird. Das Problem ist natürlich, dass in der – erzwungenen – trainingsfreien Periode die Belastbarkeit im Bindegewebe sehr stark abgenommen hat. Der Sportler muss sich darauf einstellen, nach dieser Periode mit einer deutlich reduzierten Belastung anzufangen, um Verletzungen vorzubeugen.

Das große Problem bei der Arthrose ist, dass Patienten sehr schnell in einen Teufelskreis geraten. Durch die

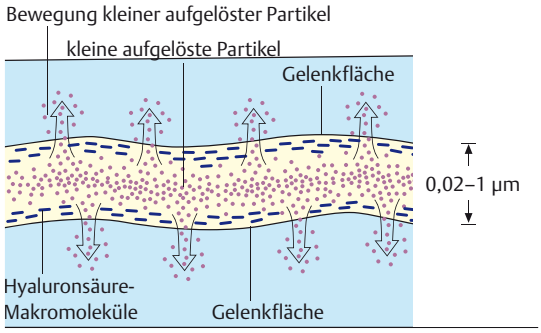


Abb. 1.39 Partikeltransport von der Synovialflüssigkeit zum Knorpel.

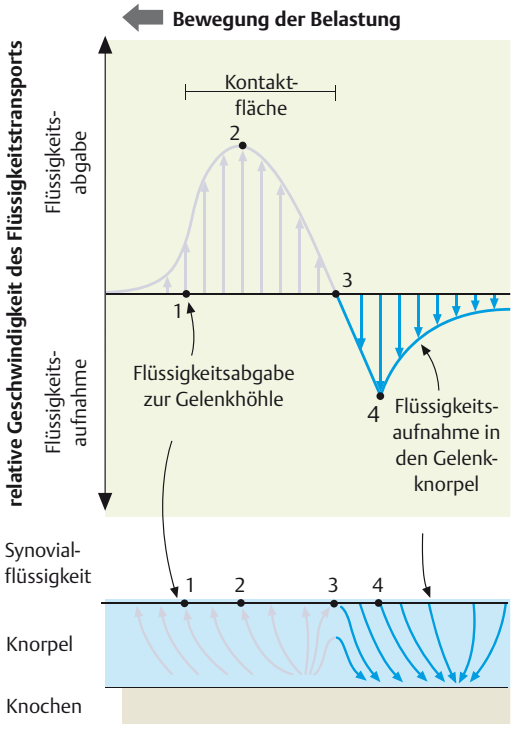


Abb. 1.40 Flüssigkeitstransport bei Be- und Entlastung.

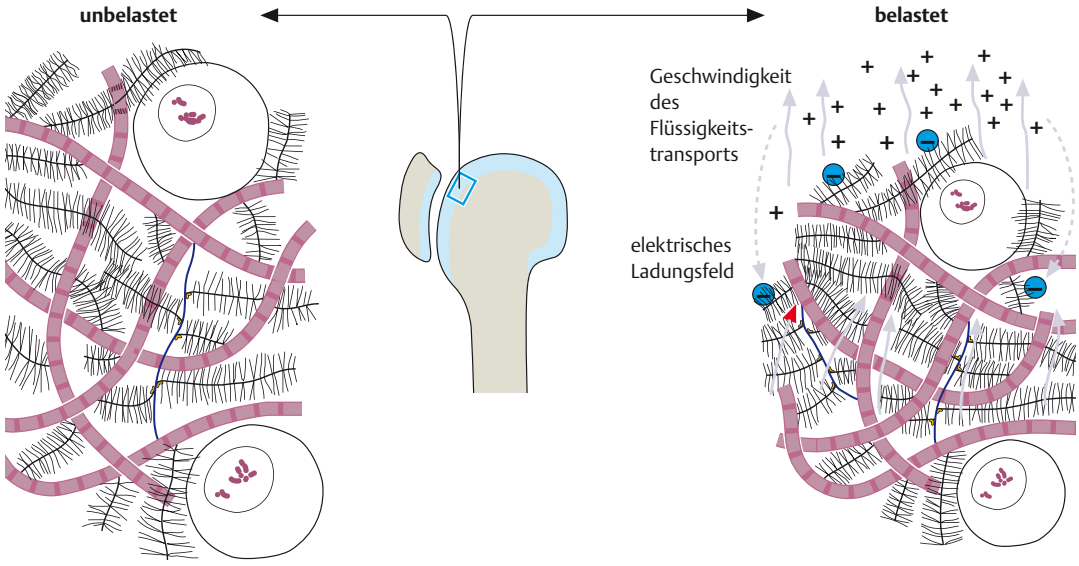


Abb. 1.41 Verformung des Knorpels während Belastung: Unter Belastung wird Wasser abgegeben. Die Ladung des Gewebes wird negativ.

Arthrose kommt es immer wieder zur Absprengung kleiner Knorpelfragmente, die wiederum in der Membrana synovialis eine Entzündung – Arthritis, auch aktivierte Arthrose genannt – auslösen, was wiederum den Gelenkknorpel verstärkt angreift.

Therapie

Die Therapie nach einer Schädigung oder Degeneration der Gelenkknorpel beruht auf einer Steigerung der Be- und Entlastungsreize im Gelenk. Dies kann durch ganz normale physiologische Belastungen während Alltagsbewegungen oder durch eine manuelle Intervention des Therapeuten passieren. Am einfachsten wäre es, den Patienten vermehrt – öfter und länger – gehen zu lassen. Stellt das eigene Körpergewicht eine zu große Belastung dar, kann es anfangs notwendig sein, das Gewicht durch den Einsatz von Gehstützen zu reduzieren. Wenn die gewünschte Gehstrecke erreicht ist, kann dann der Einsatz der Gehstützen allmählich abgebaut werden, bis man die Gehstrecke auch ohne Hilfsmittel bewältigen kann. Danach kann es unter Umständen sinnvoll sein, mit Zusatzgewichten zu arbeiten, z. B. wenn der Patient auch noch Einkäufe während des Spaziergangs erledigen möchte. Bei Sportlern ist es in der Regel sogar notwendig, mit Zusatzgewichten zu arbeiten.

Ist das eigene Körpergewicht zu groß, kann in der Therapie mit manuellen intermittierenden Kompressionen des Gelenks begonnen werden. Während dieser Therapie wird die Belastung langsam und stufenweise gesteigert. Der Belastbarkeit wird zwischendurch immer wieder durch einen Kompressionstest geprüft. Wird während des Tests ein Schmerz ausgelöst, so halbiert man den Druck und verwendet diesen als therapeutischen Reiz. Erst wenn während des Tests keine Schmerzen mehr ausgelöst werden, geht man auf Alltagsbelastungen über.

Meniskus

Die Menisken im Kniegelenk werden bei manchen Sportarten extrem belastet – Fußball, Tennis (speziell auf Hartplätzen), Skifahren, Hockey – und es kommt häufig zu Verletzungen.

Bei histologischer Betrachtung muss man feststellen, dass der Meniskus überwiegend – zu 90 % – aus kollagenen Fasern Typ I besteht (**Abb. 1.42**). Daneben sieht man eine kleine Menge elastische Fasern und etwas Grundsubstanz. Diese Zusammensetzung zeigt unmissverständlich, dass die Aufgabe der Menisken nicht das Tragen von Gewicht sein kann. Wenn sie diese Aufgabe hätten, so müssten die Menisken reich sein an Kollagen Typ II – deutlich mehr als die 1–2 %, über die sie verfügen – und an Grundsubstanz. Die Menisken bzw. die dort vorhandenen Zellen reagieren anscheinend primär auf Dehnungsreize und orientieren sich an diesen Reizen, die bei Rotationen im vorwiegend flektierten Kniegelenk entstehen. Außerdem entstehen Zugreize auf die Menisken während Be- und Entlastungen des Kniegelenks, weil die Menisken bei Belastung zwischen den Gelenkflächen herausgepresst werden und sich bei Entlastung wieder zwischen die Gelenkflächen hineinbewegen. Daraus lässt sich ableiten, dass der überwiegende Zellanteil in den Menisken Fibroblasten sein müssen.

Die Menisken sind im Bereich der äußeren zwei Drittel innerviert, was dann aber auch bedeuten muss, dass sie im gleichen Bereich durchblutet sein müssen. Es gibt in unserem Körper nie Nerven ohne Gefäße.

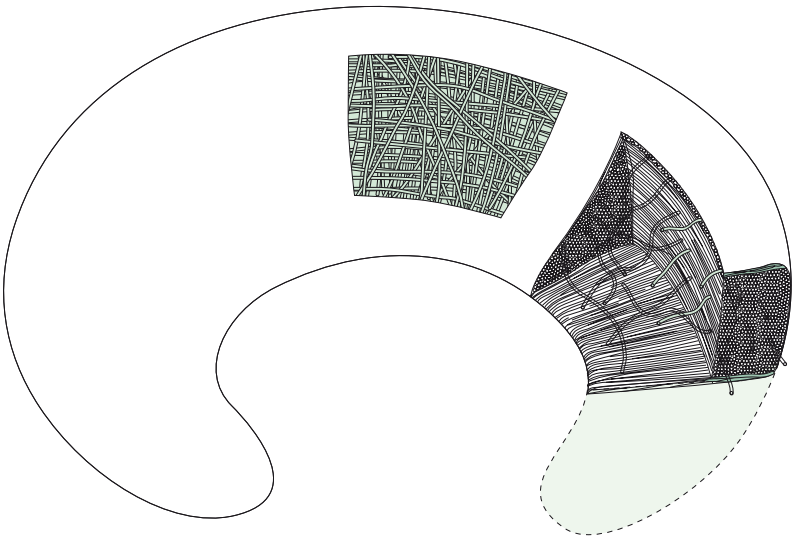


Abb. 1.42 Aufbau und Faserverlauf des Meniskus, verdeutlicht durch Fensterausschnitt und Schnitt in 3 Ebenen.

Therapie

Nach Verletzungen der Menisken müssen normale physiologische Belastungen auf die Zelle einwirken können. Das bedeutet, dass man die Menisken mit regelmäßigen Zugbelastungen konfrontieren muss. Dies erreicht man durch – anfänglich – kleine und langsame Rotationsbewegungen im flektierten Kniegelenk. Zu Beginn empfehlen sich diese Bewegungen aus der Bauchlage mit nur wenig Kompression im Kniegelenk. Die Kompression dient vor allem dazu, die Menisken auf den Femurkondylen zu fixieren, damit mehr Stress (in Form von Verformung bzw. Zugbelastung) auf die Menisken entsteht. Später werden dann die Bewegungen größer und schneller, die Belastung wird gesteigert. Letztlich führt der Patient im Stehen Rotationsbewegungen im Kniegelenk aus.

Bandscheibe

Die Bandscheibe kann auch durch Sportbelastungen verletzt werden. Sportarten wie Turnen und rhythmische Sportgymnastik verlangen der Wirbelsäule und damit auch den Bandscheiben sehr viel ab. Aber auch Sportarten wie Gewichtheben, Ringen, Kugelstoßen und Bobfahren usw. verursachen große Belastungen auf die Bandscheiben.

Grundsätzlich sollte man sich darüber im Klaren sein, dass sich das Wissen über den Aufbau und die Strukturen der Bandscheibe in aller Regel auf lumbale Bandscheiben bezieht. Vor allem hier trifft das Denkmodell des Rings und des inneren Kerns zu. In der Halswirbelsäule sieht die Bandscheibe grundsätzlich anders aus, weil hier die Scherbelastung auf die Bandscheibe viel größer ist und sie daher insgesamt viel faserreicher angelegt ist. Aber auch für lumbale Bandscheiben ist die eine klare Trennung in Anulus und Nukleus nur Theorie – diese klare Trennung ist nirgendwo in der Wirbelsäule möglich.

Es gibt einen großen Übergangsbereich zwischen Ring und Kern, in dem sich der histologische Aufbau allmählich vom Anulus zum Nukleus ändert. Diese Änderungen entstehen dadurch, dass sich die Form der Belastung, die auf die verschiedenen Teile der Bandscheibe einwirkt, langsam verändert. So ist die primäre Belastung im Anulusbereich eine Zugbelastung und deshalb reich an Fasern, im Nukleusbereich dagegen eine Druckbelastung und deshalb reich an Grundsubstanz.

Der fließende Übergang vom Anulus zum Nukleus liegt neben der Belastungskomponente auch in der Durchblutung. Normalerweise findet man nur im Anulus Gefäße, dies ist eine Bedingung für die Existenz von Fibroblasten. Tiefer in der Bandscheibe werden die Gefäße immer weniger. Hier herrscht ein Milieu, das für Chondroblasten geeignet ist. Im Laufe der Jahre sieht man, dass Gefäße immer tiefer in die Bandscheibe penetrieren. Das ist anscheinend der Grund, warum die Bandscheibe während der Alterung immer faserreicher und ärmer an Grundsubstanz wird. Je tiefer die Gefäße in die Bandscheibe eindringen, desto mehr Fibroblasten entstehen. Fibroblasten produzieren aber mehr Fasern als Grundsubstanz; die Folge davon ist, dass die Bandscheibe im Lauf der Zeit dünner wird.

Weil der Anulusbereich innerviert ist, wird dies in der Bandscheibe bei drohenden oder entstandenen Schädigungen Schmerzen auslösen. Dies bringt natürlich bei der Therapie der Bandscheibe entscheidende Vorteile gegenüber einer Behandlung des Gelenkknorpels, der nicht innerviert ist und uns während der Therapie nicht rechtzeitig vor möglichen Überbelastungen warnen kann.

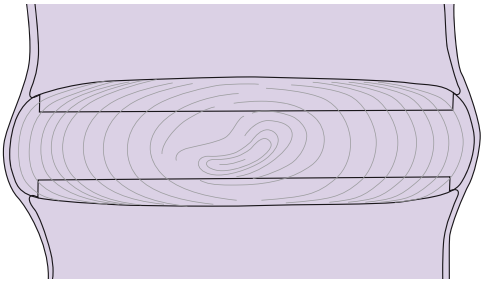


Abb. 1.43 Schematische Darstellung der Bandscheibe.

Therapie

Bei der Therapie nach Bandscheibenverletzungen müssen wir uns primär auf die Behandlung des Anulus konzentrieren, weil dies normalerweise der verletzte Bereich ist. Austretendes Material aus der Bandscheibe stammt bekanntlich nicht von dem Nukleus, sondern wird im Bereich der Übergangszone auf Basis einer entstandenen Verletzung produziert, man spricht von Proliferationsgewebe (Lipson 1988).

Den Wundheilungsphasen entsprechend müssen wir im Anfang grundsätzlich mit mechanischen Belastungen sehr vorsichtig sein. In der Proliferationsphase müssen wir dann dosiert die normalen physiologischen Belastungen auf das heilende Gewebe einwirken lassen. Für den Anulus bedeutet dies, dass wir die Wirbelsäule in Flexion und Rotation bewegen. Überflüssig zu sagen, dass dies im absolut schmerzfreien Bereich geschehen sollte. Im Lauf der Wundheilung werden dann die Belastungen gesteigert, die Bewegungsamplituden und deren Geschwindigkeit werden erhöht. In der Rehabilitation orientieren wir uns an der Belastungsform und Belastungsmenge, die der Patient im Sport und im Alltag braucht.

Bei einer Degeneration des Nukleus geht es in der Therapie vor allem darum, die Zellen zur vermehrten Produktion von Grundsubstanz zu stimulieren. Dies wird über axiale Belastung erreicht, kombiniert mit Bewegung der Wirbelsäule. Je mehr man in der Wirbelsäule bewegt, desto besser sind der Ernährungszustand und die Syntheseaktivität in der Bandscheibe.

Muskel-Sehnen-Apparat (bestehend aus: Muskelbauch, Sehne, Insertion)

Im Bereich der Muskulatur findet man im Sport sehr viele Verletzungen. Gerade im Bereich der Sehnen gibt es sehr schwierig zu behandelnde Verletzungen. Besonders Verletzungen im Bereich der Achillessehne führen nicht selten zur Beendigung einer sportlichen Karriere.

Aber auch im Insertionsbereich gibt es schwierige Probleme, die wir unter den Schlagworten Tennisellbogen, Supraspinatussyndrom oder Jumpers Knee, Patellaspitzensyndrom usw. kennen.

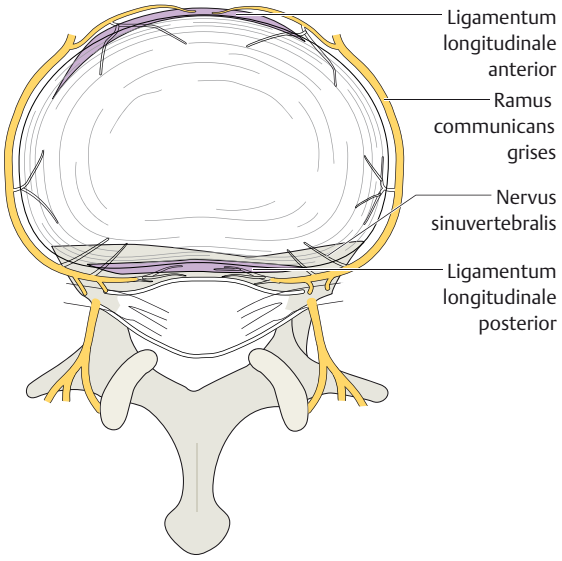


Abb. 1.44 Innervation der Bandscheibe.

Verletzungen im Muskelbauch

Von allen Verletzungen im Bereich der Muskulatur machen die Verletzungen im Muskelbauchbereich sicherlich die geringsten Probleme. Dieser Bereich ist sehr gut durchblutet. Nach einer Verletzung entsteht eine größere Blutung. Die positive Seite der starken Blutung ist eine sehr gute Wundheilung. Der Sportler sollte sich in der Akutphase schonen und nur im schmerzfreien Bereich belasten. Nach solchen Verletzungen kann er in den meisten Fällen relativ schnell – abhängig von der Größe der Verletzung nach ca. 2–3 Wochen – wieder mit dem Training anfangen.

Die einzige Komplikation sind Narben aus Bindegewebe im Muskel. Normalerweise befindet sich zwischen dem Muskelgewebe – Myoblasten – und dem intramuskulären Bindegewebe – Fibroblasten – eine Trennschicht, die Basalmembran, die bei größeren Verletzungen unweigerlich auch geschädigt ist. In der Folge penetrieren Bindegewebszellen das Muskelgewebe und fangen dort an, Bindegewebe – kollagene Fasern – zu produzieren. Diese Narben tun aber selten weh und beeinträchtigen die Muskelfunktion kaum.

Sehnenverletzungen

Sehnenverletzungen dagegen stellen ein weitaus größeres Problem dar, da Sehnen relativ schlecht durchblutet sind und demzufolge nach der Verletzung nur eine minimale Entzündung entsteht; eine geringe Entzündung bedeutet aber eine schlechte Heilung.

Aus diesem Grund werden in der Physiotherapie Friktionen verwendet, um die Entzündung künstlich zu erzeugen. Diese Friktionen haben wenig Effekt, wenn der Patient gleichzeitig entzündungshemmende Medikamente (oral oder lokal gespritzt) bekommt. Die Heilung

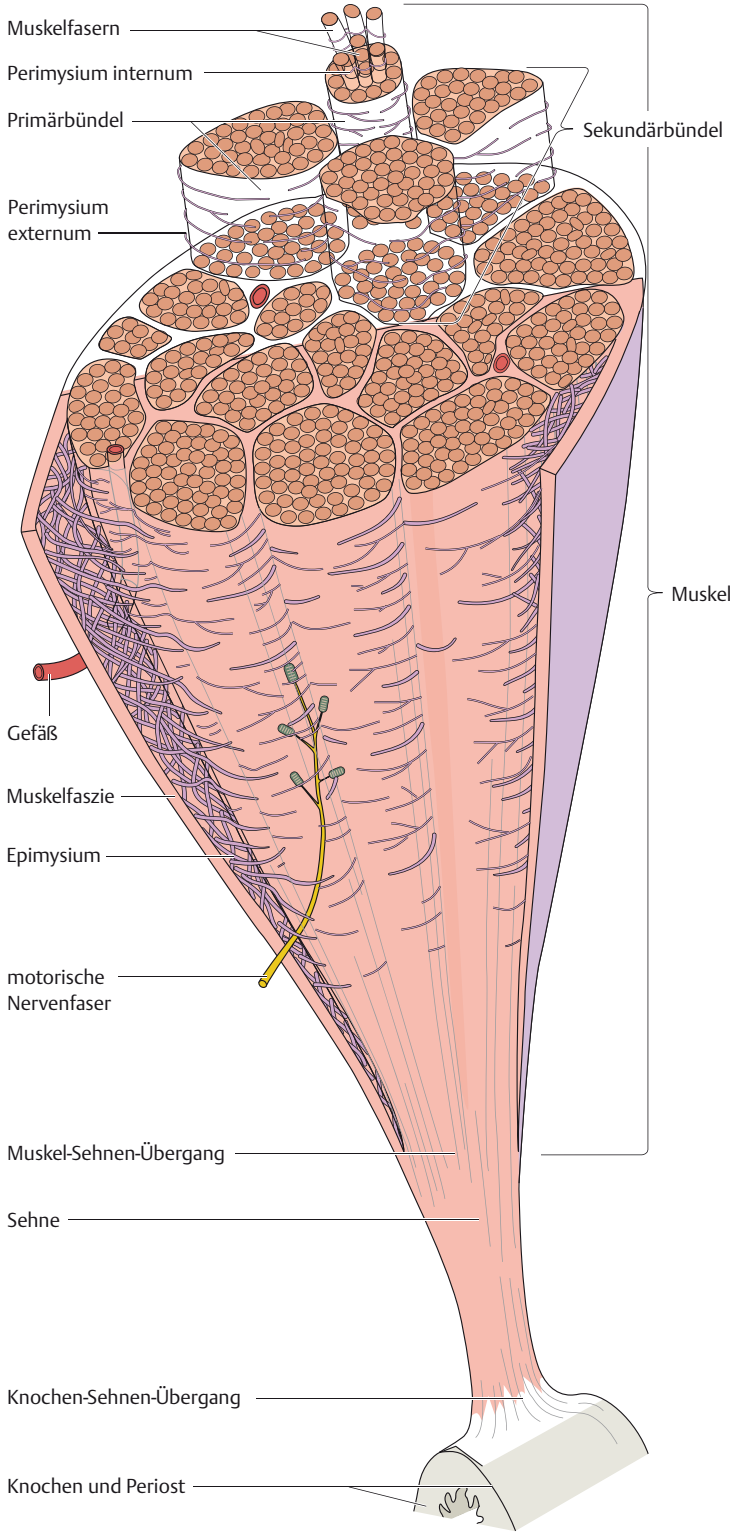


Abb. 1.45 Aufbau eines Muskels: Knochen-Sehnen-Übergang, Sehne, Muskel-Sehnen-Übergang und das Bindegewebe des Muskelbauchs.

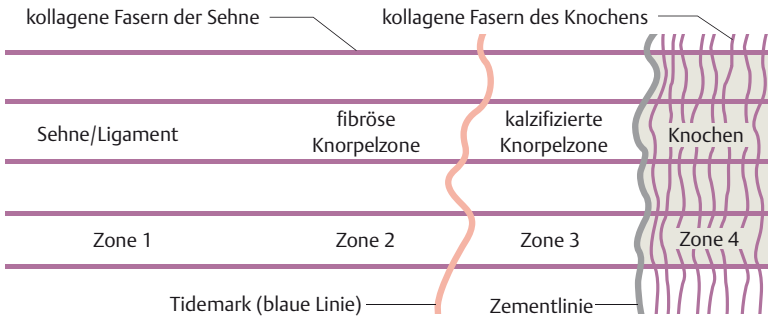


Abb. 1.46 Aufbau eines direkten Knochen-Sehnen-Übergangs über seine 4 Zonen.

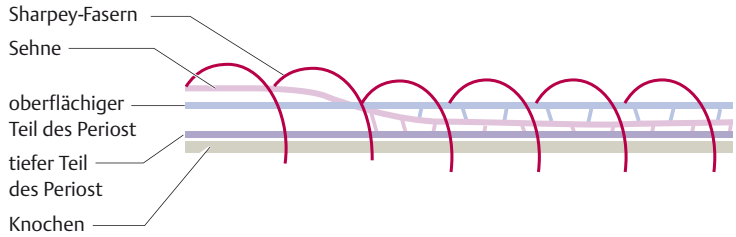


Abb. 1.47 Oberflächiger Anteil des indirekten Knochen-Sehnen-Übergangs.

verläuft auch schlecht, wenn die sekundären Heilungsbedingungen – Ernährung, pH-Wert, Vitamine usw. – nicht erfüllt werden. Aus diesem Grund sieht man es bei Sehnen sowie auch bei Insertionen recht oft, dass es nach einer Verletzung nicht zu einer Tendinitis kommt (die Endsilbe -itis steht dabei für eine entzündliche Erkrankung), sondern zu einer Tendinose. Mit Friktionen versucht man eine Tendinose in eine Tendinitis umzuwandeln. In der Kombination mit dosierter Belastung während der Heilungsphasen sollte es dann letztlich zu einer Heilung der Sehne kommen.

Achillessehne

Klinische Erfahrungen haben gezeigt, dass gerade die Achillessehne sehr gut auf exzentrische Dehnung reagiert. Weiter zeigte sich, dass die Heilung besser zustande kam, wenn die exzentrische Dehnung wehtat, als wenn keine Schmerzen aufgetreten sind. Eine mögliche Erklärung ist vielleicht, dass diese exzessive Belastung zu zusätzlichen kleinen Verletzungen führt und dass damit mehr Entzündungen ausgelöst werden, was wiederum der Wundheilung zugutekommt.

Insertionen

Bei den Insertionen unterscheidet man zwischen direkten und indirekten Insertionen.

Bei direkter Insertion verbindet die Sehne – oder auch das Band – sich direkt mit den Knochen und die Fasern der Sehne penetrieren das Knochengewebe. Direkte Insertionen sind erkennbar an knöchernen Erhebungen wie einem Tuber, Tuberositas, Tuberculum, Crista und Epicondylus usw. Die direkten Insertionen führen zu Problemen, weil hier eine sehr schlechte Durchblutung herrscht. Indirekte Insertionen verbinden sich zum größten Teil mit dem Periost des Knochens. Sie verursachen deutlich weniger Probleme als die direkten. Zudem heilen indirekte Insertionen viel besser, weil das Periost sehr gut durchblutet ist.

Therapie

Muskelverkürzungen

Ein häufiges Problem der Sportler sind Muskelverkürzungen. Bei Muskelverkürzungen muss man unterscheiden zwischen

- strukturellen – schmerzfreien – Verkürzungen, die durch die Bildung von pathologischen Crosslinks im intramuskulären Bindegewebe entstehen, und
- reflektorischen – schmerzhaften – Verkürzungen, die durch eine Verkürzung der Sarkomere verursacht werden; sie werden häufig Hypertonus genannt

Strukturelle Verkürzung

Bei einer strukturellen Verkürzung muss man durch regelmäßiges Dehnen versuchen, die im intramuskulären Bindegewebe liegenden Fibroblasten zu einer gesteigerten Freisetzung von Kollagenase zu stimulieren. Durch Kollagenase werden die pathologischen Crosslinks abgebaut und das intramuskuläre Netzwerk bekommt seine Fähigkeit zur Entfaltung zurück. Diese Dehnungen dürfen keine Schmerzen auslösen, weil dies direkt zu einer Muskelkontraktion im Sinne einer Schutzreaktion führen würde.

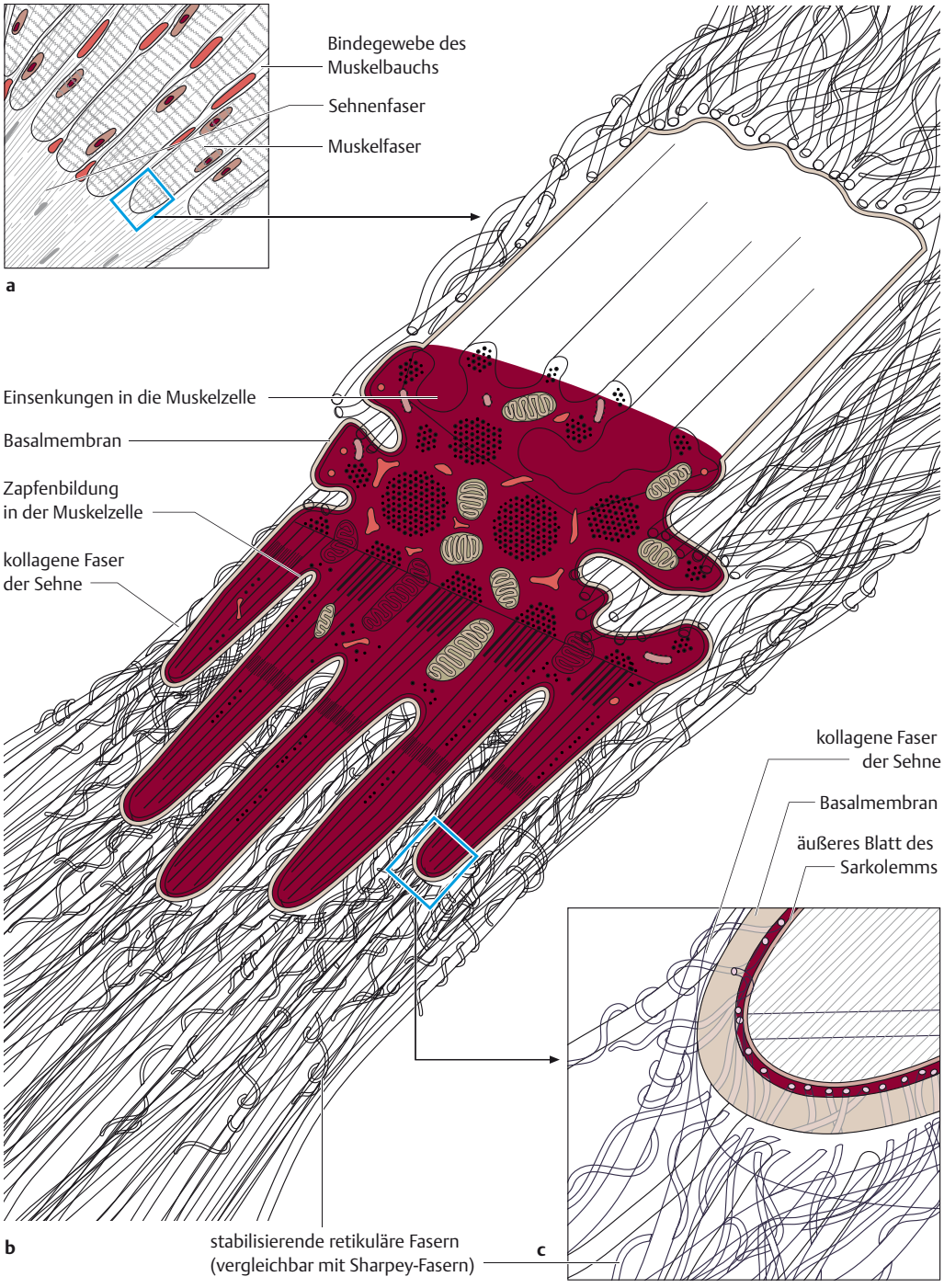


Abb. 1.48 Aufbau eines Muskel-Sehnen-Übergangs.
a Teil des Muskel-Sehnen-Übergangs.
b Detailaufnahme einer Muskelfaser.
c Detail eines Zapfens einer Muskelfaser.

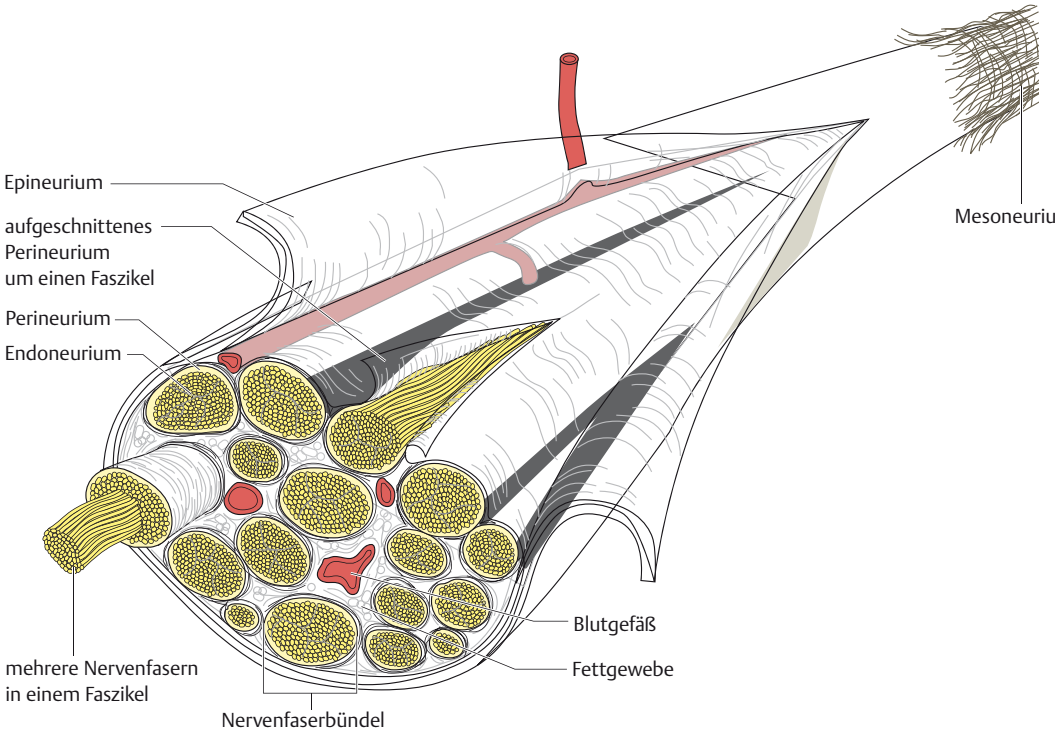


Abb. 1.49 Aufbau eines peripheren Nervs: Die leitenden Strukturen (Fasern, Faszikel und Axon) werden von Bindegewebsschichten (Endo-, Peri-, Epi- und Mesoneurium) umgeben.

Hypertonus

Bei einem hypertonen Muskel geht es primär um Entspannung und nicht um Dehnung. Genau betrachtet geht es hier um eine Durchblutungsförderung. Die Sarkomere innerhalb des hypertonen Muskels bleiben in einem Kontraktionszustand, weil durch die Dauerkontraktion die Durchblutung gedrosselt wird. Wenn dies geschieht, können die Zellen nicht mehr ausreichend ATP produzieren, um das intrazellulären Kalzium aus der Zelle zu transportieren. Solange aber Kalzium intrazellulär vorhanden ist, kann der Myosinkopf seine Verbindung mit der Aktinkette nicht auflösen. Der Kontraktionszustand bleibt erhalten. Das bedeutet, dass es bei hypertonen Muskeln vor allem darum geht, die Durchblutung zu erhöhen. Dies kann durch Massage erreicht werden – lokal auch durch Friktionen –, mit Wärmetherapien, Sauna, Whirlpool, aber auch durch Auslaufen und Ausradeln usw.

Wichtig ist es aber meines Erachtens, sich darüber Gedanken zu machen, warum der Muskel hyperton wurde. Muskeln sind grundsätzlich Strukturen, die reagieren und nicht agieren. Meistens schützt der Muskel etwas – ein verletztes Gelenk, einen gereizten Nerv oder sich selbst nach einer Muskelverletzung.

Sehnen und Insertionen

Die Therapie bei Sehnen- und Insertionsverletzungen ist grundsätzlich gleich. Man versucht die Durchblutung zu erhöhen, damit die Heilung stattfinden kann. Teils macht man dies über Friktionen, aber auch mittels Ultraschall oder anderer physikalischer Hilfsmittel. Manchmal werden Weichteilmanipulationen durchgeführt, um lokal eine kleine gezielte Verletzung zu setzen in der Hoffnung, dass jetzt eine größere Entzündung und damit eine bessere Wundheilung entstehen. Diese Weichteilmanipulationen sollten aber nie durchgeführt werden, wenn lokal die Verletzungsstelle mit steroidalen Entzündungshemmern infiltriert wurde.

Neben den Friktionen, die der Patient auch selbst stündlich durchführen kann, belastet man das Gewebe mit einer dosierten Zugbelastung.

Peripheres Nervensystem

Hier lege ich den Fokus primär auf Mobilitätsprobleme des Nervensystems (**Abb. 1.49**).

Das Nervensystem muss sich bei jeder Bewegung unseres Körpers gegenüber allen möglichen anatomischen Strukturen bewegen können. Diese Bewegungen finden an der extraneuralen Grenzfläche statt (**Abb. 1.50**). Gleichzeitig gibt es Bewegung innerhalb des Nervs an der intraneuralen Grenzfläche (**Abb. 1.51**). Die Mobilität kann sowohl extra- wie intraneural gestört sein. Man spricht dann von pathologischen extra- bzw. intraneuralen Grenzflächen.

Die extraneurale Mobilität kann gestört werden durch

- hypertone Muskeln

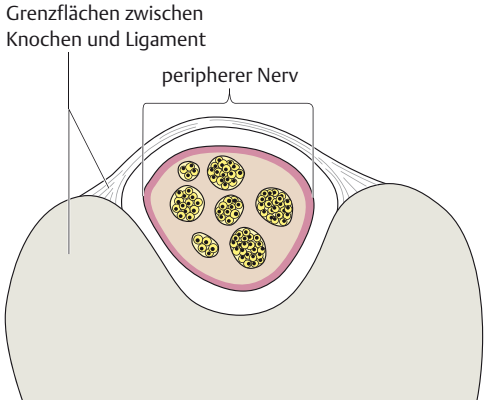


Abb. 1.50 Grenzfläche, die aus Knochen und Ligament gebildet wird.

- Narben und Hämatome
- Bandscheibenvorfälle
- Kallusbildung
- Knochenfehlstellungen

Diese Veränderungen erzeugen einen erhöhten Druck auf den Nerv, was dann zu Durchblutungsstörungen führt. Dies hat zur Folge, dass es zum einen durch die Freisetzung von Neuropeptiden zu einer Entzündungsreaktion innerhalb des Nervs kommt und zum anderen dass die Nervenleitgeschwindigkeit abnimmt – es kommt zu einer metabolen und demyelinisierten Leitungsblockade.

Nimmt die Nervenleitgeschwindigkeit ab, z. B. durch eine posteriore Stellung des Fibulaköpfchens nach einer Inversionsdistorsion des Fußes, kann dies dazu führen, dass der Patient sein Sprunggelenk nicht mehr muskulär stabilisieren kann. Der Grund ist, dass die afferenten Impulse von den Kapselrezeptoren des Sprunggelenks mit Verzögerung im Rückenmark landen und die efferenten Impulse an die stabilisierenden Muskeln – Mm. peroneus – diese zu spät erreichen. Durch die Entzündung innerhalb des Nervs kommt es dann zusätzlich zu intraneuralen Mobilitätsstörungen.

Durchblutungsstörungen des Nervs belasten die dick myelinisierten Axone deutlich stärker als die dünn- oder nichtmyelinisierten Axone. Dies zeigt sich in der neurologischen Untersuchung durch die Tatsache, dass bei der Sensibilitätsuntersuchung die Berührungssinne – Pinsel (A-Beta-Reiz) – stärker und früher betroffen sind als die Schmerzsinne – Nadel (A-Delta-Reiz).

Weiterhin wird durch die Druckerhöhung auf den Nerv der axoplasmatische Fluss gestört, über den die Nährstoffe und Neurotransmitter vom Zellkörper zum Rezeptor transportiert werden, der anterograde Transport. Dies erkennt man in der neurologischen Untersuchung an einer frühzeitigen Ermüdung des Kennmuskels nach mehrmaligen – maximalen – Kontraktionen.

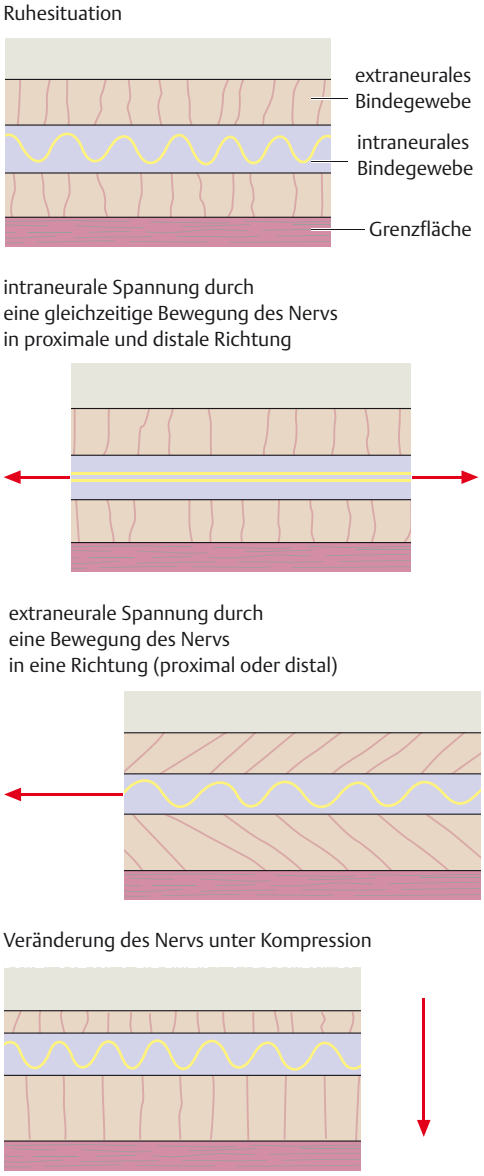


Abb. 1.51 Bewegungen eines Nervs: Belastung des intra- und extraneuralen Bindegewebes unter Druck und Zug.

Therapie

Bei gestörter neuraler Mobilität (Neurodynamik) muss man sich zunächst überlegen, was die Ursache der gestörten Mobilität ist. Es ist sehr wichtig, zuerst die Ursache zu beseitigen, bevor man anfängt, an den Nerven zu ziehen. Nerven sind unsere empfindlichsten Strukturen und mögen keine großen mechanischen Belastungen. Erst wenn die Ursache beseitigt ist, können wir versuchen, die neurale Mobilität zu verbessern.

Persönlich beginne ich immer mit Grenzflächenbehandlungen. Das bedeutet, ich bringe den Nerv unter leichte Spannung – schmerzfrei – und fange dann an, das,

was den Nerv in seiner Mobilität stört, zu bewegen – gegenüber dem stabilen Nerv.

Ist die neurale Mobilität z. B. innerhalb der ischiokruralen Muskulatur gestört, bringe ich das Bein in Seitenlage in eine Straight-Leg-Raise-Position und mache dann eine Querdehnung auf der Muskulatur.

Ist dagegen die pathologische Grenzfläche das Foramen intervertebrale, so bewege ich, unter neuraler Vorspannung, das Neuroforamen durch Seitneigungsbewegungen der Wirbelsäule.

Erst wenn sich zeigt, dass mein neuraler Spannungstest sich nicht mehr weiter durch Grenzflächenbehandlungen verbessert lässt, beginne ich mit neuralen Gleitmobilisationen. Als Erstes benutze ich die Slider-Techniken (Gleittechniken), bei denen man der Nerv in peripherer Richtung bewegt unter gleichzeitiger Auflösung der Spannung von proximal. Hierbei wird es dem Nerv ermöglicht, nach distal zu gleiten. Anschließend zieht man den Nerv nach proximal, durch einen Zug nach proximal unter gleichzeitiger Auflösung der Spannung von distal.

Als letzte Technik verwende ich dann Tensioner-Techniken, bei denen man den Nerv in beide Richtungen – proximal und distal – unter Spannung bringt. Diese Technik verbessert wahrscheinlich vor allem die intraneurale Mobilität. Für das Nervensystem ist das allerdings eine sehr belastende Technik und wird von mir nur bei einer minimalen Irritierbarkeit des Nervensystems verwendet.

Literatur

Bassett C, Pawluk R. Electrical behavior of cartilage during loading. Science. 1972;178:982–983.

Bergenstock M, Min W, Simon AM, Sabatino C, O'Connor JP. A comparison between the effects of acetaminophen and celecoxib on bone fracture in rats. J Orthop Trauma 2005; 19(19): 717–723.

Bislo K, Tanelian DL. Concentration-Dependant Effects of Lidocaine on Corneal Epithelian Wound Healing. Investigative Ophthalmology & Visual Science 1992; 11: 3029–3033.

Brower M, Johnson M. Adverse Effects of Local Anesthetic Infiltration on Wound Healing. Regional Anesthesia and Pain Medicine 2003; 3: 233–240.

Dormus M, Karaaslan E, Ozturk E, Gulec M, Iraz M, Edali N, Ozcan Ersoy M. The Effects of Single-Dose Dexamethasone on Wound Healing in Rats. Anesthesia & Analgesia 2003; 97: 1377–1380.

Drez DJ, Faust DC, Evans JP. Cryotherapy and nerve palsy. American Journal of Sports Medicine. 1981;9:256–257.

Dwivedi S, Kotwal PP, Dwivedi G. Aortic Atherosclerosis, Hypertension, and Spondylotic Degenerative Disease: A Lifestyle Phenomenon, Coincidence or Continuum? JIACM (Journal Indian Academy of Clinical Medicine) 2003; 4(2): 134–138.

Green GA, Zachewski JE, Jordan SE. A case conference: Peroneal nerve palsy induced by cryotherapy. Physician Sportsmedicine. 1989;17(9):63–70.

Holm S, Nachemson A. Nutrition of the intervertebral disc: Acute effects of cigarette smoking. An experimental animal study. Upsala Journal of Medical Science 1988; 93(1): 91–99.

Iwahashi M, Matsuzaki H, Tokuhashi Y, Wakabayashi K, Uematsu Y. Mechanism of intervertebral disc degeneration caused by nicotine in rabbits to explicate intervertebral disc disorders caused by smoking. Spine 2002; 27(13): 1396–1401.

Kaftan H, Hosemann W. Systemic cortocoid application in combination with topical mitomycin or dexamenthasone. Inhibition of wound healing after tympanic membrane perforation. HNO 2005; 53(9);779–783.

Kauppila LI. Atherosclerosis and Disc Degeneration/Low-Back Pain – A Systemic Review. European Journal of Vascular and Endovascular Surgery 2009; 37(6): 661–670.

Kurunlahti M, Tervonen Q, Vanharanta H, Ilkko E, Suramo I. Association of atherosclerosis with low back pain and the degree of disc degeneration. Spine 1999; 24(20): 2080–2084.

Leduc A, Lievens P, Isenbaert R, Wouters V. The effect of physical factors on the vasomotricity of blood- and lymph vessels. In: Leduc A, Lievens P, eds. Lympho-kinetics. Basel; 1979.

Lievens P, Leduc A. Cryotherapy and sports. International Journal of Sports and Medicine. 1984;5:37–39.

Lipson S. Metaplastic proliferative fibrocartilage as an alternative concept to herniated intervertebral disc. Spine 1988; 13(9): 1055–1060.

Liu Y-J, Huang G-S, Juan G-J, Yao M-S, Ho W-P, Chan WP. Intervertebral Disc Degeneration Related to Reduced Vertebral Marrow Perfusion at Dynamic Contrast-Enhanced MRI. American Journal of Roentgenology 2009; 192: 974–979.

Liuke M, Solovieva S, Lamminen A, Luoma K, Leino-Arjas P, Luukkonen R, Riihim H. Disc degeneration of the lumbar spine in relation to overweight. International Journal of Obesity 2005; 29: 903–908.

Marsolais D, Cote CH, Frenette J. Nonsteroidal Anti-Inflammatory Drug Reduces Neutrophil and Macrophage Accumulation but does not Improve Tendon Regeneration. Lab Invest 2003; 83: 991–999.

Meeuwsen R, Lievens P. The use of cryotherapy in sports injuries. Sport Medicine. 1986;3:398–414.

Murnaghan M, Li G, Marsh DR. Nonsteroidal Anti-Inflammatory Drug-Induced Fracture Nonunion: An Inhibition of Angiogenesis?. J Bone and Joint Surgery (American) 2006; 88: 140–147.

Muscará MN, McKnight W, Asfaha S, Wallace JL. Wound collagen deposition in rats: Effect of an NO-NSAID and a selective COX-2 inhibitor. British Journal of Pharmacology 2000; 129: 681–686.

Northcliffe S-A, Buggy DJ. Implications of Anesthesia for Infection and Wound Healing. International Anesthesiology Clinics Winter 2003; 41(1): 31–64.

Oda H, Matsuzaki H, Tokuhashi Y, Wakabayashi K, Uematsu Y, Iwahashi M. Degeneration of intervertebral discs due to smoking: Experimental assessment in a rat-smoking model. J Orthop Sci 2004; 9(2): 135–141.

Parker JT, Small NC, Davis DG. Cold induced nerve palsy. Athletic Training. 1983;18:76.

Pezeski MZ, Pezeski S. Smoking and Lumbar Disc Degeneration: A Case-Control Study among Iranian Men Referring to Lumbar MRI. Research Journal of Biological Sciences 2007; 2(7): 787–789.

Scherb MB, Courneya J-P, Guyton GP, Schon LC. Effect of Bupivacaine on Cultured Tenocytes. Orthopedics 2009; 32: 26.

Sikiric P, Seiwerth S, Mise S, Staresinic M, Bedekovic V, Zarkovic N, Borovic S, Giurasin M, Boban-Blagiaic A, Batelia L, Rucman R, Anic T. Corticosteroid-impairment of healing and gastric pentadecapeptide BPC-157 creams in burned mice. Burns 2003; 29(4): 323–334.

Tokuda O, Okada M, Fujita T, Matsunaga N. Correlation between diffusion in lumbar intervertebral discs and lumbar artery

status: Evaluation with fresh blood imaging technique. Journal of Magnetic Resonance Imaging 2006; 25(1): 185–191.
Tortland PD. Sports Injuries and Nonsteroidal Anti-Inflammatory Drug (NSAID) use. Connecticut Sportsmed 2007; 1–4.
Turgut A, Sönmez I, Çakit B, Kosar P, Kosar U. Pineal gland calcification, lumbar intervertebral disc degeneration and abdominal aorta calcifying atherosclerosis correlate in low back pain subjects: A cross-sectional observational CT study. Pathophysiology 2008; 15(1): 31–39.
Yugoshi LI, Sala MA, Brentegani LG, Lamano Carvalho TL. Histometric Study of Socket Healing after Tooth Extraction in Rats Treated with Diclofenac. Braz Dent J 2002; 13(21): 92–96.
van den Berg F. Angewandte Physiologie Band 6. 1. Auflage. Alterungsprozesse und das Alter verstehen. Stuttgart: Thieme Verlag; 2008.
van den Berg F. Angewandte Physiologie Band 3. 2. Auflage. Therapie, Training, Tests. Stuttgart: Thieme Verlag; 2007.
van den Berg F. Angewandte Physiologie Band 4. 2. Auflage. Schmerzen verstehen und beeinflussen. Stuttgart: Thieme Verlag; 2008.
van den Berg F. Angewandte Physiologie Band 1. 3. Auflage. Das Bindegewebe des Bewegungsapparates verstehen und beeinflussen. Stuttgart: Thieme Verlag; 2010.

2 Sportphysiotherapeutische Untersuchung

2.1 Bedingungen für die Testdurchführung

Hans-Josef Haas, Dietmar Schmidtbleicher

2.1.1 Bedingungen für die Testdurchführung

Haupt- und Nebengütekriterien

Die wissenschaftliche Qualität von Tests wird an der Erfüllung bestimmter Gütekriterien gemessen. Als Hauptgütekriterien gelten:

- Objektivität (Unabhängigkeit)
- Reliabilität (Genauigkeit und Zuverlässigkeit)
- Validität (Gültigkeit der Testergebnisse)
- Sensitivität (Empfindlichkeit)

Die Objektivität beschreibt das Maß der Unabhängigkeit der Ergebnisse von subjektiven Beobachtungen oder Wünschen. Als Königsweg zur Erhöhung der Objektivität hat sich in der Wissenschaft die Doppelblindstudie durchgesetzt, bei der weder Probanden noch Testleiter oder Statistiker darüber informiert sind, welcher Studienteilnehmer den zu testenden Wirkstoff, die zu testende Behandlung oder das Placebo erhält. Eine Beeinflussung der Ergebnisse durch subjektive Bewertungseinflüsse soll damit ausgeschlossen werden (Kool u. de Bie 2001).

Die Reliabilität beschreibt die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Ergebnisse. Sie ist sehr stark von der technischen und biologischen Variabilität abhängig. So sind z. B. Ausdauertests umso genauer, je geringer die Variabilität ist. Selbst bei streng standardisierten Test-Retest-Vergleichen wird bei Laktatuntersuchungen und Messungen der maximalen Sauerstoffaufnahme eine Variabilität von 2–6 % gefunden (Heck 1990). Daher muss es ein primäres Ziel jeder Leistungsdiagnostik sein, störende Einflüsse zu minimieren oder diese zumindest zu standardisieren. Die biologische Variabiliät nimmt mit 90 % den weitaus größten Raum ein, die technische Variabilität lässt sich bei standardisierten Testdurchführungen relativ gut kontrollieren und bleibt damit klein (Tschopp et al. 2001).

Die Validität eines Tests lässt sich am einfachsten als das Maß für die Aussagekraft des Testergebnisses beschreiben. Wenn der Zusammenhang zwischen dem Test- und dem Wettkampfergebnis hoch ist, hat der Test eine hohe Gültigkeit und Aussagekraft.

Mit der Sensitivität wird erfasst, inwieweit der Test Veränderungen in der Leistungsfähigkeit auch im Testergebnis abbildet. Wird also durch ein Krafttraining die Maximalkraft tatsächlich verbessert, sollte sich das auch im Maximalkrafttest niederschlagen.

Neben diesen Hauptgütekriterien sollen noch Nebengütekriterien erfüllt sein: Ökonomie, Praktikabilität, Nützlichkeit und Normierung. Während die Hauptgütekriterien als zwingend notwendig angesehen werden, stellen die Nebengütekriterien „bedingte Forderungen“ dar, die in Abhängigkeit von Testziel und Testfragestellung differenziert gewichtet werden können (Tittlbach et al. 2004).

Der Standardisierungsgrad eines Tests gibt an, ob er den wissenschaftlich geforderten Kriterien entspricht und damit als formeller Test eingestuft wird oder eben diesen Kriterien nicht oder nur teilweise entspricht und es sich damit um einen informellen Test bzw. ein Screening handelt (Tittlbach et al. 2004). Formelle Tests liefern abgesicherte Daten, während informelle Tests eher eine Grobdiagnostik darstellen und als Einschätzung eingestuft werden können.

Für den Testleiter – Trainer, Sportwissenschaftler, Arzt oder auch Physiotherapeut – steht oft die Frage im Vordergrund, ob ein Test immer allen wissenschaftlichen Kriterien entsprechen muss oder ob z. B. der Ökonomie und der Praktikabilität ein höherer Stellenwert eingeräumt werden sollte. Im Alltag des sportlichen Trainings muss oft auf ökonomisch und praktikabel durchführbare Tests zurückgegriffen werden, weil die notwendigen apparativen und personellen Voraussetzungen nicht vorhanden sind. Daher kommt es immer wieder vor, dass nicht alle Gütekriterien in gleichem Maße erfüllt werden.

Dokumentation

Eine sorgfältige Dokumentation erhöht den Standardisierungsgrad des Tests. Neben den eigentlichen Testresultaten sollen in der Dokumentation folgende weitere Angaben enthalten sein:

- Name des Probanden und des Testleiters
- Alter, Größe und Gewicht des Probanden
- dominante Seite für Stand- und Spielbein oder Schussbein und Wurfhand
- aktuelle Bestleistungen des Probanden
- momentane Trainingsphase
- durchschnittliche Trainings- und Wettkampfbelastung z. B. in Stunden, Tonnen oder Kilometer pro Woche
- Belastung/Training in den letzten 48 Stunden vor dem Test
- Verletzungen und akute Beschwerden der vergangenen 14 Tage

2 Sportphysiotherapeutische Untersuchung

2.1 Bedingungen für die Testdurchführung

Hans-Josef Haas, Dietmar Schmidtbleicher

2.1.1 Bedingungen für die Testdurchführung

Haupt- und Nebengütekriterien

Die wissenschaftliche Qualität von Tests wird an der Erfüllung bestimmter Gütekriterien gemessen. Als Hauptgütekriterien gelten:

- Objektivität (Unabhängigkeit)
- Reliabilität (Genauigkeit und Zuverlässigkeit)
- Validität (Gültigkeit der Testergebnisse)
- Sensitivität (Empfindlichkeit)

Die Objektivität beschreibt das Maß der Unabhängigkeit der Ergebnisse von subjektiven Beobachtungen oder Wünschen. Als Königsweg zur Erhöhung der Objektivität hat sich in der Wissenschaft die Doppelblindstudie durchgesetzt, bei der weder Probanden noch Testleiter oder Statistiker darüber informiert sind, welcher Studienteilnehmer den zu testenden Wirkstoff, die zu testende Behandlung oder das Placebo erhält. Eine Beeinflussung der Ergebnisse durch subjektive Bewertungseinflüsse soll damit ausgeschlossen werden (Kool u. de Bie 2001).

Die Reliabilität beschreibt die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Ergebnisse. Sie ist sehr stark von der technischen und biologischen Variabilität abhängig. So sind z. B. Ausdauertests umso genauer, je geringer die Variabilität ist. Selbst bei streng standardisierten Test-Retest-Vergleichen wird bei Laktatuntersuchungen und Messungen der maximalen Sauerstoffaufnahme eine Variabilität von 2–6 % gefunden (Heck 1990). Daher muss es ein primäres Ziel jeder Leistungsdiagnostik sein, störende Einflüsse zu minimieren oder diese zumindest zu standardisieren. Die biologische Variabiliät nimmt mit 90 % den weitaus größten Raum ein, die technische Variabilität lässt sich bei standardisierten Testdurchführungen relativ gut kontrollieren und bleibt damit klein (Tschopp et al. 2001).

Die Validität eines Tests lässt sich am einfachsten als das Maß für die Aussagekraft des Testergebnisses beschreiben. Wenn der Zusammenhang zwischen dem Test- und dem Wettkampfergebnis hoch ist, hat der Test eine hohe Gültigkeit und Aussagekraft.

Mit der Sensitivität wird erfasst, inwieweit der Test Veränderungen in der Leistungsfähigkeit auch im Testergebnis abbildet. Wird also durch ein Krafttraining die Maximalkraft tatsächlich verbessert, sollte sich das auch im Maximalkrafttest niederschlagen.

Neben diesen Hauptgütekriterien sollen noch Nebengütekriterien erfüllt sein: Ökonomie, Praktikabilität, Nützlichkeit und Normierung. Während die Hauptgütekriterien als zwingend notwendig angesehen werden, stellen die Nebengütekriterien „bedingte Forderungen“ dar, die in Abhängigkeit von Testziel und Testfragestellung differenziert gewichtet werden können (Tittlbach et al. 2004).

Der Standardisierungsgrad eines Tests gibt an, ob er den wissenschaftlich geforderten Kriterien entspricht und damit als formeller Test eingestuft wird oder eben diesen Kriterien nicht oder nur teilweise entspricht und es sich damit um einen informellen Test bzw. ein Screening handelt (Tittlbach et al. 2004). Formelle Tests liefern abgesicherte Daten, während informelle Tests eher eine Grobdiagnostik darstellen und als Einschätzung eingestuft werden können.

Für den Testleiter – Trainer, Sportwissenschaftler, Arzt oder auch Physiotherapeut – steht oft die Frage im Vordergrund, ob ein Test immer allen wissenschaftlichen Kriterien entsprechen muss oder ob z. B. der Ökonomie und der Praktikabilität ein höherer Stellenwert eingeräumt werden sollte. Im Alltag des sportlichen Trainings muss oft auf ökonomisch und praktikabel durchführbare Tests zurückgegriffen werden, weil die notwendigen apparativen und personellen Voraussetzungen nicht vorhanden sind. Daher kommt es immer wieder vor, dass nicht alle Gütekriterien in gleichem Maße erfüllt werden.

Dokumentation

Eine sorgfältige Dokumentation erhöht den Standardisierungsgrad des Tests. Neben den eigentlichen Testresultaten sollen in der Dokumentation folgende weitere Angaben enthalten sein:

- Name des Probanden und des Testleiters
- Alter, Größe und Gewicht des Probanden
- dominante Seite für Stand- und Spielbein oder Schussbein und Wurfhand
- aktuelle Bestleistungen des Probanden
- momentane Trainingsphase
- durchschnittliche Trainings- und Wettkampfbelastung z. B. in Stunden, Tonnen oder Kilometer pro Woche
- Belastung/Training in den letzten 48 Stunden vor dem Test
- Verletzungen und akute Beschwerden der vergangenen 14 Tage

- Probleme beim Test
- Motivation zum Testzeitpunkt
- Datum und Uhrzeit zum Testzeitpunkt
- Testort und -raum
- Umgebungstemperatur und gegebenenfalls Luftfeuchtigkeit
- Besonderheiten (z. B. Medikamenteneinnahme)

2.1.2 Einflussfaktoren auf das Testergebnis

Um die Vergleichbarkeit von Tests zu gewährleisten, sollen ein paar einfache, aber wirkungsvolle Verhaltensregeln eingehalten werden. Dies betrifft z. B. die körperliche Vorbelastung und die Ernährung genauso stark wie die Uhrzeit der Testdurchführung, da es tagesperiodische Schwankungen in der Leistungsfähigkeit geben kann. Tschopp et al. (2003) sehen den Idealfall dann gegeben, wenn der Sportler sich wie auf einen Wettkampf vorbereitet. **Tab. 2.1** fasst wichtige endogene und exogene Einflussfaktoren zusammen.

Daneben spielen natürlich die Art und Intensität der Vorbereitung, die Anzahl der Versuche, die Pause zwischen den Versuchen und die Spezifität der Testübung in Bezug zu den Trainings- und Wettkampfbedingungen eine wichtige Rolle.

Tab. 2.1 Endogene und exogene Faktoren, die das Ergebnis leistungsdiagnostischer Untersuchungen beeinflussen

Endogene Faktoren	Exogene Faktoren
Vorbelastung durch Training oder Wettkampf	Wetter/Raumbedingungen (z. B. Wind, Temperatur, Luftfeuchtigkeit)
Ernährung	Uhrzeit (zirkadiane Schwankungen der Leistungsfähigkeit im Tagesverlauf)
Stress (kognitiv und/oder körperlich, z. B. durch Training, private Situation, Beruf, Schule, Studium, Beziehung etc.)	Ort (Labor, Praxis, Fitnessstudio, Wald, Laufbahn, Schwimmbad, Straße, Sportplatz, Trainingslager, Wettkampfstätte)
Motivation	Testprotokoll (Stufendauer, Anzahl, Steigerung, Pausen oder Unterbrechungen)
Trainingszustand	Bodenbeschaffenheit (z. B. Sporthalle, Sportplatz, Laufbahn, Straße, Wald)
Krankheiten/Infektionen	Apparate/Geräte/Software/Konzepte zur Auswertung und Interpretation

Verhalten in den Tagen vor dem Test

In den letzten 48–72 Stunden vor einem Test sollen Trainingsumfang und -intensität möglichst immer gleich sein. Zwischen einem Wettkampf und einem Testtag sollen mindestens 48, besser 72 Stunden Pause sein. Für Tests zur Erfassung der Ausdauerleistungsfähigkeit gilt weiter, dass in Bezug auf die Ernährung keine Änderungen vorgenommen werden sollen, sondern die Ernährungsgewohnheiten beibehalten werden. Insbesondere die letzten Nahrungsaufnahmen vor dem Test (Frühstück, Kaffee, Getränke) sollen gleich sein. Diätmaßnahmen (z. B. Trennkost, Gewichtsreduktion, Fettdiät) müssen nicht unterbrochen werden, sollten aber im Testprotokoll erfasst werden. Hier sind auch Nahrungsergänzungen (Supplemente) und eingenommene Medikamente anzugeben (Tschopp et al. 2001).

Wie Untersuchungen von Schlumberger (2000) zeigen, sind die höchsten Kraftkennwerte nicht unmittelbar nach einer intensiven Trainingsphase zu finden, sondern treten erst 7–10 Tage nach dem letzten Krafttraining auf. Dies muss für die Planung des Testzeitpunktes berücksichtigt werden.

Aufwärmen und Dehnen

Entsprechend der Belastung im Test (Kraft, Ausdauer oder Schnellkraft und Schnelligkeit) muss vorher eine adäquate Vorbereitung stattfinden. Sinnvollerweise sollte auch die Vorbereitung in Folgetests dann auf die gleiche Art und Weise erfolgen.

Eine adäquate Vorbereitung zeichnet sich idealerweise durch folgende Wirkungen aus:

- Erhöhung der Leistungsbereitschaft (Herz-Kreislauf, Stoffwechsel, neuromuskuläres System)
- Verminderung des Verletzungsrisikos (Schlumberger u. Schmidtbleicher 2004)

Nach einer leichten aeroben Arbeit (z. B. Fahrradfahren für die untere Extremität oder Crosstrainer mit Armbeteiligung) zur Anhebung der Muskel- und Körpertemperatur mit dem Ziel einer höheren Leistungsfähigkeit wird üblicherweise eine Dehnung der zu testenden Muskulatur empfohlen. Zumindest bei Tests zur Explosivkraft, Schnellkraft (einschließlich Reaktivkraft) und Schnelligkeit muss die Dehnung differenziert betrachtet werden. Aus physiologischer Sicht kann ein intensives statisches Dehnen akut auch die schnelle Kraftentfaltung behindern (Hennig u. Podzielny 1994, Künnemeyer u. Schmidtbleicher 1997). Die Ursachen werden in kurzfristig veränderten neuronalen und elastischen Merkmalen vermutet (Hutton 1994, Magnusson et al. 1996).

Wird das im Test erforderliche Bewegungsausmaß bereits im aeroben Aufwärmen erreicht, dürfte damit auch

die adäquate Vorbereitung der Muskellänge stattgefunden haben. Wurde das erforderliche Bewegungsausmaß nicht erreicht, sollte dies durch weitere Maßnahmen, zu denen auch Dehnübungen gehören können, beim Aufwärmen erfolgen (Schlumberger u. Schmidtbleicher 2004).

Andererseits wird vor explosiven, schnellkräftigen und auf Schnelligkeit abzielenden sportlichen Belastungen häufig empfohlen, einige submaximale, dynamische Wiederholungen mit der entsprechenden Zielbewegung durchzuführen. Eindeutige Studien zur Wirkung dieser Vorgehensweise sind nicht bekannt. Sollte mit den aeroben Aufwärmmaßnahmen bereits eine optimale Leistungsbereitschaft des Sportlers erreicht worden sein, erübrigen sich weitere Maßnahmen. Andererseits zeigt z. B. die praktische Erfahrung im Krafttraining, dass viele Sportler und auch Patienten erst nach einigen Wiederholungen mit submaximalen Lasten das Gefühl entwickelt haben, auch maximale Lasten bewältigen zu können. Die praktische Erfahrung lehrt in anderen Fällen auch, dass nach Arbeit mit submaximalen Lasten das optimale Gefühl für eine maximale Kraftbewältigung beeinträchtigt ist (Schlumberger u. Schmidtbleicher 2004). Vermutlich empfiehlt sich hier eine Orientierung an individuellen Vorlieben, die auf Erfahrungen beruhen und vermutlich zu den besten Ergebnissen führen (Shellock u. Prentice 1985).

Testinstruktionen

Der Sportler oder Patient muss über die Zielsetzung, den organisatorischen Ablauf und über das Belastungsniveau (submaximal, maximal, Ausbelastung) der Leistungsdiagnostik aufgeklärt sein. Die Anweisungen des Testleiters sollen standardisiert sein und der Sportler muss die maximale Leistung zeigen wollen. Testinstruktion und Motivation haben einen hohen Einfluss auf die maximale Leistung und auf die Validität (Matheson et al. 1992).

In Bezug auf Kraftmessungen zur Bestimmung des Einer-Wiederholungs-Maximums genügt die Anweisung, dass die Last über das komplette Bewegungsausmaß hinaus bewegt werden muss. Bei dynamischen Kraftmessungen unter isoinertialen Bedingungen sollte die Anweisung so motivieren, dass der Proband die Last so schnell wie möglich bewegt. Das Bewegungsziel, die Last mit höchstmöglicher Geschwindigkeit zu bewegen, führt zwangsläufig zur maximal möglichen Kraftentfaltung unter dynamischen Bedingungen (Schlumberger u. Schmidtbleicher 2004). Mit dieser Testanweisung wird auch der Einfluss neuronaler Kraftqualitäten wie Rekrutierung, Frequenzierung und Synchronisation auf das Einer-Wiederholungs-Maximum erfasst.

Randnotiz zu isoinertial (Begriffserklärung): Im Sport erfolgen die meisten Bewegungen als Beschleunigungs- oder Abbremsvorgänge von *konstanten* Massen (Körper, Körperteile oder Sportgeräte). Daher sind die meisten Aktionen im Sport unter dem Einfluss der Massenträgheit (isoinertial) zu bewerten. Dies sollte in der Diagnostik und Trainingsmethodik berücksichtigt werden (Logan et al. 2000).

Bei isometrischer Maximalkraftmessung genügt als Anweisung, eine 3- bis 5-sekündige Maximalkontraktion auszuführen (Sale 1991, Kraemer u. Fry 1995). Soll zusätzlich die Explosivkraft unter isometrischen Arbeitsbedingungen erfasst werden, sollte die Haltedauer maximal 1,5–2 sec betragen. Längere Haltezeiten beeinflussen die Kraftentfaltung bzw. die Strategien zur Kraftentfaltung ungünstig. Als verbale Testanweisung wird der Proband instruiert, eine Maximalkontraktion auszuführen. Zusätzlich soll die Kraft möglichst schnell gegen den Widerstand entwickelt werden (Schlumberger u. Schmidtbleicher 2004).

Bei Tiefsprüngen zur Erfassung der elementaren azyklischen Schnelligkeit ist es für das Ergebnis von entscheidender Bedeutung, ob die Testanweisung z. B. eine schnellstmögliche Bodenkontaktzeit oder einen höchstmöglichen Sprung verlangt (Voss et al. 2007).

Anzahl der Versuche

Wenn mehrere Versuche möglich sind, soll die Anzahl vorher festgelegt sein. In der Ausdauerdiagnostik wird sich die Versuchszahl wegen der Versuchsdauer und der damit verbundenen Ermüdung in vielen Fällen auf einen Versuch beschränken. Im Bereich der Kraft, Schnellkraft und Schnelligkeit sind bei entsprechenden Pausen durchaus mehrere Versuche sinnvoll. Die Festlegung der Versuchsanzahl ist hier aus mehreren Überlegungen heraus von Bedeutung. Mit steigender Versuchszahl nimmt die Wahrscheinlichkeit zu, dass die Resultate durch Ermüdungsvorgänge beeinflusst sind. Andererseits wird die Bestleistung häufig erst nach einer ausreichenden Versuchszahl erreicht, weil sich z. B. die Koordination für die Testübung verbessert hat.

Bei isometrischen und dynamischen Kraftmessungen sollen 3–5 Versuche erfasst werden. Insbesondere braucht man bei isometrischen Messungen keine Lerneffekte zu erwarten. 2 Messungen der isometrischen Maximalkraft mit einem Abstand von 3 Tagen ergeben selbst bei einer für den Probanden ungewohnten Testübung keinen nennenswerten Unterschied zwischen den Bestwerten an beiden Tagen (Schlumberger u. Schmidtbleicher 2004). Bei dynamischer Testung muss mit deutlich größeren Lerneffekten gerechnet werden. Da bei einmaliger Testung das tatsächliche Maximum in den meisten Fällen nicht erfasst wird, empfehlen Kraemer und Fry (1995), vor dem eigentlichen Test eine separate Übungseinheit

zur Gewöhnung und Koordinationsschulung einzuschieben.

Bei der Bestimmung des Einer-Wiederholungs-Maximums ist die maximal zu bewältigende Last im Voraus nicht bekannt. Damit kann auch die notwendige Anzahl an Versuchen nicht vorhergesagt werden. Um die Versuchszahl in Grenzen zu halten, wird folgendes Vorgehen empfohlen: Bei Untrainierten wird ein Vorbereitungssatz mit mehreren Wiederholungen und deutlich submaximalen Lasten durchgeführt. Hiermit erfolgt eine koordinative Anpassung an die Testbewegung. In den nächsten Versuchen erfolgt bei jeweils nur noch einer Wiederholung eine schrittweise Erhöhung der Gewichte bis zum Erreichen des Einer-Wiederholungs-Maximums. Empfindet der Proband das bewältigte Gewicht noch als sehr leicht, erfolgt die Gewichtserhöhung in größeren Schritten (je nach Übung 5–10 kg). Nähert sich der Proband seinem Einer-Wiederholungs-Maximum, erfolgen die Gewichtssteigerungen in kleineren Schritten (je nach Übung 1,25–5 kg). Mit dieser Strategie erreichen Untrainierte mit 4–6 Versuchen das persönliche Maximum. Bei trainierten Testpersonen kann das Einer-Wiederholungs-Maximum im Vorfeld gut abgeschätzt werden. Sie steigen daher nach einem adäquaten Aufwärmen schon mit relativ hohen Lasten in den Test ein und erreichen nach 3–4 Versuchen ihr Maximum (Schlumberger u. Schmidtbleicher 2004).

Bei Sprungkraftmessungen sollen für jede zu testende Sprungform 8–10 Versuche vorgesehen werden. Die besten Resultate werden oft erst in den letzten Versuchen einer Sprungserie erreicht (Schlumberger u. Schmidtbleicher 2004).

Im Bereich der Schnelligkeit können ebenfalls 3–5 Versuche erforderlich sein. Hier muss nur auf eine ausreichend lange Pause geachtet werden.

Pause zwischen den Versuchen

Um das Testresultat nicht durch Ermüdungseinflüsse zu verfälschen, müssen zwischen den Versuchen Pausen eingehalten werden. Diese müssen in der Dauer so gewählt werden, dass die schnell verfügbaren Energiespeicher (die energiereichen Phosphate Adenosintriphosphat und Kreatinphosphat) regeneriert sind. Bei isometrischen Maximalkraftmessungen ist dazu eine Zeit von 2–3 min ausreichend. Bei Testung des Einer-Wiederholungs-Maximums reichen bei anfänglich geringeren Lasten 2–3 min. Diese werden bei Annäherung an maximale Gewichte auf mindestens 5 min ausgedehnt. Bei Sprungkraftmessungen beträgt die Pause zwischen den einzelnen Versuchen 30–60 sec (Schlumberger u. Schmidtbleicher 2004). Mehrere Versuche in Tests zur Erfassung unterschiedlicher Merkmale der Schnelligkeit (z. B. Beschleunigung und maximale Bewegungsgeschwindigkeit oder Tapping-Frequenz) erfordern vollständig regenerierte energiereiche Phosphatspeicher und eine maximale Leistungsfähigkeit der neuronalen Signalübertragung. Hier sollten zwischen den Versuchen mindestens 6, besser 10 min Pause erfolgen. Wie bereits oben erwähnt wird im Bereich der Ausdauerdiagnostik in der Regel nur ein Versuch erfolgen. Somit stellt sich hier die Frage nach der Pausendauer nicht.

Spezifisch testen

Sollen Testparameter zuverlässig interpretiert werden, müssen einige wichtige Einflussfaktoren berücksichtigt und in die Interpretation einbezogen werden.

Spezifische Trainingsreize führen in der Regel zu spezifischen Anpassungen im neuromuskulären (Sale u. MacDougall 1981) und metabolischen System (Neumann et al. 2001). Um Veränderungen in der tatsächlichen Größenordnung zu erfassen, soll der Test unter den Bedingungen stattfinden, die im Training vorherrschen.

In Bezug auf die Beurteilung der Ausdauer werden daher möglichst sportartspezifische Ergometer für die Diagnostik verwendet. Einen Läufer auf einem Radergometer zu testen bringt für die Beurteilung seiner Leistungsfähigkeit im Laufen wenig verwendbare Informationen. Untersuchungen von Hollmann et al. (1971) zeigten schon sehr früh, dass die maximal erreichbaren Werte für bestimmte Kenngrößen der aeroben Kapazität (z. B. Sauerstoffaufnahme, Atemminutenvolumen, Herzfrequenz, Laktatkonzentration) z. B. zwischen Radergometer- und Laufbanduntersuchungen differieren.

In Bezug auf Kenngrößen des Kraftverhaltens soll z. B. nach einem isometrischem Training isometrisch und nach einem dynamischen Training dynamisch getestet werden.

Die höchsten Zuwachsraten werden in den trainierten Gelenkwinkelstellungen gefunden (Thepaut-Mathieu et al. 1988, Kitai u. Sale 1989). Dies trifft auch für den im dynamischen Krafttraining durchlaufenen Gelenkwinkelbereich zu (Graves et al. 1989). Daher sollte ein Test die Kraftwerte in diesen Winkelstellungen bzw. Gelenkwinkelbereichen erfassen.

Spezifische Anpassungen betreffen auch die Differenzierung in bilaterales oder unilaterales Training und die damit verbundene Testung (Kibele 1998). Daher wird nach einem bilateralen Training auch ein bilateraler Test und nach unilateralem Training ein unilateraler Test empfohlen (Schlumberger u. Schmidtbleicher 2004).

Training an ein- oder mehrgelenkigen Systemen bzw. ein Gelenk oder mehrere Gelenke umfassende Übungen führen zu spezifischen Anpassungen. Soll die Kraft eines Muskels gezielt erhöht werden, kann dies mit Trainingssystemen bzw. Übungen erfolgen, die nur diesen Muskel oder diesen Muskel innerhalb einer Muskelkette trainieren. Gute Testleistungen in der Muskelkette (z. B. bei einer Kniebeuge oder in der Beinpresse) führen nicht zwangsläufig zu gültigen Rückschlüssen auf die Leistung

eines isolierten Muskels (z. B. Knieextension; Bührle et al. 1990). So zeigten z. B. Kreuzbandpatienten nach 3-wöchigem Training an der Beinpresse eine relativ große Kraftzunahme der Plantarflexoren und Hüftextensoren, während die isolierte Messung der Knieextensoren nur eine geringe Kraftzunahme aufwies (Froböse 1993). Sollen daher die Kraftkennwerte eines einzelnen Muskels zuverlässig erfasst werden, muss die Testübung den Muskel auch isoliert erfassen können.

2.1.3 Beurteilung der Ergebnisse

Die Beurteilung der Ergebnisse erfolgt

- im Vergleich mit früheren Ergebnissen (intraindividuell)
- im Vergleich mit Referenz- oder Normwerten, wobei Normwerte in Bezug auf Alter, Geschlecht, Leistungsklasse, Gruppe, Sportart, Spielposition etc. vergleichbar sein müssen
- im Vergleich mit anderen Personen bzw. Kollektiven (interindividuell)
- in der Rehabilitation häufig im Vergleich der verletzten zur unverletzten Extremität

Die Beurteilung von Kraftkennwerten nach einer Verletzung steht vor der Frage, womit die Werte verglichen werden sollen. Das Niveau vor der Verletzung ist häufig nicht bekannt. Eine Ausnahme stellen „Pre-injury Testings" (PIT, Test zur Ermittlung der Leistungsfähigkeit gesunder Sportler) dar, die im Spitzensport (immer noch viel zu selten) bei den Sportlern gezielt erhoben werden, um im Falle einer Verletzung auf Vergleichswerte zurückgreifen zu können. Eine andere oft verwendete Vergleichsgröße sind die Werte der unverletzten Extremität. Doch auch hier muss bedacht werden, dass die unverletzte Seite postoperativ über Inaktivität und/oder Immobilisation in Mitleidenschaft gezogen sein kann und nach einer Verletzung nicht mehr die ursprünglichen Werte repräsentiert (Schlumberger u. Schmidtbleicher 2004). Auch können sportartspezifische Unterschiede zwischen Extremitäten bestehen. Jugendliche Fußballspieler zeigen auf der Schussbeinseite signifikant höhere Kraftwerte der Knieextensoren im Vergleich zur Standbeinseite (Kellis et al. 2001).

2.1.4 Vor- und Nachteile von Laboruntersuchungen

Laboruntersuchungen sollten immer dann vorgezogen werden, wenn es um die Diagnose von wissenschaftlichen Fragestellungen geht und die Gütekriterien erfüllt sein müssen. Sie finden unter standardisierten Bedingungen statt, weil z. B. Wettereinflüsse in Form von Wind, Temperatur und Luftfeuchtigkeit gleich gehalten werden können. Die Erfassung der Ausprägung unterschiedlicher Ausdauermerkmale erfolgt in der Regel auf einem Ergometer oder Laufband und ermöglicht bei Bedarf eine kontinuierliche Aufzeichnung und Kontrolle von EKG, Herzfrequenz, Blutdruck, Atemgasen etc. Die Erkenntnis, dass die Ergebnisse umso aussagekräftiger sind, je sportartspezifischer der Test angelegt ist, hat zu der Entwicklung einer Reihe unterschiedlichster Ergometer und Messplätze geführt: Strömungskanäle und Seilzugergometer für Schwimmer, Rad-, Kanu-, Kajak- und Ruderergometer oder Windsurfmessplätze. Ergometer und Laufbänder ermöglichen eine exakte Vorgabe der Belastungsabstufung in Watt (W) oder Geschwindigkeit (m/s, km/h, °/sec). Im Labor werden diese Tests häufig als Stufentests mit begleitender Herzfrequenz-, Laktat- und Atemgasanalyse durchgeführt.

In der Kraftdiagnostik können Arbeitswinkel, -winkelbereiche und Geschwindigkeitsvorgaben gut kontrolliert und damit reproduziert werden. Auch ist es möglich, Arbeit, Leistung und Impuls exakt zu messen.

Neben der kostenintensiven Diagnose durch Personal, Equipment und Zeit hat sich als nachteilig bei Laboruntersuchungen die oft fehlende Spezifität herausgestellt. Viele sportmedizinische Einrichtungen verfügen über Radergometer und Laufband, während sportartspezifische Ergometer wegen der Kostensituation noch selten anzutreffen sind. Die vorhandenen Ergometer ermöglichen es oft nicht, die sportartspezifischen Bedingungen (z. B. die Sitzposition auf dem Rad oder im Boot) einzustellen. Die Ergebnisse sind damit nicht unmittelbar auf die Bedingungen übertragbar, unter denen das Training stattfindet. Im Labor fehlt z. B. auf Laufband und Ergometer der Widerstand, der von der Umgebungsluft (Rad, Lauf) oder dem Wasser (Schwimmer, Rudern, Kanu, Kajak) dem Vortrieb entgegengesetzt werden. Auch fehlt auf dem Laufband die Notwendigkeit, Vortrieb zu erzeugen. Das Laufband zieht unter dem Probanden hinweg und der energetische Aufwand beschränkt sich im Wesentlichen auf das Beinheben. Die damit verbundene koordinative Umstellung kann die Ergebnisse ebenfalls beeinträchtigen.

2.1.5 Vor- und Nachteile von Feldtests

Zur Beantwortung praktischer Fragestellungen für die weitere Trainingsgestaltung oder zur Einschätzung der Leistungsfähigkeit unter „realen" Bedingungen werden häufig Feldtests angewendet. Feldtests finden an oder in den Trainingsstätten statt, können daher sportartspezifisch (z. B. Laufen, Radfahren, Rudern, Kanufahren, Schwimmen, Spielsport) durchgeführt werden und liefern praxisnahe Resultate. In vielen Fällen ist keine spezielle Kontrolle oder Aufsicht (etwa durch einen Arzt) notwendig. Der Kostenaufwand (Personal, Apparate und Zeit) ist daher meist relativ gering und es besteht die Möglichkeit, größere Probandenkollektive gleichzeitig

zu testen. Wird die Testdurchführung standardisiert und entsprechend diesen Standards auch vollzogen, ist die Validität hoch.

Nachteilig wirkt sich bei Feldtests die Anfälligkeit für äußere Einflüsse (Wind, Temperatur, Luftfeuchtigkeit etc.) aus. Diese beeinflussen das Ergebnis und machen daher die Daten nur für gleiche oder sehr ähnliche äußere Bedingungen vergleichbar. In Bezug auf die geforderten Gütekriterien und die Standardisierung haben es Laboruntersuchungen leichter. Weiter können bestimmte Parameter (z. B. Atemgasanalysen zur Bestimmung der maximalen Sauerstoffaufnahme oder des respiratorischen Quotienten) nicht oder nur mit einem erheblichen apparativen Aufwand kontinuierlich registriert werden. Und die Belastungsvorgabe (Herzfrequenz, Watt oder Geschwindigkeit) ist im Feldtest schwerer einzuhalten als auf einem Ergometer. Hierzu müssen dann unter Umständen geeignete Schrittmachersysteme (Pacer) bereitstehen.

Literatur

Bührle M, Kibele A, Li Q, Müller KJ. Auf dem Weg zu einer standardisierten und differenzierten Kraftdiagnostik. In: Menzel HJ, Preiß R (Hrsg.). Forschungsstand Sport. Frankfurt, Harri Deutsch; 1990: 89–101.

Froböse I. Isokinetisches Krafttraining in Sport und Therapie. Sankt Augustin: Academia; 1993.

Graves JE, Pollock ML, Jones AE, Colvin AB, Legget SH. Specificity of limited range of motion variable resistance training. Medicine & Science in Sports & Exercise 1989; 21: 84–89.

Hennig E, Podzielny S. Die Auswirkungen von Dehn- und Aufwärmübungen auf die Vertikalsprungleistung. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 1994; 45(6): 253–260.

Hollmann W, Heck H, Schmücker B, Stolte A, Liesen H, Forescu MD, Mathur DN, Joura KH. Vergleichende spiroergometrische Untersuchungen über den Effekt und die Aussagekraft von Laufband- und Fahrradergometerbelastungen. Sportarzt und Sportmedizin 1971; 22: 123–134.

Hutton RS. Neuromuskuläre Grundlagen des Stretchings. In: Komi P (Hrsg.). Kraft und Schnellkraft im Sport. Köln: Deutsche Ärzte Verlag; 1994: 41–50.

Kellis S, Gerodimos V, Kellis E, Manou V. Bilateral isokinetic concentric and eccentric strength profiles of the knee extensors and flexors in young soccer players. Isokin Exerc Science 2001; 9: 31–39.

Kibele A. Maximalkraftzuwachs ohne Leistungsgewinn? Leistungssport 1998; 28(3): 45–49.

Kitai TA, Sale DG. Specificity of joint angle in isometric training. European Journal of Applied Physiology 1989; 58: 744–748.

Kool J, de Bie R. Der Weg zum wissenschaftlichen Arbeiten – Ein Einstieg für Physiotherapeuten. Stuttgart, New York: Thieme; 2001.

Kraemer WJ, Fry AC. Strength testing: Development and evaluation of methodology. In: Maud P, Foster C (Hrsg.). Physiological assessment of human fitness. Champaign: Human Kinetics; 1995: 115–138.

Künnemeyer J, Schmidtbleicher D. Die rhythmische neuromuskuläre Stimulation (RNS). Leistungssport 1997; 27(2): 39–42.

Logan P, Fornasiero D, Abernethy P, Lynch K. Protocolls for the assessment of isoinertial strength. In: Gore C (Hrsg.). Physiological tests for elite athletes. Champaign: Human Kinetics; 2000: 200–221.

Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Sorensen H, Kjaer M. A mechanism for altered flexibilty in human skeletal muscle. Journal of Physiology 1996; 497: 291–298.

Matheson L, Mooney V, Caioozo V, Jarvis G, Pottinger J, de Berry C, Backlund K, Klein K, Antoni J. Effect of instructions on isokinetic trunk strength testing variability, reliability, absolute value, and predictive validity. Spine 1992; 17: 914–921.

Neumann G, Pfützner A, Berbalk A. Optimiertes Ausdauertraining. Aachen: Meyer & Meyer; 2001.

Sale DG. Testing strength and power. In: MacDougall JD, Wenger HA, Green HJ (Hrsg.). Physiological testing of the high-performance athlete. Champaign: Human Kinetics; 1991: 21–106.

Sale DG, MacDougall JD. Specificity in strength training; a review for the coach and the athlete. Canadian Journal of applied Sports Science 1981; 6: 87–92.

Shellock FG, Prentice WE. Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of sports-related injuries. Sports Medicine 1985; 2: 267–278.

Schlumberger A. Optimierung von Trainingsstrategien im Schnellkrafttraining. Köln: Sport und Buch Strauß; 2000.

Schlumberger A, Schmidtbleicher D. Grundlagen der Kraftdiagnostik. In: Banzer W, Pfeifer K, Vogt L. Funktionsdiagnostik des Bewegungssystems in der Sportmedizin. Berlin, Heidelberg: Springer; 2004: 88–106.

Thepaut-Mathieu C, van Hoecke J, Martin B. Myoelectrical and mechanical changes linked to length specificity during isometric training. Journal of applied Physiology 1988; 64: 1500–1505.

Tittlbach S, Knyrim H, Baumeister J, Bös K. Motorische Tests. In: Banzer W, Pfeifer K, Vogt L. Funktionsdiagnostik des Bewegungssystems in der Sportmedizin. Berlin, Heidelberg: Springer; 2004: 72–86.

Tschopp M, Held T, Villiger B, Marti B. Qualitätsstandards in der Ausdauerdiagnostik. Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie 2001; 49(2): 57–66.

Tschopp M. Manual Leistungsdiagnostik Ausdauer. Davos, Leukerbad, Magglingen, Muttenz, Zürich: Swiss Olympic Medical Centers; 2003.

Tschopp M. Manual Leistungsdiagnostik Kraft. Davos, Leukerbad, Magglingen, Muttenz, Zürich: Swiss Olympic Medical Centers; 2003.

Voß G, Witt M, Werthner R. Herausforderung Schnelligkeitstraining. Aachen: Meyer & Meyer; 2007.

2.2 Schnelldiagnostik im Sport

Mike Steverding

Im Sport wird das therapeutische Team – betreuender Arzt und/oder der Physiotherapeut/Masseur – immer wieder mit einer sehr speziellen Form der Diagnostik konfrontiert: Im Falle einer Verletzung muss es in relativ kurzer Zeit darüber entscheiden, ob ein betroffener Athlet seinen Wettkampf oder sein Training weiter fortsetzen kann oder nicht. Primär ist nur diese Fragestellung zu klären und die, welche therapeutischen Maßnahmen (z. B. Tape-Verbände oder Wundversorgung) die körperliche Betätigung eventuell sicherstellen könnten. Erst in zweiter Konsequenz geht es darum, die verletzten Strukturen zu determinieren, um die weiteren Diagnostik- oder Behandlungsmaßnahmen einzuleiten.

Was auf den ersten Blick klar und wenig spektakulär erscheint, gestaltet sich in der praktischen Umsetzung nicht immer ganz so einfach. Steht im Leistungssport meist ein Team aus Arzt und Physiotherapeut/Masseur zur Verfügung, das diese Entscheidungen gemeinsam diskutiert bzw. die Verantwortung teilt, sind im Amateursport, auch auf hohem Niveau, oft Physiotherapeut oder Masseur ohne Unterstützung auf sich allein gestellt. Der Athlet und natürlich der Trainer stützen sich als medizinische Laien auf die Erfahrung und Untersuchungstechniken des medizinischen Spezialisten.

Eine klinische Untersuchung im normalen Praxisalltag unterscheidet sich erheblich von der Ausgangslage direkt am Spielfeld. In einer angenehmen Atmosphäre, unter optimalen Rahmenbedingungen und mit angemessen viel Zeit kann der untersuchende Arzt/Therapeut seine klinisch relevanten Informationen sammeln, sie notieren und – wenn nötig – durch apparative Diagnostikverfahren ergänzen. Alle weiterführenden Behandlungsstrategien können angemessen ausgewählt oder geplant werden.

Die Situation am Spielfeld gestaltet sich völlig konträr. Bei suboptimalen bis schlechten Bedingungen und in einer sehr hektischen Atmosphäre wirkt eine Unzahl von Faktoren auf die genannten Entscheidungsträger ein und sie stören eine objektive Beurteilung. Unter der Last dieser vielen Einflüsse (**Abb. 2.1**) fällt es nicht immer leicht, die Schnelldiagnostik unbeeindruckt durchzuführen.

Dabei gibt es nur eine grundlegende Gesetzmäßigkeit zu beachten: Die Entscheidung muss immer zum Wohle des Athleten getroffen werden. Alle anderen Motivationen haben sich dieser wichtigen Regel zu unterwerfen.

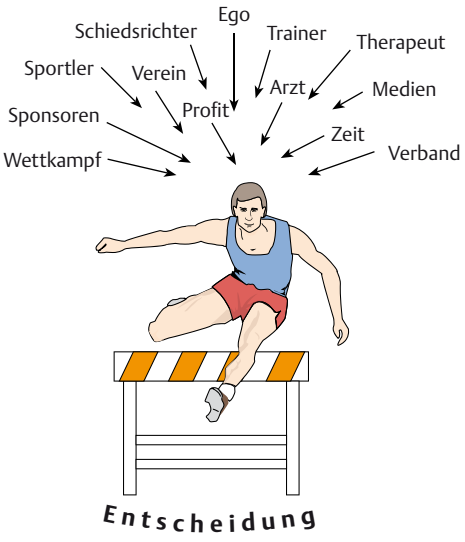


Abb. 2.1 Einflussfaktoren auf die objektive Beurteilung eines Sportlers am Spielfeld.

2.2.1 Einflussfaktoren

Spieler

Die Personen, die im Fokus unserer Aufmerksamkeit stehen, sind natürlich die betroffenen Athleten selbst. In den meisten Fällen sind die verletzten Sportler sehr motiviert und wollen um jeden Preis den Wettkampf, auf den sie sich lange vorbereitet haben, auch zu Ende bringen. Unter höchster Anspannung, aufgeputscht durch Endorphine und Adrenalin, sind die eigene Wahrnehmung bzw. das Schmerzempfinden erheblich gestört. Nicht immer sind die Aussagen des übermotivierten Sportlers eine wirkliche Hilfe bei der Diagnostik. Sehr gern bagatellisieren sie die Situation und möchten weiter am Wettkampf teilnehmen. Unter diesem Gesichtspunkt ist es ganz wichtig, die relevanten Informationen für eine seriöse Diagnostik zu sammeln und die objektivierbaren Zeichen richtig zu deuten.

In diesem Zusammenhang muss natürlich auch die Wertigkeit eines Wettkampfs angesprochen werden, da es für den Sportler natürlich eine besondere Motivation sein kann, einen wichtigen Wettkampf – wie ein Endspiel bei einer Welt- oder Europameisterschaft – zu Ende zu spielen oder um eine Medaille bei olympischen Spielen mitzukämpfen. In einer solchen Ausnahmesituation sind Athleten bereit, auch gegen jede Vernunft hohe Risiken einzugehen. Oft sind damit auch wirtschaftliche Konsequenzen oder weitere Karriereschritte verbunden, die eine objektive Beurteilung deutlich beeinflussen können.

Zeit

In allen Sportarten, egal ob Individual- oder Mannschaftssport, steht zur sicheren Abklärung der Verletzung nur ein sehr überschaubarer Zeitrahmen zur Verfügung. Neben dem spezifischen Regelwerk sind es vor allem auch die zeitlichen Abläufe der meisten Disziplinen, die es nicht erlauben, lange Unterbrechungen der Spiel- bzw. Wettkampfabläufe zu tolerieren. Bei Individualsportarten ist es nicht möglich, den verletzten Spieler auszutauschen, was bei entsprechender Verletzung den Abbruch des Wettkampfs zur Folge hat. In Mannschaftssportarten besteht meist die Möglichkeit zur Auswechslung verletzter Spieler. Trotzdem möchte der Trainer relativ schnell wissen, ob er mit dem betroffenen Spieler weiter rechnen kann oder ob sich ein Auswechselspieler aufwärmen soll und eingewechselt werden muss. Da solche Entscheidungen nicht nur die sportliche Qualität des Teams bestimmen, sondern auch eine erhebliche taktische Konsequenz haben können, sind schnelle Entscheidungsprozesse sehr wichtig.

Im Wettkampf kann diese Zeitspanne mit maximal 2–3 min determiniert werden. Nach Ablauf dieser Frist sollte die Fragestellung bezüglich der Fortsetzung oder des Abbruchs der sportlichen Aktivität eindeutig geklärt sein.

Schiedsrichter

Ganz entscheidenden Einfluss auf die Prozesse auf dem Spielfeld hat natürlich der Schiedsrichter, der entscheidet, ob und wann das Betreuerteam auf das Spielfeld kommen kann. Während der Untersuchung ist er ständig damit beschäftigt, den Vorgang so kurz wie möglich zu halten. Unter diesem Eindruck ist es nicht immer einfach, die volle Konzentration und Aufmerksamkeit dem eigentlich Betroffenen zu widmen. Oft entstehen heftige Dialoge während der konkreten Untersuchungsgänge und es erfordert ein hohes Maß an Erfahrung, Routine und Selbstbewusstsein, sich nicht aus dem Konzept bringen zu lassen. Hilfreich ist natürlich das Auftreten im Team, da der zweite Betreuer nicht selten den Dialog mit dem Schiedsrichter führt, um dem diagnostizierenden Kollegen den Rücken frei zu halten.



Abb. 2.2 Betreuerkoffer und Kühlbox als taktische Hilfsmittel für die Schnelldiagnostik.

Es gibt aber auch kleine taktische Hilfsmittel, mit denen es dem therapeutischen Team möglich ist, sich ein wenig Vorteile zu verschaffen sowie den Schiedsrichter auf Distanz zu halten.

Jedes Wochenende kann man sie live im Fernsehen erleben: die Betreuer, die bei Verletzungen auf das Spielfeld stürmen. Oft fragt man sich, was diese sehr wichtig anmutenden Personen da immer mit sich schleppen, denn nicht selten nehmen sie mehrere Taschen, Koffer oder Boxen mit auf den Platz. In den meisten Fällen sind die Utensilien, die direkt beim Sportler benötigt werden, sehr überschaubar. Sie rechtfertigen selten den hohen Aufwand, der tatsächlich betrieben wird. Hier nutzen die Kollegen einfach die Möglichkeit, durch den mitgebrachten Betreuerkoffer und die obligatorische Kühlbox einen „Arbeitsplatz“ zu generieren, der andere Spieler und den Schiedsrichter erst einmal etwas auf Distanz hält. Meist kommt ein Handtuch zum Einsatz, mit dem der Kopf des Verletzten abgewischt oder abgedeckt wird, um ganz kurz „unter vier Augen“ mit dem Athleten zu sprechen. Mit solchen kleinen Hilfsmitteln verschafft sich das Team den entscheidenden Zeitvorteil bzw. Freiraum, die Schnelldiagnostik unter halbwegs optimalen Bedingungen durchzuführen.

Trainer

Eine sehr wichtige Person im gesamten Team ist der Trainer. Seine Position ist besonders exponiert und immer abhängig von der Leistungsfähigkeit seiner Mannschaft oder seiner Athleten. Sein Bestreben ist es daher, mit den besten Spielern seine Wettkämpfe bestreiten und abschließen zu wollen. Im Falle eines verletzten Leistungsträgers kommt es nicht selten vor, dass der Trainer auf die Entscheidung des medizinischen Teams oder des Spielers Einfluss nehmen möchte. Ganz wichtig ist es in diesem Zusammenhang, die klaren Kompetenzen in fachlichen Fragen schon im Vorfeld abzustecken. Hier darf es keine Spielräume für Interpretationen geben. Die Entscheidung über die Spiel-/Wettkampfsfähigkeit ist ausschließlich vom medizinischen Team zu treffen und zu verantworten. Andere Vorgehensweisen sind nicht nur fahrlässig bezüglich der Gesundheit der Spieler, sie untergraben

auch die Kompetenz des therapeutischen Betreuerstabs und stören das Vertrauensverhältnis empfindlich.

Vereins- oder Verbandsinteressen

Ähnlich wie der Trainer ist auch ein Verein oder Verband natürlich daran interessiert, möglichst mit den besten Sportlern seine Ziele zu vertreten. Vom sportlichen Erfolg hängen direkt die wirtschaftlichen Möglichkeiten, nicht selten gar die Zukunft des Vereins und seiner Mitarbeiter ab. Je höher die Spielklasse oder der Wettkampf, umso wichtiger werden diese Gesichtspunkte. Wie schon oben erwähnt, dürfen all diese Abhängigkeiten die Entscheidung des medizinischen Teams in keiner Weise beeinflussen. Die Gesundheit des Athleten steht an erster Stelle.

Medien

Natürlich spielen die Medien eine sehr große Rolle – vor allem im Leistungssport. Sie reflektieren, interpretieren und kommentieren alles, was um den Sportler oder die Mannschaft herum passiert. So werden Sportler, die häufig verletzt ausscheiden, schnell zum verletzungsanfälligen „Weichei“ abgewertet oder die medizinische Abteilung infrage gestellt, wenn wichtige Spieler nicht schnell wieder einsatzfähig gemacht werden können.

Alle diese Gedankenspiele müssen bei der Schnelldiagnostik ausgeblendet werden.

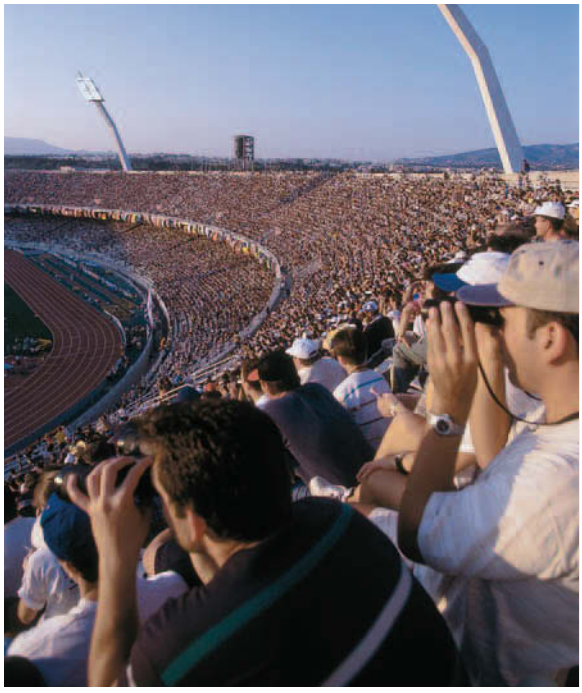


Abb. 2.3 Physiotherapeutische Schnelldiagnostik unter den Augen der Öffentlichkeit.

Zuschauer/Fernsehübertragung

Ein oft unterschätzter Faktor ist die Präsenz der Zuschauer, vor allem bei Veranstaltungen in großen Wettkampfstätten, wie z. B. Fußballstadien. Es ist einfach eine andere Situation, vor 40 000 Zuschauern auf ein Spielfeld zu laufen, als in einem kleinen Stadion mit wenigen Zuschauern die gleiche Aufgabenstellung zu lösen. Auch bei Therapeuten mit viel Erfahrung steigt unter diesen Bedingungen der Adrenalinspiegel. Die permanente Kamerapräsenz, die jeden Handgriff in Fernsehbildern überträgt, steigert diesen Effekt und erhöht die Nervosität.

Man stelle sich z. B. den Einsatz des Physiotherapeuten bei einem großen Tennisturnier wie Wimbledon vor. Alle Augen im Stadion und im öffentlichen Fernsehen können die Maßnahmen der Behandlung direkt mitverfolgen. Innerhalb von 3 min müssen die Schnelldiagnostik und die Behandlung erfolgreich durchgeführt werden und Millionen schauen zu. Keine leichte Aufgabe, die zu Fehlern führen kann.

Persönliches Ego

Ähnlich wie Trainer und Sportler unterliegen die Therapeuten im Sport einem gewissen Leistungsdruck, aber auch einer gewissen Eitelkeit. Sie sind für die Therapie und Rehabilitation der besten Sportler ihrer Disziplin verantwortlich. Ihre Kompetenz hilft verletzten Athleten, schnell wieder am Wettkampf teilzunehmen und ihre Leistung abzurufen. Mit dem Erfolg der Mannschaft steigt auch das eigene Ansehen. Man wird in der Presse erwähnt und erfährt eine hohe Aufmerksamkeit. Dadurch erhöht sich natürlich die Gefahr, in sportlich besonders wichtigen Momenten diagnostisch eher optimistische Prognosen zu stellen und vielleicht die nötige Objektivität zu verlieren. Gerade in dieser exponierten Stellung sind persönliche Eitelkeiten oder Ehrgeiz von großem Nachteil und zu vermeiden.

2.2.2 Lösungsstrategie

Unter dem Einfluss all dieser Umstände ist ein ruhiges, sehr strukturiertes Vorgehen von entscheidender Bedeutung. Das Verhalten und alle Untersuchungsgänge sollten einem klaren roten Leitfaden folgen, an dem man sich immer wieder orientieren kann, auch wenn unvorhersehbare Dinge passieren sollten. Wie sich dieser Leitfaden gestaltet, hängt sicherlich von verschiedenen Faktoren ab und ist von Therapeut zu Therapeut unterschiedlich. Hier spielen fachliche Qualifikationen, Weiterbildungen, Fachausrichtung und Erfahrung eine große Rolle. In jedem Fall ist eine klare Untersuchungsstruktur ein wichtiges Werkzeug für die seriöse Schnelldiagnostik am Spielfeld.

Als Modellbeispiel möchte ich an dieser Stelle mein persönliches Vorgehen vorstellen, ohne den Anspruch auf

eine Ideallösung zu erheben. Dieses Vorgehen hat sich in 20 Jahren Erfahrung im Leistungssport entwickelt und bewährt. Es kann als ein Grundgerüst angesehen werden; ein Raster, das jeder Sportphysiotherapeut mit seinen persönlichen Feinheiten und Qualitäten ergänzen kann.

Sportartenanalyse/Kenntnisstand der Sportart

Es ist nicht unbedingt notwendig, die betreute Sportart selbst ausgeübt zu haben, auch wenn dies sicherlich ein gewisser Vorteil sein könnte. Aber es ist sehr wichtig, mit der Sportart, den speziellen Anforderungen sowie den biomechanischen Problembereichen vertraut zu sein. Dieser Kenntnisstand erleichtert nicht nur die sportartspezifische Behandlung – Verletzungsmechanismen können besser erkannt werden und man erhält wichtige Informationen für die Schnelldiagnostik.

Spielbeobachtung

Eine unsagbar wichtige Hilfe zur schnelleren Beurteilung einer Verletzung ist die Beobachtung des Verletzungsmechanismus. Anhand dieser Bewegungsabläufe lassen sich die Regionen der potenziell verletzten Strukturen klarer eingrenzen. Die nötigen Untersuchungsgänge können schon beim Einlaufen der Betreuer auf das Spielfeld besser vorbereitet bzw. eingegrenzt werden.

> Achtung! Die Spielbeobachtung ist eine Hilfestellung, aber keine klare Schnelldiagnostik. Sollte sich die Vermutung aus der Beobachtung nicht bestätigen, muss weiter differenziert werden.

An dieser Stelle muss auch die Körpersprache der Spieler beim Verletzungsmechanismus speziell erwähnt werden. Durch sie erhält man sehr viele Informationen über die Bedeutung der Verletzung, vor allem wenn es sich um einen dem Therapeuten bekannten Sportler handelt. In diesem Fall hat man denselben Spieler schon oft im Training oder Wettkampf erlebt und ist in der Lage, seine Verhaltensmuster zu interpretieren.

Insgesamt kann festgestellt werden: Je theatralischer das Szenario nach einem Foul bzw. einer Verletzung gestaltet wird, desto weniger schwerwiegend ist die Verletzung zu erwarten. Bleibt ein Athlet relativ regungslos oder emotionslos am Boden liegen, ist in den meisten Fällen höchste Eile angesagt.

> Achtung! Diese Erkenntnis ist als eine Regel anzusehen, die wie jede Regel ihre Ausnahmen kennt.

Erwähnen möchte ich in diesem Zusammenhang die Möglichkeit einer taktischen Auszeit durch eine „Notfallbehandlung“. Diese kann in einer engen Spielsituation durch den Trainer gefordert oder durch den erfahrenen Sportler selbst initiiert sein. In beiden Fällen wird ein vermeintlich leichtes Foul dazu eingesetzt, das Spiel zu unterbrechen und den Rhythmus des Gegners zu stören. Bei der Kontaktaufnahme mit dem „verletzten“ Spieler gibt dieser sehr schnell die Information an die Betreuer weiter, die eine Behandlung einleiten und die Zeit auf dem Spielfeld entsprechend ausreizen. Auch wenn dieses Verhalten auf den ersten Blick etwas unfair erscheint, ist es im Sport ein legitimes und geschickt genutztes taktisches Mittel.

Kontaktaufnahme mit dem Spieler

Wie schon beschrieben, schafft sich das therapeutische Team auf dem Spielfeld ein abgegrenztes Arbeitsfeld und platziert den Betreuerkoffer und die Kühlbox um den verletzten Sportler, um andere Spieler und den Schiedsrichter auf Distanz zu halten. Wichtig ist die sehr schnelle Kontaktaufnahme mit dem Athleten.

In den meisten Fällen dominiert primär der Schmerz in den ersten Sekunden nach einem akuten Trauma. Ganz entscheidend ist es, nicht sofort analgisierend zu intervenieren, da diese Schmerzangabe eine für die gezielte Diagnostik wichtige Information darstellt.

Schnell sucht man den Blickkontakt zum Athleten und versucht, ruhig und sachlich die Situation zu erfassen. Die eigene Körpersprache ist ein wichtiges Medium, um dem Verletzten Vertrauen zu vermitteln und ihm Sicherheit zu geben.

> Egal was passiert – immer souverän und sicher wirken, niemals hektisch und unsicher agieren. Die Haltung des Untersuchers/Therapeuten überträgt sich sofort auf den Athleten.

Mit dem Blickkontakt sind jetzt nur 2 Fragen zu stellen:

- Was ist passiert? – Damit gleicht man das beobachtete Geschehen mit der Wahrnehmung des Athleten ab. Die Körperregion wird eingegrenzt, der Verletzungsmechanismus determiniert.
- Wo tut es weh? – Durch die akute Schmerzinformation der verletzten Struktur kann der Athlet sehr klar den Bereich seiner Verletzung angeben. Oft beschreibt er ganz punktuell die Region seiner Beschwerden (z. B. legt er bei einem Inversionstrauma des oberen Sprunggelenks den Zeigefinger genau auf das Lig. fibulotalare anterius).

Zu diesem frühen Zeitpunkt ist die Nozizeption noch nicht vegetativ verarbeitet und meldet ganz lokal das Gewebetrauma. Prüft man dieselbe Verletzung einige Minuten später, verändert der Einfluss des vegetativen Nervensystems diese klare Schmerzinformation. Die sympathische Reflexaktivität aller Körpersensoren steigt, der Patient kann nicht mehr punktuell definieren, wo das Schmerzzentrum sitzt. Er empfindet die komplette Region als schmerzhaft (am Beispiel des oberen Sprunggelenks schmerzt der ganze laterale Fuß bis in den Unterschenkel).

Inspektion

Mit der Beschreibung der Schmerzregion ist schon der Ort der Verletzung erreicht. Der nächste Schritt der Schnelldiagnostik ist eingeleitet, die betroffene Region wird inspiziert.

An dieser Stelle stellt sich direkt die Frage, ob dazu „störende" Bekleidung oder das Schuhwerk entfernt werden sollten. Diese Fragestellung wird immer wieder diskutiert und ist relativ einfach zu beantworten: Ein erfahrener Therapeut wird immer versuchen – ganz im Sinne einer schnellen Diagnostik – die Situation *mit* der Schutz- oder Sportbekleidung zu erfassen. Es geht ja nicht primär um die Differenzierung der verletzten Strukturen, sondern ganz dringend um die Frage, ob weitergespielt werden kann oder nicht. Ergibt die Untersuchung eine Fortsetzung des Wettkampfs, spart man sehr viel Zeit, denn der Sportler ist sofort in der Lage, in den Wettkampf zurückkehren. Muss der Athlet aufgrund der Schwere des Traumas die sportliche Aktivität einstellen, ist genügend Zeit, sich der Verletzung bzw. der weiterführenden Diagnostik zu widmen. Die Bekleidung kann dann problemlos entfernt werden. Natürlich gibt es auch hier immer wieder Ausnahmen, die auf dem Spielfeld oder am Rand des Spielfelds spontan entschieden werden müssen.

Unerfahrenen Therapeuten empfehle ich, diese Abläufe im Training des Athleten zu üben und hier auch noch mit der Kontrolle zu arbeiten: erst mit Schuh oder Schutzkleidung beurteilen, um diesen Eindruck nach Entfernen der Kleidung zu bestätigen oder zu korrigieren.

Im Falle eines unklaren Befunds plädiere ich dafür, zur sicheren Abklärung die Schutzkleidung zu entfernen.

Begutachtet wird die gesamte Region erst einmal auf optische Auffälligkeiten. Offene Blutungen, Wunden, grobe Weichteilverletzungen, deutliche Dislokationen, offene Frakturen oder extreme Fehlstellungen sind meist sehr schnell zu erkennen. Eine zerrissene Schutzkleidung gibt nicht selten einen Hinweis auf die Lokalisation von weiteren Verletzungen.

Neben diesen optisch leicht erkennbaren Traumata gibt es weitere wichtige diagnostische Zeichen, die nicht immer so leicht zu determinieren sind. So sind Hämatome, Prellmarken und Schwellungen möglichst schnell zu eruieren, da sie sehr wichtige Informationen liefern.

- Prellmarken, z. B. durch die Stollen eines Fußballschuhs, geben ganz klare Auskunft darüber, wo eine Gewebekontusion stattgefunden hat und welche Strukturen davon betroffen sind.
- Hämatome und Schwellneigung geben eine klare Information über die Beteiligung von Blutgefäßen bei einer Verletzung.

So ist allein die zeitliche Entwicklung einer Schwellung oder eines Hämatoms ein sehr wichtiges diagnostisches Werkzeug. Tritt eine intra- oder extraartikuläre Schwellung sofort, also in den ersten Minuten der Verletzung auf, kann immer die Beteiligung einer gut durchbluteten Struktur (Kapsel, Bänder, Muskulatur usw.) angenommen werden. Die Schwere einer Verletzung wird durch diese Schwellneigung allerdings nicht definiert.

Nicht immer bedeutet viel Schwellung oder Hämatom auch „viel" Verletzung.

Häufig findet man in der Erstuntersuchung keine Schwellung und wenig optischen Befund, aber in der sekundären Beurteilung oder in der Behandlung einen Tag später sieht man einen intraartikulären Erguss. Dieser Reizerguss entsteht nicht selten durch eine Verletzung der wenig durchbluteten Gelenkstrukturen wie der Menisken, Disken oder des Knorpels.

Gelenkpunktion:

- akuter Erguss/Hämarthros = in der Regel blutig
- subakuter Reizerguss = bernsteinfarben, ohne Blut

Funktionsanalyse

Nach der optischen Inspektion, die in der Regel wenige Sekunden dauert, werden die Funktionen der betroffenen Region, meist eines Gelenks, überprüft. In Qualität (Wie führt der Athlet die Bewegungen aus?) und Quantität (Entspricht das Bewegungsausmaß dem normalen ROM – Range of Motion?) interessieren besonders die Bereitschaft und die Fähigkeit, diese Funktionen abzurufen. Dabei ist es sehr entscheidend, die Bewegungen in alle Richtungen zu prüfen und wiederholt abzurufen, um ein klares Bild zu erhalten. Sicher kennt jeder selbst das Gefühl, wie schmerzhaft nach einer Verletzung die erste Bewegung erscheint. Wiederholt man jedoch die Bewegung mehrfach hintereinander, lässt der Schmerz sehr oft nach und das Bewegungsausmaß normalisiert sich.

Hier spielen sowohl die Stimulation dick-afferenter Rezeptoren und Nervenfasern (Gate-Control-Theorie) als

auch das aktive Ausschwemmen von Schmerzmediatoren eine wichtige Rolle.

Auch eine gegenteilige Entwicklung ist möglich: Die Bewegung provoziert mehr Schmerz und reduziert das ROM. Diese Symptomverstärkung lässt bei einem Gelenk auf eine Beteiligung wichtiger Gelenkstrukturen schließen. Bei Muskel- oder Weichteilverletzungen zeigt es eine die Funktion beeinträchtigende Läsion an, die weiter abgeklärt werden muss.

In jedem Fall wäre eine Überprüfung mit nur 1–2 Wiederholungen nicht wirklich objektiv, ein völlig verfälschtes Bild könnte entstehen.

Schnelltests

Über die gerade genannten Untersuchungsgänge werden viele Informationen gesammelt, die im weiteren Ausschlussverfahren den Untersucher gezielt zu den betroffenen Strukturen führen. Mit den Schnelltests ist eine rasche Beurteilung dieser selektierten Regionen oder des betroffenen Gelenks möglich.

In erster Linie werden die für eine Fortsetzung des Wettkampfs wichtigsten Strukturen mit standardisierten Tests schnell auf Stabilität und Funktion überprüft. In der Regel handelt es sich um diagnostische Gelenktests, die vor allem stabilisierende Bänder und Kapseln auf ihre Funktion testen.

Fallbeispiel oberes Sprunggelenk (OSG): Bekannt sind beispielsweise am oberen Sprunggelenk gemäß der Befundlage die Stabilitätstests für die lateralen Kapsel-Band-Strukturen und die Syndesmose. In einer relativ schnellen Folge testet man über den Schubladentest das Lig. fibulotalare anterius (Talusvorschub) und das Lig. fibulotalare posterius (Talusrückschub) in aktueller Ruhestellung (leichte Plantarflexion) auf die Qualität des Anschlags und die Quantität des Schubladenphänomens. Diese Untersuchungsgänge werden immer im Seitenvergleich empfohlen. Ganz entscheidend für die richtige Interpretation ist eine sehr feinfühlige Vorgehensweise. Spielerisch und völlig ohne Kraft wird das Gelenkspiel (das Verschieben innerhalb des Slacks) gesucht (**Abb. 2.4**).

Am Ende dieses Slacks verstärkt man das Verschieben dezent, um ein Anschlagsgefühl (Endgefühl) zu prüfen (**Abb. 2.5**). Bei einem klaren festen Stopp und einer im Seitenvergleich ähnlichen Schubladenbewegung kann von intakten Bandstrukturen ausgegangen werden. Ist kein klarer Anschlag zu testen, endet die Bewegung eher weich und „verwaschen" (leeres Endgefühl) und ist auch die Schubladenbewegung deutlich größer, spricht das für eine Verletzung des entsprechenden Bandes.

Mit dem Inversions-/Supinationstest in plantarer Flexion kann das Lig. fibulotalare anterius isoliert überprüft werden (**Abb. 2.6**). Hierbei ist eine sehr gelenknahe Griffhaltung ganz entscheidend. Die beiden zu verschiebenden Knochen – Fibula (Malleolus lateralis) und Talus – müssen fixiert und zueinander bewegt werden. Durch eine Kombinationsbewegung des Talus zur Fibula in plantare Flexion, Supination und Inversion bringt man vorsichtig und ohne Impuls den ventralen Kapsel-Band-Apparat auf Spannung.

Beurteilt werden wieder Qualität (Wie kann die Bewegung ausgeführt werden? Schmerz?) und Quantität (Wie weit geht die Bewegung ohne Schmerz?). Ein Provokationstest auf Schmerz sollte vermieden werden.

Um das Lig. fibulocalcaneare zu testen, wird die Griffhaltung so verändert, dass die proximale Hand am Malleolus lateralis bleibt und die distale Hand versucht, den Calcaneus zu erfassen. In einer Kombination aus leichter Plantarflexion mit Varusbewegung des Calcaneus wird der laterale Kapsel-Band-Apparat auf Zug gebracht und Qualität und Quantität werden, immer im Seitenvergleich, getestet (**Abb. 2.7**).

Deutlicher Schmerz in Stressposition und ein verändertes ROM sind Indizien einer Läsion.

In der Untersuchungskette sollte auch immer die distale Syndesmose zwischen Fibula und Tibia getestet werden. Hierzu kann in Rückenlage direkt die Fibula zur Tibia nach dorsal verschoben und zusätzlich – in einem zweiten Test – der Talus lateral verschoben werden. Beurteilungskriterien sind Bewegungsweite und Schmerz. Sehr gut bewährt hat sich der External-Rotation-Test aus Bauchlage mit 90° Flex im Kniegelenk. Dabei verriegelt man das OSG in Dorsalextension und rotiert den Fuß nach außen. Die entstehende Rotation des Talus in der Malleolengabel bringt die vordere Syndesmose auf Spannung. Schmerz und größere Bewegungsweite sind als positiver Befund zu bewerten.

Der abschließende Test für die Syndesmose ist letztlich ein axialer Belastungstest (s. u.).

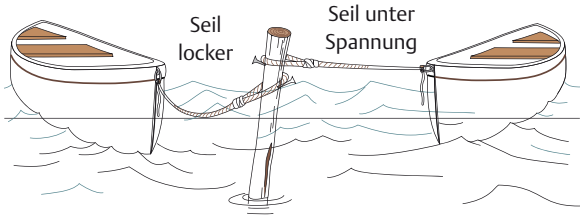


Abb. 2.4 Bildhafte Erklärung das Slack.

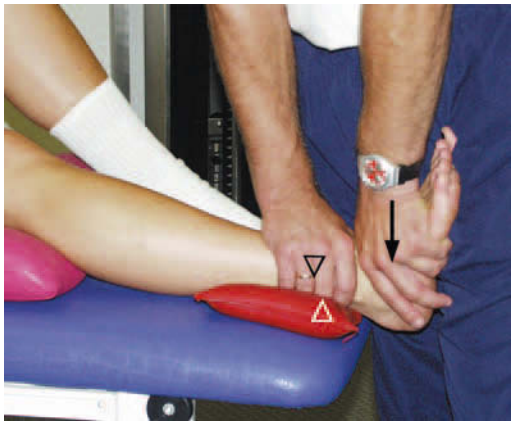


Abb. 2.5 Prüfen des Anschlagsgefühls (Endgefühl). Talusrückschub: Lig. fibulotalare posterius.



Abb. 2.7 Veränderte Griffhaltung um das Lig. fibulocalcaneare zu testen. Talusvorschub: Lig. fibulotalare anterius.



Abb. 2.6 Inversions- / Supinationstest in plantarer Flexion.

Mithilfe dieser Schnelltests ist es möglich, ganz systematisch die wichtigsten Stabilisatoren eines Gelenks sehr effektiv auszutesten. Geleitet durch die ersten Untersuchungsgänge und die Schmerzangaben des Patienten testet man natürlich primär die schmerzhafte Region. Sollte diese – wie hier beim lateralen oberen Sprunggelenk keinen klaren Befund zeigen, werden natürlich auch die medialen Strukturen getestet.

Solche Schnelltests existieren für jedes periphere Gelenk und sind sehr schnell und einfach durchzuführen.

Palpation

Ein wichtiges diagnostisches Hilfsmittel ist natürlich die Palpation mit Fingern und Händen. Gerade bei Weichteil- und Muskelverletzungen sind die Hände eines erfahrenen Therapeuten kaum zu übertreffen. Sensibel ertasten sie Schwellungen, hypertone/hypotone Regionen, Gewebsdefekte, Fehlstellungen (z. B. Wirbelsäule, Fußwurzel usw.) und Schmerzpunkte.

Wichtig: Die Palpation erst nach den Schnelltests vornehmen, da sonst über Schmerzprovokation keine klaren Befunde zu ermitteln sind.

Widerstandstest

Gerade bei Muskel- oder Weichteilverletzungen stellt der Widerstandstest ein wichtiges diagnostisches Mittel dar. Sehr einfach kann ohne Zeitverzögerung festgestellt werden, ob eine Muskelkontraktion gegen Widerstand Schmerz auslöst. Diese Form der Testung überprüft im Vergleich zu den vorherigen Schnelltests eher die extraartrikulären Strukturen.

Reagiert ein Athlet mit deutlichem Schmerz bei solchen Widerstandstests, ist wahrscheinlich nicht mit einer Spielfähigkeit zu rechnen.

Zusätzlich sollte noch die passive Dehnung des gleichen Muskels bzw. der Sehne geprüft werden. Sinnvoll ist es, zur weiteren Differenzierung aus dieser Dehnstellung einen Widerstand einzubauen, da nicht selten im Test ohne Vordehnung kein Befund festgestellt wird, aber in Dehnstellung ein auffälliger Befund zu provozieren ist.

Axialer Belastungstest

Die nächste funktionelle Steigerung eines Widerstandstests ist der axiale Belastungstest. Er schließt immer die Schnelldiagnostik auf dem Spielfeld ab und folgt nach der kompletten Abfolge der Untersuchungssystematik. Funktionell überprüfen wir die Belastbarkeit der verletzten Strukturen.

Der Patient versucht einfach, auf der verletzten Struktur – in unserem Beispiel auf dem OSG – zu stehen. Gelingt

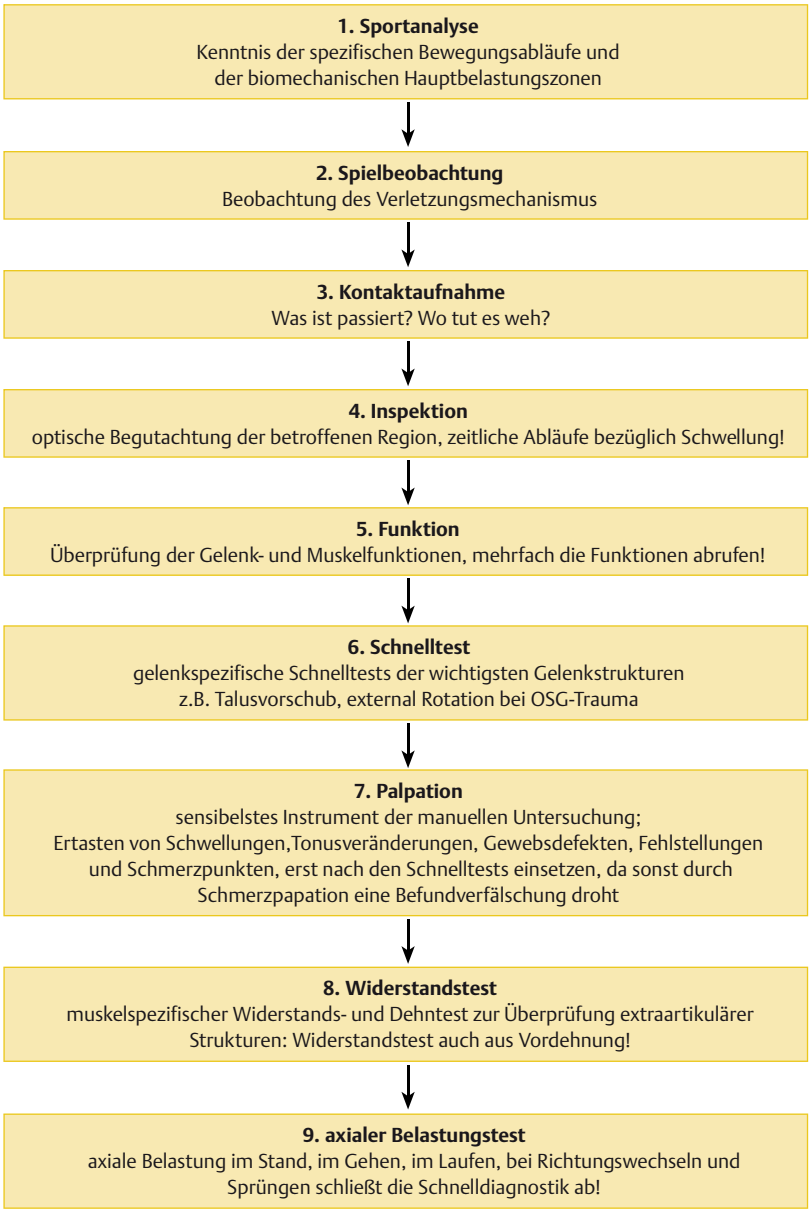


Abb. 2.8 Roter Faden der Schnelldiagnostik.

dies schmerzfrei, beginnt der Athlet zu gehen. Schmerzfreiheit und harmonisches Gangbild sind wichtige Kriterien. Danach überprüfen wir das Empfinden beim Laufen, bei Richtungswechsel und Sprüngen. Sind diese Tests ohne Probleme möglich, ist der Spieler wieder wettkampftauglich. Zeigen sich weitere Symptome, muss geprüft werden, ob durch weitere Maßnahmen (Tape-Verbände, Orthesenversorgung usw.) eine Spieltauglichkeit erzielt werden kann. Ist eine solche Maßnahme nicht erfolgreich möglich, wird der Athlet aus dem Wettkampf genommen und alle weiteren diagnostischen oder therapeutischen Maßnahmen können eingeleitet werden.

Diese ganze Kette von Untersuchungsgängen scheint sehr viel Zeit in Anspruch zu nehmen. In der praktischen Durchführung ist es aber tatsächlich möglich, die gesamte Untersuchung in 2–3 min durchzuführen. Danach hat man genügend Informationen gesammelt, um eine seriöse und objektive Entscheidung zu treffen.

Literatur

Bizzini M. Sensomotorische Rehabilitation nach Beinverletzungen. Stuttgart: Thieme; 2000.
Buckup K. Klinische Tests an Knochen, Gelenken und Muskeln. Stuttgart: Thieme; 1995.

Diemer F, Sutor F. Praxis der medizinischen Trainingstherapie. Stuttgart: Thieme; 2007.
Lexikon der Krankheiten und Untersuchungen. Stuttgart: Thieme; 2006.
Müller-Wohlfahrt HW, Montag HJ. Verletzt ... was tun? 3. Auflage. Pfaffenweiler: Wero Press; 2000.
Netter FH. Farbatlanten der Medizin. Band. 1. Stuttgart: Thieme; 1992.
Platzer W. Taschenatlas der Anatomie. Band. 1. 3. Auflage. Stuttgart: Thieme; 1979.
Peterson L, Renström P. Verletzungen im Sport. 2. Auflage. Köln: Deutscher Ärzteverlag; 1987.
Renström P. Sportverletzungen und Überlastungsschäden. Köln: Deutscher Ärzteverlag; 1997.
Valderrabano V, Leumann A, Pagenstert G, Frigg A, Ebneter L, Hintermann B. Chronische Instabilität des Oberen Sprunggelenks im Sport – ein Review für Sportärzte. Sportverletz Sportschaden 2006; 20: 177–183.
van den Berg F, Wolf U. Manuelle Therapie: Sichere und effektive Manipulationstechniken. Berlin: Springer; 2002.
van den Berg F. Angewandte Physiologie. Band. 3. Therapie, Training, Tests. Stuttgart: Thieme; 2001.

2.3 Tests der motorischen Grundeigenschaften Kraft, Ausdauer und Schnelligkeit

Hans-Josef Haas, Dietmar Schmidtbleicher

2.3.1 Leistungsdiagnostik

Mithilfe der Leistungsdiagnostik wird die Leistungsfähigkeit von Einzelpersonen (Sportlern und Patienten) bzw. Gruppen (z. B. Mannschaften im Sport oder Probandenkollektive für wissenschaftliche Fragestellungen) erfasst. In der Regel erfolgt dies über quantitative Parameter wie z. B. Punkte-Scores, Zeitmessung, Distanzmessung (Höhe oder Weite), Arbeit, Leistung, Impuls, Herzfrequenz, Laktatkonzentration und die maximale Sauerstoffaufnahme. Um die Vergleichbarkeit der Messergebnisse zu gewährleisten, müssen gewisse wissenschaftliche Gütekriterien (Haupt- und Nebenkriterien) eingehalten werden. Das besondere Problem in der täglichen Praxis von Trainern, Sportwissenschaftlern, Sportphysiotherapeuten und Sportärzten besteht in der Regel im hohen finanziellen (meist apparativ bedingten), zeitlichen und personellen Aufwand von Untersuchungen, die den wissenschaftlichen Gütekriterien in vollem Umfang entsprechen. Werden jedoch bestimmte Maßnahmen zur Standardisierung konsequent eingehalten, können auch einfache Tests wichtige und für die Fragestellung ausreichend zuverlässige Resultate liefern. Im Folgenden sollen neben etablierten wissenschaftlichen Tests auch einfache sportmotorische Testverfahren immer dann vorgestellt werden, wenn die Nebengütekriterien wie Ökonomie, Praktikabilität, Nützlichkeit und Normierung zur Beurteilung motorischer Grundeigenschaften im Vordergrund der Tests stehen. Die nachfolgend vorgenommene Auswahl von leistungsdiagnostischen Verfahren konzentriert sich auf die Anforderungen, mit denen sich ein Sportphysiotherapeut in der Betreuung von Sportlern konfrontiert sieht. Weitere Testverfahren, die auch verstärkt auf den Nichtsportler in der Rehabilitation eingehen, finden sich z. B. bei Diemer und Sutor (2007).

Ziele leistungsdiagnostischer Tests

Leistungsdiagnostische Tests kommen im Leistungs- und Breitensport, im Sportunterricht, in der Rehabilitation und im medizinisch-diagnostischen Bereich zur Anwendung und verfolgen in der Regel folgende Ziele:

- Feststellung und Darstellung des Ist-Zustands der Leistungsfähigkeit und Funktionstüchtigkeit von Organsystemen
- Feststellung und Darstellung einer Entwicklung über einen Zeitraum (als Folge einer Intervention im Sinne von Training, Detraining, Immobilisation durch Krankheit, Nichtstun durch Gewohnheit, Ernährung, Regeneration, Therapie, Medizinische Trainingstherapie [MTT], Medizinisches Aufbautraining [MAT], Krankengymnastik am Gerät [KGG])
- Feststellung und Darstellung individuell unterschiedlicher Antworten bzw. Adaptationen auf gleiche oder ähnliche Belastungsreize (intra- und interindividuelle Effektivität der gewählten Intervention)
- Benennung von Empfehlungen für die weitere Trainingsgestaltung. Hier können z. B. in Abhängigkeit vom Trainings- oder Therapieziel die Trainingsmethoden ausgewählt werden, die zum gewünschten Ziel führen
- Pre-Injury Testing, um im Falle einer Verletzung die Werte aus Untersuchungen vor der Verletzung als Zielvorgaben für die Rehabilitation nutzen zu können
- Leistungsdiagnostische Tests können auch einfach „nur“ motivieren. Aufwendige leistungsdiagnostische Tests sind teuer, teilweise ist der Nutzen für den wissenschaftlichen Laien schwer einsichtig und immer noch nicht Standard. Werden sie durchgeführt, erfahren alle Beteiligten (Verein, Trainer, Spieler und auch Testleiter) eine Wertschätzung.

- Es können Informationen für weitere wissenschaftliche Fragestellungen gewonnen werden, die uns für die Zukunft wichtige Anhaltspunkte in Hinblick auf die gewählte Methode – wie oft pro Woche, wie lange und intensiv pro Trainingseinheit – für das Training der motorischen Grundeigenschaften im Sport, Leistungssport oder in der Rehabilitation geben.
- Leistungsdiagnostische Maßnahmen können wichtige Informationen zur Talentauswahl beisteuern.

Leistungsdiagnostische Verfahren

In Abhängigkeit von der zu testenden motorischen Grundeigenschaft kommen spezielle Testverfahren zur Anwendung, die je nach Fragestellung auch kombiniert werden können.

Im Bereich der Ausdauer steht die Spiroergometrie zur Beurteilung der Atemgase in Ruhe und bei Belastung zur Verfügung. Herzfrequenzmessungen erlauben einen Einblick in die Auslastung des Herz-Kreislauf-Systems und die Messung der Laktatkonzentration macht Aussagen über den aeroben und anaeroben Stoffwechsel möglich.

Die Merkmalsausprägung unterschiedlicher Kraftqualitäten lässt sich z. B. mit Kraftmessplatten, -aufnehmern und Dehnmessstreifen erfassen. Neuere Methoden erfassen das Kraft-Geschwindigkeits-Verhalten über Strichcodeverfahren und Lichtschrankensysteme. Einfache Kontaktmatten liefern Ergebnisse zur Sprungkraft oder Sprungeffektivität.

Zur Schnelligkeitsdiagnose steuern Messverfahren aus dem Bereich der Kraft und Schnellkraft bei, über Lichtschrankensysteme werden z. B. Geschwindigkeitsverläufe erfasst.

Das leistungsdiagnostische Spektrum wird durch standardisierte Fragebögen, Verhaltensanalysebögen und normierte Skalen zur Selbsteinschätzung (z. B. die Borg-Skala) ergänzt.

Allen motorischen Eigenschaften gemeinsam ist, dass neben den apparativ aufwendigen Verfahren auch praktikablere und einfache sportmotorische Tests zur Verfügung stehen. Manchmal reichen hier Stoppuhr oder Maßband als Hilfsmittel aus. Eine weitere Gemeinsamkeit für die Erfassung der Merkmalsausprägung motorischer Grundeigenschaften besteht darin, dass sowohl Labor- als auch Feldtests durchgeführt werden.

2.3.2 Leistungsdiagnostik Kraft

Die Diagnostik der motorischen Grundeigenschaft Kraft erfolgt mithilfe biomechanischer Messverfahren und sportmotorischer Tests.

Biomechanische Verfahren zur Kraftdiagnostik

Biomechanische Messungen erfassen mittels dynamografischer Verfahren Kraft-Zeit-Verläufe, die das Kraftmaximum, die Kraftanstiegsgeschwindigkeit (Startkraft und Explosivkraft), die Größe der Kraftstöße (Impuls) und die Veränderung durch Ermüdung (Kraftausdauer) wiedergeben können. Neben der Laborsituation können dazu auch sportartspezifische Hilfsmittel eingesetzt werden, z. B. mit Kraftaufnehmern versehene Startblöcke beim Sprint, mit Dehnungsmessstreifen ausgestattete Messdollen beim Rudern oder ein Messpaddel im Kanurennsport.

Der Maximalkraft kommt unter den Kraftqualitäten eine zentrale Führungsrolle zu, da sich in ihr das willkürlich aktivierbare Kraftpotenzial widerspiegelt (Bührle u. Schmidtbleicher 1981, Martin et al. 1993, Schnabel et al. 2008). Sie beeinflusst in ihrer Ausprägung auch die der Schnellkraft und Kraftausdauer maßgeblich (Schlumberger u. Schmidtbleicher 2004). Weitere wichtige Komponenten der Schnellkraft sind Startkraft, Explosivkraft und die Arbeit im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (DVZ). Innerhalb der Schnellkraft stellt die Arbeit im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus eine eigenständige, von der Maximalkraft relativ unabhängige Arbeitsform der Muskulatur dar (Gollhofer 1987, Frick 1993, Schlumberger u. Schmidtbleicher 2004). Die Schnellkraft im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus wird auch als reaktive Kraftfähigkeit bzw. (im angloamerikanischen Sprachgebrauch) als Stretch Shortening Cycle (SSC) bezeichnet. Da sie im Alltag und im Sport bei sehr vielen Bewegungsformen (z. B. im Laufen, Werfen und Springen) auftritt, hat sie eine große praktische Bedeutung und daher sollte ihre Ausprägung mithilfe der Leistungsdiagnostik erfasst werden.

Dynamische konzentrische versus isometrische Messung

Die Zusammenhänge zwischen isometrischem und konzentrischem Maximalkraftverhalten führen dazu, dass die Maximalkraft entweder unter isometrischen (maximale Kontraktion gegen einen unüberwindbaren Widerstand) oder unter dynamisch-konzentrischen Bedingungen ermittelt wird. Im letztgenannten Fall handelt es sich um das höchstmögliche Gewicht, das gerade einmal bewegt werden kann. Dieses wird auch als Einer-Wiederholungs-Maximum (1-WM) bezeichnet. Soll der Wert ermittelt werden, der die höchste willkürlich zu erreichende Maximalkraft repräsentiert, muss auf jeden Fall eine isometrische Messung gewählt werden. Isometrische Messungen der Kraft führen zu höheren Werten (5–20 %) im Vergleich zu dynamisch-konzentrischen Messungen (Schmidtbleicher 1984).

Wegen des Kraft-Muskellängen-Verhältnisses (vom Gelenkwinkel abhängige Kraft) sollen isometrische Tests in verschiedenen Gelenkwinkelstellungen durchgeführt werden. Bei trainierten Personen empfiehlt sich die Er-

fassung des Einer-Wiederholungs-Maximums, da dies zu valideren Werten führt (Wirth 2007, s. auch **S. 95**).

Exzentrische Messung

Unter exzentrischer Messung versteht man die Erfassung der Kraftwerte bei nachgebender Kraftentfaltung – Ansatz und Ursprung des Muskels entfernen sich voneinander. Man unterscheidet zwischen einer submaximalen und einer supramaximalen Exzentrik. Bei submaximaler Exzentrik erfolgt die Dehnung „freiwillig", z. B. die Dehnung des M. biceps brachii beim Ablegen eines Gegenstandes. Bei supramaximaler Exzentrik erfolgt die Dehnung zwangsweise; die von außen einwirkende Kraft ist so groß, dass der Muskel der Dehnung nicht widerstehen kann. Der supramaximale exzentrische Kraftwert ist immer höher als die isometrische Maximalkraft. Im Folgenden wird unter Exzentrik immer der supramaximale Typus verstanden. Die Messung der supramaximalen Exzentrik setzt entsprechende Messapparaturen bzw. mit Kraftaufnehmern versehene Trainingsgeräte voraus.

Bei supramaximalen exzentrischen Messungen kann die ermittelte Kraft z. B. bei der oberen Extremität noch einmal um 5–45 % über den isometrisch ermittelten Werten liegen. Der exzentrisch ermittelte Wert der Maximalkraft wird auch als Absolutkraft bezeichnet. Absolutkraft ist die Kraft, die ein Muskel aufgrund seines Querschnitts, der Muskelfaserzusammensetzung, der Muskelfaserqualität und seiner neuronalen Ansteuerung durch entsprechendes Training annähernd erreichen kann. Nichttrainierte Personen können von ihrer Absolutkraft willentlich nur etwa 70 % mobilisieren, gut trainierte Personen erreichen Werte von 95 % (Martin et al. 1993).

Wir können 3 verschiedene Maximalkraftwerte unterscheiden: dynamisch-konzentrische, isometrische und dynamisch-exzentrische Maximalkraft.

Kraftdefizit

Die Differenz zwischen isometrisch und exzentrisch mobilisierter Maximalkraft wird auch als „autonom geschützte Reserve" oder als „Kraftdefizit" bezeichnet. Ein großes Kraftdefizit deutet auf eine schlechte willkürliche Aktivierbarkeit des vorhandenen Potenzials hin, ein kleines Kraftdefizit entsprechend auf eine gute willkürliche Aktivierbarkeit (Zatsiorsky 2000).

Die Höhe des Kraftdefizits ist von praktischer Bedeutung: Weist ein großes Kraftdefizit auf eine schlechte willkürliche Aktivierbarkeit des vorhandenen Potenzials hin, sollten in erster Linie die Trainingsmethoden zur Anwendung kommen, welche die Aktivierung verbessern. Dies sind die Methoden mit maximalen und supramaximalen Kontraktionen (häufig benutzte Synonyme: IMK oder IK-Training oder intramuskuläres Koordinationstraining), welche in der Wirkrichtung vor allem die neuronalen Einflussgrößen des Kraftverhaltens trainieren, also Rekrutierung, Frequenzierung und Synchronisation.

Ist das Kraftdefizit eher klein (5–10 %), sollen die Methoden aus dem Krafttraining zum Einsatz kommen, welche die Absolutkraft günstig beeinflussen. Das sind die Methoden der submaximalen Kontraktionen bis zur Erschöpfung mit der Wirkrichtung einer Muskelquerschnittsvergrößerung.

Interpretation von Kraft-Zeit-Kurven

In **Abb. 2.9** ist ein Kraft-Zeit-Verlauf dargestellt. Die Kraft, die in den ersten Millisekunden (hier 30 msec) einer Kontraktion entwickelt werden kann, wird als Startkraft bezeichnet. Praktische Bedeutung gewinnt sie überall dort, wo bereits zu Beginn einer Kontraktion ein hohes Maß an Kraft aufgebracht werden muss (Boxen, Fechten, Karate; Schmidtbleicher 1994, Verchoshanskij 1995).

Der höchste Punkt in der Kraft-Zeit-Kurve repräsentiert die isometrische Maximalkraft, die etwa 10–15 % über der dynamisch-konzentrischen Maximalkraft liegt. Konzentrische und isometrische Maximalkraft werden dimensionsanalytisch als identische Fähigkeiten betrachtet (Schmidtbleicher 1984). In der Praxis wird daher zur Einschätzung der Maximalkraft oft der konzentrische Maximalkrafttest (1-WM) genutzt. Praktische Bedeutung gewinnt die Maximalkraft überall dort, wo hohe Widerstände (z. B. beim Gewichtheben, Sprinten, Kugelstoßen, Bobfahren, Skispringen) überwunden werden müssen und sie als Basis für Schnell- und Explosivkraft dient.

Die Steilheit des Kraftanstiegs repräsentiert das Maß für die Explosivkraft (eine Komponente der Schnellkraft). Sie wird überall dort wichtig, wo für die Krafteinwirkung weniger als 200 msec zur Verfügung stehen (z. B. bei bestimmten Sprung- und Wurfformen oder beim Sprinten). Stehen mehr als 200 msec zur Verfügung, gewinnt für Schnellkraftleistungen die Höhe des dynamisch realisierten Kraftmaximums an Bedeutung, welches sehr stark vom vorhandenen Maximalkraftniveau abhängt (Güllich u. Schmidtbleicher 1999).

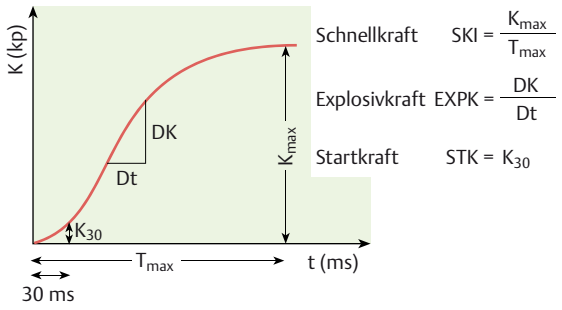


Abb. 2.9 Kraft-Zeit-Verlauf bei isometrischer Muskelarbeitsweise mit den Schnellkraftparametern Startkraft, Explosivkraft und Schnellkraftindex (nach Bührle 1985).

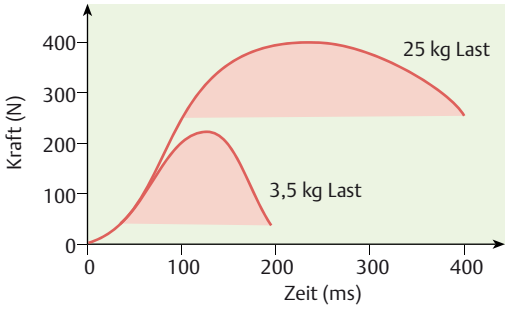


Abb. 2.10 Impuls: Kraft-Zeit-Kurven bei konzentrischer Arbeitsform der Muskulatur gegen 2 unterschiedliche Lasten. Die schraffierte Fläche unter der Kurve gibt die Impulsgröße wieder. Sie kann durch Veränderungen im Kraftanstieg, im erreichten Kraftmaximum und in der Dauer der Kontraktion variieren (Schmidtbleicher 1994).

Schnellkraft beschreibt die Fähigkeit des neuromuskulären Systems, innerhalb einer kurzen Zeit einen möglichst hohen Kraftstoß oder Impuls zu realisieren (Güllich u. Schmidtbleicher 1999). **Abb. 2.10** gibt die Höhe des Kraftstoßes bzw. Impulses als schraffierte Fläche unterhalb der Kraft-Zeit-Kurve wieder. Der Impuls (Kraftstoß) kann größer oder kleiner werden durch Veränderungen im Kraftanstieg, im erreichten Kraftmaximum und in der Dauer der Kontraktion (Schmidtbleicher 1994). Eine gute Schnellkraft ermöglicht es, in der zur Verfügung stehenden Zeit eine bestimmte Masse (Körpergewicht oder Körperteilgewichte, Sportgerät) durch einen möglichst hohen Impuls zu beschleunigen und der Masse eine hohe Geschwindigkeit zu verleihen. Die für eine Bewegung oder Aktion zur Verfügung stehende Zeit ist oft der limitierende Faktor, der nicht oder kaum verändert werden kann. So steht z. B. für eine Wurfbewegung nur eine begrenzte Zeit zur Verfügung, die auch nicht „beliebig" ausgedehnt werden kann. Daher kommen für eine Vergrößerung des Kraftstoßes nur ein steilerer Kraftanstieg (Explosivkraft) und/oder eine Erhöhung des erreichten Kraftmaximums infrage.

Das Kraftausdauerverhalten – die Fähigkeit des neuromuskulären Systems, eine möglichst hohe Impulssumme oder Kraftstoßsumme über den gewählten Zeitraum zu erzielen – kann nicht an der dargestellten Kraft-Zeit-Kurve ermittelt werden. Hierzu müssen für dynamische Arbeitsweisen unter dem Einfluss des anaeroben Stoffwechsels die Kraft-Zeit-Verläufe bzw. der Impuls einzelner Kontraktionen über einen längeren Zeitraum zwischen 40 und 60 sec erfasst werden (Vanderwalle et al. 1987, Mayer et al. 1994). Die Belastungsintensität für eine notwendige Ausbelastung sollte für dieses Zeitfenster bei 60 % der dynamischen Maximalkraft liegen (Schlumberger u. Schmidtbleicher 2004). Bei sportartspezifischen Fragestellungen können die Zeitfenster auch länger bei gleichzeitig niedrigerer Intensität sein. Bei Intensitäten unter 60 % der dynamischen Maximalkraft treten mit sinkender Intensität zunehmend Ausdauerparameter als leistungslimitierende Faktoren auf.

Als Parameter zur Beurteilung der Kraftausdauer kann die Impulssumme oder die Gesamtarbeit für das untersuchte Zeitfenster herangezogen werden (Schmidtbleicher 1984). Eine weitere Möglichkeit zur Beurteilung des Kraftausdauerverhaltens besteht in der Erfassung von Veränderungen der Impulsgröße über die Zeitdauer des Tests. Aus der Sportpraxis kann als Beispiel für diese Situation der 400-m-Lauf herangezogen werden. Hier soll jeder einzelne Schritt über die gesamte Renndistanz mit einem möglichst hohen Impuls erfolgen und die Verringerung der Impulshöhe (durch die einsetzende Ermüdung) so gering wie möglich gehalten werden. Eine ähnliche Situation trifft für den Armzug des 100-m-Freistilschwimmers zu.

Sprungkraft und reaktive Kraftfähigkeiten

Die Sprungkraft und die reaktiven Kraftfähigkeiten können mittels Kraftmessplatte oder dem einfacheren Flugzeitmessverfahren mithilfe einer Kontaktmatte erfasst werden (Frick et al. 1991). Dazu werden in der Regel 3 verschiedene Standardsprünge – der „Squat Jump" (Sprung aus der Hockstellung), der „Counter Movement Jump" (Sprung aus der Grundstellung mit Ausholbewegung nach unten) und der „Drop Jump" (Sprung von einer Plattform) – durchgeführt und miteinander verglichen. Während der „Squat Jump" Informationen über die konzentrische Explosivkraft der unteren Extremität liefert, ermitteln „Counter Movement Jump" und „Drop Jump" die Merkmalsausprägung, im langen („Counter Movement Jump") oder kurzen („Drop Jump") Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus zu arbeiten. Aus dem Vergleich der Sprungleistung in den 3 Sprungformen können Rückschlüsse auf die Ausprägung verschiedener Kraftfähigkeiten geschlossen werden. In der Regel sollen 3–5 Sprünge durchgeführt werden, aus denen ein Mittelwert gebildet wird. Bei ungeübten Testpersonen werden vor den eigentlichen Testsprüngen 1–3 Probesprünge vorgenommen. Die Gesamtzahl der Sprünge sollte 10 nicht übersteigen. Zwischen den Sprüngen sollte die Pause so gewählt werden, dass der Sportler jeden Sprung vollständig erholt durchführen kann. Dazu reichen im Normalfall 30–60 sec aus (Schlumberger u. Schmidtbleicher 2004).

Squat Jump (SJ)

Als Testziel für den SJ steht die Beurteilung der konzentrischen Explosivkraft der unteren Extremität im Fokus.

Testdurchführung

Die Fußstellung erfolgt hüftbreit (bei der einbeinigen Variante ist der Körperschwerpunkt über dem Standbein, der Fuß des Spielbeins wird ohne Bodenkontakt nach hinten gehalten). Aus einer Kniebeugestellung von etwa 90° wird ohne Auftaktbewegung (ohne einen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus auszulösen) vertikal nach oben gesprungen. Der Oberkörper soll dabei gerade, aber in der Hüfte leicht nach vorn gebeugt sein, die Hände liegen auf dem Beckenkamm. Am Ende der Landung steht der Sportler aufrecht (**Abb. 2.11**). Wird der SJ einbeinig durchgeführt, liefert er Anhaltspunkte für die Seitigkeit.

Der Sprung wird ungültig gewertet und muss wiederholt werden, wenn der Sportler eine Auftaktbewegung gemacht hat.

Counter Movement Jump (CMJ)

Als Testziel für den CMJ steht die Beurteilung der Reaktivkraft im langen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus der unteren Extremität im Vordergrund.

Testdurchführung

Aufrechte Körperstellung bei etwa hüftbreiter Fußstellung. Bei der einbeinigen Variante ist der Körperschwerpunkt über dem Standbein und der Fuß des Spielbeins wird ohne Bodenkontakt nach hinten gehalten. Die Handflächen werden rechts und links auf dem Beckenkamm aufgestützt, die Blickrichtung ist geradeaus und eventuell ist ein Fixpunkt für die Augenhöhe einzurichten. Aus der aufrechten Ausgangsstellung senkt der Sportler den Körperschwerpunkt schnell nach unten ab (Gegenbewegung, Kniebeugestellung etwa 120°), um am Umkehrpunkt einen explosiven Sprung vertikal nach oben durchzuführen. Die Hände sind auch hier auf dem Beckenkamm aufgestützt und sollen den Sprung nicht als Schwungelemente unterstützen. Am Ende der Landung steht der Sportler aufrecht (**Abb. 2.12**). Der CMJ wird auch einbeinig durchgeführt und liefert dann Anhaltspunkte für die Seitigkeit.

Drop Jump (DJ)

Als Testziel für den DJ steht die Beurteilung der reaktiven Kraftfähigkeiten im kurzen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus der unteren Extremität im Vordergrund.

Testdurchführung

Von einer erhöhten Position fällt der Sportler vertikal nach unten. In Abhängigkeit von der Leistungsfähigkeit werden als Fallhöhe zwischen 20 und 40 cm gewählt. Größere Fallhöhen bis 110 em sind in jedem Fall nur für speziell trainierte Sportler erlaubt und entsprechen nicht den Standardfallhöhen, sondern sind eher als sehr seltene sportartspezifische Tests zu betrachten. Vorsicht: Verletzungsgefahr!

Die Arme sind auf dem Beckenkamm aufgestützt und werden nicht als Schwungelemente in den anschließenden Sprung einbezogen (Abb. 5). Die Kontaktzeit sollte möglichst kurz bei gleichzeitig möglichst großer Sprunghöhe sein. Der DJ kann bei gut trainierten Athleten auch einseitig angewendet werden.

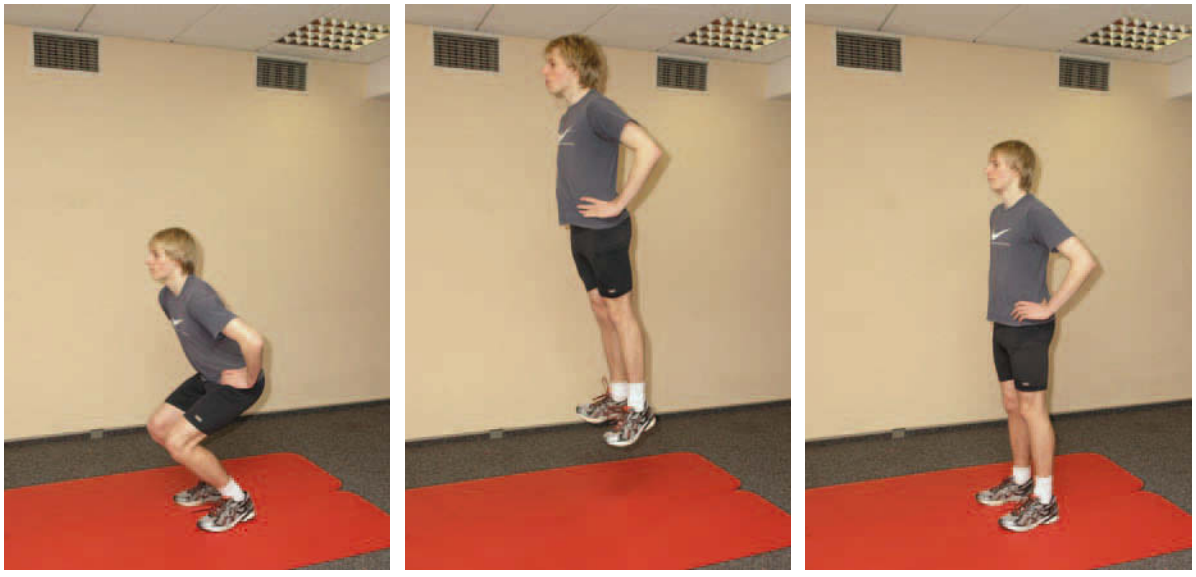


Abb. 2.11 Squat Jump in der praktischen Ausführung. Von links nach rechts: Ausgangsstellung, Sprung und Position nach der Landung.



Abb. 2.12 Counter Movement Jump in der praktischen Ausführung. Von links oben nach rechts unten: Ausgangsstellung, Sprung und Position nach der Landung.

Seriensprünge

Als Testziel für Sprungserien steht die Beurteilung der Kraftausdauer bzw. der Ausdauerleistungsfähigkeit der Sprungkraft allgemein oder der reaktiven Kraftfähigkeiten der unteren Extremität im Speziellen im Vordergrund.

Testdurchführung

Wie oben beschrieben, jedoch finden Seriensprünge ohne Pause mit vordefinierter Sprunganzahl oder definierter Sprungdauer über 20, 30 oder 60 sec statt. Erfasst werden je nach Messplatzeinrichtung das Verhalten der Einzelimpulse, die Höhe der Impulssumme, Kontaktzeiten, Flugzeiten und Sprunghöhen. Als praktische Information kann der Zeitpunkt ermittelt werden, an welchem als Zeichen einsetzender Ermüdung die Leistung abnimmt.

Auswertung der verschiedenen Sprungformen

Für die Beurteilung der Sprungformen SJ, CMJ und DJ sollten die Maximalkraft, die Maximalleistung, die Sprunghöhe, der Einfluss der Vordehnung („effect of prestretch“) und die Seitigkeitsdifferenzen herangezogen werden. Alle genannten Parameter können mithilfe einer Kraftmessplatte erfasst werden. Steht das Flugzeitverfahren (Kontaktmatte) zur Verfügung, können nur die Parameter Flugzeit (Sprunghöhe), Kontaktzeit, Einfluss der Vordehnung und die Seitigkeitsdifferenz festgehalten werden.

Die Maximalkraft und die Maximalleistung können in absoluten oder in relativen Größen in Bezug zum Körpergewicht angegeben werden.

Bei Sportarten, in denen der eigene Körper beschleunigt werden muss, wird die relative Kraft (N) oder Leistung (Watt pro kg Körpergewicht) berechnet (z. B. in N/kg

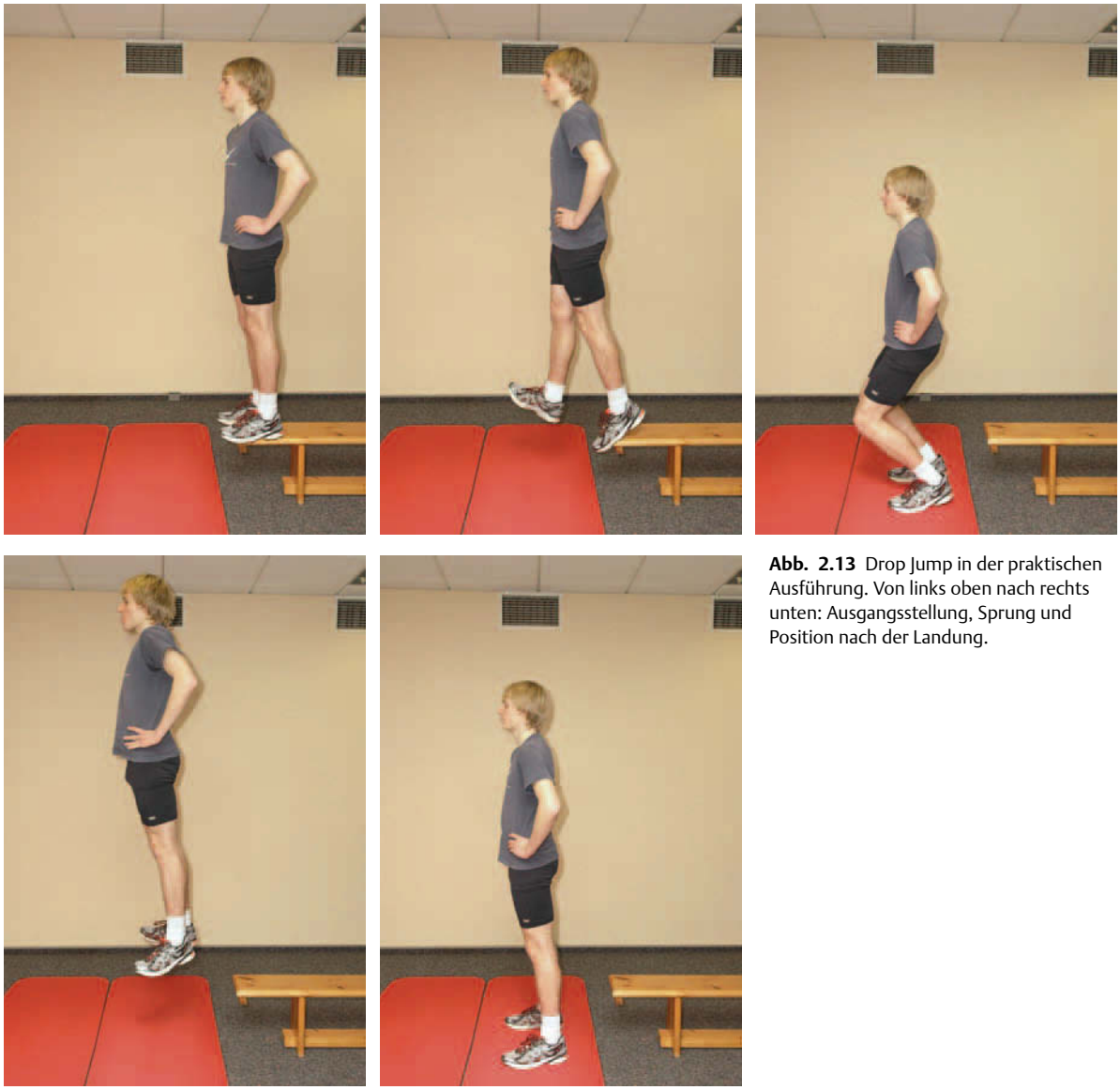


Abb. 2.13 Drop Jump in der praktischen Ausführung. Von links oben nach rechts unten: Ausgangsstellung, Sprung und Position nach der Landung.

oder in Watt/kg). Dieser Quotient wird immer dann berechnet, wenn die motorische Leistung durch das Körpergewicht limitiert ist. Als Beispiele sind die eher kleinen und leichten Turnerinnen und Turner oder die Skispringer anzuführen (Tschopp 2003).

Kunstturner z. B. müssen bei Sprüngen und Drehungen um die eigenen Körperachsen ihren Körper immer beschleunigen, also wird der Quotient aus Explosivkraft und Körpergewicht ein die Leistung bestimmender Faktor. Gleiches gilt für den Skispringer: Er muss in einer extrem kurzen Zeit am Schanzentisch die Kraft (Explosivkraft) entwickeln, die ihn mit seinem Körpergewicht möglichst weit springen lässt.

Die absolute Maximalkraft wird immer dann interessant, wenn Kraft gegen ein Sportgerät (z. B. Wurf- oder Stoßgerät, Boot oder Bob) oder gegen einen Gegner (in Kontaktsportarten wie Ringen, Judo, Karate) aufgebracht werden muss oder das eigene Körpergewicht getragen wird (Rad, Rudern, Kanu). Als Beispiele können aus der Leichtathletik die Werfer und Stoßer und aus dem Wintersport die Bobfahrer angeführt werden (Tschopp 2003).

Als Berechnungsgrundlage für die Leistung (absolut oder relativ) wird der Punkt in der Kraft-Zeit-Kurve gewählt, an dem die Explosivkraft (Kraft pro Zeit) den höchsten Wert erreicht.

Die Sprunghöhe wird mit einer Kraftmessplatte über die Absprunggeschwindigkeit berechnet, mit einer Kontaktmatte über das Flugzeitverfahren. Im ersten Fall wird die Höhe aus einer Ableitung der Kraft-Zeit-Kurve bestimmt, im zweiten Fall mittels der Flugdauer (Sprungdauer). Ersteres misst genauer, Zweiteres ist praktikabler. Für die weiteren Interpretationen und Vergleiche wird

der Mittelwert aus mehreren Sprüngen berechnet oder der Bestwert herangezogen.

Der Einfluss der Reflexaktivität (Muskelspindel und Golgi-Sehnenorgan) und der Festigkeit des Muskel-Sehnen-Apparates („stiffness“) gegenüber Dehnung im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus errechnet sich aus der Differenz zwischen den Sprunghöhen (in Zentimeter) im

- Squat Jump (SJ) und Counter Movement Jump (CMJ)
- Squat Jump (SJ) und Drop Jump (DJ) und
- Counter Movement Jump (CMJ) und Drop Jump (DJ)

Häufig wird dieser Einfluss auch mit Vordehnung oder „effect of prestretch“ bezeichnet (Schmidtbleicher 1994).

Interpretationsgrundlage

Normalerweise sollte durch die möglichen physiologischen Vorteile (Reflexaktivität und „stiffness“) einer Arbeit im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus die Sprunghöhe im Vergleich zwischen SJ und CMJ zugunsten des CMJ ausfallen. Der Vergleich zwischen SJ und DJ sollte zugunsten des DJ und der zwischen DJ und CMJ sollte ebenfalls zugunsten des DJ ausfallen. Dies gilt allerdings für Personen im jeweils austrainierten Zustand. Letzter Vergleich kann durch sportartbedingte Adaptationen auch zugunsten des CMJ ausfallen.

Testauswertung

Die Größenunterschiede zwischen den einzelnen Sprungformen sind wissenschaftlich noch nicht gesichert und daher mit Vorsicht zu betrachten. Tschopp (2003) gibt jedoch folgende Hilfestellung für die Interpretation:

- Differenz CMJ – SJ: 4–8 % = normal
- große Differenz > 8 %
  mögliche Folgerungen:
  - sehr effektive koordinative Bewegungsausführung beim CMJ (sportartspezifische Anpassung wie im Volleyball beim Block oder Schmetterschlag) oder
  - ungenügende Maximalkraftfähigkeit beim SJ (sportartspezifische Anpassung)
- kleine Differenz < 4 %
  mögliche Folgerungen:
  - keine effektive koordinierte Bewegungsausführung beim CMJ, gungsformen (z. B. nach einem Training zur Verbesserung der Maximalkraft im Sinne einer muskulären Hypertrophie – Bodybuilder)
  - spezielle Anpassung an eine Sportart mit Sprüngen aus der Squat-Position (Skispringer, Fußballtorhüter, Beachvolleyball) oder
  - falsches und/oder ungenügendes Aufwärmen – Aufwärmen mit zu hohen statischen Dehnungsanteilen beeinflusst die Leistungsfähigkeit in Bezug auf die Sprunghöhe negativ (Hennig u. Podzielny 1994)

Generell sind die erreichten Sprunghöhen im CMJ höher als beim DJ. Die Differenzen fallen umso höher aus, je besser der CMJ trainiert ist. Im DJ sollte im Vergleich mit dem SJ bei im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus trainierten Athleten eine um 20–25 % größere Sprunghöhe erreicht werden. Bei Anfängern oder im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus schlecht trainierten Athleten können die Leistungen im DJ um 20–25 % schlechter sein (im Vergleich mit dem SJ). Normwerte für Sprunghöhen im SJ in unterschiedlichen Altersstufen bietet **Tab. 2.2**. In **Tab. 2.3** werden Werte für den SJ von Spitzensportlern aus verschiedenen Sportarten gezeigt.

Seitigkeitsdifferenz rechts/links

Seitigkeitsdifferenzen zwischen der Leistung des linken und rechten Beins von unter 10 % werden als normal eingestuft. Differenzen in der Leistung von mehr als 10 % sollen weiter geklärt werden (z. B. über isokinetische Testverfahren). Probleme ergeben sich in den Sportarten, die einseitig durch die Anforderung der Disziplin stark trainiert sind (z. B. Hochspringer, Weitspringer, Fechter). Hier ist die Differenz von rechter zu linker Seite oft durch die Sportart bedingt stärker ausgeprägt.

Tab. 2.2 Normwerte nach Alter und Geschlecht (Sprunghöhe im Squat Jump – ohne Armeinsatz – in Zentimeter nach dem Flugzeitverfahren ermittelt; Arbeitsgruppe Schmidtbleicher, bisher unpublizierte Daten)

Altersgruppe		20–29	30–39	40–49	50–59	60–69	> 70
sehr gut	Männer	> 39	> 35,5	> 32	> 29	> 27	> 24
	Frauen	> 27,5	> 24	> 20,5	> 18,5	> 17	> 15
gut	Männer	36–39	32,5–35,5	29–32	27–29	24–27	22–24
	Frauen	24,5–27,5	22–24	19–20,5	16,5–18,5	15–17	13,5–15
mittel	Männer	33–35,5	29,5–32	26–28,5	23–26	21–23,5	19–21,5
	Frauen	21–24	18,5–21,5	16,5–18,5	14–16	12,5–14,5	11,5–13
schwach	Männer	29,5–32,5	27–29	23–25,5	20,5–22,5	17,5–20,5	16–18,5
	Frauen	17,5–20,5	15,5–18	14–16	11,5–13,5	10–12	8,5–10,5
sehr schwach	Männer	< 29,5	< 27	< 23	< 20,5	< 17,5	< 16
	Frauen	< 17,5	< 15,5	< 14	< 11,5	< 10	< 8,5

Tab. 2.3 Werte von Spitzensportlern in verschiedenen Sportarten (Sprunghöhe im SJ – ohne Armeinsatz – in Zentimeter nach dem Flugzeitverfahren ermittelt; Arbeitsgruppe Schmidtbleicher, bisher unpublizierte Daten)

50–65 cm	Hochspringer, Skispringer, Zehnkämpfer, Hammerwerfer
40–50 cm	Eiskunstläufer, Sprinter, Kugelstoßer
25–40 cm	Mittelstreckenläufer, Sportstudenten
12–25 cm	Sportstudentinnen, Otto Normalverbraucher

Sportmotorische Tests

Im Unterschied zu biomechanischen oder sportmedizinischen Messverfahren dienen sportmotorische Tests meist der Grobdiagnostik oder Einschätzung eines Merkmals (Martin et al. 1993). Steinhöfer (2003) empfiehlt, die Ergebnisse sportmotorischer Tests eher zur individuellen Kontrolle und Steuerung des Trainings zu nutzen.

Sportmotorische Krafttests sind teilweise identisch mit den Trainingsübungen wie z. B. dem Bankdrücken, Bankziehen und der Kniebeuge. Teilweise werden aber auch spezielle Tests (z. B. Sprünge und Würfe) verwendet, die nicht zwingend auch im Training zum Einsatz kommen.

Sportmotorische Tests in der Kraftdiagnostik erfassen durch quantitative Aussagen die individuelle Merkmalsausprägung von Sprung-, Stoß- oder Wurfkraft. Sie machen damit indirekt eine Einschätzung von Explosiv- und Schnellkraftfähigkeiten möglich. Der Sprunggürteltest nach Abalakow, „Jump and Reach“, Tiefsprung mit „Jump and Reach“, Dreierhopp, Standweitsprung, Medizinballstoß- oder -wurf und Standweitwurf sind Beispiele. Zur Beurteilung der Kraftausdauer werden häufig Situps, Klimmzüge, Liegestütze, beidbeinige oder einbeinige Kniebeugen durchgeführt. Zur Beurteilung der konzentrischen Maximalkraft kommt die Erfassung des Einer-Wiederholungs-Maximums (1-WM) bei den jeweiligen Trainingsübungen zum Einsatz. Und nicht zuletzt wird sehr oft durch Messungen der Wiederholungszahl (bei aller vorhandenen Kritik an diesem Verfahren) im submaximalen Lastbereich auf die Maximalkraft hochgerechnet bzw. eine Aussage zur Kraftausdauer getroffen

Einer-Wiederholungs-Maximum

Die Bestimmung des Einer-Wiederholungs-Maximums (1-WM) wird in der Praxis sehr oft eingesetzt, um die konzentrische Maximalkraft zu ermitteln. Es wird also die Last bestimmt, die gerade noch einmal über die gesamte Bewegungsamplitude ohne Ausweich- oder Kompensationsbewegungen bewegt werden kann. Mit diesem Verfahren können Fortschritte in der Kraftentwicklung dokumentiert werden. Die meisten Kraftübungen kommen als Testübung infrage. Als Ausnahme gelten Übungen mit einem hohen Anspruch an die Koordination (z. B. Seilzugübungen). Hier muss davon ausgegangen werden, dass bei entsprechend hohen Lasten nicht die Zielmuskulatur limitierend wirkt, sondern die Muskulatur, welche die Rumpf- und Ganzkörperstabilität sichert (Schlumberger u. Schmidtbleicher 2004).

Ein großer Vorteil dieser Kraftbestimmung liegt in der günstigen Kostensituation. Neben den vorhandenen Trainingsgeräten muss keine weitere Messtechnik vorhanden sein. Und aus den konzentrisch ermittelten Maximalkraftwerten können zusätzlich die Intensitäten für die verschiedenen Methoden im Krafttraining abgeleitet werden.

Ein Nachteil dieser Methode liegt darin begründet, dass nur die Kraft einer kompletten Bewegung beurteilt werden kann. Informationen über gelenkwinkelspezifische Stärken oder Schwächen können so nicht gewonnen werden. Informationen über die Geschwindigkeit der Kraftentwicklung bleiben ebenfalls außen vor. Damit bleibt offen, wie im weiteren Training eine Steigerung der Leistung angesteuert werden sollte: eher über eine Muskelquerschnittszunahme oder eher über ein Training der neuronalen Kraftqualitäten.

Einschätzung des Kraftdefizits

In der Praxis hat sich ein einfaches Verfahren zur Einschätzung des Kraftdefizits etabliert. Dazu werden mit einer Gewichtslast, welche 90 % der konzentrischen Maximalkraft entspricht, so viele Wiederholungen wie möglich durchgeführt. 3–5 mögliche Wiederholungen entsprechen der Norm. Mehr Wiederholungen deuten auf ein großes Kraftdefizit und eine damit verbundene schlechte willkürliche neuromuskuläre Aktivierung hin. Weniger Wiederholungen weisen hingegen auf ein kleines Kraftdefizit und eine gute neuromuskuläre Aktivierung hin. Der Zusammenhang zwischen der Anzahl möglicher Wiederholungen bei 90 % der Maximalkraft und dem Kraftdefizit kann erklärt werden. Werden viele motorische Einheiten gleichzeitig mit einer hohen Frequenz aktiviert (gute neuromuskuläre Aktivierung), ermüden die eingesetzten Muskelfasern schnell und es können nur wenige Wiederholungen durchgeführt werden. Werden weniger motorische Einheiten gleichzeitig mit geringer Impulsfrequenz (schlechte neuromuskuläre Aktivierung) eingesetzt, werden ermüdete Muskelfasern durch nachfolgend aktivierte, bei den ersten Wiederholungen noch inaktive Fasern ersetzt und es können mehr Wiederholungen durchgeführt werden.

Praktische Bedeutung gewinnt die Feststellung der Höhe des Kraftdefizits für die Entscheidung, mit welchen Trainingsmethoden die willkürlich erzielbare Maximalkraft verbessert werden kann. Ein großes Kraftdefizit und die damit verbundene schlechte willkürliche neuromuskuläre Aktivierung machen den Einsatz von Trainingsmethoden notwendig, welche die willkürliche maximale Aktivierungsfähigkeit verbessern (Methoden der

maximalen, explosiven Kontraktionen). Demgegenüber macht ein kleines Kraftdefizit und der damit verbundene Hinweis auf eine gute willkürliche neuromuskuläre Aktivierung eine Verbesserung des Kraftpotenzials notwendig. Also eine Vergrößerung der vorhandenen Muskelmasse. Dazu werden Trainingsmethoden eingesetzt, die in erster Linie eine Hypertrophie der Muskulatur auslösen (Methoden der submaximalen Kontraktionen bis zur Erschöpfung).

Indirekte Bestimmung der Maximalkraft

Häufig wird über die Anzahl der Wiederholungen bei einer definierten submaximalen Last auf die Maximalkraft hochgerechnet (Kraemer u. Fry 1995). **Tab. 2.4** gibt den groben Zusammenhang zwischen Wiederholungszahl und Prozentsatz der Maximalkraft wieder.

Tab. 2.4 Grober Zusammenhang von Wiederholungszahl und Intensität in Prozent vom Einer-Wiederholungs-Maximum

Wiederholungen	Intensität in % des 1-WM
1	100
2	95
3–5	90
5–8	85
8–10	80
10–12	75
12–15	70
15–18	65
20	60
30	55
40	50

Beispiel

Kann mit einem gewählten Gewicht gerade nur eine Wiederholung durchgeführt werden, entspricht dieses Gewicht der konzentrischen Maximalkraft (100 % oder 1-WM). Können mit dem gewählten Gewicht hingegen 10 Wiederholungen durchgeführt werden, entspricht dieses Gewicht in etwa 75 % der Maximalkraft. Mit dem Wert aus **Tab. 2.4** und einer einfachen Dreisatzrechnung kann nun auf das Maximalgewicht hochgerechnet werden, ohne die tatsächlich maximale Last wirklich auflegen zu müssen. Für nicht mit maximalen Lasten belastbare Personen kann so zumindest eine grobe Einschätzung der Maximalkraft vorgenommen werden. Dieses Verfahren ist insgesamt umso problematischer, je mehr Wiederholungen mit submaximalen Lasten gemacht werden konnten. Bei hohen Wiederholungszahlen überwiegen Einflüsse von Kraftausdauer und Ausdauer. Die maximale Wiederholungszahl z. B. bei 70 % des 1-WM kann interindividuell beträchtlich variieren (Hoeger et al. 1987, Hoeger et al. 1990, Hoffmann 1997).

Ausgehend von gleicher Maximalkraft können deutliche Unterschiede in der bei submaximaler Last erreichten Wiederholungszahl auftreten (Schmidtbleicher u. Schlumberger 2004). Für Kraftausdauertrainierte ist diese Vorgehensweise daher nicht geeignet.

Die höchste Anzahl von Wiederholungen bei submaximalen Lasten eignet sich zur Erfassung von Leistungszuständen und Veränderungen. Aussagen über die Maximalkraft sind nur mit Einschränkungen möglich (Radlinger 1998, Schlumberger u. Schmidtbleicher 2004).

Sprung- und Wurfkrafttests

Sprungkraftleistungen werden mit biomechanischen Messsystemen in der Regel feindiagnostisch erfasst. Einfache Wurf- und Sprungkrafttests erlauben es demgegenüber, ohne großen apparativen und finanziellen Aufwand grobdiagnostische Aussagen über die Explosiv- und Schnellkraftfähigkeiten von oberer bzw. unterer Extremität zu erhalten.

Jump-and-Reach-Test (Differenzsprungtest)

Aus der Differenz von Reichhöhe im Stand und Reichhöhe im Sprung wird die vertikale Sprunghöhe in Zentimetern gemessen. Je nach Fragestellung kommen unterschiedliche Sprungformen (SJ, CMJ oder DJ) zum Einsatz. Zur Feststellung von Seitendifferenzen können ein- oder beidbeinige Sprünge ausgeführt werden. Sollen Informationen über die Reichhöhe beider Hände (z. B. im Volleyball für den Block am Netz) gewonnen werden, soll auch im Test beidhändig agiert werden. Interessiert eher die konzentrisch vorhandene Vertikalsprungkraft, wird als Testsprung der SJ gewählt. Soll eher die Fähigkeit einer Arbeit im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus für vertikale Sprünge beurteilt werden, kann der Test als CMJ oder DJ durchgeführt werden. Häufig werden auch alle 3 Sprungformen durchgeführt und aus einem Vergleich der Ergebnisse Rückschlüsse auf die Merkmalsausprägung verschiedener muskulärer Arbeitsweisen (konzentrisch, Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus) gezogen (s. S. 92)

Testdurchführung

Seitlich neben einer Wand stehend markiert der Proband seine maximale Reichhöhe, indem er am höchsten Punkt eine Farbmarkierung z. B. durch mit Kreide oder Magnesia eingefärbte Fingerspitzen hinterlässt. Anschließend führt er mit der gewählten Sprungform einen maximal hohen Vertikalsprung aus und setzt am höchsten Punkt seines Sprungs mit den eingefärbten Fingerspitzen erneut eine Markierung.

Soll die Reich- und Sprunghöhe beider Hände erfasst werden, steht der Proband frontal vor der Wand und markiert mit beiden Händen seine maximale Reichhöhe. Im anschließenden Sprung markiert er mit beiden Fingerspitzen den höchsten Punkt an der Wand.

Tab. 2.5 Normwerte für Sprunghöhen in unterschiedlichen Altersstufen (Werte aus dem „Jump and Reach"-Test in Zentimeter; Arbeitsgruppe Schmidtbleicher, bisher unpublizierte Daten)

Altersgruppen		20–29	30–39	40–49	50–59	60–69	> 70
sehr gut	Männer	> 55	> 50	> 45	> 41	> 38	> 34
	Frauen	> 39	> 34	> 29	> 26	> 24	> 21
gut	Männer	51–55	46–50	41–45	38–41	34–38	31–34
	Frauen	35–39	31–34	27–29	23–26	21–24	19–21
mittel	Männer	47–50	42–45	37–40	33–37	30–33	27–30
	Frauen	30–34	26–30	24–26	20–22	18–20	16–18
schwach	Männer	42–46	38–41	33–36	29–32	25–29	23–26
	Frauen	25–29	22–25	20–23	16–19	14–17	12–15
sehr schwach	Männer	< 42	< 38	< 33	< 29	< 25	< 23
	Frauen	< 25	< 22	< 20	< 16	< 14	< 12

Aus der Differenz von Reichhöhe im Stand (z. B. 245 cm) und Reichhöhe im Sprung (z. B. 302 cm) wird die Sprunghöhe (302 cm minus 245 cm = 57 cm) berechnet.

Schwachstellen für die Testgenauigkeit ergeben sich aus koordinativen Problemen bei der Durchführung. Diese können in der Variante mit frontalem Absprung noch größer sein. Auch muss die Sprungausführung für intra- und interindividuelle Vergleiche streng vorgegeben werden. Zum Beispiel muss im Vorfeld definiert sein, wie die Reichhöhe im Stand gemessen wird. Bleibt die Ferse zur Messung auf dem Boden oder darf sie abgehoben werden?

Testauswertung

Normwerte für verschiedene Altersgruppen, getrennt nach Geschlecht, gibt **Tab. 2.5** wieder.

Beispielwerte für unterschiedliche Sportarten, Disziplinen und Leistungsklassen sind in **Tab. 2.6** enthalten. Da diese Stichproben teilweise auf kleinen Kollektiven beruhen (einzelne Vereine), können die Beispiele nur Anhaltspunkte geben und dienen nicht als allgemeingültige Normwerte.

Sprunggürteltest nach Abalakow

Eine weitere Möglichkeit, die vertikale Sprungkraft zu messen, bietet der Sprunggürteltest nach Abalakow.

Testdurchführung

Absprung und Landung erfolgen in einem am Boden markierten Quadrat mit einer Kantenlänge von 40 cm. Weiter wird ein Bandmaß an einem Gürtel befestigt. Das Bandmaß läuft vom Rücken zum Boden und wird dort nur so leicht fixiert, dass es ausgezogen werden kann. Dies kann z. B. dadurch erfolgen, dass es durch die Öffnung einer relativ leichten (1,25–2,5 kg) Hantelscheibe gezogen wird. Die Distanz (in cm) zwischen Boden und Fixierung des Maßbands am Gürtel des Probanden wird festgehalten (Ausgangswert). Anschließend führt der Proband einen maximal hohen Vertikalsprung durch und zieht hierbei das Maßband mit nach oben.

Tab. 2.6 Ergebnisse sportmotorischer Sprungkrafttests aus unterschiedlichen Sportarten, -disziplinen und Leistungsklassen (Grützner u. Weineck 1988)

Sportart, -disziplin	„Jump and Reach" (cm)	Standweitsprung (cm)
Leichtathletik (dt. Spitze Sprung und Sprint	67,8	288
Volleyball (Regionalliga)	64,4	273
Handball (2. Bundesliga)	61	262
Handball (Regionalliga)	59	267
Fußball (Bayernliga)	57,5	250
Fußball (1. Bundesliga)	57	248
Basketball (Regionalliga)	55,9	252
Eishockey (Oberliga)	54,3	237
American Football (1. Bundesliga)	53	250
Hockey (Oberliga)	52,3	247
Tennis (Bundes-, Oberliga)	50,6	232

Testauswertung

Aus der Differenz zwischen Ausgangswert und Wert nach dem Sprung erfolgt die Sprunghöhenberechnung.

Sprunghöhen im „Jump and Reach"-Test und Sprunggürteltest nach Abalakow sind wegen unterschiedlicher koordinativer Anforderungen nicht vergleichbar. Die Ergebnisse sind also in gewisser Weise testspezifisch.

Die Reliabilität und damit die Validität dieser Messung sind nur bei exakter technischer Ausführung gegeben. Daher gilt es vor allem, eine Hüftflexion im Sprung zu vermeiden!

Standweitsprung

Der Standweitsprung war von 1900 bis 1912 ein olympischer Wettbewerb und die damaligen Olympiasieger in dieser Disziplin schafften immerhin Weiten von über 3 m. Heute wird er als sportmotorischer Test zur Beurteilung der horizontalen Sprungkraftfähigkeit verwendet.

Testdurchführung

Der Proband steht mit den Fußspitzen an der Absprunglinie und versucht mit einem beidbeinigen Sprung so weit wie möglich nach vorn zu springen. Der Sprung kann auf ebener Fläche (Turnhalle, Sportplatz, Gymnastikmatten) oder auch in eine Weitsprunggrube erfolgen. Bei der Interpretation der Messergebnisse muss ein unterschiedlicher Bodenbelag berücksichtigt werden.

Testauswertung

Gemessen wird die Distanz von Absprunglinie bis zum nächsten Fersenabdruck. Werte und Bewertung für erwachsene Männer und Frauen zeigt **Tab. 2.7**. Einige Vergleichswerte für Mädchen und Jungen in Bezug auf unterschiedliche Leistungsklassen gibt **Tab. 2.8** wieder.

Tab. 2.7 Beurteilungsskala für Leistungen im Standweitsprung von Erwachsenen (www.topendsports.com)

Beurteilung	Männer (cm)	Frauen (cm)
ausgezeichnet	> 250	> 200
sehr gut	241–250	191–200
überdurchschnittlich	231–240	181–190
durchschnittlich	221–230	171–180
unterdurchschnittlich	211–220	161–170
schwach	191–210	141–160
sehr schwach	< 191	< 141

Dreierhopp

Der Dreierhopp erfasst die einbeinige Sprungkraftfähigkeit (Schnellkraftfähigkeit) im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus und ermöglicht über den Rechts-links-Vergleich eine Aussage über die Seitigkeit.

Testdurchführung

Der Proband steht in normaler Schrittstellung an der Absprunglinie und führt nach einer kurzen Ausholbewegung des Oberkörpers nach hinten 3 aufeinanderfolgende Sprünge auf demselben Bein (Bein an der Absprunglinie) durch. Die 3 Sprünge sollen jeweils möglichst weit tragen, die Landung nach dem dritten Sprung erfolgt (vorher festlegen) einbeinig oder mit beiden Beinen. Der Untergrund soll so beschaffen sein, dass der Landeabdruck erkennbar ist. Gemessen wird von der Absprunglinie bis zum nächsten Fersenabdruck nach der dritten Landung. Für jede Seite (rechts und links) wird eine vorher festgelegte Anzahl von Versuchen durchgeführt.

Testauswertung

Einige Vergleichswerte für weibliche und männliche Jugendliche sind in **Tab. 2.9** zu sehen.

Spitzenwerte im Dreierhopp liegen um die 9–10m bei Leichtathleten und um 7–8 m im Ballsport und z. B. bei Sportstudenten (Weineck 2007).

Tab. 2.8 Mittelwerte und Standardabweichungen von Standweitsprungleistungen (in cm) von Kindern und Jugendlichen unterschiedlichen Alters
Sp = Schulsport; SpLA = Schulsport und zusätzliches Leichtathletiktraining von 2-mal 90 min pro Woche über 6 Monate (Grosser u. Starischka 1986)

	Alter	10–11	11–12	12–13	13–14
Jungen	SpLA	172 ± 16	178 ± 14	186 ± 16	197 ± 22
	Sp	151 ± 22	157 ± 21	168 ± 20	178 ± 23
Mädchen	SpLA	167 ± 13	179 ± 16	188 ± 15	206 ± 17
	Sp	151 ± 13	157 ± 18	162 ± 18	168 ± 20

Tab. 2.9 Mittelwerte und Standardabweichungen für den besten Versuch von weiblichen und männlichen Jugendlichen im Dreierhopp (Crasselt et al. 1985).

Weiblich					
Alter (Jahre)	14	15	16	17	18
Anzahl (n)	3070	2775	2746	517	207
Weite (m)	5,07 ± 0,61	5,16 ± 0,63	5,21 ± 0,63	5,10 ± 0,59	5,13 ± 0,54
Männlich					
Alter (Jahre)	14	15	16	17	18
Anzahl (n)	2940	2651	2562	600	366
Weite (m)	5,53 ± 0,72	6,01 ± 0,76	6,38 ± 0,74	6,52 ± 0,71	6,63 ± 0,76

Zehnersprunglauf

Der Zehnersprunglauf erfasst nach Grosser (1991) die Sprungkraftausdauer. Als Testort eignen sich Turnhallenböden, Laufbahnen oder ebene Rasenflächen.

Testdurchführung

Ohne oder mit mehreren Anlaufschritten (vorher festlegen) beginnt der Zehnersprunglauf an einer Absprunglinie und der Proband wechselt nach jedem Sprung das Sprungbein. Jede Flugphase soll möglichst weit zum horizontalen Raumgewinn genutzt werden. Nach dem zehnten Bodenkontakt (10 Flugphasen) endet der Test und die erreichte Weite von der Absprungstelle bis zur Landestelle wird metrisch erfasst.

Da in der Literatur die Anzahl der vorgeschalteten Anlaufschritte oft nicht angegeben wird, sind interindividuelle Vergleiche mit Normwerten eher schwierig, somit sollte der Test nur zur Dokumentation intraindividueller Fortschritte eingesetzt werden.

Testauswertung

Unter Berücksichtigung dieser Einschränkung werden für leichtathletische 100-m-Sprinter von F.W. Dick (1987), ehemaliger Cheftrainer der britischen Leichtathleten, die in **Tab. 2.10** genannten Werte angegeben.

Tabatschnik (1981) gibt uns Anhaltspunkte über angestrebte Sprungwerte in unterschiedlichem Alter für männliche Sprinter. Im Zehnersprunglauf erreichen 13- bis 15-Jährige Weiten von 26–28 m, 16- bis 17-Jährige 31–32 m und 18- bis 19-Jährige 34–35 m. Ab dem 20. Lebensjahr erreichen Sprinter, die im Wettkampf zwischen 10,35 und 10,25 sec für die 100 m benötigen, im Zehnersprunglauf zwischen 35 und 36 m.

Medizinballweitwurf

Der Medizinballweitwurf erfolgt in der Regel mit dem 2-kg- (Frauen) oder 3-kg-Ball (Männer). Der Test liefert uns Anhaltspunkte über die Wurfkraft.

Testdurchführung

Aus der Schrittstellung, einer parallelen Fußstellung oder einigen Schritten Anlauf (Durchführung vorher festlegen) bringt der Proband den Medizinball über den Kopf nach hinten (mit beiden Händen halten, im Ellbogengelenk gebeugt) und versucht anschließend, den Ball so weit wie möglich zu werfen. Dabei soll der Ball die Hände im höchsten Punkt über dem Kopf verlassen. Gemessen wird die Weite in Meter als Abstand zwischen Abwurflinie und nächstgelegenem Auftreffpunkt des Balls in der Landung (Letzelter u. Letzelter 1990).

Testauswertung

Gute Mehrkämpfer schaffen mit dem 3-kg-Medizinball ungefähr 16,90 m ± 2,12 m und Mehrkämpferinnen etwa 10,87 m ± 1,37 m. Für Allroundsportler werden 12,50 m ± 1,91 m angegeben, bei den Allroundsportlerinnen sind es 8,16 m ± 0,86 m (Letzelter u. Letzelter 1990). **Tab. 2.11** zeigt die Entwicklung der Normwerte für Kinder und Jugendliche beider Geschlechter zwischen dem 12. und 18. Lebensjahr.

Tab. 2.10 Laufzeiten in Sekunden und Sprungweiten bzw. -höhen in Meter. Um Missverständnisse zu vermeiden: Um die Zeiten über 100 m zu erreichen, müssen die Leistungen nicht in allen Sprüngen erfüllt sein (aus: Brown u. Ferrigno 2005)

	100-m-Zeit in Sekunden					
Test	12,8–13,2	12,3–12,7	11,8–12,2	11,2–11,7	10,7–11,1	10,2–10,6
Standweitsprung	2,30–2,60	2,40–2,70	2,50–2,80	2,60–2,90	2,70–3,00	2,90–3,20
Jump and Reach	0,39–0,47	0,46–0,54	0,53–0,61	0,60–0,69	0,68–0,77	0,76–0,85
Dreierhopp	6,80–7,40	7,20–7,80	7,50–8,10	7,90–8,50	8,50–9,10	9,20–10,0
Zehnersprunglauf	19–29	21–31	23–33	25–35	27–37	29,5–39,5

Tab. 2.11 Vergleichswerte für den Medizinballwurf und Medizinballstoß bei Mädchen und Jungen zwischen dem 12. und 18. Lebensjahr (Letzelter u. Letzelter 1990)

Alter	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**
Medizinballstoß (Weiten in m)							
Mädchen (2 kg)	5,50 ± 1,00	6,50 ± 1,00	6,50 ± 1,00	6,50 ± 1,00	6,50 ± 1,00	6,50 ± 1,00	6,50 ± 1,00
Jungen (3 kg)	6,50 ± 1,25	7,60 ± 1,40	8,20 ± 1,40	8,80 ± 1,40	9,50 ± 1,40	10,00 ± 1,40	10,20 ± 1,40
Medizinballwurf (Weiten in m)							
Mädchen (2 kg)	6,80 ± 1,10	7,00 ± 1,10	7,00 ± 1,10	7,00 ± 1,10	7,10 ± 1,10	7,10 ± 1,10	7,10 ± 1,10
Jungen (3 kg)	6,80 ± 1,20	7,80 ± 1,50	8,80 ± 1,50	9,80 ± 1,85	10,80 ± 1,85	11,80 ± 1,85	12,80 ± 1,85

Medizinballstoß

Das Gewicht des Medizinballs beträgt wie schon oben erwähnt 2 kg (Frauen) oder 3 kg (Männer). Der Test liefert uns Informationen für die Stoßkraft.

Testdurchführung

Der Ball wird mit beiden Händen und angewinkelten Ellbogen vor der Brust gehalten. Der Proband lehnt den Oberkörper zurück und beugt dabei das hintere Bein. Aus dieser Position wird der Ball so weit wie möglich nach vorn gestoßen. Der vordere Fuß soll bis zur Landung des Medizinballs nicht vom Boden abheben. Gemessen wird wie oben beim Medizinballwurf (Letzelter u. Letzelter 1990).

Als Variation kann der Medizinball auch einarmig entweder frontal oder aus einer seitlichen Position gestoßen werden. Dies hängt wiederum von der jeweiligen Fragestellung ab.

Testauswertung

Für erwachsene Allroundsportler (Sportstudenten) geben Letzelter u. Letzelter (1990) im Medizinballstoß Weiten von 10,06 m ± 1,24 m für Männer und 6,87 m ± 0,66 m für Frauen an. **Tab. 2.11** gibt die Entwicklung der Stoßweite vom 12. bis zum 18. Lebensjahr für Mädchen und Jungen wieder.

Im Bedarfsfall können die Reliabilität und Validität dadurch erhöht werden, dass der Medizinballstoß mit dem Rücken an der Wand stehend erfolgt. Dadurch wird eine Ausholbewegung nach hinten (Extension in der Lendenwirbelsäule) vermieden.

2.3.3 Leistungsdiagnostik Ausdauer

Zur Beurteilung der Ausdauerleistungsfähigkeit steht eine Reihe von Testverfahren zur Verfügung. Unterschieden werden in erster Linie Feldtests von Laboruntersuchungen. Ferner können die Tests nach Art der Fragestellung, die dem Test zugrunde liegt, differenziert werden in Tests zur Erfassung der aeroben, anaeroben oder auch sportartspezifischen Ausdauer. Die Tests erfassen dann je nach Modalität entweder die Leistung in Form einer zurückgelegten Strecke (in Meter) oder einer Zeit (in Stunden, Minuten und Sekunden) über eine bestimmte Distanz oder die Herzfrequenz, die maximale Sauerstoffaufnahme oder einen Laktatwert in Beziehung zur Leistung.

Sportmedizinische Messverfahren im Labor

Im Labor werden leistungsdiagnostische Untersuchungen mit der Absicht durchgeführt, die Leistungsfähigkeit des aeroben (und anaeroben) Stoffwechsels unter standardisierten Bedingungen zu beurteilen. Die aerobe Leistungsfähigkeit stellt in vielen Ausdauersportarten die leistungsbestimmende Größe dar. In Ball- und Spielsportarten bildet sie die Grundlage für eine schnelle Erholungs- und hohe Ermüdungswiderstandsfähigkeit. Entstanden sind diese Messmethoden in erster Linie aus ergometrischen bzw. spiroergometrischen Gesundheitsuntersuchungen. Die Spiroergometrie ist von daher auch am weitesten entwickelt. Daneben hat sich aber in den vergangenen Dekaden auch die Laufbanduntersuchung mit begleitender Laktat- und Herzfrequenzmessung etabliert. Erfasst werden z. B. das Verhalten der Atemgase CO_2 und O_2 in Ruhe und bei Belastung. Daraus wird z. B. die maximale Sauerstoffaufnahme (VO_2max) berechnet. Diese gilt als Bruttokriterium der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit (Hollmann u. Strüder 2009). Weiter werden Laktat als metabolische Funktionsgröße und die Herzfrequenz als Maß für die Herz-Kreislauf-Belastung erfasst.

Ergometertests

Der Proband absolviert auf dem Ergometer in der Regel einen Stufen- oder Rampentest. Hierbei wird mit einer niedrigen Intensität begonnen. Für untrainierte gesunde Personen ist dies in der Regel eine Belastung von 25 oder 50 Watt. Sehr leistungsstarke Sportler beginnen bei 100 oder 150 Watt. Die Belastungsdauer je Stufe liegt zwischen 2 und 6 min. Als Standard für viele Untersuchungen auf dem Ergometer oder Laufband haben sich 3 min etabliert. Bei besser trainierten Probanden wird die Stufendauer eher länger sein, bei weniger gut trainierten eventuell auch nur 2 min. Die Belastungssteigerung von Stufe zu Stufe erfolgt entweder pauschal in einer Größenordnung von 25 bis 50 Watt oder wird nach den Formeln

- 0,2–0,3 Watt pro kg Körpergewicht pro Belastungsminute (bei linearer Steigerung der Belastung) oder
- 0,4–1,0 Watt pro kg Körpergewicht pro Stufe (bei stufenweiser Belastungserhöhung)

berechnet (Dickhuth 2000).

Je nach Fragestellung wird der Test mit einer submaximalen Belastung oder mit einer Ausbelastung enden.

Typische Belastungsprotokolle für Ergometer- und Laufbandtests sind in **Abb. 2.14** dargestellt. Wichtig im Zusammenhang mit verschiedenen Testprotokollen (Ergometertyp, Anfangsbelastung, Stufendauer, Steigerung der Belastung, Unterbrechungen) ist die Feststellung von Heck (1990), dass Unterschiede im Testprotokoll zu unterschiedlichen Testergebnissen führen. Sollen Testergebnisse miteinander vergleichbar sein, muss neben anderen Bedingungen das Protokoll identisch sein.

Laufbandtests

Auf dem Laufband wird die Leistung in Geschwindigkeit als Wert in Meter pro Sekunde (m/sec) oder in Kilometer pro Stunde (km/h) angegeben. Im Normalfall kann mit gesunden, nicht speziell für Ausdauer trainierten Personen mit einer Geschwindigkeit zwischen 6 und 9 km/h (1,67 m/sec–2,5 m/sec) gestartet werden. Für Ball- und Spielsportler startet die erste Stufe häufig bei 8 oder

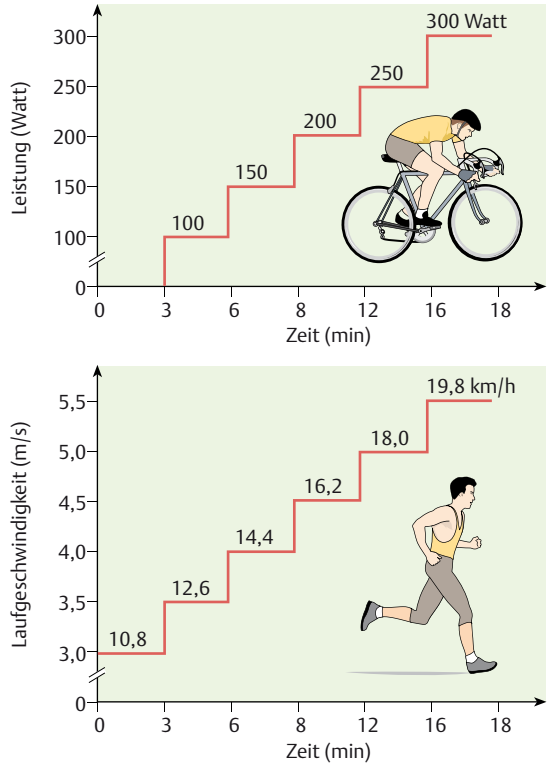


Abb. 2.14 Belastungsschema für Stufentests auf Radergometer und Laufband. Die Belastungsdauer bleibt für jede Stufe konstant und die Steigerung der Belastung ist von Stufe zu Stufe immer gleich.

9 km/h (2,22 oder 2,5 m/sec). Bei ausdauertrainierten Probanden kann je nach Leistungsfähigkeit mit etwa 12 km/h (3,33 m/sec) begonnen werden. Im Idealfall orientiert sich die Anfangsgeschwindigkeit an den Ergebnissen einer früheren Untersuchung.

Je nach Fragestellung reichen 4–6 Belastungsstufen im submaximalen Belastungsbereich aus. Alternativ kann auch bis zur Ausbelastung gesteigert werden. Die Geschwindigkeitszunahme von Stufe zu Stufe beträgt zwischen 0,3 und 0,5 m/sec. Eine Abstufung von 0,5 m/sec wird eher dann gewählt, wenn ein größerer Geschwindigkeitsbereich erfasst werden soll. Dies ist z. B. der Fall, wenn keine Werte aus früheren Untersuchungen vorliegen. Die Abstufung von 0,3 m/sec wird gewählt, wenn die Werte enger zusammenliegen sollen und damit eine etwas genauere Beurteilung der Laktatleistungskurve möglicht wird.

Heck (1990) weist für Laufbanduntersuchungen darauf hin, dass sich das Schwellenlaktat der Mader-Schwelle von 4 mmol/l auf 3,5 mmol/l reduziert, wenn die Stufendauer von 5 auf 3 min reduziert wird.

Die Pausen für Blutabnahmen sollen 30 bis 60 sec nicht überschreiten (Heck 1990). Außer diesen kurzen Unterbrechungen finden in der Regel keine Pausen statt.

Auswertung

In die Auswertung werden die abgegebene Leistung, die Atemgaseanalyse, die Herzfrequenz und die gemessenen Laktatkonzentrationen einbezogen.

Die maximale Sauerstoffaufnahme

Soll die maximale Sauerstoffaufnahme zuverlässig erfasst werden, ist ein kontinuierlicher Anstieg der Belastung (nicht stufenförmig) bis zur Ausbelastung notwendig. Die Geamtbelastungsdauer sollte 8–12 min nicht überschreiten. Die höchsten Werte für die maximale Sauerstoffaufnahme ergeben sich bei sportartspezifischen Testprotokollen: beim Läufer auf dem Laufband und beim Radrennfahrer auf dem Rennrad (Hollmann u. Strüder 2009). Aus der Konzentration der Atemgase CO_2 und O_2 in der ein- und ausgeatmeten Luft kann die Sauerstoffaufnahme (VO_2) in Ruhe und bei steigender Belastung berechnet werden. Insbesondere die maximale Sauerstoffaufnahme (VO_2max) in Liter pro Minute (l/min) und die relative maximale Sauerstoffaufnahme in Milliliter pro Kilogramm Körpergewicht pro Minute (ml/kg/min) gelten als Bruttokriterien der aeroben Leistungsfähigkeit. Mit zunehmender Belastungsstufe nimmt auch die aufgenommene Menge an Sauerstoff zu. Sie verhält sich proportional zum Sauerstoffverbrauch in der arbeitenden Muskulatur. Die maximale Sauerstoffaufnahme ist umso höher, je mehr Energie durch aerobe Stoffwechselvorgänge bereitgestellt werden kann. Dies ist wiederum davon abhängig, wie die sauerstoffaufnehmenden (Atmung und Austausch an den Alveolen), -transportierenden (Herz-Kreislauf, Erythrozyten, Hämoglobin) und -verbrauchenden (Mitochondriengröße, -dichte und Enzymbesatz derselben) Systeme ausgestattet sind. Die maximale Sauerstoffaufnahme hängt zwar im Wesentlichen von genetischen Faktoren ab, lässt sich aber in gewissen Größenordnungen durch Ausdauertraining verbessern. In **Abb. 2.15** zeigt sich die Effektivität eines Ausdauertrainings in Bezug auf die erfassten Parameter Herzfrequenz, Laktatkonzentration und maximale Sauerstoffaufnahme. In allen 3 Funktionssystemen ist für eine gleiche Leistung eine Ökonomisierung nachweisbar (Neumann et al. 2001).

Neben dem direkten intraindividuellen Vergleich von 2 verschiedenen Testzeitpunkten können die in der Spiroergometrie gewonnenen Daten mit Referenz- und Normwerten verglichen werden. So gelten für gesunde untrainierte Frauen zwischen dem 20. und 30. Lebensjahr die bereits 1963 veröffentlichten Werte von 2000 ± 200 ml und für gesunde untrainierte Männer 3300 ± 200 ml. Einzelne Spitzensportler in Ausdauersportarten erreichen Werte um 6000 ml/min (Hollmann u. Strüder 2009).

Wird die maximale Sauerstoffaufnahme auf den aussagekräftigeren relativen Wert berechnet, nämlich in Bezug zum Körpergewicht (ml/kg/min), ergeben sich Normwerte für die gleiche Altersgruppe bei Frauen in der Größenordnung von 32–38 ml/kg/min und bei Männern von

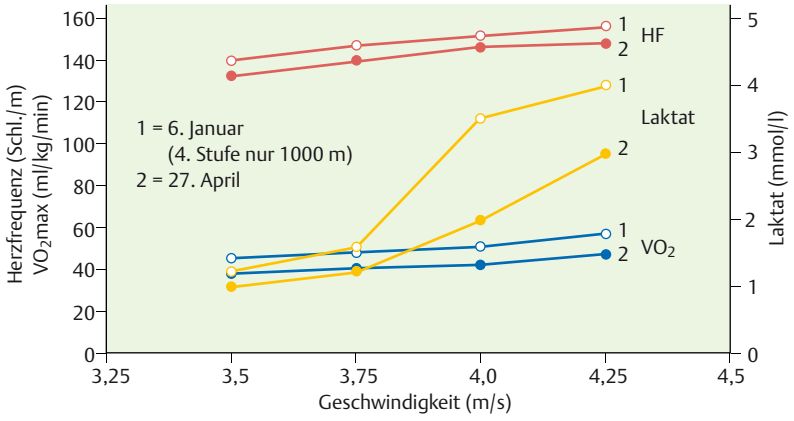


Abb. 2.15 Als Folge eines Ausdauertrainings über 3,5 Monate nehmen Herzschlagfrequenz, Sauerstoffaufnahme und Laktatkonzentration auf gegebener Belastungsstufe ab. Die Funktionssysteme arbeiten ökonomischer (Neumann et al. 2001).

Tab. 2.12 Beurteilung der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme (ml/kg/min) durch das Cooper Institut in Abhängigkeit vom Geschlecht und Lebensalter (Heyward 1998)

	sehr schlecht	schlecht	ausreichend	gut	sehr gut	spitze
Frauen/Alter						
13–19	< 25,0	25,0–30,9	31,0–34,9	35,0–38,9	39,0–41,9	> 41,9
20–29	< 23,6	23,6–28,9	29,0–32,9	33,0–36,9	37,0–41,0	> 41,0
30–39	< 22,8	22,8–26,9	27,0–31,4	31,5–35,6	35,7–40,0	> 40,0
40–49	< 21,0	21,0–24,4	24,5–28,9	29,0–32,8	32,9–36,9	> 36,9
50–59	< 20,2	20,2–22,7	22,8–26,9	27,0–31,4	31,5–35,7	> 35,7
60+	< 17,5	17,5–20,1	20,2–24,4	24,5–30,2	30,3–31,4	> 31,4
Männer/Alter						
13–19	< 35,0	35,0–38,3	38,4–45,1	45,2–50,9	51,0–55,9	> 55,9
20–29	< 33,0	33,0–36,4	36,5–42,4	42,5–46,4	46,5–52,4	> 52,4
30–39	< 31,5	31,5–35,4	35,5–40,9	41,0–44,9	45,0–49,4	> 49,4
40–49	< 30,2	30,2–33,5	33,6–38,9	39,0–43,7	43,8–48,0	> 48,0
50–59	< 26,1	26,1–30,9	31,0–35,7	35,8–40,9	41,0–45,3	> 45,3
60+	< 20,5	20,5–26,0	26,1–32,2	32,3–36,4	36,5–44,2	> 44,2

Tab. 2.13 Die relative maximale Sauerstoffaufnahme in ml/kg/min nach Sportartengruppen (Neumann et al. 2001)

Sportartengruppe	Männer (Werte in ml/kg/min)	Frauen (Werte in ml/kg/min)
Ausdauersportarten	75–80	65–70
Spielsportarten	55–60	45–52
Zweikampfsportarten	60–65	50–53
Schnellkraftsportarten	50–55	45–50
technische Sportarten	50–60	45–50

40–55 ml/kg/min (Hollmann u. Strüder 2009). Dickhuth (2000) nennt als Normwerte für 80–90 % der untrainierten und gesunden Normalbevölkerung 30–50 ml/kg/min für Männer und 25–45 ml/kg/min für Frauen. Das Cooper Institut gibt eine Wertung, getrennt nach Geschlecht und Alter, für die maximale Sauerstoffaufnahme heraus, wie in **Tab. 2.12** dargestellt.

Neumann et al. (2001) differenzieren nach Sportartengruppen (**Tab. 2.13**) und nach Sportarten und Trainingsaufwand (**Tab. 2.14**). Weitere Referenzwerte für unterschiedliche Sportarten finden sich z. B. bei Wilmore u. Costill (2004) und Hollmann u. Strüder (2009).

Tab. 2.14 Tab. 2.14 Die Höhe der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme (ml/kg/min) in Abhängigkeit von der Sportart und dem Leistungsniveau bzw. Trainingsaufwand pro Woche in Stunden bei männlichen Sportlern (Neumann et al. 2001)

	Spitzensport 20–35 h/Wo.	Leistungssport 15–25 h/Wo.	Fitnesssport 4–12 h/Wo.
Langstreckenläufer	83–88	75–80	55–65
Skilangläufer	85–90	77–82	53–63
Triathlet	78–83	70–78	55–65
Radsportler	82–86	70–78	50–60
Schwimmer	70–75	67–72	45–50
Geher	65–70	55–63	45–50

Laktat

Laktat entsteht unter körperlicher Arbeit immer dann vermehrt, wenn die Leistungsfähigkeit des Herz-Kreislauf-Systems nicht ausreicht, den Energiebedarf auf aerobem Weg zu decken, und Glykogen sowie Glucose verstärkt auf anaerob laktazidem Stoffwechselweg zur Deckung des Bedarfs beitragen müssen. Solange die Arbeit innerhalb gewisser Intensitätsgrenzen erfolgt, kann das produzierte Laktat in gleichem Maße abgebaut werden. Es bildet sich ein Gleichgewicht zwischen Laktatbildung und -abbau. Wird die Belastung weiter gesteigert und eine kritische Intensität überschritten, nimmt die Laktatbildung überproportional zum -abbau zu. Das maximale Laktatgleichgewicht von -produktion und -abbau ist überschritten. Häufig wird dieser Grenzbereich mit dem Begriff maxLass beschrieben. Das maximale Laktatgleichgewicht kann mittels der Leistungsdiagnostik ermittelt werden und liefert eine präzise Vorgehensweise zur Erfassung der individuellen anaeroben Schwelle. Wegen des großen zeitlichen und finanziellen Aufwands (mehrere Tests über mindestens 20 min an verschiedenen Tagen) werden in der Regel ökonomischere Tests eingesetzt. Meist handelt es sich um Stufentests, in denen die Belastung stufenförmig erhöht wird und nach jeder Stufe leistungsrelevante Parameter (z. B. Leistung, Herzfrequenz und Laktat) erhoben werden. Die Belastungsstufen werden so lange gesteigert, bis das Testziel erreicht ist. Steht die Ermittlung der aeroben und anaeroben Leistungsfähigkeit im Bereich der aeroben oder anaeroben Schwelle auf dem Plan, wird der Test auf einer submaximalen Belastungsstufe enden können. Soll der maximal mögliche Laktatwert, die maximale Herzfrequenz oder die maximale Leistung durch den Test erreicht werden, muss bis zur Ausbelastung gesteigert werden (Hollmann u. Strüder 2009, Heck 1990).

Gewonnen werden die Werte für die Laktatkonzentration nach jeder Belastungsstufe aus dem Kapillarblut des Ohrläppchens oder der Fingerbeere. Wichtig für die Interpretation der Ergebnisse: Die Werte aus Ohrläppchen und Fingerbeere sind nicht vergleichbar, sondern weichen voneinander ab. Ruhelaktatkonzentrationen liegen um 1 mmol Laktat pro Liter Blut, maximale Laktatkonzentrationen nach hochintensiven sportlichen Belastungen und nur bei einem entsprechenden Trainingszustand bei 25–28 mmol Laktat pro Liter Blut.

In der Auswertung werden die metabolischen Informationen über die Laktatkonzentration in Beziehung zur Leistung (Geschwindigkeit oder Watt) auf den einzelnen Belastungsstufen gesetzt. Es werden Wertepaare aus Leistung und metabolischer Belastung gebildet (**Abb. 2.16**). Die Wertepaare werden entweder von Hand (manuell) oder über eine Auswertungssoftware zu einer Laktatleistungskurve verbunden. Die Software sollte das exponentielle Laktatanstiegsverhalten bei stufenförmigen Belastungen berücksichtigen.

Das Laktatleistungsdiagramm ermöglicht es dem Auswerter, eine Beziehung zwischen Leistung, Herzfrequenz und metabolischer Belastung herzustellen. Zum interindividuellen Vergleich bieten sich natürlich Norm- und Referenzwerte an fixen Schwellen oder bei definierten Laktatwerten an. In der Vergangenheit waren dies im besonderen die aerobe Schwelle bei 2 mmol Laktat pro Liter Blut oder der aerobe/anaerobe Übergang zwischen 2 und 4 mmol Laktat pro Liter Blut oder die aerob-anaerobe Schwelle nach Mader et al. (1976) bei 4 mmol Laktat pro Liter Blut (Hollmann u. Strüder 2009). Diese statistischen Schwellenkonzepte spiegeln nicht das individuelle Stoffwechselverhalten wider. Vielmehr weisen individuelle anaerobe Schwellen eine Bandbreite von 2,3–6,8 mmol Laktat pro Liter Blut auf (Heck 1990). Die Suche nach einer Methode, die zuverlässig und ökonomisch machbar die individuelle anaerobe Schwelle misst, führte zu einer Vielzahl von unterschiedlichen Test- und Auswertungsprotokollen. Dazu gehören die Konzepte nach Bunc et al. (1985), Stegmann et al. (1981), Keul et al. (1979), Tegtbur et al. (1989), Feldmann und Chlebek (in Feldmann u. Zahnd 1997) etc. In einem Vergleich unterschiedlicher Schwellenkonzepte kommt Heck (1990) zu dem Schluss, dass keine Methode zur Feststellung der individuellen anaeroben Schwelle der anderen überlegen ist.

Grundsätzlich liegt bei ausdauertrainierten Personen und Personen mit einem hohen Anteil an Slow-Twitch-Fasern (langsam kontrahierende Muskelfasern mit einem hohen Myoglobingehalt) die individuelle anaerobe Schwelle eher im Bereich zwischen 2 und 3 mmol Laktat pro Liter Blut, während Sprinter, Schnellkraftsportler und

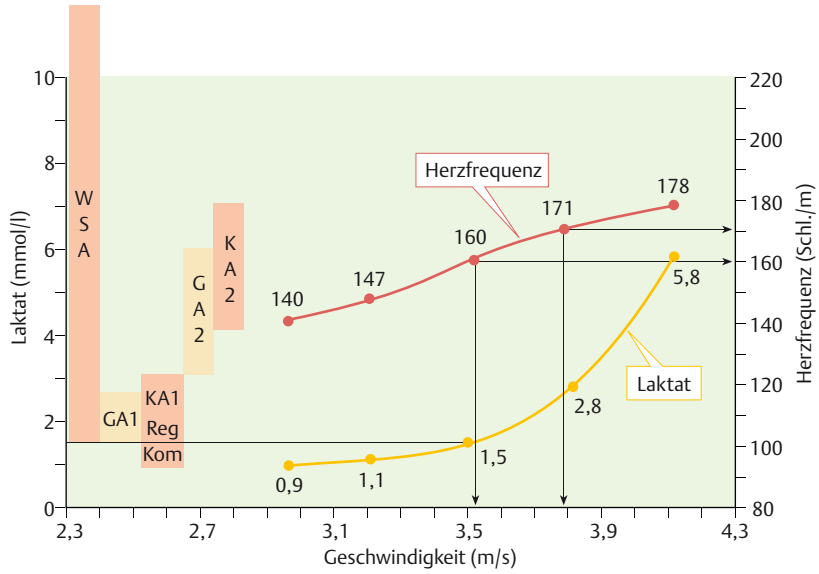


Abb. 2.16 Exemplarische Auswertung eines Laktatstufentests mit begleitender Herzfrequenzregistrierung und Zuordnung von Trainingsbereichen.
WSA = Wettkampspezifische Ausdauer
GA1 = Grundlagenausdauer 1
GA2 = Grundlagenausdauer 2
KA1 = Kraftausdauer 1
KA2 = Kraftausdauer 2
Reg = Regeneration
Kom = Kompluration

Tab. 2.15 Werte für die Laufgeschwindigkeit bzw. die Leistung an der anaeroben Schwelle bei 4 mmol Laktat pro Liter Blut bei verschiedenen Sportarten (s. S. 208, **Tab. 4.16**)

Sportart (n)	Testgerät	Schwellenleistung bei 4 mmol	Standardabweichung
Langstreckenläufer (25)	Laufband	5,1 m/sec	0,3 m/sec
Mittelstreckenläufer (34)	Laufband	4,78 m/sec	0,42 m/sec
Kurzstreckenläufer (8)	Laufband	4,08 m/sec	0,49 m/sec
Fußballspieler (20)	Laufband	3,88 m/sec	0,39 m/sec
Tennis (14)	Laufband	3,58 m/sec	0,38 m/sec
Basketball (Frauen)	Laufband		
Juniorinnen (12)		3,6 m/sec	
A-Kader (10)		3,35 m/sec	
Basketball (Herren)	Laufband		
Junioren (12)		4,31 m/sec	
A-Kader (10)		3,84 m/sec	
Ruderer (84)	Radergometer	416 Watt	30 Watt
Radprofis (31)	Radergometer	318 Watt	50 Watt
Radamateure (63)	Radergometer	303 Watt	40 Watt

n = Anzahl der Probanden (zusammengestellt aus Hollmann u. Strüder 2009 und Steinhöfer 2003)

Spielsportler bzw. Personen mit einem hohen Anteil an Fast-Twitch-Fasern (schnell kontrahierende Muskelfasern mit niedrigem Myoglobingehalt) eher eine individuelle anaerobe Schwelle zwischen 4 und 6 mmol Laktat pro Liter Blut aufweisen.

Die Geschwindigkeit oder die Leistung an der anaeroben Schwelle ist vom Trainingszustand und der ausgeübten Sportart abhängig. Einige Beispiele sind in **Tab. 2.15** zu finden.

Wegen der geringen Stichprobengröße können die Werte in **Tab. 2.15** nicht als Normwerte gelten. Sie sollen eher einen Eindruck bzw. eine Tendenz für verschiedene Sportarten vermitteln. Eine Beurteilung für Langstreckenläufer geben uns Mader et al. (1976) in **Tab. 2.16**.

Interessant in **Tab. 2.16** ist die erste Beurteilung „nicht ausdauertrainiert, normal leistungsfähig“. Sie kann als Anhaltspunkt für den Durchschnittsprobanden im Alter zwischen 20 und 30 Jahren gelten. Für Frauen liegen die Werte etwa um 0,5 m/sec niedriger.

Herzfrequenz

Neben der Atemgasanalyse und der Bestimmung der Laktatkonzentration wird im Normalfall das Verhalten der Herzfrequenz mit aufgezeichnet. Sie zeigt im submaximalen Belastungsbereich eine lineare Beziehung zur Belastung. Steigt die Belastung, steigt die Herzfrequenz linear mit an. Die Geschwindigkeit des Herzfrequenzanstiegs ist jedoch individuell sehr unterschiedlich und macht

Tab. 2.16 Beurteilung der Leistung von Langstreckenläufern an der anaeroben Schwelle bei 4 mmol Laktat pro Liter Blut (Mader et al. 1976)

nicht ausdauertrainiert (normal leistungsfähig)	**3,0 ± 0,5 m/sec**
gering ausdauertrainiert	3,5–4,0 m/sec
mittel ausdauertrainiert	4,0–4,7 m/sec
hoch ausdauertrainiert	4,8–5,2 m/sec
Spitzensportler	5,3–5,6 m/sec

indirekt auch eine Aussage über den Trainingszustand. Je flacher der Anstieg bei gegebener Belastung, desto besser der Trainingszustand. Wird der Anstieg nach einer Trainingsperiode flacher, hat sich die Ausdauerleistungsfähigkeit verbessert.

Im oberen Belastungsbereich kommt es mit zunehmender Azidose zu einem Abflachen der Herzfrequenz. Obwohl die Belastung weiter steigt, kann die Herzfrequenz nicht in gleichem Maße mit ansteigen. Als Ursache werden Veränderungen in der Antriebsdynamik der Stresshormone bei stärkerer Azidose vermutet (Dickhuth 2000). Conconi et al. (1982) machen sich dieses Verhalten der Herzfrequenz im oberen Belastungsbereich zunutze und sehen dort den Bereich der anaeroben Schwelle.

Von praktischer Bedeutung für die Beurteilung der Belastung während des Tests selbst ist die Mitaufzeichnung der Herzfrequenz. Nach der Formel 220 minus Lebensalter kann zumindest eine grobe Einschätzung der alterskorrigierten maximalen Herzfrequenz erfolgen und das Erreichen dieser Herzfrequenz im Test als grobes Maß für eine Ausbelastung dienen.

Weiter ist die Herzfrequenzaufzeichnung ein wichtiges Mittel für die aus den Ergebnissen abzuleitenden Trainingsempfehlungen. Indem in der Testauswertung eine Beziehung zwischen Leistung, Laktat und Herzfrequenz hergestellt wird, kann das Training mithilfe der Herzfrequenz gesteuert werden (Neumann et al. 2001).

Feldtests

Bei einer ganzen Reihe von Sportarten bestehen große Schwierigkeiten, sportartspezifische Bedingungen für die Leistungsdiagnostik im Labor zu schaffen. Getreu der Erkenntnis, dass die Testergebnisse umso aussagekräftiger sind, je näher der Test die sportartspezifischen Bedingungen reflektiert, werden Feldtests schon seit je her angewendet. Feldtests finden meist dort statt, wo auch das Training oder der Wettkampf absolviert werden und weisen daher in der Regel eine enge Beziehung zu Trainings- und Wettkampfbelastungen auf. Zu den am häufigsten angewendeten Feldtests gehören Zweistreckentest, Cooper-Test, Conconi-Test, Laktatstufentest und Tests für Ball- und Spielsportler.

Tab. 2.17 Übersicht einiger Teststrecken in Abhängigkeit von der Sportart bzw. -disziplin (nach Neumann et al. 2001 und eigenen, mit einem * gekennzeichneten Daten)

Laufen	Mittelstrecke	6 x 2000 m
	Langstrecke	Männer 4 x 4000 m Frauen 4 × 3000 m
	Kurztriathlon, Duathlon	Männer 4 × 4000 m Frauen 4 × 3000 m
Schwimmen	Kurzdistanzen Mitteldistanzen Langdistanzen Kurztriathlon, Duathlon	8 × 100m (200 m) 8 × 200 m 5 × 400 m 4 × 400 m
Radfahren	Straße Bahn Kurztriathlon, Duathlon	4 × 6–8000 m 4 × 5000 m 4 × 6000 m
Spielsportarten*	Fußball, Handball, Basketball etc.	4–5 × 1200–1600 m
Rückschlagspiele*	Tennis, Badminton, Squash, Tischtennis	4–5 × 1200–1600 m
Wintersport	Skilanglauf	4 × 5000 m
Wassersport	Kanu Rudern	4 × 1000 m 3 × 1000 m
Breitensportler*, Fitnesssport*		4 × 1200 m

Laktatstufentest

Eine Übersicht von Testprotokollen für Laktatstufentests als Feldtest in verschiedenen Sportarten gibt **Tab. 2.17** wieder.

Wegen der größeren Störanfälligkeit von Feldtests sollen bestimmte Standardisierungsmaßnahmen strikt eingehalten werden. Hier noch einmal die wichtigsten Maßnahmen (s. Heck 1990):

- Die Testprotokolle für vergleichende Untersuchungen sollen identisch sein.
- Die Streckenlänge soll auf allen Stufen identisch lang sein.
- Die Abstufung von Stufe zu Stufe soll gleich hoch (zwischen 0,3 und 0,5 m/sec) sein
- Die Uhrzeit für die Testdurchführung soll annähernd gleich gewählt werden, um damit zirkadiane Schwankungen der Leistungsfähigkeit zu berücksichtigen.
- Wetterbedingungen und Untergrund (Luftfeuchtigkeit, Windverhältnisse, Temperatur, Rasen, Straße, Laufbahn etc.) beachten
- Eine Pausendauer von 30–60 sec zur Blutentnahme einhalten
- Laborverfahren zur Probenauswertung gleich halten (z. B. ESAT, Dr. Lange, Boehringer Mannheim, LactatPro oder Lactat Scout)

Werden Ergebnisse aus Feldtests mit Ergebnissen aus Labortests verglichen, so sind die Leistungen im Labor meist besser. Als Grund wird der fehlende Luftwiderstand auf Laufband oder Ergometer angegeben und auf dem Laufband zusätzlich der fehlende Arbeitsaufwand zur Erzeugung des Vortriebs. Föhrenbach et al. (1983) fanden bei A- und B-Kader-Athletinnen der Wettkampfdistanzen von 800 bis 3000 m des Deutschen Leichtathletikverbands im Labor eine Geschwindigkeit (bei 4 mmol/l) von 4,42 ± 0,33 m/sec) und im Feldstufentest von 4,26 ± 0,27 m/sec. Ein Training nach den Werten aus der Laboruntersuchung würde zu hohe Trainingsbelastungen verursachen oder zumindest nicht im gewünschten Trainingsbereich wirken.

Zweistreckentest und Ermüdungsindex

Mithilfe des Zweistreckentests wird in bestimmten Sportarten und -disziplinen (z. B. Leichtathletik, Schwimmen, Eisschnelllauf) die Leistung über die Wettkampfstrecke mit der Leistung über vergleichbare Wettkampfstrecken oder Unterdistanzen (Halb- oder Vierteldistanz) verglichen. Die zu vergleichenden Ergebnisse werden in Wettkämpfen oder Trainingswettkämpfen gewonnen. In der Regel wird der Ermüdungsindex (EI) nach der folgenden Formel berechnet (Schnabel et al. 2008):

$$EI = t_s - n \times t_{KA}$$

(t_s = aktuelle Bestzeit über die [Haupt-]Wettkampfstrecke; t_{KA} = aktuelle Bestzeit über die kürzere Kontrollstrecke; n = Quotient aus Länge der Wettkampfdistanz und Länge der Unterdistanz)

Die Formel $n \times t_{KA}$ gibt an, welche Leistung der Sportler ohne die einschränkende Wirkung der Ermüdung erreichen könnte. Der Ermüdungsindex (EI) gibt in diesem Zusammenhang einen Anhaltspunkt über die wettkampfspezifische Ausdauer des Sportlers und vermittelt einen zahlenmäßigen Wert des ermüdungsbedingten Zeitverlusts (Schnabel et al. 2008). In verschiedenen Sportarten bestehen zur Einschätzung der Wertigkeit nach Schnabel et al. (2008) bereits Vergleichs- bzw. Normwerte. In der Sportpraxis ist die Organisationsform im Zweistreckentest ohne größeren Aufwand in Bezug auf Geräte, Personal und Zeit einfach durchzuführen und liefert den erfahrenen Trainern und Betreuern wichtige Informationen für die mittel- und langfristige Trainingssteuerung. Weitere Tests können dann Aufschluss über andere Einflussfaktoren (Kraftfähigkeiten, Schnelligkeit, Koordination und aerobe sowie anaerobe Energiebereitstellung) geben (s. Schnabel et al. 2008).

Beispielberechnung

Leichtathlet mit Hauptwettkampfstrecke im 400-m-Lauf, Unterdistanzstrecke zum Test = 200 m.

t_s = 45 sec, T_{KA} = 21 sec, n = 400 m ÷ 200 m = 2

EI = t_s (45 sec) – n(2) × T_{KA} (21 sec) = 3 sec

Wird der Athlet die Wettkampfstrecke (400 m) bei gleichbleibender Unterdistanzleistung (200 m in 21 sec) um 0,2 sec (also 44,8 sec) schneller laufen, verringert sich der EI von 3 sec auf 2,8 sec und drückt damit eine Verbesserung der Ermüdungswiderstandsfähigkeit aus. Keine Informationen gibt dieser Test über die Ursachen der Verbesserung (Adaptationen) auf kardiovaskulärer oder lokaler Ebene.

Cooper-Test

Der bekannteste Vertreter von Minuten- oder Distanztests ist der Cooper-Test. Er wird als Lauftest über 12 min absolviert und die dabei zurückgelegte Laufstrecke als Maß für die Ausdauerleistungsfähigkeit gewertet. Zwischen der Laufleistung und der maximalen Sauerstoffaufnahme bestehen enge Zusammenhänge. Obwohl als Ausdauertest konzipiert, findet er in erster Linie bei nicht speziell für die Ausdauer trainierten Sportlern und Untrainierten Anwendung, so z. B. in Spielsportarten, Zweikampfsportarten oder bei Schiedsrichtern.

Testdurchführung

Der Test findet meistens auf einer 400-m-Rundbahn statt und kann auch als Gruppentest erfolgen. Auf ein Startzeichen hin soll der Proband in 12 min eine möglichst große Strecke zurücklegen. Registriert wird die bewältigte Distanz in Meter (mit Maßband genau erfassen).

In **Tab. 2.18** und **Tab. 2.19** kann das Ergebnis mit alters- und geschlechtsbezogenen Normwerten verglichen

Tab. 2.18 Wertungstabelle für Jungen im Alter zwischen 11 und 18 Jahren. Für Mädchen werden in der jeweiligen Alterstufe 200 m weniger angegeben. (www.sportunterricht.de)

Jungen	11 J.	12 J.	13 J.	14 J.	15 J.	16 J.	17 J.	18 J.
ausgezeichnet	2800	2850	2900	2950	3000	3050	3100	3150
sehr gut	2600	2650	2700	2750	2800	2850	2900	2950
gut	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500	2550
befriedigend	1800	1850	1900	1950	2000	2050	2100	2150
ausreichend	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850
mangelhaft	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550

Tab. 2.19 Wertungstabelle für Männer und Frauen nach Lebensdekaden (www.sportunterricht.de)

	bis 30 J.	30–39 J.	40–49 J.	50 J.
Männer				
sehr gut	2800	2650	2500	2400
gut	2400	2250	2100	2000
befriedigend	2000	1850	1650	1600
mangelhaft	1600	1550	1350	1300
ungenügend	weniger			
Frauen				
sehr gut	2600	2500	2300	2150
gut	2150	2000	1850	1650
befriedigend	1850	1650	1500	1350
mangelhaft	1550	1350	1200	1050
ungenügend	weniger			

Tab. 2.20 Vergleiche zwischen den Ergebnissen im 12-min-Cooper-Test und Laboruntersuchungen machen eine Zuordnung zur relativen Sauerstoffaufnahme möglich. Wurde im Cooper-Test eine Ausbelastung erreicht, schätzen die Werte auch die relative maximale Sauerstoffaufnahme ein (nach Cooper; in Schürch 1987)

Strecke in 12 Minuten in Meter	Sauerstoffaufnahme in ml/kg/min	Strecke in 12 Minuten in Meter	Sauerstoffaufnahme in ml/kg/min
1500	28,2	2700	48,6
1600	29,9	2800	50,4
1700	31,6	2900	52,1
1800	33,8	3000	53,8
1900	35,0	3100	55,5
2000	36,7	3200	57,2
2100	38,4	3300	58,9
2200	40,1	3400	60,6
2300	41,7	3500	62,3
2400	43,4	3600	64,0
2500	45,1	3700	55,7
2600	46,9	3800	67,4

werden. **Tab. 2.20** stellt den Zusammenhang zwischen zurückgelegter Distanz in 12 min und der relativen Sauerstoffaufnahme bzw. zur relativen maximalen Sauerstoffaufnahme her.

Untrainierte absolvieren den 12-min-Lauftest im Bereich der anaeroben Schwelle, Trainierte laufen etwa 1 km/h oberhalb der individuellen anaeroben Schwelle (Hegner 2007).

Conconi-Test Lauf

Der Conconi-Test wurde 1982 erstmals vorgestellt und stellt ein nichtinvasives Verfahren zur Beurteilung der individuellen anaeroben Schwelle vor (Conconi et al. 1982). Trotz anfänglicher Kontroversen über die Aussagekraft dieses Testverfahrens (s. dazu Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 1989, 40. Jahrgang, Heft 11, Schwerpunktheft „Conconi-Test“) hat er sich auch in Deutschland in den letzten Jahren zumindest als ergänzendes Verfahren neben der Laktatdiagnostik etabliert.

Der Test basiert auf dem Verhalten der Herzfrequenz bei submaximaler und maximaler Belastung. Die Veränderung der Herzfrequenz spiegelt die innere Verarbeitung einer äußeren Belastung wieder. Im submaximalen Belastungsbereich verhält sich diese Beziehung linear (Conconi et al. 1982).

Bei hochintensiven und maximalen Belastungen lässt sich dieses lineare Verhalten nicht mehr feststellen. Vielmehr nimmt die Steigerung der Herzfrequenz in Relation zur Steigerung der Belastung ab. In einem Herzfrequenz-Belastungsdiagramm zeigt sich dieses Verhalten in einem Abflachen des Herzfrequenzanstiegs und einem Einpendeln auf ein Plateau (**Abb. 2.17**). Conconi et al. (1982)

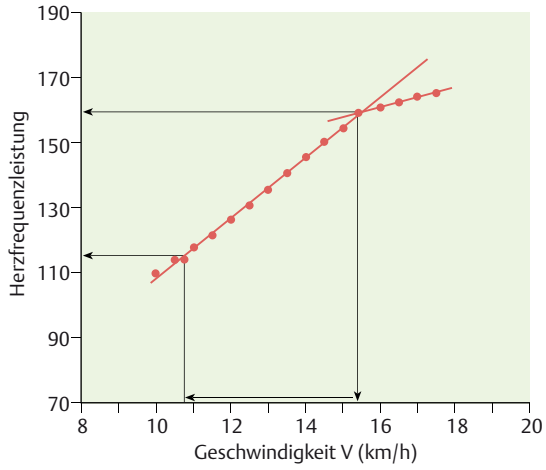


Abb. 2.17 Herzfrequenz-Geschwindigkeits-Diagramm für die Auswertung des Conconi-Tests. Auf der Abszisse kann die Geschwindigkeit an der Schwelle nach Conconi, auf der Ordinate die Herzfrequenz abgelesen werden. Das Abflachen des Herzfrequenzanstiegs reflektiert die Conconi-Schwelle (Conconi et al. 1982).

nennen diesen Punkt „Vitesse deflection", im deutschsprachigen Raum haben sich die Begriffe Deflektionspunkt, Abknick- oder Knickpunkt etabliert. Diese Punkte bzw. Begriffe markieren die Conconi-Schwelle und sollen die Herzfrequenz und die Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle reflektieren (Conconi et al. 1982).

Der Test hat in der Vergangenheit einige Modifikationen erfahren und wird jetzt als Lauftest, Radtest und als Intervalltest auch in Ballsportarten eingesetzt (Probst et al. 1989, Mona et al. 1989).

Testdurchführung

Nach einem 15–20-minütigen Aufwärmen wird in Abhängigkeit von der Sportart und dem Leistungsvermögen eine Strecke von 200 oder 400 m mehrmals gelaufen. Die Streckenlänge wird zu Beginn des Tests festgelegt und im Testverlauf nicht verändert. Die Laufgeschwindigkeit bleibt auf dem festgelegten Abschnitt gleichmäßig. Es soll nicht beschleunigt oder verlangsamt werden. Nach jedem vollendetem Streckenabschnitt (200- oder 400-m-Abschnitte) wird die Laufgeschwindigkeit erhöht. Die Geschwindigkeitserhöhung soll pro Laufabschnitt nicht mehr als 0,5 Kilometer pro Stunde (km/h) betragen.

Die Laufgeschwindigkeit soll sehr gleichmäßig eingehalten werden. Zur Kontrolle der Geschwindigkeit können alle 20 m Markierungskegel aufgestellt werden. In der Praxis hat es sich bewährt, eine Signalquelle (MP3-Player, CD-Player, Lautsprecher der Sportanlage) zu nutzen, die an den Markierungspunkten ein akustisches Signal gibt und damit die Testperson darüber informiert, ob die Laufgeschwindigkeit zu schnell oder zu langsam ist.

Untrainierte beginnen den ersten 200-m-Abschnitt bei 6 km/h (= 120 sec für den ersten 200-m-Abschnitt), Ausdauertrainierte bei 10 km/h (= 71 sec für den ersten 200-m-Abschnitt). Die Geschwindigkeiten sollten am Leistungsstand der Probanden orientiert sein und können von den genannten Empfehlungen abweichen. Im normalen Testprotokoll wird die Geschwindigkeit von Stufe zu Stufe um 0,5 km/h erhöht. Kann der Athlet die vorgeschriebenen Zeiten nicht mehr einhalten und erreicht die Markierungen mehrmals zu spät, wird der Test abgebrochen. Zwischen den einzelnen Stufen finden keine Pausen statt.

Conconi-Test Rad

Versuche, den Conconi-Test auf dem Fahrradergometer anzuwenden, erbrachten mit der klassischen Versuchsanordnung für Fahrradergometrie (konstante Belastungsdauer pro Belastungsstufe) selten auswertbare Ergebnisse. Ein Abknicken der Herzfrequenz konnte nicht oder nur in wenigen Fällen festgestellt werden (Heck et al. 1989). Als möglicher Grund wird eine frühzeitige lokale Ermüdung angenommen, die zum Testabbruch vor der eigentlichen kardiovaskulären Ausbelastung führte (Probst et al. 1989).

Testdurchführung

Daher schlagen Probst et al. (1989) vor, die Untersuchungen von Di Prampero et al. (1986) zu beachten und die Arbeit (W) auf jeder Belastungsstufe auch auf dem Fahrradergometer gleich zu halten. Um dies zu erreichen, muss mit steigender Belastung die Belastungsdauer verkürzt werden. 2 beispielhafte Testprotokolle, bei denen einmal mit 60 Watt und einmal mit 100 Watt Belastung begonnen wird, sind in **Tab. 2.21** wiedergegeben. Die Belastung wird nach jeder Stufe um 20 Watt gesteigert. Zwischen den Stufen werden keine Pausen gemacht. Am Ende jeder Stufe wird die Herzfrequenz registriert.

Die Arbeit kann natürlich auch dadurch konstant gehalten werden, dass auf dem Radergometer eine festgelegte Strecke pro Stufe zurückgelegt wird, wobei dann von Stufe zu Stufe die Geschwindigkeit gesteigert werden muss (z. B. um 2 km/h).

Auswertung des Conconi-Tests

Für die Auswertung wird die Herzfrequenz am Ende jeder Belastungsstufe und die entsprechende Leistung benötigt. Die Herzfrequenz wird entweder im Pulsmessgerät gespeichert oder nach jeder Stufe abgelesen. Es wird ein Diagramm erstellt und zur Auswertung herangezogen. Die Herzfrequenz wird auf der Ordinate (y-Achse), die Laufgeschwindigkeit bzw. die Leistung (Watt) auf der Abszisse (x-Achse) eingetragen (s. **Abb. 2.17**).

Tab. 2.21 2 exemplarische Protokolle für die Durchführung des Conconi-Tests auf dem Radergometer mit der Vorgabe, die Arbeit auf jeder Stufe gleich hoch zu halten (Vorschlag nach Probst et al. 1989)

Protokoll 1		Protokoll 2	
Zeit (min/sec)	Widerstand	Zeit (min/sec)	Widerstand
00:00	60 Watt	00:00	100 Watt
03:20	80 Watt	02:00	120 Watt
05:50	100 Watt	03:40	140 Watt
07:50	120 Watt	05:05	160 Watt
09:30	140 Watt	06:20	180 Watt
10:55	160 Watt	07:27	200 Watt
12:10	180 Watt	08:27	220 Watt
13:16	200 Watt	09:21	240 Watt
14:16	220 Watt	10:11	260 Watt
15:10	240 Watt	10:58	280 Watt
16:00	260 Watt	11:41	300 Watt
16:47	280 Watt	12:20	320 Watt
17:30	300 Watt	12:58	340 Watt
18:09	320 Watt	13:33	360 Watt
18:47	340 Watt	14:07	380 Watt
19:22	360 Watt	14:38	400 Watt
19:56	380 Watt	15:08	420 Watt
20:27	400 Watt	15:37	440 Watt
20:57	420 Watt	16:04	460 Watt
21:26	440 Watt	16:30	480 Watt
21:53	460 Watt	16:55	500 Watt
22:19	480 Watt	17:19	520 Watt
22:44	500 Watt	17:42	540 Watt

Abb. 2.17 zeigt, dass die Herzfrequenz ein quasi lineares Verhalten im submaximalen Belastungsbereich aufweist. Das lineare Verhalten lässt sich immer dann relativ gut darstellen, wenn die Probanden mit dem Test vertraut sind. Laufgewohnte Probanden können ihre Geschwindigkeit auf jeder Stufe (bei einem Lauftest) sehr genau den Testbestimmungen entsprechend konstant halten. Damit wird auch die Herzfrequenz ein relativ konstantes Anstiegsverhalten (linear) zeigen. Nicht laufgewohnte Probanden habe mit der gleichmäßigen Geschwindigkeitsgestaltung Probleme und versuchen durch permanente Anpassung im Sinne von Beschleunigen und Abbremsen die vorgegebene Geschwindigkeit zu erreichen. Damit ergeben sich erhebliche Schwankungen in der Herzfrequenz, ein lineares Verhalten lässt sich kaum finden und macht unter Umständen eine Auswertung unmöglich. Mit höheren Intensitäten flacht der Herzfrequenzanstieg ab. Der Abknickpunkt soll die individuelle anaerobe Schwelle reflektieren.

Die Conconi-Schwelle gibt in manchen Fällen tendenziell die anaerobe Schwelle zu hoch an (Heck et al. 1989). Daraus ergeben sich für die betroffenen Sportler unrealistische Trainingsempfehlungen, zum Teil trainieren sie wegen zu hoher Intensitäten in nicht gewünschten Stoffwechselbereichen oder brechen im Extremfall wegen Überbelastung bereits nach wenigen Minuten ab.

Weiter muss berücksichtigt werden, dass die Festlegung des Deflektionspunkts subjektiven Erfahrungen des Auswerters unterliegt und bei einem Teil der Herzfrequenz-Leistungsdiagramme kein Deflektionspunkt gefunden wird (Heck et al. 1989).

Bei Kindern ist die Übereinstimmung von Conconi-Schwelle und anaerober Schwelle anscheinend besser. Ballarin et al. (1989) und Gaisl und Wiesspeiner (1989) konnten mit dem kinder- und jugendangepassten Conconi-Test (Stufenlänge 100 m) den Abknickpunkt sowohl regelmäßig finden wie auch eine gute Reproduzierbarkeit nachweisen.

Tests für Ball- und Spielsportler

Multistage Fitness Test (Shuttle Run Test)

Der Multistage Fitness Test (Léger et al. 1981) oder auch Shuttle Run Test ist geeignet, das Dauerleistungsvermögen größerer Gruppen von Probanden in einer Sporthalle oder auf einer Sportanlage ohne großen Raum-, Zeit-, Material- und Personalaufwand zu erfassen. Damit erfüllt er viele wichtige Merkmale, die ihn zu einem kostengünstigen und praxisnahen Test machen. Er kommt in Spielsportarten, Schulen und Breitensport zur Anwendung. Spezialisierte Ausdauersportler nutzen eher die Laktatdiagnostik oder den Conconi-Test.

Die Vorteile dieses Tests: Er ist vollständig zu standardisieren und er ist (in der Halle) witterungs- und geländeformunabhängig. Gleichzeitig können bis zu 12 Probanden getestet werden. Die Durchführung nimmt etwa 25 min in Anspruch. Er weist eine sehr hohe Test-Retest-Korrelation auf und zeigt einen hohen Zusammenhang mit der maximalen Sauerstoffaufnahme (Léger u. Lambert 1982, van Mechelen et al. 1986).

Als Nachteil gelten die hohe Abhängigkeit des Ergebnisses von der Probandenmotivation und die ungenaue Trennschärfe von aeroben und anaeroben Anteilen an der Gesamtleistung.

Testdurchführung

In einer Sporthalle werden 2 Linien im Abstand von 20 m markiert (**Abb. 2.18**). Die Testpersonen stehen an der Startlinie und laufen nach dem Startsignal die Geschwindigkeit, die über ein akustisches Signal (Pacer) vorgegeben wird. Die Startgeschwindigkeit beträgt 8 km/h und wird jeweils nach 1 min um 0,5 km/h erhöht. Somit werden die Pacer-Signale im Minutenintervall in immer kürzerer Folge ertönen. Bei

8 km/h ertönen die Signale im Abstand von 9 sec, bei 10 km/h verkürzt sich das Intervall schon auf 7,2 sec und bei 15 km/h haben die Probanden nur noch 4,8 sec Zeit, um die Distanz von 20 m zu überbrücken. Die Testpersonen sollen die Geschwindigkeit den Signalen anpassen, also nicht schneller oder langsamer laufen. Mit dem Signal soll die jeweilige Linie berührt werden, anschließend gewendet und der Test ohne Unterbrechung zur gegenüberliegenden Linie fortgesetzt werden. Beendet ist der Test dann, wenn der Proband das vorgegebene Tempo nicht länger einhalten kann. Als Kriterium gilt: Der Proband erreicht 2-mal in Folge die Wendelinie nicht rechtzeitig (Abstand zur Linie > 3 m).

Testauswertung

Die Resultate werden mit der Anzahl der absolvierten Stufen und Abschnitte pro Stufe festgehalten (**Tab. 2.22**) oder mit erwarteten Werten zur relativen maximalen Sauerstoffaufnahme in Beziehung gesetzt (**Tab. 2.23**) und können anschließend mit Normwerten für Normalsterbliche (**Tab. 2.12**) oder für die jeweilige Sportart oder Disziplin verglichen werden. Einige Vergleichswerte finden sich dazu in **Tab. 2.13** und **Tab. 2.14**.

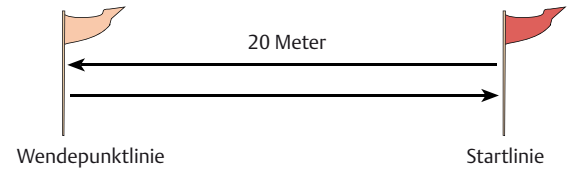


Abb. 2.18 Laufwege für den Multistage Fitness Test.

Als Ausdruck einer Verbesserung sollte der Proband bei einem Retest mehr Stufen oder innerhalb einer Stufe mehr Abschnitte schaffen. Eine geringere Stufenzahl lässt auf eine Verschlechterung der aeroben und anaeroben Ausdauerleistungsfähigkeit schließen.

Yo-Yo Intermittent Recovery Test

Als Variation des Multistage Fitness Test hat sich in einigen Sportarten (z. B. Tennis, Handball, Fußball, Basketball) der Yo-Yo Intermittent Recovery Test (Yo-Yo-IR Test) etabliert. Der Vorteil dieser Variante liegt in der höheren sportartspezifischen Testgestaltung: kurze Belastungsphasen, die in der Intensität langsam zunehmen, werden durch kurze Pausen unterbrochen.

Tab. 2.22 Die Tabelle zeigt die zu jeder Stufe gehörende Anzahl der Abschnitte, die zugehörige Geschwindigkeit, die Abschnittszeit pro 20 m, die genaue Dauer pro Stufe und die Gesamtzeit, die zurückgelegte Strecke pro Stufe und die Gesamtstrecke.

Stufe	20-m-Abschnitte pro Stufe	Geschwindigkeit (km/h)	20-m-Abschnitts-Zeit (s)	Dauer pro Stufe (s)	Zurückgelegte Distanz pro Stufe (m)	Gesamtstrecke (m)	Gesamtzeit (min:s)
1	7	8,0	9,0	63,0	140	140	1:03
2	8	8,5	8,47	67,8	160	300	2:11
3	8	9,0	8,0	64,0	160	460	3:15
4	9	9,5	7,58	60,64	180	640	4:15
5	10	10,0	7,2	64,8	200	840	5:20
6	10	10,5	6,86	61,74	200	1040	6:22
7	10	11,0	6,55	65,5	200	1240	7:27
8	10	11,5	6,26	62,6	200	1440	8:30
9	11	12,0	6,0	66,0	220	1660	9:36
10	11	12,5	5,76	63,36	220	1880	10:39
11	11	13,0	5,54	60,94	220	2100	11:40
12	12	13,5	5,33	63,96	240	2340	12:44
13	12	14,0	5,14	61,68	240	2580	13:46
14	13	14,5	4,97	64,61	260	2840	14:51
15	13	15,0	4,8	62,4	260	3100	15:53
16	13	15,5	4,65	60,45	260	3360	16:53
17	14	16,0	4,5	63,0	280	3640	17:56
18	14	16,5	4,36	61,04	280	3920	18:57
19	15	17,0	4,24	63,6	300	4220	20:00
20	15	17,5	4,11	61,65	300	4520	21:02
21	16	18,0	4,0	64,0	320	4840	22:06

Tab. 2.23 Es werden der erreichten Stufe und den in einer Stufe absolvierten Abschnitten erwartete Werte der relativen maximalen Sauerstoffaufnahme (relative VO_2max in ml/min/kg) zugeordnet. Entwickelt durch das Department of Physical Education and Sports Science der Loughborough University, 1987 (www.brianmac.co.uk/msftable.htm)

Stufe	Abschnitte	VO_2max	Stufe	Abschnitte	VO_2max
4	2	26,8	5	2	30,2
4	4	27,6	5	4	31,0
4	6	28,3	5	6	31,8
4	9	29,5	5	9	32,9
6	2	33,6	7	2	37,1
6	4	34,3	7	4	37,8
6	6	35,0	7	6	38,5
6	8	35,7	7	8	39,2
6	10	36,4	7	10	39,9
8	2	40,5	9	2	43,9
8	4	41,1	9	4	44,5
8	6	41,8	9	6	45,2
8	8	42,4	9	8	45,8
8	11	43,3	9	11	46,8
10	2	47,4	11	2	50,8
10	4	48,0	11	4	51,4
10	6	48,7	11	6	51,9
10	8	49,3	11	8	52,5
10	11	50,2	11	10	53,1
			11	12	53,7
12	2	54,3	13	2	57,6
12	4	54,8	13	4	58,2
12	6	55,4	13	6	58,7
12	8	56,0	13	8	59,3
12	10	56,5	13	10	59,8
12	12	57,1	13	13	60,6
14	2	61,1	15	2	64,6
14	4	61,7	15	4	65,1
14	6	62,2	15	6	65,6
14	8	62,7	15	8	66,2
14	10	63,2	15	10	66,7
14	13	64,0	15	13	67,5
16	2	68,0	17	2	71,4
16	4	68,5	17	4	71,9
16	6	69,0	17	6	72,4
16	8	69,5	17	8	72,9
16	10	69,9	17	10	73,4
16	12	70,5	17	12	73,9
16	14	70,9	17	14	74,4
18	2	74,8	19	2	78,3
18	4	75,3	19	4	78,8
18	6	75,8	19	6	79,2
18	8	76,2	19	8	79,7
18	10	76,7	19	10	80,2
18	12	77,2	19	12	80,6
18	15	77,9	19	15	81,3
20	2	81,8	21	2	85,2
20	4	82,2	21	4	85,6
20	6	82,6	21	6	86,1
20	8	83,0	21	8	86,5
20	10	83,5	21	10	86,9
20	12	83,9	21	12	87,4
20	14	84,3	21	14	87,8
20	16	84,8	21	16	88,2

Testdurchführung

Im Unterschied zum Multistage Fitness Test werden die 20-m-Abschnitte nur einmal hin und her gelaufen und anschließend eine Pause von 5 oder 10 sec eingelegt. Die Pause soll mit Gehen oder Laufen aktiv gestaltet werden. Die ersten 4 Geschwindigkeitsstufen (10, 11, 12 und 13 km/h) dienen dem Aufwärmen und werden jeweils nur einmal absolviert. Die folgende Stufe mit 13,5 km/h wird 3-mal absolviert, 14,0 km/h wird 4-mal absolviert und alle weiteren Stufen ab 14,5 km/h, bei denen sich die Geschwindigkeit von Stufe zu Stufe immer um 0,5 km/h steigert, werden 8-mal absolviert. Zu beachten ist, dass auch bei wiederholten Läufen auf einer Geschwindigkeitsstufe nach jedem Lauf über 20 m hin und zurück die genannte Pause erfolgt. Diese Testdurchführung wird für die Probanden so lange wiederholt, wie sie es rechtzeitig schaffen, mit dem akustischen Signal (Pacer) die 20-m-Linien zu erreichen. Weniger trainierte Probanden beginnen den Test mit einer Geschwindigkeit von 10 km/h (Yo-Yo-IR1), gut trainierte mit 13 km/h (Yo-Yo-IR2) (Krustrup et al. 2003 u. 2006).

Testauswertung

Als Kriterium für die sportartspezifische Leistungsfähigkeit wird die Anzahl der absolvierten Stufen festgehalten. Zuverlässige Normwerte liegen nicht vor. Für Fußballspieler finden sich Angaben im Internet (www.soccerfitness.com), die sich auf verschiedene spielerische Leistungsklassen beziehen. Demnach legen Topspieler (high performer) im Yo-Yo-IR1 2420 m (Frauen 1600 m), Elitespieler 2190 m (Frauen 1360 m), Spieler aus der zweiten Liga 2030 m (Frauen 1160 m) und moderat trainierende Spieler 1810 m zurück.

Tests zur Einschätzung der maximalen Sauerstoffaufnahme

Als Goldstandard zur Messung der maximalen Sauerstoffaufnahme gilt eindeutig die Spiroergometrie. Neben der Bedeutung der maximalen Sauerstoffaufnahme im Sport steht sie in engem Zusammenhang mit der allgemeinen körperlichen Fitness. Aus praktischen Gründen bestehen daher eine ganze Reihe von Testverfahren zur Einschätzung der maximalen Sauerstoffaufnahme. Einige Tests beruhen auf Geh-, Lauf- und Ergometertests, andere auf Kniebeuge- oder Steptest. Den meisten Tests gemeinsam ist die Tatsache, dass sie den im Wesentlichen linearen Zusammenhang zwischen Herzfrequenz und Sauerstoffverbrauch für verschiedene Intensitätsbereiche von leicht bis schwer berücksichtigen (McArdle et al. 1991). Ungenauigkeiten in der Einschätzung der maximalen Sauerstoffaufnahme resultieren unter anderem auch daraus, dass dieser lineare Zusammenhang für Belastungen im maximalen Bereich nicht mehr besteht (McArdle et al. 1991, Hollmann u. Strüder 2009).

In ihrer Aussagekraft können diese „Feldtests“ nicht mit den Daten aus der Spiroergometrie gleichgesetzt werden (Hollmann u. Strüder 2009). Die Belastung in diesen Tests ist oft nicht exakt dosierbar, nicht exakt reproduzierbar und die Abstufung der Belastung (Dosierung) ist oft zu grob. Daher wird an dieser Stelle auch ganz bewusst auf den Begriff „Messung“ verzichtet und auf den Begriff „Einschätzung“ zurückgegriffen. Diese Tests sind nicht geeignet, um die Leistungsfähigkeit im Leistungs- und Spitzensport zu beurteilen. Für den Breiten- und Gesundheitssport liefern sie Anhaltspunkte. Die in den folgenden Tests eingeschätzten Werte für die relative maximale Sauerstoffaufnahme können mit **Tab. 2.12**, **Tab. 2.13** und **Tab. 2.14** verglichen werden.

Gehtest und Lauftest über eine Meile (1609 m)

McArdle et al. (1991) haben aus Untersuchungen an großen Probandenkollektiven (im Alter von 30–69 Jahren) 2 Regressionsgleichungen für die Einschätzung der maximalen Sauerstoffaufnahme aufgestellt.

Testdurchführung

Der Test wird als Walking Test über eine Meile durchgeführt und eignet sich als Gehtest auch für relativ untrainierte Personen. Eine Meile entspricht 1609 m und bedeutet für den Test auf einer 400-m-Rundbahn, dass der Proband 4 Runden und 9 m zurücklegen muss.

Testauswertung

VO_2max = 6,9652 + (0,0200 × KG) – (0,0257 × Alter) + (0,5955 × Geschlecht) – (0,224 × T1) –(0,0115 × HF1–4)

Legende: VO_2max = maximale Sauerstoffaufnahme in Litern pro Minute; KG = Körpergewicht in Kilogramm; Alter in Jahren; Geschlecht: Männer = 1, Frauen = 0; T1 = Zeit für eine Meile in Minuten und Sekunden; HF1–4 = mittlere Herzfrequenz pro Minute auf den letzten 400 m

Die Gleichung für die relative maximale Sauerstoffaufnahme (VO_2max in ml/kg/min) lautet:

VO_2max = 132,853 – (0,1695 × KG) – (0,3877 × Alter) + (6,315 × Geschlecht) – (3,2649 × T1) – (0,1565 × HF1–4)

Beispiel

Eine 30-jährige Frau, die 70,5 kg wiegt, hat die Meile in 13:56 min zurückgelegt und eine mittlere Herzfrequenz von 145 Schlägen pro Minute auf den letzten 400 m.

VO_2max = 132,853 – (0,1695 × 70,5) – (0,3877 × 30) + (6,315 × 0) – (3,2649 × 13,56) – (0,1565 × 145)

VO_2max = 132,853 – (11,95) – (11,63) + (0) – (44,27) – (22,69)

VO_2max = 42,3 ml/kg/min

Als Variation kann dieser Gehtest auch als submaximaler Lauftest über eine Meile durchgeführt werden.

Testdurchführung

Frauen sollen die Strecke nicht schneller als 9 min und Männer nicht schneller als 8 min laufen. Die Herzfrequenz soll unter 180 Schlägen pro Minute bleiben. Registriert werden die tatsächliche Laufzeit mit einer Stoppuhr und die Herzfrequenz unmittelbar nach Beendigung des Tests.

Testauswertung

nach folgender Regressionsgleichung:

$VO_2max = 100{,}5 + 8{,}344 \times Geschlecht) - (0{,}1636 \times Gewicht) - (1{,}438 \times Zeit) - (0{,}1928 \times HF)$

Legende: VO_2max = maximale Sauerstoffaufnahme in ml/kg/min; Geschlecht: Männer = 1, Frauen = 0; Gewicht in Kilogramm; Zeit in Minuten und Sekunden; HF = Herzfrequenz in Schlägen pro Minute

Die Werte für die relative maximale Sauerstoffaufnahme (ml/kg/min) können mit Norm- und Referenzwerten (**Tab. 2.12**, **Tab. 2.13** und **Tab. 2.14**) verglichen werden.

Queens College Step Test

Testdurchführung

Der Steptest nach McArdle et al. (1991) wird über eine Dauer von 3 min durchgeführt. Als Auftritthöhe wird ein Kasten mit 41,3 cm Höhe gewählt; Frauen steigen 22-mal, Männer 24-mal pro min auf den Kasten. Der Rhythmus wird dabei mit auf–auf–ab–ab vorgegeben (Metronom auf 88 bei Frauen bzw. 96 bei Männern). Die Probanden sollen vorher über den Testablauf informiert sein und gegebenenfalls auch 1–2 Probedurchgänge gemacht haben. Die Herzfrequenz wird in Schlägen pro Minute jeweils 5, 10, 15 und 20 sec nach Belastungsende registriert.

Testauswertung

Die gemittelte Herzfrequenz (in Schlägen pro Minute) aus der 5., 10., 15. und 20. sec nach Belastungsende wird für die weitere Berechnung in der folgenden Gleichung benutzt:

Männer: $VO_2max = 111{,}33 - (0{,}42 \times HF$ in Schlägen pro Minute)

Frauen: $VO_2max = 65{,}81 - (0{,}1847 \times HF$ in Schlägen pro Minute)

Die Werte für die relative maximale Sauerstoffaufnahme (ml/kg/min) können mit Norm- und Referenzwerten (**Tab. 2.12**, **Tab. 2.13** und **Tab. 2.14**) verglichen werden.

2.3.4 Leistungsdiagnostik Schnelligkeit

Im Bereich der Schnelligkeit werden wegen der Spezifität vor allem komplexe Schnelligkeitsmerkmale erfasst. Auch die durchgeführten Tests zur Messung zyklischer und azyklischer Schnelligkeitsmerkmale (Voss et al. 2007) sind nur bedingt aussagekräftig.

Im Bereich der sportart- und disziplinspezifischen Schnelligkeit wird immer dann die Maximalkraft und Explosivkraft bzw. Schnellkraft zu einem wichtigen leistungsbestimmenden Faktor, wenn hohe Widerstände wie z. B. das eigene Körpergewicht zu überwinden sind. Daher sind die unter der motorischen Grundeigenschaft Kraft vorgestellten Messverfahren zur Erfassung der Maximal-, Schnell- und Explosivkraft oft auch in die Beurteilung komplexer Schnelligkeitsmerkmale involviert.

Sportmotorische Tests der komplexen Schnelligkeit

Anforderungen an die komplexe motorische Schnelligkeit lassen sich in das Reaktionsvermögen, die Beschleunigungsfähigkeit, die maximale Geschwindigkeit und die Schnelligkeitsausdauer differenzieren. **Abb. 2.19** zeigt den Geschwindigkeitsverlauf eines 100-m-Laufs. Das Reaktionsvermögen kommt zu Beginn in der Startphase zum Tragen, der anschließende steile Anstieg der Geschwindigkeit repräsentiert den Beschleunigungsabschnitt. Daran schließt eine Phase relativ konstanter Geschwindigkeit an, hier ist die maximale Geschwindigkeit erreicht. Und gegen Ende der Strecke nimmt die Geschwindigkeit wieder ab. Dieser Bereich wird durch die Schnelligkeitsausdauer geprägt, also die Fähigkeit, die maximale Geschwindigkeit möglichst lange aufrechtzuerhalten bzw. den Abfall der Geschwindigkeit zu mini-

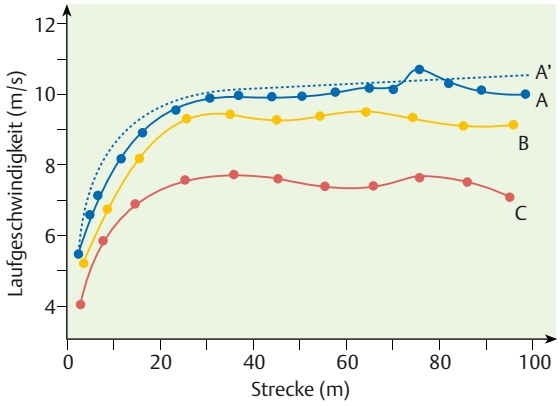


Abb. 2.19 Charakteristischer Geschwindigkeitsverlauf beim 100-m-Sprint. Dargestellt sind die Geschwindigkeitsverläufe unterschiedlich guter Sprinter (C = Sportstudent, B = Nachwuchssprinter, A = nationale Spitze, A' = idealisierter Kurvenverlauf).

Tab. 2.24 Geschwindigkeitsverläufe im 100-m-Lauf von Seoul 1988. Dargestellt ist die Gesamtzeit nach jedem Streckenabschnitt und rechts daneben die jeweilige Streckenteilzeit (Δ) (Grosser 1991).

	Männer						**Frauen**					
Strecke in m	**Johnson**		**Lewis**		**Christie**		**Griffith-Joyner**		**Ashford**		**Drechsler**	
	Aufsummierte Zeiten und 10-m-Streckenteilzeiten in Sekunden											
10	1,83	Δ	1,89	Δ	1,92	Δ	2,00	Δ	2,02	Δ	2,01	Δ
20	2,87	1,04	2,96	1,07	2,97	1,05	3,09	1,09	3,13	1,11	3,12	1,11
30	3,80	0,93	3,90	0,94	3,92	0,95	4,09	1,00	4,15	1,02	4,14	1,02
40	4,66	0,86	4,79	0,89	4,81	0,89	5,04	0,95	5,11	0,96	5,11	0,97
50	5,50	0,84	5.65	0,86	5,66	0,85	5,97	0,93	6,07	0,97	6,08	0,97
60	6,33	0,83	6,48	0,83	6,50	0,84	6,89	0,92	7,01	0,94	7,02	0,94
70	7,17	0,84	7,33	0,85	7,36	0,86	7,80	0,91	7,96	0,95	7,79	0,95
80	8,02	0,85	8,18	0,85	8,22	0,86	8,71	0,91	8,91	0,95	8,92	0,95
90	8,89	0,87	9,04	0,86	9,09	0,87	9,62	0,91	9,87	0,96	9,88	0,96
100	9,79	0,90	9,92	0,88	9,97	0,88	10,54	0,92	10,83	0,96	10,85	0,97

mieren. In der Fachliteratur wird dieser Bereich auch als Phase der negativen Beschleunigung bezeichnet.

In vielen Sportarten kommen diese Fähigkeiten nicht in Reinform vor, sondern müssen unter sportartspezifischen Bedingungen abgerufen werden. Können für den 100-m-Sprinter oder den Radsprinter das Reaktionsvermögen oder die Fähigkeit, hoch zu beschleunigen, noch in relativer Reinform beobachtet werden, so unterliegen diese Fähigkeiten z. B. im Ballsport ganz speziellen Bedingungen. Diese sind etwa in der zusätzlich erforderlichen Ballkontrolle oder dem Reagieren auf Gegner und Mitspieler begründet. Daraus resultieren Laufwege, die durch Reaktion, Beschleunigungs- und Abbremsvorgänge, Richtungsänderungen und wieder Reaktion, Beschleunigung etc. gekennzeichnet sind. Diese speziellen äußeren Bedingungen verlangen kognitiv wie auch motorisch ein spezielles Handeln (Handlungsschnelligkeit), das nur durch spezifische Tests abgeprüft werden kann (s. S. 116).

Reaktionsschnelligkeit

Eine Diagnose der komplexen Reaktionsschnelligkeit ist leider nur selten möglich. Diese Fähigkeit wird sehr stark von der Antizipation beeinflusst. Die Auswahl an geeigneten Mess- und Testsystemen ist begrenzt. Einfachreaktionen auf ein Startsignal können mittels Bewegungs- oder Kraftaufnehmern in den Startvorrichtungen (z. B. Startblock) erfasst werden (Martin et al. 1993). Sportarten und -disziplinen mit Starts aus einer solchen Vorrichtung profitieren von dieser Möglichkeit. Auswahlreaktionen, in denen der Proband sich für eine von mehreren Reaktionsmöglichkeiten entscheiden muss, können mithilfe von Computerprogrammen generiert und erfasst werden.

Beschleunigung

Soll die Fähigkeit für eine hohe und gegebenenfalls auch lange Beschleunigungsphase überprüft werden, eignen sich grundsätzlich Starts und Sprints über unterschiedlich lange Teilstrecken. Die Distanzen der Teilstrecken müssen an die Beschleunigungslänge der jeweiligen Sportart angepasst werden. Im Radsport werden die Distanzen länger sein als im Laufen und im Laufen länger als im Schwimmen. Die Zeit über die einzelnen Teilstrecken – im Laufen in der Regel 5- oder 10-m-Abschnitte, wird dann meistens mittels elektronischer Zeitmessung über Lichtschranken und/oder Kontaktmatten erfasst. Sie geben Aufschluss über die Höhe der Beschleunigung in den einzelnen Teilstrecken und auch über die Teilstrecke, in der die Beschleunigung beendet ist und die maximale Geschwindigkeit erreicht wird. Es können mit diesem Verfahren sozusagen abschnittsbezogen Stärken und Schwächen erkannt werden (Martin et al. 1993).

Tab. 2.24 gibt eine solche Zeitmessung für die einzelnen Teilstrecken wieder und zeigt deutlich, wie lange die verschiedenen Athletinnen und Athleten die Zeiten pro Teilstrecke verkürzen und somit weiter beschleunigen. Auch erkennt man, ab wann die Abschnittszeiten stagnieren und damit die maximale Geschwindigkeit erreicht ist. Werden die Abschnittszeiten wieder länger, kann die maximale Geschwindigkeit wegen der einsetzenden Ermüdung nicht aufrechterhalten werden und die Schnelligkeitsausdauer kommt zum Tragen.

In Spielsportarten werden die Teilstrecken eines Tests eher kürzer sein, weil die Laufwege durch die Größe der Spielflächen oder durch Technik und Taktik selten 30 m übertreffen. Nimmt man die Sportart Volleyball als Beispiel, wird schnell einsichtig, dass durch Spielfeldgröße und Spielanlage Laufwege auf Strecken zwischen 5 und

höchstens 10 m begrenzt sind. Dazu kommen die bereits mehrfach beschriebenen speziellen Bedingungen in Ball- und Spielsportarten.

Betrachtet man demgegenüber die Spielfeldgröße im Feldhockey oder Fußball, wird ebenso schnell ersichtlich, dass dort längere Laufwege möglich und damit auch längere Teststrecken sinnvoll sein können. Aber selbst im Fußball finden 96 % der Sprints unter 30 m und 49 % unter 10 m statt. Die Ergebnisse im 10-m-Test unterscheiden höherklassige Spieler im Fußball von niederklassigen Spielern besser als der 30-m-Test (Schlumberger 2006). Sportler, deren Stärken in der Beschleunigung eher auf den ersten Metern liegen, können sich z. B. auf engem Raum besser von einem Gegner lösen. Sportler, die bessere Werte über die 30-m-Teststrecke aufweisen, nehmen den Ball gern im Lauf (fliegend) an (Weineck 2007).

Testdurchführung

In der Regel werden die Abschnitte mehrmals (3- bis 5-mal) durchlaufen und es wird zwischen den Testläufen eine ausreichend lange Pause eingelegt. Die energiereichen Phosphate Adenosintriphosphat (ATP) und Kreatinphosphat (KP) sollen vor einem erneuten Versuch vollständig regeneriert sein. Dies ist nach etwa 2–3 min der Fall. Soll auch eine mögliche neuronale Regeneration berücksichtigt werden, sollten ähnlich wie nach einem Krafttraining der Explosiv- und Schnellkraftfähigkeiten mindestens 6 min Pause eingehalten werden. Der Start erfolgt als Hochstart oder aus einem Startblock heraus. Die Zeit wird nach jeder Teilstrecke (z. B. immer nach 5 oder 10 m) und am Ende der gesamten Teststrecke erfasst. Für die Auswertung werden die Zeiten der einzelnen Teilstrecken berechnet. Bei einigen Tests (z. B. dem Kasseler Beschleunigungstest) werden die Lichtschranken in Kopfhöhe positioniert, damit die Schwungbewegungen der Extremitäten die Lichtschranken nicht zu früh auslösen (Martin et al. 1993).

An Handballspielerinnen der Bundesliga untersuchte Glatzel (2000) die Antrittsschnelligkeit und Beschleunigung auf den ersten 5 m, für 20 m und für 30 m. Die Zeiten für die ersten 5 m liegen zwischen 1,1 und 1,3 sec, für 20 m zwischen 3,3 und 3,5 sec und für 30 m zwischen 4,7 und 4,9 sec. Diese Werte sind wegen der kleinen Stichprobengröße nicht als Normwerte geeignet. Sie geben uns aber einen Anhaltspunkt. Für die 30-m-Sprintzeit von Fußballern hat Geese (1990) eine Bewertung vorgenommen (**Tab. 2.25**).

Tab. 2.25 Bewertung der 30-m-Sprintzeiten (aus dem Hochstart) von Fußballern (Geese 1990)

Zeit (sec)	Bewertungsziffer	Einschätzung
< 3,95	1	extrem überdurchschnittlich
3,95–4,04	2	überdurchschnittlich
4,05–4,14	3	durchschnittlich
4,15–4,24	4	unterdurchschnittlich
> 4,24	5	extrem unterdurchschnittlich

Weineck (2007) gibt an, dass leistungsstarke (Fußball-)Spieler 30 m unter 4 sec laufen sollten und die 10 m unter 1,65 sec (s. auch Origer 2006).

Maximale Geschwindigkeit

Zur Erfassung der maximalen Geschwindigkeit haben sich für das Laufen „fliegende Sprints“ über 10–40 m und im Radsport z. B. über 200 m bewährt. „Fliegend“ ist ein Hinweis darauf, dass der Sportler zu Beginn der Zeitmessung bereits mit annähernd maximaler Geschwindigkeit unterwegs ist und die Startlinie für den Beginn der Zeitmessung „fliegend“ überquert.

Testdurchführung

Als Anlaufstrecke werden beim Lauf 10, 20 oder 30 m (festlegen!) gewählt, dann je nach Test unterschiedlich lange Abschnitte (10, 20 oder 30 m) mit maximaler Geschwindigkeit absolviert und die benötigte Zeit vom Beginn der Zeitmessung bis Ziellinie registriert (**Abb. 2.20**).

Testauswertung

Mit Anhaltswerten zur Einschätzung der Wertigkeit von 30 m fliegenden Sprintzeiten kann uns **Tab. 2.26** dienen. Vergleichbare Angaben finden sich auch bei Tabatschnik (1981).

Schnelligkeitsausdauer

In **Abb. 2.19** und aus **Tab. 2.24** können wir erkennen, dass die Geschwindigkeit gegen Ende eines 100-m-Laufs abnimmt und die Teilstreckenzeiten zunehmen. Die Erschöpfung der Vorräte an den energiereichen Phosphaten Adenosintriphosphat (ATP) und Kreatinphosphat (KP) und möglicherweise auch die einsetzende neuronale Ermüdung (z. B. durch eine Transmittererschöpfung an den Synapsen) auf zentraler, segmentaler oder lokaler Ebene

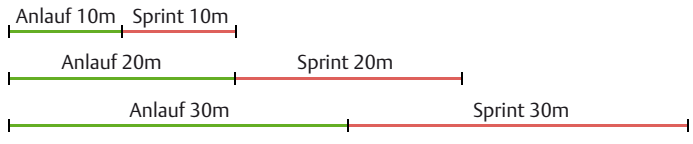


Abb. 2.20 Testanordnung zur Erfassung der maximalen Laufgeschwindigkeit mithilfe von „fliegenden Sprints“.

Tab. 2.26 Erfahrungswerte nach Dick (1987) für die Testwerte im 30-m-Sprint aus dem Tiefstart und mit fliegendem Start, um bestimmte Leistungen im 100-m-Lauf zu erreichen (Brown u. Ferrigno 2005)

	100-m-Zeiten					
Test	12,8–13,2	12,3–12,7	11,8–12,2	11,2–11,7	10,7–11,1	10,2–10,6
30 m aus Tiefstart	5,0–5,1	4,6–5,0	4,45–4,65	4,1–4,4	3,85–4,15	3,65–3,85
30 m mit fliegendem Start	3,9–4,0	3,6–3,8	3,4–3,5	3,05–3,35	2,8–3,0	2,55–2,75

werden dafür verantwortlich gemacht. In Sportarten und -disziplinen mit entsprechend langen Belastungsphasen (> 6 sec bis etwa 60 sec) kommt hier die Schnelligkeitsausdauer zum Tragen. Längere Belastungsphasen als 60 sec sind dann weniger von Schnelligkeitsmerkmalen abhängig, sondern eher von Merkmalen der anaeroben laktaziden und ab etwa der 20. Minute der aeroben Ausdauer.

Testdurchführung

Für den Test der Schnelligkeitsausdauer bietet sich für z. B. Rad, Schwimmen, Laufen und Rudern eine Teststrecke an, die in der Belastungsdauer im Bereich der Wettkampfstrecke (Wettkampfstrecke selbst oder eine kleine Überdistanz) liegt. **Abb. 2.20** liefert das Beispiel für den 100-m-Lauf. Für einen Schwimmer oder Radsportler werden ebenfalls die Teilstreckenzeiten über die Teststrecke erfasst und eine Differenzzeittabelle (s. **Tab. 2.24**) bzw. ein Differenzzeitdiagramm erstellt.

Testauswertung

Die Beurteilung der Schnelligkeitsausdauer erfolgt nach folgender Vorgehensweise:

- Je später eine Reduzierung der maximalen Geschwindigkeit erfolgt, desto besser ist die Schnelligkeitsausdauer entwickelt. Und umgekehrt: Je früher die maximale Geschwindigkeit verlassen wird, desto schlechter ist die Schnelligkeitsausdauer entwickelt.
- Je geringer die maximale Geschwindigkeit abfällt, desto besser ist die Schnelligkeitsausdauer entwickelt.

Als aussagekräftiger Test für die Sprintausdauer im Radfahren hat sich der Wingate-Ergometertest nach Bar-Or (1978) erwiesen.

Testdurchführung

Der Proband arbeitet 30 sec lang auf dem Radergometer gegen einen relativ hohen Widerstand mit maximal möglicher Trittfrequenz. Der Widerstand wird in Abhängigkeit von Gewicht, Geschlecht, Alter und Leistungsfähigkeit eingestellt.

Testauswertung

Zur Beurteilung der Sprintausdauer werden 3 Parameter berücksichtigt:

- maximale Leistung (ausgedrückt in Watt) in jedem 5-sec-Abschnitt
- relative Leistung bezogen auf das Körpergewicht (Watt pro kg)
- mittlere Leistung (Gesamtarbeit) über 30 sec
- prozentuale Ermüdung, ausgedrückt als A – B ÷ A × 100

In der Formel steht A für die höchste und B für die niedrigste Leistung während einer 5-sec-Periode (Hollmann u. Strüder 2009). In der Regel wird die höchste Leistung in den ersten 5–10 sec, die niedrigste Leistung in den letzten 5 sec erreicht (Wilmore u. Costill 2004). In der Auswertung werden in der Regel aktuelle Werte mit Werten aus früheren Tests verglichen und damit z. B. die Effektivität des Trainings bewertet. Der Test eignet sich wegen der maximalen Belastung nicht für untrainierte Personen.

In Spielsportarten finden kaum Belastungen statt, welche die Schnelligkeitsausdauer im Sinne der Aufrechterhaltung einer maximalen Geschwindigkeit beanspruchen. Die Spielfelder sind zu klein und selbst dort, wo auf relativ großen Spielfeldern agiert wird (z. B. im Fußball und Feldhockey), werden kaum Sprintstrecken von mehr als 30 m zurückgelegt (Schlumberger 2006). Damit finden die meisten Sprints in einem Bereich statt, welcher der Beschleunigung zugerechnet werden kann.

Tests für Ball- und Spielsportler

In spezifischen Tests für Ball- und Spielsportarten wird versucht, den Bedingungen des Sportspiels in der Testorganisation gerecht zu werden. Dafür kommen Tests infrage, die in mehr oder weniger konsequenter Weise die Bedingungen der Sportart nachempfinden und dennoch eine gewisse Trennschärfe zwischen den vielfältigen Merkmalen liefern. Meist werden dazu mehrere Einzeltests zur Evaluation der verschiedenen Einflussfaktoren herangezogen.

Steinhöfer (2003) gibt eine Übersicht über mögliche Tests in Spielsportarten, wenn es um die Erfassung der komplexen Schnelligkeit in Bezug auf sportartspezifische Laufwege (Richtungswechselläufe) geht: Slalomsprints,

Zickzack-Sprints, Pendelsprints, Sternsprints in 4 Richtungen, Dreiecksprints in unterschiedliche Richtungen und Sidesteps (kurze Distanzen von 2–5 m). Häufig werden zur Durchführung vorhandene Spielfeldmarkierungen genutzt (**Abb. 2.21**).

Die Tests für die einzelnen Sportarten sind bis heute nicht vereinheitlicht. Immer häufiger werden sie durch Laktatmessungen zur Klärung der Stoffwechselsituation ergänzt. Grundsätzlich kann dann gelten, dass ein geringerer Laktatwert (der mit einer geringeren Azidose assoziiert wird) bei gleicher Belastung positiv bewertet wird.

Schnelligkeitstest für Tennisspieler

Als Beispiel für einen ball- und spielsportspezifischen Schnelligkeitstest wird die Sportart Tennis gewählt. Die räumliche Organisation eines solchen Tests zur Erfassung der sportartspezifischen Bewegungsschnelligkeit für das Beispiel Tennis ist in **Abb. 2.22** zu sehen.

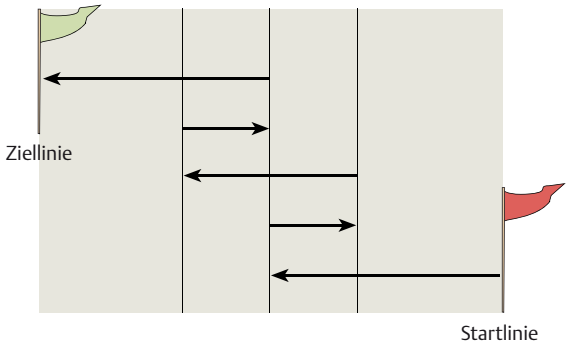


Abb. 2.21 Laufwege im Pendelsprint, wenn Spielfeldmarkierungen in den Test einbezogen werden.

Testdurchführung

An der Grundposition wird auf ein Signal hin entweder nach rechts oder links gestartet und so schnell wie möglich zur Außenlinie des Tenniseinzelfeldes gelaufen. Die Bewegung zur Außenline erfolgt entweder mit Sidesteps oder man überlässt es dem Spieler selbst, die für ihn günstige Variante der Lauftechnik zu wählen. An der Außenlinie (an der dafür vorgesehenen Markierung) soll der Proband so schnell wie möglich die Richtung ändern, also einen Abbrems-, Richtungsänderungs- und Beschleunigungsvorgang vornehmen, und dann so schnell wie möglich diagonal zur gegenüberliegenden Außenlinie in Höhe der T-Linie sprinten. Die Zeitmessung endet beim Durchlaufen der Lichtschranke an der Außenlinie. Die Signalgebung für die Laufrichtung nach rechts oder links erfolgt nach dem Zufallsprinzip.

Testauswertung

Es können bei einem geeigneten Testinstrumentarium folgende Daten erfasst werden:

- Reaktionszeit auf das Signal (z. B. Kontaktmatte oder Lichtschranke am Startpunkt der Grundlinie)
- Laufzeit 1: Start bis zum Wendepunkt
- Laufzeit 2: Wendepunkt bis Mitte
- Laufzeit 3: Mitte bis Ziel an der Außenlinie
- Laufzeit 4: Summenzeiten aus Laufzeit 1 und Laufzeit 2, Laufzeit 2 und Laufzeit 3, Laufzeit 1 bis Laufzeit 3
- für alle Parameter Seitigkeitsdifferenzen (Schwächen und Stärken) rechts/links

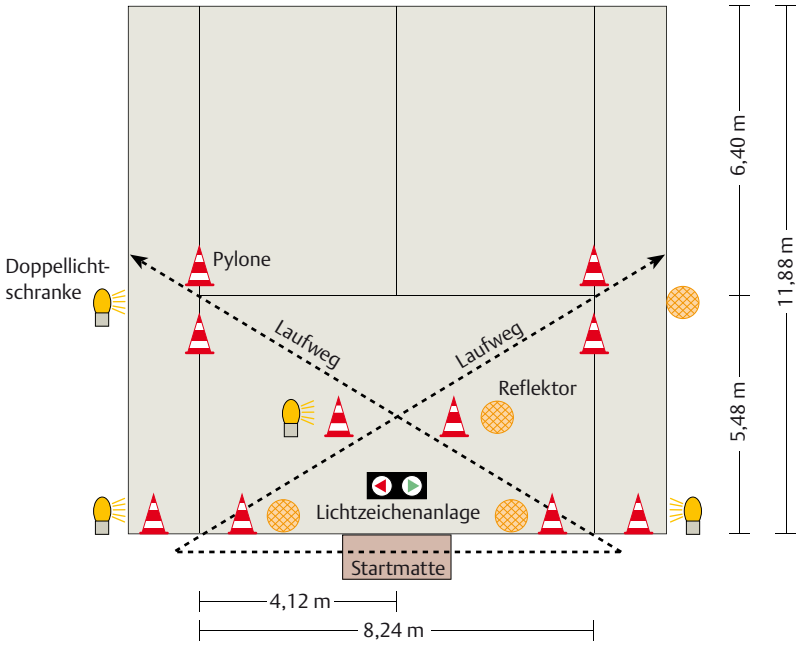


Abb. 2.22 Messanordnung eines Tests zur Erfassung tennisspezifischer Schnelligkeitsmerkmale (Bös et al. 1994).

Die Effektivität von Abbrems-, Richtungsänderungs- und einem erneuten Beschleunigungsvorgang ist im Tennis aus sportmotorischer Sicht mitunter spielentscheidend. Die individuelle und seitigkeitsabhängige Qualität dieses Merkmals kann mit dieser Testanordnung z. B. gut evaluiert und dargestellt werden.

20-m-Agility-Drill-Test

Der 20-m-Agility-Drill-Test ist ein Liniensprint (s. **Abb. 2.23**), der für relativ viele Ball- und Spielsportarten eingesetzt werden kann.

Testdurchführung

Gestartet werden die Testläufe aus dem Stand (Schrittstellung) auf ein akustisches, taktiles oder visuelles Signal hin, die Linien müssen entweder mit der Hand oder einem Fuß (vorher festlegen) berührt oder überschritten (vorher festlegen!) werden. Die Ziellinie wird überlaufen und nach wenigen (2–3) Testdurchgängen wird der beste von 2 oder 3 Versuchen gewertet (s. Steinhöfer 2003). Alternativ können auch Mittelwerte gebildet werden.

Testauswertung

Erfasst wird die benötigte Zeit in Sekunden. In **Tab. 2.27** ist ein Bewertungsvorschlag von Foran u. Pound (1994) enthalten.

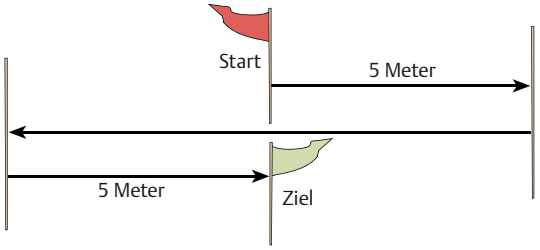


Abb. 2.23 Laufwege im 20-m-Agility-Drill-Test (nach Foran et al. 1994).

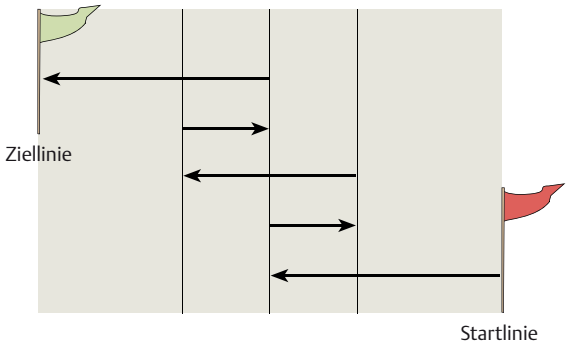


Abb. 2.24 Laufwege im Zonenlauf (nach Herzog et al. 1987).

Zonenlauf

Herzog et al. (1987) haben für das Volleyballspiel einen Zonenlauftest untersucht.

Testdurchführung

Der Proband steht mit beiden Füßen in Schrittstellung hinter der Startlinie und startet auf Kommando zur Marke. Die Linien müssen entweder mit der Hand oder einem Fuß (vorher festlegen) berührt oder überschritten (vorher festlegen) werden. Er wendet, so schnell es ihm möglich ist, und sprintet zur nächsten Zonenlinie zurück. Die Laufwege bis zur Richtungsänderung (an der jeweiligen Spielfeldlinie) betragen 9, 3, 6, 3 und 9 m (s. **Abb. 2.24**).

Testauswertung

Gemessen wird die benötigte Laufzeit in Sekunden. Orientierungswerte sind in **Tab. 2.28** wiedergegeben.

Tab. 2.27 Bewertungsvorschlag für die erbrachten Leistungen im 20-m-Agility-Drill-Test (Foran u. Pound 1994)

Frauen (in Sekunden)	Männer (in Sekunden)	Bewertungszahl
< 4,5	< 4,0	10
4,5–4,8	4,0–4,3	9
4,8–5,1	4,3–4,6	8
5,1–5,4	4,6–4,9	7
5,4–5,7	4,9–5,2	6
5,7–6,3	5,2–5,5	5
6,3–6,6	5,5–5,8	4
6,6–6,9	5,8–6,1	3
6,9–7,2	6,1–6,4	2
> 7,2	> 6,4	1

10×-5m-Sprinttest

Einen eher sportartunabhängigen Test stellt der 10×-5m-Sprinttest dar. Er liefert Informationen über die Merkmalsausprägung von Beschleunigungs- und Abbremsvorgängen sowie Richtungsänderungen. Damit eignet er sich für alle Ball- und Spielsportarten im Kinder-, Jugend- und Erwachsenenbereich.

Tab. 2.28 Orientierungswerte für den Zonenlauf (9–3–6–3–9 m) nach Herzog et al. (1987)

Spielklasse	1. Bundesliga	2. Bundesliga	Regionalliga	Verbandsliga	Landesliga	Bezirksliga
Herren	–	7,51	7,64	7,72	7,82	7,91
n =	–	37	42	57	83	51
Damen	8,27	8,08	8,33	8,59	8,52	8,58
n =	34	34	58	50	53	68

Tab. 2.29 Vergleichswerte (in Sekunden) zum 10×-5m-Sprinttest für Männer und männliche Jugendliche (Geijsel et al. 1990)

	niedrig	nicht ausreichend	mittel	ausreichend	hoch
12 Jahre	> 20,8	20,7–20,0	19,9–19,4	19,3–18,7	> 18,6
14 Jahre	> 20,4	20,3–19,6	19,5–19,0	18,9–18,2	> 18,1
16 Jahre	> 19,4	19,3–18,6	18,5–18,1	18,0–17,5	> 17,4
18 Jahre	> 18,7	18,6–17,9	17,8–17,5	17,4–17,0	> 16,9
> 18 Jahre	> 19,3	19,2–17,9	17,8–17,1	17,0–16,1	> 16,0

Tab. 2.30 Vergleichswerte (in Sekunden) zum 10×-5m-Sprinttest für Frauen und weibliche Jugendliche (Geijsel et al. 1990)

	niedrig	nicht ausreichend	mittel	ausreichend	hoch
12 Jahre	> 21,7	21,6–20,8	20,7–20,1	20,0–19,5	> 19,4
14 Jahre	> 21,7	21,6–20,7	20,6–20,0	19,9–19,2	> 19,1
16 Jahre	> 21,1	21,0–20,3	20,2–19,5	19,4–19,1	> 19,0
18 Jahre	> 20,3	20,2–19,6	19,5–19,1	19,0–18,4	> 18,3
> 18 Jahre	> 20,9	20,8–19,6	19,5–18,5	18,4–17,6	> 17,5

Testdurchführung

Der Proband steht mit beiden Füßen in Schrittstellung hinter der Startlinie und startet auf Kommando zur ersten 5-m-Marke. Er muss mindestens einen Fuß über die Markierung setzen, wendet, so schnell es ihm möglich ist, und sprintet zum Ausgangspunkt zurück. Insgesamt legt er 10 Teilstrecken zu 5 m ohne Pause zurück.

Testauswertung

Gemessen wird die Zeit, die für die Überwindung von 10 × 5 m als Pendelsprint benötigt wird. Die Zeitmessung beginnt mit dem Startsignal und endet, wenn der Proband nach dem zehnten 5-m-Abschnitt die Ziellinie überläuft. Gewertet wird der schnellste Durchgang aus mehreren Versuchen. Vergleichswerte für Jugendliche und Erwachsene beider Geschlechter liefern **Tab. 2.29** und **Tab. 2.30**.

Sprintgewandtheit

In bestimmten Ball- und Spielsportarten soll nicht nur die „reine" Schnelligkeit beurteilt werden. Oft steht die Frage im Vordergrund, wie schnell eine Spielerin oder ein Spieler in spielnahen Situationen im Vergleich zur „Grundschnelligkeit" ist.

Testdurchführung

Die Diagnose kann in 2 Schritten erfolgen. In einem ersten Schritt durchläuft der Proband einen sportartspezifischen Parcours (z. B. als Pendel- oder Slalomsprint) ohne Ball und die mögliche maximale Geschwindigkeit wird in mehreren Durchgängen ermittelt. Anschließend wird derselbe Parcours mit Ball absolviert. Im Fußball wird der Ball am Fuß geführt, im Hand- und Basketball mit der Hand zum Boden geprellt.

Testauswertung

Aus der Differenzzeit zwischen den Versuchen ohne Ball und den Versuchen mit Ball erhalten wir einen Anhaltspunkt über die Fähigkeit, auch mit Ball eine hohe Geschwindigkeit zu erreichen. Je kleiner die Differenz, desto besser kann die Gewandtheit am Ball eingeschätzt werden. Martin et al. (1993) weisen allerdings darauf hin, dass z. B. Slalomläufe und Dribblingtests in der Testwiederholungs-Reliabilität keine akzeptablen Werte aufweisen.

Literatur

Appell HJ, Brüggemann GP (Hrsg.). Erfassen und Messen sportlicher Leistung. Sankt Augustin: Academia; 1992/1.

Ballarin E, Borsetto C, Cellini M, Patracchini M, Vitiello P, Ziglio PG, Conconi F. Adaption of the Conconi-Test to children and adolescents. Int J Sports Med 1989; 10: 334–338.

Bar-Or O. A new anaerobic capacity test. Brasilia: Proc 21. Weltkongress für Sportmedizin; 1978. In: Hollmann W, Strüder HK. Sportmedizin. Stuttgart: Schattauer; 2009.

Bös K. Handbuch Motorische Tests. 2. Auflage. Göttingen: Hofgrefe; 2001.

Bös W, Fichte RB, Frick U, Schmidtbleicher D, Stutz R. Entwicklung und Erprobung eines Schnelligkeitstests für Tennisspieler. Leistungssport 1994; 24(2): 15–20.

Brown LE, Ferrigno VA. Training for Speed, Agility and Quickness. 2. Auflage. Champaign: Human Kinetics; 2005.

Bunc V, Heller J, Novak J, Leso J. Determination of the individual anaerobic threshold. Acta Universitatis Carolinae, Gymnica 1985; 1: 73–81.

Bührle M, Schmidtbleicher D. Komponenten der Maximal- und Schnellkraft. Sportwissenschaften 1981; 11: 11–27.

Bührle M. Dimensionen des Kraftverhaltens und ihre spezifischen Trainingsmethoden. In: Bührle M (Hrsg.). Grundlagen des Maximal- und Schnellkrafttrainings. Schorndorf: Hoffmann; 1985.

Bührle M, Kibele A, Li Q, Müller KJ. Auf dem Weg zu einer standardisierten und differenzierten Kraftdiagnostik. In: Menzel HJ, Preiß R (Hrsg.). Forschungsgegenstand Sport. Frankfurt: Harri Deutsch; 1990.

Conconi F, Ferrari M, Ziglio PG, Droghetti P, Codca L. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. J Appl Physiol 1982; 4: 869–873.

Crasselt W, Forchel I, Stemmler R. Zur körperlichen Entwicklung der Schuljugend in der Deutschen Demokratischen Republik. Leipzig: Barth Verlag; 1985.

Dick FW. Sprints and relays. London: British Amateur Athletic Board; 1987.

Dickhuth HH. Einführung in die Sport- und Leistungsmedizin. Schorndorf: Karl Hofmann; 2000.

Diemer F, Sutor V. Praxis der medizinischen Trainingstherapie. Stuttgart: Thieme; 2007.

Di Prampero PE, Atchou G, Brückner JC, Moia C. The energetics of endurance running. Eur J Appl Physiol 1986; 55: 259–266.

Feldmann J, Zahnd A. Das neue, revolutionäre Testsystem für eine individuelle Trainings- und Wettkampfgestaltung. Fit for Life 1997; 6: 61–65.

Foran B, Pound R. Condition the NBA Way. New York: Cadell & Davies; 1994.

Föhrenbach R, Liesen H, Mader A, Heck H, Hollmann W. Die Ausdauerleistungsfähigkeit deutscher Spitzenathletinnen mit Wettkampfstrecken vom Sprint bis zum Marathonlauf. In: Heck H, Hollmann W, Liesen H, Rost R (Hrsg.). Sport, Leistung und Gesundheit. Köln: Deutscher Ärzteverlag; 1983.

Frick U, Schmidtbleicher D, Wörn C. Vergleich biomechanischer Messverfahren zur Bestimmung der Sprunghöhe bei Vertikalsprüngen. Leistungssport 1991; 21(2): 48–53.

Frick U. Kraftausdauerverhalten im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus. Köln: Sport und Buch Strauß; 1993.

Froböse I. Isokinetisches Krafttraining in Sport und Therapie. Sankt Augustin: Academia; 1993.

Gaisl G, Wiesspeiner G. Vergleich der Herzfrequenzen an der Laktatschwelle und an der Schwelle nach Conconi bei Kindern. Schweiz Z Sportmed 1989; 37: 153–156.

Geese R. Konditionsdiagnose im Fußball. Leistungssport 1990; 20(4): 23–28.

Geijsel J, Hlobil H, van Mechelen W. Conditietests. Utrecht: Kosmos; 1990.

Glatzel T. Das Verhalten der Ausdauer- und Sprintleistungsfähigkeit einer weiblichen Bundesligahandballmannschaft innerhalb einer Saison. Unveröffentlichte Diplomarbeit. Fakultät für Sportwissenschaften der Ruhr Universität Bochum 2000.

Gollhofer A. Komponenten der Schnellkraftleistung im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus. Erlensee: STF-Verlag; 1987.

Graves JE, Pollock ML, Jones AE, Colvin AB, Legget SH. Specificity of limited range of motion variable resistance training. Med Sci Sports Exerc 1989; 21: 84–89.

Grosser M, Starischka S. Konditionstests. München: BLV; 1986.

Grosser M. Schnelligkeitstraining – Grundlagen, Methoden, Leistungssteuerung, Programme. München: BLV; 1991.

Grützner P, Weineck J. Desmodromisches Krafttraining. Vergleichende Untersuchungen zum konzentrischen und desmodromischen Krafttraining. Kraftmessungen der Beinstreckmuskulatur am „Schnelltrainer". Zulassungsarbeit für die erste Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien. Erlangen 1988. In: Weineck J. Optimales Training. Erlangen: Spitta; 2007.

Güllich A, Schmidtbleicher D. Struktur der Kraftfähigkeiten und ihre Trainingsmethoden. Dtsch Z Sportmed 1999; 50: 223–234.

Heck H. Laktat in der Leistungsdiagnostik. Schorndorf: Hoffmann; 1990.

Heck H, Beckers K, Lammerschmidt W, Pruin E, Hess G, Hollmann W. Bestimmbarkeit, Objektivität und Validität der Conconi-Schwelle auf dem Fahrradergometer. Dtsch Z Sportmed 1989; 11: 388–402.

Hegner J. Training fundiert erklärt – Handbuch der Trainingslehre. Magglingen: Ingold; 2007.

Hennig E, Podzielny S. Die Auswirkungen von Dehn- und Aufwärmübungen auf die Vertikalsprungleistung. D Zeitsch Sportmed 1994; 6: 253–260.

Herzog K, Voigt HF, Westphal G. Volleyball-Training. Schorndorf: Hoffmann; 1987.

Heyward VH. The physical fitness specialist certification manual – revised. Dallas: The Cooper Institute for Aerobics Research; 1997.

Heyward VH. Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription. 5 Auflage. Champaign: Human Kinetics; 2006.

Hoeger WWK, Barette SL, Hale DF, Hopkins DR. Relationship between repetitions und selected percentages of one repetition maximum. J Appl Sport Sci Res 1987, 1(1): 11–13.

Hoeger WWK, Hopkins DR, Barette SL, Hale DF. Relationship between repetitions und selected percentages of one repetition maximum: A comparison between untrained and trained males and females. J Appl Sport Sci Res 1990; 4: 47–54.

Hoffmann A. Überprüfung der Anwendbarkeit prozentualer Intensitätsvorgaben im Krafttraining. Frankfurt: unveröffentlichte Magisterarbeit, 1997.

Hollmann W, Heck H, Schmücker B, Stolte A, Liesen H, Forescu MD, Mathur DN, Joura KH. Vergleichende spiroergometrische Untersuchungen über den Effekt und die Aussagekraft von Laufband- und Fahrradergometerbelastungen. Sportarzt Sportmed 1971; 6: 123.

Hollmann W, Schmücker B, Heck H, Stolte A, Liesen H, Forescu MD, Mathur DN. Über das Verhalten spiroergometrischer Messgrößen bei Radrennfahrern auf dem Laufband und auf dem Fahrradergometer. Sportarzt Sportmed 1971; 7: 153.

Hollmann W, Strüder HK. Sportmedizin – Grundlagen für körperliche Aktivität, Training und Präventivmedizin. 5. Auflage. Stuttgart: Schattauer; 2009.
Hutton RS. Neuromuskuläre Grundlagen des Stretchings. In: Komi PV (Hrsg.). Kraft und Schnellkraft im Sport. Köln: Deutscher Ärzte Verlag; 1994.
Kellis S, Gerodimos V, Kellis E, Manou V. Bilateral isokinetic concentric and eccentric strength profiles of the knee extensors and flexors in young soccer players. Isokin Exerc Science 2001; 9: 31–39.
Keul J, Simon G, Berg A, Dickhuth HH, Goerttler I, Kübel R. Bestimmung der individuellen anaeroben Schwelle zur Leistungsbewertung und Trainingsgestaltung. Dtsch Z Sportmed 1979; 7:212–218.
Kibele A. Maximalkraftzuwachs ohne Leistungsgewinn? Leistungssport 1998; 28(3): 45–49.
Kitai TA, Sale DG. Specificity of joint angle in isometric training. Eur J Appl Physiol 1989; 58: 744–748.
Kool J, de Bie R. Der Weg zum wissenschaftlichen Arbeiten. Ein Einstieg für Physiotherapeuten. Stuttgart: Thieme; 2001.
Kraemer WJ, Fry AC. Strength testing: Development and evaluation of methodology. In: Maud P, Foster C (eds.) Physiological assessment of human fitness. Champaign: Human Kinetics; 1995.
Krustrup P, Mohr M, Amstrup T, Rysgaard T, Johansen J, Steensberg A, Pedersen PK, J. Bangsbo J. The Yo-Yo intermittent recovery test: Physiological response, reliability, and validity. Med Sci Sports Exerc 2003; 35(4): 697–705.
Krustrup P, Mohr M, Nybo L, Jensen JM, Nielsen JJ, Bangsbo J. The Yo-Yo IR2 test: Physiological response, reliability, and application to elite soccer. Med Sci Sports Exerc 2006; 38(9): 1666–1673.
Künnemeyer J, Schmidtbleicher D. Die rhythmische neuromuskuläre Stimulation (RNS). Leistungssport 27(2): 39–42.
Léger LA, Lambert J. A maximal multistage 20-meter shuttle run test to predict VO_2 max. Eur J Appl Physiol 1982; 49: 1–12.
Léger LA, Lambert J, Goulet A, Rowan CH, Dinelle Y. Test progressif de course de 20 metres de Léger – Test d'évaluation de la condition physique de l'adulte (TECPA B-6). Kino-Quebec – Ministère de Loisir, de la Chasse et de la Peche: Quebec; 1981.
Letzelter H, Letzelter M. Krafttraining. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt; 1990.
Logan P, Fornasiero D, Abernethy P, Lynch K. Protocols for the assessment of isoinertial strength. In: Gore CJ. Physiological tests for elite athletes. Australian Sports Commission. Champaign: Human Kinetics; 2000.
Lottermann S, Laudenklos P, Friedrich A, Metaxas I, Tritschoks J, Ferrauti A, Weber K. Technikdiagnostik und Techniktraining im Jugendfußball. In: Neumann G (Hrsg.). Fußball vor der WM 2006: Spannungsbogen zwischen Wissenschaft und Organisation. Köln: Sport und Buch Strauß; 2003.
Mader A, Liesen H, Heck H, Philippi H, Rost R, Schürch P, Hollmann W. Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. Sportarzt und Sportmedizin 1976; 4: 80–88 und 5: 109–112.
Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, Sorensen H, Kjaer M. A mechanism for altered flexibilty in human skeletal muscle. J Physiol; 497: 291–298. (an Autor: Jahr fehlt)
Martin D, Carl K, Lehnertz K. Handbuch Trainingslehre. Schorndorf: Hoffmann; 1993.
Matheson L, Mooney V, Caiozzo V, Jarvis G, Pottinger J, DeBerry C, Backlund K, Klein K, Antoni J. Effect of instruction on isokinetic trunk strength testing variability, reliability, absolute value, and predictive validity. Spine 1991; 17: 914–921.
Mayer F, Horstmann T, Küsswetter W, Dickhuth HH. Isokinetik – eine Standortbestimmung. Dtsch Z Sportmed 1994; 45: 272–287.
McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Exercise physiology – Energy, Nutrition, and Human Performance. Philadelphia: Lea & Febiger; 1991.
Mona D, Segantini P, Comminot Ch, Probst HP, Furrer D. Test zur Bestimmung der Ausdauerleistungsfähigkeit und Trainingsgestaltung beim jugendlichen Eishockeyspieler. Schweiz Z Sportmed 1989; 37: 157–161.
Montoye HJ, Willis PW 3rd, Cunningham DA, Keller JB. Heart rate response to a modified Harvard step test: Males and females, age 10–69. Res Q 1969; 40(1): 153–62.
Neumann G, Pfützner A, Berbalk A. Optimiertes Ausdauertraining. Aachen: Meyer & Meyer; 2001.
Origer C. Schneller sein als andere! Fußballtraining 2006; 10: 14–21.
Pampus B, Lehnertz K, Martin D. Die Wirkung unterschiedlicher Belastungsintensitäten auf die Entwicklung von Maximalkraft und Kraftausdauer. Leistungssport 1989; 4: 5–10.
Probst HP, Comminot Ch, Rojas J. Conconi-Test auf dem Fahrradergometer. Schweiz Z Sportmed 1989; 37: 141–148.
Radlinger L. Rehabilitatives Krafttraining. Stuttgart: Thieme; 1998.
Rickli St, Held T. Die Bedeutung des Conconi-Tests in der Trainingspraxis. Schriftenreihe der ESSM Magglingen 1998.
Sale DG. Testing strength and power. In: MacDougall JD, Wenger HA, Green HJ, Hrsg. Physiological testing of the high-performance athlete. Champaign: Human Kinetics; 1991
Sale DG, MacDougall JD. Specificity in strength training; a review for the coach and the athlete. Can J Appl Sports Sci 1981; 6: 87–92.
Schlumberger A. Optimierung von Trainingsstrategien im Schnellkrafttraining. Köln: Sport und Buch Strauß; 2000.
Schlumberger A. Sprint und Sprungkrafttraining bei Fußballspielern. Dtsch Z Sportmed 2006; 5: 125–131.
Schlumberger A, Schmidtbleicher D. Grundlagen der Kraftdiagnostik. In: Banzer W, Pfeifer K, Vogt L. Funktionsdiagnostik des Bewegungssystems in der Sportmedizin. Berlin: Springer; 2004.
Schmidtbleicher D. Strukturanalyse der motorischen Eigenschaft Kraft. Lehre der Leichtathletik, Beilage zur Zeitschrift Leichtathletik 1984; 35: 1785–1792.
Schmidtbleicher D. Training in Schnellkraftsportarten. In: Komi P (Hrsg.). Kraft und Schnellkraft im Sport. Köln: Deutscher Ärzte Verlag; 1994.
Schnabel G, Harre HD, Krug J (Hrsg.). Trainingslehre – Trainingswissenschaften. Aachen: Meyer & Meyer; 2008.
Schürch P. Leistungsdiagnostik. Erlangen: Perimed; 1987.
Shellock FG, Prentice WE. Warming-up and stretching for improved physical performance and prevention of sports related injuries. Sports Med 2: 267–278.
Stegmann H, Kindermann W, Schnabel A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. Int J Sports Med 1981; 3: 160–165.
Steinhöfer D. Grundlagen des Athletiktrainings. Münster: Philippka; 2003.
Tabatschnik B. Die langfristige Vorbereitung des Sprinters. Die Lehre der Leichtathletik 1981; 45/46: 1577.
Tegtbur U, Griess M, Braumann KM, Busse M, Maassen N. Eine neue Methode zur Ermittlung der Dauerleistungsgrenze bei Mittel- und Langstreckenläufern. In: Böning D, Braumann KM,

Busse M, Maassen N, Schmidt W (Hrsg.). Sport – Rettung oder Risiko für die Gesundheit? Köln: Deutscher Ärzteverlag; 1989.
Thepaut-Mathieu C, van Hoecke J, Martin B. Myoelectrical and mechanical changes linked to length specificity during isometric training. J Appl Physiol 1988; 64: 1500–1505.
Tiberi M, Böhle E, Zimmermann E, Heck H, Hollmann W. Vergleichende Untersuchung zwischen Conconi- und Laktatschwellen auf dem Laufband bei Mitelstreckenläufern. Dtsch Z Sportmed 1989; 11: 410–412.
Tittlbach S, Knyrim H, Baumeister J, Bös K. Motorische Tests. In: Banzer W, Pfeifer K, Vogt L. Funktionsdiagnostik des Bewegungssystems in der Sportmedizin. Berlin: Springer; 2004.
Tschopp M. Manual Leistungsdiagnostik Kraft. Magglingen: Swiss Olympic Medical Center; 2003.
Tschopp M, Held T, Villiger B, Marti B. Qualitätsstandards in der Ausdauerleistungsdiagnostik. Schweiz Z Sportmed Sporttraumat 2001; 2: 5–66.
Urhausen A, Coen B, Weiler B, Kindermann W. Bestimmung der anaeroben Schwelle mittels Conconi-Test und Laktatmessungen. Dtsch Z Sportmed 1989; 11: 402–410.
Vanderwalle H, Peres G, Monod H. Standard anaerobic exercise tests. Sports Med 1987; 4: 268–289.
van Mechelen W , Hlobil H, Kemper HCG. Validation of two running tests as estimates of maximal aerobic power in children. Eur J Appl Physiol 1986; 55: 503–506.
Verchoshanskij J. Ein neues Trainingssystem für azyklische Sportarten. Münster: Philippka; 1995.
Voss G, Witt M, Werthner R. Herausforderung Schnelligkeitstraining. Aachen: Meyer & Meyer; 2007.
Weineck J. Optimales Training. Balingen: Spitta Verlag; 2007.
Wilmore JH, Costill DL. Physiology of sport and exercise. 3rd Edition. Champaign: Human Kinetics; 2004.
Wirth K. Trainingshäufigkeit beim Hypertrophietraining. Köln: Sport & Buch Strauß; 2007.
Zatsiorsky VM. Krafttraining – Praxis und Wissenschaft. Aachen: Meyer & Meyer; 2000.

Websites

Topendsports – the sport + science resource. Online im Internet: www.topendsports.com/testing/tests/longjump.htm; Stand: 17. Mai 2009.
Leistungskurs Sport – Materialien zur Sporttheorie in der Sekundarstufe II. Online im Internet: www.sportunterricht.de/lksport/cooper.html; Stand: 25. Mai 2009.
www.brianmac.co.uk/msftable.htm; Stand: 27. Mai 2009.
[Soccerfitness. Online im Internet: www.soccerfitness.com/testing/2/26-yo-yo-intermittent-recovery-level-1-test-data-for-athletes; Stand: 01. Juni 2009.

3 Behandlung des Sportlers

3.1 Aktive sportphysiotherapeutische Maßnahmen

3.1.1 Gesundheit

Martin Ophey, Harald Bant

Ein gemeinsames Merkmal verschiedener Patientengruppen in der sportphysiotherapeutischen Praxis ist das Fehlen der allgemeinen Belastbarkeit. Synonyme für den Begriff „allgemeine Belastbarkeit" sind in diesem Zusammenhang „Regenerationsfähigkeit", „körperliche Fitness" und „allgemeiner Gesundheitszustand". Patienten mit unzureichender allgemeiner Belastbarkeit sind nicht in der Lage, gezielt gesetzte Reha- oder Trainingsreize zu verarbeiten. Die (sport-)physiotherapeutische Behandlung wird dann keine nennenswerten Effekte im Sinne einer Adaptation erzielen (s. Kap. 4). Die Basis der allgemeinen Belastbarkeit bildet die körperliche Aktivität während der Arbeit oder in der Freizeit.

„Körperliche Aktivität wird definiert als Körperbewegung, die durch Kontraktion der Muskeln entsteht und zu einer substanziellen Erhöhung des Energieverbrauchs in Bezug auf den Energieverbrauch in Ruhe führt." (ACSM, 2009, S. 2)

„Regelmäßige körperliche Aktivität führt zum Erhalt oder sogar zur Verbesserung der allgemeinen Belastbarkeit und lässt sich anhand der folgenden Eigenschaften beschreiben." (ACSM 2009, S. 3):

- kardiovaskuläre Ausdauer: die Fähigkeit von Herz und Lunge, den Körper während körperlicher Aktivität mit Sauerstoff zu versorgen
- Körperzusammenstellung: die relativen Anteile von Muskeln, Fett, Knochen und anderen Geweben am Gesamtgewicht des Körpers
- maximale Muskelkraft: die Fähigkeit des Muskels, maximale Kraft zu generieren
- Muskelkraftausdauer: die Fähigkeit des Muskels, über einen längeren Zeitraum Arbeit zu verrichten
- Flexibilität: die aktive und passive Beweglichkeit des menschlichen Körpers

Im Gegensatz zu den allgemein bekannten sportmotorischen Grundeigenschaften Kraft, Ausdauer, Koordination, Geschwindigkeit und Beweglichkeit, die etwas über Leistungsfähigkeit aussagen (s. Kap. 4), sind die hier genannten Eigenschaften vor allem relevant für die allgemeine Belastbarkeit. In diesem Kapitel werden die wissenschaftlich bewiesenen Effekte von körperlicher Aktivität auf die allgemeine Belastbarkeit beschrieben, das erforderliche Mindestmaß, um diese Effekte zu erzielen, wird festgestellt, ebenso die Anzahl der Menschen, die dieses Mindestmaß erzielen. Die Möglichkeiten des (Sport-)Physiotherapeuten zur Messung dieses Mindestmaßes werden vorgestellt und die Art, wie Kampagnen von öffentlichen Institutionen geführt werden, um die Menschen in Bewegung zu bringen. Zum Schluss werfen wir noch einen Blick in die Zukunft.

Effekte körperlicher Aktivität

Allgemein lassen sich die Effekte körperlicher Aktivität auf die allgemeine Belastbarkeit folgendermaßen zusammenfassen:

- Körperliche Aktivität hat bei gesunden Personen u. a. einen günstigen Einfluss auf Blutdruck, Körpergewicht und Körperfettanteil – allesamt bekannte und akzeptierte Risikofaktoren für das Entstehen vieler chronischer Erkrankungen in der heutigen Wohlstandsgesellschaft. Außerdem wird die kardiovaskuläre Belastbarkeit trainiert (messbar mit der maximalen Sauerstoffaufnahme). Dazu später mehr.
- Gesunde Personen, die sich ausreichend körperlich betätigen, haben eine geringere Wahrscheinlichkeit, chronische Erkrankungen zu erleiden (Herzerkrankungen, Typ-II-Diabetes, einige Arten von Krebs) und eine höhere Vitalität und Selbstständigkeit im Alter (Blair 2009).
- Für viele Erkrankungen gibt es mittlerweile Belege, dass deren Verlauf durch ausreichende körperliche Aktivität günstig beeinflusst werden kann. Trotz dieser Erkenntnis bewegt sich weniger als die Hälfte der Patienten mit einer chronischen Erkrankung – wie COPD, Osteoporose, Typ-II-Diabetes, Asthma und rheumatoide Arthritis – ausreichend (Mosterd et al. 1996, Stiggelbout et al. 1998).

Experten in aller Welt sind sich mittlerweile darüber einig, dass mangelnde körperliche Fitness ein unabhängiger Risikofaktor ist. Dies gilt sowohl für gesunde Personen als auch für Personen mit einer chronischen Erkrankung. Hierzu drei Beispiele:

Beispiel 1: Mangelnde körperliche Aktivität als Risikofaktor. Dass mangelnde körperliche Aktivität einen unabhängigen Risikofaktor darstellt, wird eindrucksvoll in der Aerobic Center Longitudinal Study beschrieben (Blair 2009). Im Rahmen dieser Langzeitstudie wurden

3 Behandlung des Sportlers

3.1 Aktive sportphysiotherapeutische Maßnahmen

3.1.1 Gesundheit

Martin Ophey, Harald Bant

Ein gemeinsames Merkmal verschiedener Patientengruppen in der sportphysiotherapeutischen Praxis ist das Fehlen der allgemeinen Belastbarkeit. Synonyme für den Begriff „allgemeine Belastbarkeit" sind in diesem Zusammenhang „Regenerationsfähigkeit", „körperliche Fitness" und „allgemeiner Gesundheitszustand". Patienten mit unzureichender allgemeiner Belastbarkeit sind nicht in der Lage, gezielt gesetzte Reha- oder Trainingsreize zu verarbeiten. Die (sport-)physiotherapeutische Behandlung wird dann keine nennenswerten Effekte im Sinne einer Adaptation erzielen (s. Kap. 4). Die Basis der allgemeinen Belastbarkeit bildet die körperliche Aktivität während der Arbeit oder in der Freizeit.

„Körperliche Aktivität wird definiert als Körperbewegung, die durch Kontraktion der Muskeln entsteht und zu einer substanziellen Erhöhung des Energieverbrauchs in Bezug auf den Energieverbrauch in Ruhe führt." (ACSM, 2009, S. 2)

„Regelmäßige körperliche Aktivität führt zum Erhalt oder sogar zur Verbesserung der allgemeinen Belastbarkeit und lässt sich anhand der folgenden Eigenschaften beschreiben." (ACSM 2009, S. 3):

- kardiovaskuläre Ausdauer: die Fähigkeit von Herz und Lunge, den Körper während körperlicher Aktivität mit Sauerstoff zu versorgen
- Körperzusammenstellung: die relativen Anteile von Muskeln, Fett, Knochen und anderen Geweben am Gesamtgewicht des Körpers
- maximale Muskelkraft: die Fähigkeit des Muskels, maximale Kraft zu generieren
- Muskelkraftausdauer: die Fähigkeit des Muskels, über einen längeren Zeitraum Arbeit zu verrichten
- Flexibilität: die aktive und passive Beweglichkeit des menschlichen Körpers

Im Gegensatz zu den allgemein bekannten sportmotorischen Grundeigenschaften Kraft, Ausdauer, Koordination, Geschwindigkeit und Beweglichkeit, die etwas über Leistungsfähigkeit aussagen (s. Kap. 4), sind die hier genannten Eigenschaften vor allem relevant für die allgemeine Belastbarkeit. In diesem Kapitel werden die wissenschaftlich bewiesenen Effekte von körperlicher Aktivität auf die allgemeine Belastbarkeit beschrieben, das erforderliche Mindestmaß, um diese Effekte zu erzielen, wird festgestellt, ebenso die Anzahl der Menschen, die dieses Mindestmaß erzielen. Die Möglichkeiten des (Sport-)Physiotherapeuten zur Messung dieses Mindestmaßes werden vorgestellt und die Art, wie Kampagnen von öffentlichen Institutionen geführt werden, um die Menschen in Bewegung zu bringen. Zum Schluss werfen wir noch einen Blick in die Zukunft.

Effekte körperlicher Aktivität

Allgemein lassen sich die Effekte körperlicher Aktivität auf die allgemeine Belastbarkeit folgendermaßen zusammenfassen:

- Körperliche Aktivität hat bei gesunden Personen u. a. einen günstigen Einfluss auf Blutdruck, Körpergewicht und Körperfettanteil – allesamt bekannte und akzeptierte Risikofaktoren für das Entstehen vieler chronischer Erkrankungen in der heutigen Wohlstandsgesellschaft. Außerdem wird die kardiovaskuläre Belastbarkeit trainiert (messbar mit der maximalen Sauerstoffaufnahme). Dazu später mehr.
- Gesunde Personen, die sich ausreichend körperlich betätigen, haben eine geringere Wahrscheinlichkeit, chronische Erkrankungen zu erleiden (Herzerkrankungen, Typ-II-Diabetes, einige Arten von Krebs) und eine höhere Vitalität und Selbstständigkeit im Alter (Blair 2009).
- Für viele Erkrankungen gibt es mittlerweile Belege, dass deren Verlauf durch ausreichende körperliche Aktivität günstig beeinflusst werden kann. Trotz dieser Erkenntnis bewegt sich weniger als die Hälfte der Patienten mit einer chronischen Erkrankung – wie COPD, Osteoporose, Typ-II-Diabetes, Asthma und rheumatoide Arthritis – ausreichend (Mosterd et al. 1996, Stiggelbout et al. 1998).

Experten in aller Welt sind sich mittlerweile darüber einig, dass mangelnde körperliche Fitness ein unabhängiger Risikofaktor ist. Dies gilt sowohl für gesunde Personen als auch für Personen mit einer chronischen Erkrankung. Hierzu drei Beispiele:

Beispiel 1: Mangelnde körperliche Aktivität als Risikofaktor. Dass mangelnde körperliche Aktivität einen unabhängigen Risikofaktor darstellt, wird eindrucksvoll in der Aerobic Center Longitudinal Study beschrieben (Blair 2009). Im Rahmen dieser Langzeitstudie wurden

über 50 000 gesunde Probanden beobachtet und Anzahl und Art der Todesursachen registriert. Nach statistischer Analyse stellte sich heraus, dass 16% aller Todesursachen durch den Risikofaktor „schlechte körperliche Fitness" erklärt werden konnten. Allseits bekannte und akzeptierte Risikofaktoren wie Übergewicht und Rauchen boten dagegen nur eine Erklärung in ca. 3 bzw. 8% der registrierten Sterbefälle.

Beispiel 2: Chronisch erkrankte Menschen. Ein weiterer Beleg für die Unabhängigkeit des Risikofaktors „schlechte körperliche Fitness" ist einer Studie unter Diabetikern zu entnehmen. Church et al. haben 2005 die Resultate von 2316 Typ-II-Diabetikern beschrieben, die durchschnittlich über einen Zeitraum von 15,9 Jahren beobachtet wurden. Während dieser Zeit wurden alle Todesfälle aufgrund kardiovaskulärer Erkrankungen registriert. Auch bei diesen chronisch kranken Patienten stellte sich heraus, dass im Allgemeinen bei den Patienten mit einer besseren körperlichen Fitness das Risiko, an einer kardiovaskulären Erkrankung zu sterben, im Vergleich zu den Typ-II-Diabetikern mit einer schlechten körperlichen Fitness stark vermindert war.

Auffallend war, dass dieser Zusammenhang sowohl für normalgewichtige Diabetiker mit einem „body mass index" (BMI) unter 25 als auch für fettleibige Diabetiker (BMI >30) galt. Aufgrund der Resultate aus dieser Studie kann man sogar sagen, dass die fitten Diabetiker mit einem BMI über 30 ein um 50% verringertes Mortalitätsrisiko hatten als nichtfitte Diabetiker mit einem normalen BMI.

Exkurs – BMI

Der „body mass index" (BMI) oder auch Quetelet-Index beschreibt das Verhältnis zwischen Körperlänge und Körpergewicht einer Person. Hierzu wird das Körpergewicht in Kilogramm geteilt durch das Quadrat der Körperlänge in Meter. Für Erwachsene gilt die folgende Einteilung:

- Normalgewicht: BMI zwischen 18 und 25
- Übergewicht: BMI zwischen 25,1 und 29,9
- Fettleibigkeit (Obesitas): BMI ab 30

Unabhängig vom BMI war also in dieser Studie körperliche Fitness ein Risikofaktor. Dies widerlegt die allgemeine Auffassung, dass das Risiko für eine kardiovaskuläre Erkrankung verringert wird, indem man durch körperliches Training eine Gewichtabnahme erzielt, die dann letztlich das Mortalitätsrisiko senkt.

Beispiel 3: Es ist nie zu spät anzufangen. Blair et al. publizierten 1995 eine wichtige Studie, die sie unter etwa 10 000 Männern durchgeführt hatten. Diese Probanden wurden auf körperliche Fitness anhand eines submaximalen Leistungstests zur Bestimmung der maximalen Sauerstoffaufnahme untersucht.

Die Messung wurde 2-mal durchgeführt: das erste Mal bei der Aufnahme der Probanden und das zweite Mal durchschnittlich 4,9 Jahre später. Nach der zweiten Messung hat man die Probanden durchschnittlich weitere 5,1 Jahre beobachtet (Follow-up-Periode) und während dieser Zeit Todesfälle und deren Ursachen registriert. Insgesamt starben in der Zeit 223 Probanden, 87 davon an kardiovaskulären Erkrankungen. Resultat dieser groß angelegten prospektiven Studie war außerdem, dass die Männer, die zu beiden Messmomenten körperlich fit waren, das niedrigste Mortalitätsrisiko hatten (39,6 Tote pro 10 000 Lebensjahre). Das höchste Mortalitätsrisiko lag bei den Männern, die zu beiden Messmomenten nicht fit waren (122,0 Tote pro 10 000 Lebensjahre), fitte Probanden hatten also unter Berücksichtigung ihres Alters ein um den Faktor 3 vermindertes Mortalitätsrisiko.

Außerdem fiel auf, dass die Männer, die zum ersten Messmoment körperlich nicht fit waren, sich aber beim zweiten Mal verbessert hatten, letztlich eine bedeutend niedrigere Mortalitätsrate aufwiesen (67,7 Tote pro 10 000 Lebensjahre) als die Männer, die zu beiden Messmomenten nicht fit waren. Es ist also nie zu spät, um mit körperlicher Aktivität zu beginnen.

Diese Studie wurde übrigens in eine im Jahr 2008 publizierte Metaanalyse aufgenommen. In dieser Metaanalyse wurden die Daten dieser und weiterer 32 Studien zusammengerechnet. Sie verfügte somit über Daten von 883 372 Probanden, die in den verschiedenen einzelnen Studien zwischen 4 und 20 Jahren durchgeführt wurden. Resultat war auch hier, dass durch körperliche Aktivität die Wahrscheinlichkeit, an einer kardiovaskulären Krankheit zu sterben, um 33% reduziert wird (Nocon et al. 2008).

Wie viel körperliche Aktivität ist erforderlich?

Wenn wie oben beschrieben körperliche Fitness so wichtig ist und diese über körperliche Aktivität erhalten oder verbessert werden kann, ist natürlich die Frage, wie lange und wie intensiv die körperliche Aktivität durchgeführt werden sollte, um eben diese Effekte zu erzielen.

In den 1950er-Jahren hat man sich im Zuge der weitgehenden Automatisierung der Berufswelt zunächst mit der Untersuchung der zunehmenden körperlichen Inaktivität am Arbeitsplatz beschäftigt. In den 1960er-Jahren kam dann der Gedanke auf, Empfehlungen für körperliche Aktivität in der Freizeit zu geben, um die zunehmende Inaktivität am Arbeitsplatz zu kompensieren. Daraus resultierte die erste *Fitnorm*, die besagt, dass Erwachsene mindestens 3-mal Mal pro Woche 20 min intensiv Sport treiben sollten. Dies war – unter Experten gesehen – das absolute Minimum.

In den 1980ern ging man davon aus, dass es höchstens 10% der amerikanischen Bevölkerung tatsächlich schafften, diese Fitnorm zu erfüllen. Andererseits erschien es

unrealistisch, die restlichen 90 % auch zur Erfüllung dieser Norm zu bewegen. In den 1990ern gab es dann die ersten Forschungsresultate in Bezug auf die Effekte mäßig intensiver körperlicher Aktivität. 1995 brachte das American College of Sports Medicine (ACSM) schließlich die ersten offiziellen Empfehlungen heraus:

Mindestens 30 min mäßig intensiv bewegen an den meisten Tagen der Woche.

Aus dieser Empfehlung leitete sich das Konzept „active living" und „healthy lifestyle" ab. Die Experten schlugen vor, auch mäßig intensives Bewegen von weniger als einer halben Stunde, aber mindestens 10 min mitzuzählen.

Weniger als die Hälfte der US-Bürger erfüllte diese Norm von 1995, und je älter die Menschen wurden, desto geringer wurde dieser Prozentsatz: Bei den über 25-Jährigen waren es fast 60 %, während bei den über 55-Jährigen nur noch weniger als 50 % dieses Minimum an Bewegungsausmaß erreichten. Und noch etwas war bemerkenswert: Je höher der Ausbildungsgrad der US-Bürger, desto größer der Prozentsatz derjenigen, die die Norm erfüllten.

Seit der Publikation der ersten Empfehlungen im Jahr 1995 haben sich zwei hartnäckige Missverständnisse entwickelt:

- Viele Menschen glauben nach wie vor, dass man sehr intensiv Sport treiben muss, um gesund zu bleiben. Personen, die nicht daran glauben, dieses Ziel tatsächlich zu erreichen, werden es denn auch gar nicht erst versuchen.
- Ebenso glauben viele, dass die körperliche Aktivität im täglichen Leben schon ausreichend ist. Das stimmt jedoch nur, wenn diese Aktivität ein gewisses Intensitätsniveau erreicht und über eine gewisse Dauer durchgeführt wird. Das ist jedoch meistens nicht der Fall.

Diese Missverständnisse, aber auch die sich verdichtende wissenschaftliche Beweislage in Bezug auf körperliche Aktivität und allgemeine Gesundheit, haben das ACSM im Jahr 2007 veranlasst, die Empfehlungen zu konkretisieren und für die verschiedenen Altersgruppen Erwachsene, Kinder und Senioren zu spezifizieren (Haskell et al. 2007). Im folgenden Abschnitt werden die 6 ACSM-Empfehlungen für Erwachsene (18–65 Jahre) beschrieben und die Beweislage für diese Empfehlungen genannt (**Tab. 3.1**):

Empfehlung 1. Zur Verbesserung und Erhaltung der Gesundheit brauchen alle gesunden Erwachsenen zwischen 18 und 65 Jahren mäßig intensive (aerobe) körperliche Aktivität von mindestens 30 min an mindestens 5 Tagen pro Woche oder stark intensive aerobe körperliche Aktivität von mindestens 20 min an mindestens 3 Tagen pro Woche.

Man findet hier die alte 3 × 20-Formel und eine weiter konkretisierte Form der Empfehlung von 1995 wieder. Die Beweislage hierfür ist 1A: Man ist sich darüber einig, dass ein ausreichender wissenschaftlicher Beweis in Form mehrerer randomisierter klinischer Studien vorliegt.

Tab. 3.1 Klassifikation von Empfehlungen und deren Beweiskraft (Haskell 2007)

Empfehlungen	
Klasse 1	Zustand, in dem es einen wissenschaftlichen Beweis und/oder die allgemeine Zustimmung gibt, dass eine bestimmte Handlungsweise oder Behandlung nützlich und effektiv ist.
Klasse 2	Zustand, in dem es einen gegensätzlichen wissenschaftlichen Beweis und/oder Meinungsverschiedenheiten gibt, dass eine bestimmte Handlungsweise oder Behandlung nützlich und effektiv ist.
Klasse 2a	Ein gegensätzlicher Beweis und/oder Meinungsverschiedenheiten weisen jedoch im Allgemeinen in eine positive Richtung (nützlich und effektiv).
Klasse 2b	Nützlichkeit und Effektivität werden durch einen wissenschaftlichen Beweis und/oder die Expertenmeinung wenig unterstützt.
Klasse 3	Zustand, in dem es einen wissenschaftlichen Beweis und/oder allgemeine Zustimmung gibt, dass eine bestimmte Handlungsweise oder Behandlung weder nützlich noch effektiv, vielleicht sogar schädlich ist.
Beweiskraft	
Klasse A	basierend auf Daten mehrerer klinisch-randomisierter Studien
Klasse B	basierend auf Daten einer einzelnen klinisch-randomisierten Studie oder nichtrandomisierten Studien
Klasse C	basierend auf Konsens von Expertenmeinungen

Empfehlung 2. Es sind auch Kombinationen von mäßig intensiver und stark intensiver körperlicher Aktivität möglich, um die Norm zu erfüllen.

Die Empfehlungen zum mäßig intensiven und zum intensiven Bewegen lassen sich kombinieren. Dies ist eher ein rechnerischer Trick, um die Anzahl der Menschen zu erhöhen, die tatsächlich ausreichend körperlich aktiv sind. Die Beweislage hierfür ist 2aB: Man ist sich zwar größtenteils einig, aber die wissenschaftliche Beweislage ist nicht eindeutig und liegt höchstens in Form einer einzigen randomisierten Studie oder mehrerer nichtrandomisierter Studien vor.

Empfehlung 3. Es ist auch möglich, 30 min mäßig intensive körperliche Aktivität durch Intervalle mit einer Mindestlänge von 10 min zu erzielen.

Anders gesagt, 3-mal 10 min mäßig intensives Bewegen am Tag sind auch akzeptabel. Diese Empfehlung be-

ruht auf Konsens der Experten und wird höchstens durch mäßigen wissenschaftlichen Beweis gestützt (1B).

Empfehlung 4. Jeder Erwachsene sollte außerdem mindestens 2-mal pro Woche Aktivitäten durchführen, die die Muskelkraft und die Muskelausdauerkraft erhalten oder sogar verbessern. Hierbei wird empfohlen, mit 8–10 Übungen die großen Muskelgruppen zu trainieren. Mit 8–12 Wiederholungen sollte eine Ermüdung in den Muskeln entstehen.

Diese Empfehlung stand noch nicht in der Version von 1995 und spiegelt die Sorge der Experten wider, dass die weiter steigende Inaktivität am Arbeitsplatz, beim Pendeln zum Arbeitsplatz und in der Freizeit so groß wird, dass die zuvor gegebenen allgemeinen Empfehlungen nicht mehr ausreichend sein könnten. Was die Beweislage betrifft, gilt für diese Empfehlung Niveau 2aA: Man ist sich größtenteils einig und es gibt verschiedene randomisierte klinische Studien.

Empfehlung 5. Da außerdem vermehrte körperliche Aktivität positive Auswirkungen auf die Gesundheit hat (Dosis-Response-Zusammenhang), können Erwachsene durch eine weitere Zunahme der körperlichen Aktivität über das hier beschriebene Mindestmaß hinaus entsprechend die Gefahr chronischer Erkrankungen reduzieren. Um dies zu erzielen, kann mit Gewichtstraining, Steptraining oder Jogging gearbeitet werden.

Hier steht ganz ausdrücklich, dass die gegebene erste Empfehlung tatsächlich nur das Minimum beschreibt. Bei einem positiven Dosis-Response-Zusammenhang geht man davon aus, dass ein weiteres Erhöhen der Dosis – also das Intensivieren der körperlichen Aktivität – zu einer verbesserten Response führt, also zu einer verminderten Gefahr chronischer Erkrankungen und Mortalität. Es muss also einerseits das Ziel sein, Menschen, die sich nicht bewegen, zumindest so weit zu bekommen, dass sie diese Minimalempfehlungen erfüllen. Andererseits müssen Menschen, die dieses Minimalziel schon erreicht haben, stimuliert werden, sich noch mehr körperlich zu betätigen. Für diese Dosis-Response-Beziehung ist die wissenschaftliche Beweislage eindeutig (1A).

Empfehlung 6. Um zu verhindern, dass eine ungewollte Gewichtszunahme entsteht, werden bestimmte Personen körperlich aktiver sein müssen als hier empfohlen.

Die Experten des ACSM sind sich der Einschränkungen ihrer eigenen Empfehlungen bewusst. Sie erkennen, dass ihre formulierten Minimalempfehlungen zwar im Allgemeinen ausreichend sind, dass es aber auf dem Niveau jedes Einzelnen große Unterschiede in Bezug auf die Reaktion des Körpers auf körperliche Aktivität gibt. Vor allem Menschen, die nach erfolgter Diät ihr reduziertes Gewicht halten wollen, müssen sich täglich anstatt der empfohlenen 30 min zwischen 60 und 90 min mäßig



Abb. 3.1 COPD-Patient und Sportphysiotherapeut beim Konditionstest.

intensiv bewegen. Die Beweislage und die Meinung der Experten sind hier nicht eindeutig und werden in den nächsten Jahren noch weiter erforscht werden müssen (2aB).

Für Kinder und Jugendliche gelten im Prinzip dieselben Empfehlungen mit dem Unterschied, dass sie täglich nicht eine halbe, sondern mindestens eine ganze Stunde körperlich aktiv sein sollten.

Auch für Senioren hat die ACSM Empfehlungen formuliert (Nelson et al. 2007):

Empfehlung für Senioren. Hier gilt die 30-min-Regel wie bei den 18–65-Jährigen auch, sie sollte jedoch in einigen Aspekten der Zielgruppe entsprechend angepasst werden.

Die wichtigsten Unterschiede zwischen den Empfehlungen für Erwachsene und für Senioren werden im Folgenden dargestellt (Die in Klammern aufgeführte Beweiskraft für die verschiedenen Empfehlungen entsprechen **Tab. 3.1**).

Unterschied 1. Zur Verbesserung und Erhaltung der Gesundheit brauchen alle gesunden Erwachsenen zwischen 18 und 65 Jahren mäßig intensive (aerobe) körperliche Aktivität von mindestens 30 min an mindestens 5 Tagen pro Woche (1A) oder stark intensive aerobe körperliche

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
sitzend									maximale Intensität
	zu wenig intensiv			*mäßig intensiv*		*intensiv*		*zu intensiv*	

Abb. 3.2 Subjektiver Intensitätsmesser.



Abb. 3.3 Kraftvoll im Alter.

Aktivität von mindestens 20 min an mindestens 3 Tagen pro Woche (2aB).

Da der allgemeine Gesundheitszustand und die körperliche Fitness in dieser Zielgruppe weit auseinanderklaffen können, sollte die Intensität der körperlichen Aktivität zum Erreichen der 30 min mittels 10-Punkte-Skala festgestellt werden. Auf dieser Skala bedeutet „0" die gefühlte (subjektive) Intensität von Sitzen und „10" maximale Intensität. Eine mäßig intensive körperliche Aktivität zum Erreichen der 30 min befindet sich auf dieser Skala zwischen „5" und „6". Wenn intensive körperliche Aktivität verrichtet werden soll, sollte eine Belastung von „7"–„8" erreicht werden (**Abb. 3.2**).

Unterschied 2. Auch oder gerade Senioren sollten genau wie 18–65-Jährige 2-mal wöchentlich ein Krafttraining für alle großen Muskelgruppen durchführen (2aA, **Abb. 3.3**).

Es wird jedoch empfohlen, bei älteren Personen das Krafttraining weniger intensiv und dafür mit größerem Umfang anzubieten (10–15 anstelle von 8–12 Wiederholungen).

Unterschied 3. Ältere Personen, die gern wollen oder aufgrund einer chronischen Erkrankung sogar müssen, sollten systematisch dabei unterstützt werden, die körperliche Fitness über das erforderliche Mindestmaß hinaus zu verbessern (1A).

Unterschied 4. Ältere Personen sollten zusätzlich 2-mal pro Woche mindestens 10 min lang Mobilität üben (2bB).

Unterschied 5. Für diese Altersgruppe kommt ein gezieltes Balancetraining hinzu, um das Fallrisiko zu minimieren (2aA).

Unterschied 6. Wenn ältere Personen sowieso in Therapie sind – z. B. wegen einer chronischen Erkrankung –, sollte der Therapeut versuchen, die hier gegebenen Empfehlungen zur körperlichen Aktivität in das Rehabilitationsprogramm mit einzubauen (2aA).

Unterschied 7. Ältere Personen sollten außerdem systematisch ein Tagebuch führen, in dem körperliche Aktivität geplant, durchgeführt und evaluiert wird (2aC).

Dies soll dazu beitragen, dass ältere Personen einerseits langfristig die minimale Dosis an körperlicher Bewegung erhalten, andererseits aber auch feststellen können, dass durch eventuelle Fortschritte in der körperlichen Fitness ein größerer Belastungsreiz möglich ist.

Diese Empfehlungen gelten übrigens auch für Menschen zwischen 50 und 64 Jahren, wenn sie an chronischen Erkrankungen leiden oder wenn die körperliche Belastbarkeit nicht ausreichend ist.

Eine wichtige Frage drängt sich hier auf: Was ist der Unterschied zwischen mäßig intensivem Bewegen, wie es in den neuen Empfehlungen propagiert wird, und intensivem Bewegen der Fitnorm und wie kann dies gemessen werden? Eine mögliche Antwort darauf gibt die 10-Punkte-Skala zur Intensität der Belastung, wie man sie bei den ACSM-Empfehlungen für ältere Personen findet (s. **Abb. 3.2**). Die eigentliche Frage ist jedoch, ob und, wenn ja, wie die Intensität von körperlicher Bewegung mit einem erhöhten Energieverbrauch zusammenhängt. Diese Frage lässt sich mithilfe der metabolen Äquivalente (MET) beantworten (Ainsworth u. Haskell 2000):

1 MET ist der Energieverbrauch einer Person in einer sitzenden Position (Ruhe). Ein Erwachsener, der mit ungefähr 5 km/h wandert, hat einen Energieverbrauch von 3,3 MET. Dies bedeutet, dass er bei dieser Geschwindigkeit etwa 3,3-mal so viel Energie verbraucht wie im Sitzen. Aktivitäten mit einem durchschnittlichen Energieverbrauch von 3–6 MET werden als mäßig intensiv beschrieben. Beispiele für andere mäßig intensive Aktivitäten werden in **Tab. 3.2** genannt.

Wenn man die Dauer der Aktivität hinzunimmt, kann man mit MET × min. etwas über den Energieverbrauch sagen. Wenn der Patient also 30 min mit 5 km/h geht, hat er 3,3 × 30 = 99 MET × min geleistet. Die ACSM-Empfehlun-

Tab. 3.2 Auszug aus dem Kompendium für körperliche Aktivitäten (Ainsworth 2000)

Leichte Aktivitäten < 3 MET		Mäßig intensive Aktivitäten 3–6 MET		Intensive Aktivitäten > 6 MET	
Gehen	2, 0 MET	Gehen mit 4,8 km/h	3,3 MET	Fahrradfahren in flachem Gelände zwischen 19 und 23 km/h	8,0 MET
Sitzen, Computerarbeit	1,5 MET	Briskwalk (Gehen mit etwa 6,5 km/h)	5,0 MET	Fahrradfahren in flachem Gelände zwischen 23 und 26 km/h	10,0 MET
Stehen und leichte Haushaltsarbeit (z. B. Bügeln)	2,0–2,5 MET	Staubsaugen	3–3,5 MET	Basketball Wettkampf	8,0 MET
Darts spielen (Sportart)	2,5 MET	Badminton (hobbymäßig)	4,5 MET	Fußball (hobbymäßig)	7,0 MET
Musikinstrument spielen	2,0–2,5 MET	Fahrradfahren in flachem Gelände zwischen 16 und 19 km/h	6,0 MET	Fußball (leistungsorientiert)	10,0 MET

gen lauten, dass man an mindestens 5 Tagen pro Woche z. B. 30 min wandern soll (mäßig intensiv). Umgerechnet sind das 5 × 30 × 3,3 MET × min pro Woche, also 495 MET × min/Woche. Bei dieser Berechnung zählen nur Aktivitäten, die mindestens 10 min dauern und gleichzeitig mindestens das Dreifache des Ruhestoffwechsels betragen.

Beispiel. Die vorherigen Überlegungen machen es dem Sportphysiotherapeuten möglich, auch in der täglichen Praxis relativ zügig zu beurteilen, ob das minimale Niveau entsprechend der ACSM-Richtlinie erfüllt wird.

Sie wollen bei einem gesunden 50-jährigen Patienten feststellen, ob er die ACSM-Empfehlungen erfüllt. Stellen Sie ihm einfach die beiden folgenden Fragen:

- „Wie oft in der Woche bewegen Sie sich mäßig intensiv?“ Nennen Sie Beispiele von mäßig intensiven Aktivitäten anhand des Kompendiums.
- „Wie lange dauern diese Aktivitäten durchschnittlich?“ Zählen Sie nur die Dauer von Aktivitäten mit einer Mindestlänge von 10 min.

Multiplizieren Sie die Ziffern der beiden Antworten und den entsprechenden MET-Wert aus **Tab. 3.2**. Der Patient erfüllt die ACSM-Richtlinie, wenn er mindestens ca. 500 MET × min pro Woche leistet.

Eine weitere Möglichkeit, die Empfehlungen zu erfüllen, ist stark intensive körperliche Aktivität wie z. B. beim Joggen. Diese weist ein metaboles Äquivalent von mehr als 6 auf. Joggen bei etwa 8 km/h entspricht 8 MET. Wenn also eine Person 3-mal pro Woche 20 min mit 8 km/h joggt, sind das 480 MET × min/Woche.

Mit dem Kompendium der körperlichen Aktivitäten kann das MET einer Vielzahl von körperlichen Aktivitäten geschätzt werden. Es ist somit möglich zu beurteilen, ob der Patient das Minimalziel von ca. 500 MET × min in der Woche erreicht.

Das Kompendium der körperlichen Aktivitäten ist gratis im Internet zu finden, z. B. unter http://prevention.sph.sc.edu/tools/docs/documents_compendium.pdf.

Wie viele Menschen erfüllen das Mindestmaß?

Mittlerweile gibt es Datenerhebungen für beispielsweise die amerikanische oder niederländische Bevölkerung, inwieweit diese die Minimalempfehlungen der ACSM erfüllen. 2005 waren das durchschnittlich 50 % der amerikanischen Bevölkerung (Haskell 2007) und 60 % der niederländischen Bevölkerung im Jahr 2004 (Chorus u. Ooijendijk 2007). Damit kann natürlich niemand zufrieden sein, wenn man sich gleichzeitig den BMI der Bevölkerung einiger Länder im Vergleich anschaut (IASO 2009, BFS 2009). In **Tab. 3.3** sind Daten der International Association for the Study of Obesity und für die Schweiz vom Bundesamt für Statistik wiedergegeben. Die wenig ermunternden Resultate belegen für Österreich und Deutschland bei den Männern, dass ungefähr zwei Drittel der Männer übergewichtig bzw. fettleibig sind, das gilt immerhin auch für die Hälfte der deutschen und österreichischen Frauen. In der Schweiz und in den Niederlanden ist das Bild etwas weniger düster, aber auch dort sind etwa die Hälfte der Männer zu schwer, bei den Schweizer Frauen sind es 3 von 10 und in den Niederlanden 4 von 10 Frauen.

In den Niederlanden hat sich der Anteil der Bevölkerung, der die Empfehlungen erfüllt, bis 2006 auf 67,7 % erhöht (Chorus u. Ooijendijk 2007). Das Ziel der niederländischen Behörden ist es, bis zum Jahr 2011 70 % der Bevölkerung in Bewegung zu bringen (Ooijendijk et al. 2007).

Im Jahr 2004 erfüllten 63,1 % der Normalgewichtigen die ACSM-Empfehlungen (BMI 19–25). Von den Übergewichtigen (BMI 25,1–30) erfüllten immerhin noch 56 % die Empfehlungen, bei den Fettleibigen (BMI >30) waren es 51,3 %. Wie vorher schon besprochen, können auch Fettleibige mit einer verbesserten körperlichen Fitness das Risiko kardiovaskulärer Erkrankungen reduzieren. Das sollte aber kein Grund sein, nicht aktiv an der Gewichtsabnahme zu arbeiten, denn Übergewicht ist und bleibt ein Risikofaktor für das Entstehen einer Vielzahl chronischer Erkrankungen. Man geht mittlerweile davon aus, dass sich Erwachsene zum Abnehmen statt der

Tab. 3.3 BMI im internationalen Vergleich

Land	Männer			Frauen			Jahr der Datenerhebung
	BMI > 25	Übergewichtig (BMI 25–30)	Fettleibig (BMI > 30)	BMI > 25	Übergewichtig (BMI 25–30)	Fettleibig (BMI > 30)	
Deutschland	66,0	45,5	20,5	50,6	29,5	21,1	2003, International Association for the study of obesity, www.iaso.org
Österreich	65,6	42,3	23,3	53,2	32,4	20,8	2005/2006 www.iaso.org
Schweiz	47,5	39,2	8,3	30,5	22,7	7,8	2002, Schweizer Bundesamt für Statistik, www.bfs.ch
Niederlande	53,9	43,5	10,4	38,6	28,5	10,1	1998–2002 www.iaso.org



Abb. 3.4 Warum nicht für die allgemeine Gesundheit mal ins Fitnessstudio?

30-minütigen täglichen Bewegung entsprechend den ACSM-Empfehlungen zwischen 60 und 90 min täglich bewegen müssen (Saris et al. 2003). Dies erklärt wohl auch, warum so viele Personen, die die Norm erfüllen, trotzdem übergewichtig sind.

Patienten mit einer chronischen Erkrankung erfüllen weniger oft die ACSM-Empfehlungen (Schermers et al. 2009). Einerseits kann man hier feststellen, dass zu wenig körperliche Aktivität die Wahrscheinlichkeit, eine chronische Erkrankung zu erleiden, signifikant erhöht, andererseits bewegen sich chronisch kranke Patienten zu wenig, um den Verlauf der Erkrankung günstig zu beeinflussen. Gut beschriebene Beispiele für dieses Phänomen gibt es bei Herzerkrankungen und Diabetes mellitus. Es gibt keine genauen Belege, wie viel und wie intensiv sich Patienten mit chronischen Erkrankungen tatsächlich bewegen müssen, um positive Effekte zu erfahren. In der Praxis wählt man eine pragmatische Lösung: Der (Sport-) Physiotherapeut analysiert die Möglichkeiten des Patienten und entwirft aufgrund dieser Analyse einen Behandlungsplan mit dem Ziel, die körperliche Aktivität zu stimulieren.

Der (Sport-)Physiotherapeut beschreibt das Verhalten mithilfe von Modellen aus der sozialen Psychologie (z. B. ASE-Modell, transtheoretisches Modell nach Prochaska), die Determinanten von Verhalten, die Phase von Verhaltensänderung, in der sich der Patient gerade befindet, und er benennt Barrieren, die den Patienten hindern, das neue Verhalten anzunehmen (Prochaska u. DiClemente 1983, de Vries 1998). Beispiele hierzu bietet das Motivational Interviewing nach Miller und Rollnick (Miller et al. 2002).

Messen ist Wissen

Es wurden bereits die Möglichkeiten angesprochen, anamnestisch Fragen nach Frequenz, Dauer und Intensität von körperlicher Aktivität zu stellen, um dann mittels

metaboler Äquivalente eine Einschätzung vorzunehmen, ob die Person die minimale Empfehlung von etwa 500 MET × min pro Woche erzielt. Der Vorteil dieser Methode ist sicherlich die Anwenderfreundlichkeit. Nachteilig ist allerdings, dass man sich hier auf die Angaben des Patienten verlassen muss. Viele Patienten können oder wollen ihr eigenes Niveau nicht korrekt einschätzen, was dann wiederum zu einem „Recall Bias" (Erinnerungsfehler oder -verzerrung) führen kann. Patienten haben eher die Neigung, sich zu überschätzen. Dieses Problem tritt bei den meisten anderen indirekten Methoden zur Messung des Energieverbrauchs bzw. der körperlichen Aktivität ebenfalls auf. Eine indirekte Methode, die diesen „Recall Bias" vermeiden oder zumindest deutlich eingrenzen kann, ist das Aktivitätentagebuch. Personen halten darin über einen gewissen Zeitraum fest, was sie den Tag über getan haben. Zum Beispiel wird für jede Viertelstunde notiert, welche Aktivität gerade durchgeführt wurde. Mit dem Kompendium und dem Körpergewicht des Patienten kann dann der Energieverbrauch in Kilokalorien berechnet werden (MET × h × kg Körpergewicht). Der Nachteil dieser Methode ist jedoch der enorme Aufwand sowohl für den Patienten als auch für den (Sport-)Physiotherapeuten. Sinnvolle und praktikable Alternativen sind direkte Messmethoden mithilfe von Bewegungssensoren. Es gibt Accelerometer (Beschleunigungsmesser) und Pedometer (Schrittzähler). Accelerometer sind einerseits zwar sehr genau, andererseits aber auch sehr teuer.

Pedometer sind batteriebetriebene Geräte, die am Gürtel getragen werden. Sie messen jedoch nicht die Geschwindigkeit und Beschleunigung des menschlichen Körpers, sondern zählen über eine Mechanik oder Elektronik die Schritte. Um ein Pedometer betriebsbereit zu machen, muss für die jeweilige Person erst die durchschnittliche Schrittlänge eingestellt werden. Die einfachen Geräte sind schon für etwa 10 Euro zu erwerben.

Die Industrie hat aber auch den Boom nicht verschlafen und entsprechend moderne Multifunktionsgeräte entwickelt, die wie eine Pulsmessuhr am Handgelenk getragen werden können. Und Nike bietet mittlerweile ein Pedometer passend zum iPod von Apple an. Der Sensor wird in den Nike-Laufschuh integriert, kann aber auch mit einem Adapter auf jedem anderen Laufschuh angebracht werden (**Abb. 3.5**). Dieses „iPod SportsKid" liefert u.a. Trainingsdaten zu Laufdauer, -strecke, Kalorienverbrauch und Geschwindigkeit, die sich über einen langen Zeitraum speichern und somit gut auswerten lassen.

Die ACSM-Empfehlungen für Erwachsene und Senioren wird erfüllt, wenn etwa 3000–4000 Schritte in einer mäßigen Intensität durchgeführt werden. Ein Pedometer kann jedoch nur die Anzahl der Schritte messen und nicht die Intensität. Trotzdem kann ein Pedometer helfen, einen Eindruck von der körperlichen Aktivität an verschiedenen Tagen zu bekommen. Zusätzlich kann die Tabelle von Tudor-Locke u. Bassett (2004) helfen, den Lebensstil einer Person anhand der Schrittzahl pro Tag zu ermitteln (s. **Tab. 3.4**).

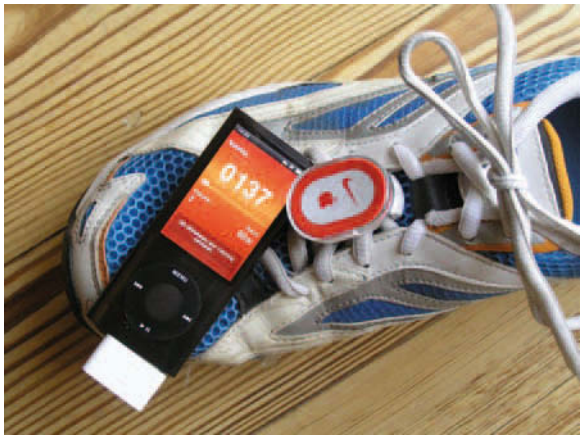


Abb. 3.5 Nike-Joggingschuh mit iPod und Schrittzählerfunktion.

Tab. 3.4 Abhängigkeit des Lebensstils von der Anzahl der Schritte pro Tag

Aktivitätenniveau	Schritte pro Tag
inaktiver Lebensstil	< 5000
wenig aktiver Lebensstil	5000–7499
gering aktiver Lebensstil	7500–9999
aktiver Lebensstil	10000–12499
sehr aktiver Lebensstil	> 12500

Eine wünschenswerte Nebenwirkung des Gebrauchs von Pedometern ist, dass Personen sich schon nach kurzer Zeit herausgefordert fühlen, den Zähler jeden Tag auf einen höheren Stand als am Vortag zu bringen. Verschiedene RCTs („randomized controlled trials", randomisierte kontrollierte Versuchsanordnungen) beweisen, dass der Gebrauch von Pedometern eine durchschnittliche Zunahme von 2200 Schritten täglich aufweist (Bravata 2007). Dies ist natürlich ein erstrebenswerter Effekt. Es bleibt jedoch die Frage, ob diese Zunahme in der Schrittanzahl ausreichend ist, um auch positive Effekte auf die Gesundheit zu erzielen. Diese Zweifel bleiben bestehen, da mittels Pedometer weder etwas über die Intensität der körperlichen Aktivität gesagt wird noch über die erforderliche Mindestdauer von 10 min, die diese Aktivität dauern müsste, um effektiv zu sein. Andererseits wird in der systematischen Literaturübersicht belegt, dass Personen, die durch das Benutzen des Pedometers diese 2200 Schritte mehr machen, auch tatsächlich ihren BMI und ihren systolischen Blutdruck reduzieren. In der täglichen Praxis sollte man zur Sicherheit beim Gebrauch des Pedometers mit den Personen

- ein deutliches Ziel formulieren, z. B. mindestens 10000 Schritte pro Tag

- erklären, warum die Intensität der Bewegung (mindestens 3 MET) wichtig ist
- erklären, warum die Dauer der Bewegung (mindestens 10 min ohne Unterbrechung) wichtig ist

Verschiedene Kampagnen

Die Beweislast zugunsten der körperlichen Aktivität ist zwar erdrückend, aber gleichzeitig werden die Menschen – egal in welchen Ländern – immer übergewichtiger und die Häufigkeit chronischer Erkrankungen nimmt immer noch zu. Die damit einhergehenden enormen Kosten für das Gesundheitswesen veranlassen die öffentliche Hand, diesem Trend mit unterschiedlichen Kampagnen entgegenzuwirken. Anhand der Titel dieser Kampagnen lässt sich einerseits ablesen, dass das Problem erkannt ist, und andererseits, wie es gelöst werden soll:

- In den Niederlanden gibt es die Kampagne „30 min Bewegung“ und die „Bewegungskur“. Mit der ersten Kampagne werden die Niederländer aufgeklärt, wie viel Bewegung täglich nötig ist, und mit der zweiten sollen Bürger mittels Vorschrift vom Hausarzt oder Spezialisten gezielt stimuliert werden, sich mehr körperlich zu bewegen.
- In Deutschland läuft die Kampagne „3000 Schritte extra“. Diese Kampagne macht sich die Forschungsresultate der Pedometer zunutze, um mehr Bundesbürger in Bewegung zu bringen. Es ist jedoch fraglich, ob es angesichts der pandemischen Ausmaße von Übergewicht in Deutschland ausreicht, 3000 Schritte mehr zu machen. Der (Sport-)Physiotherapeut sollte gerade hier eine herausragende Position einnehmen.
- In der Schweiz startete im Juni 2008 das Nationale Programm „Ernährung und Bewegung 2008–2012“. Eine umfassende Aktion, bei der auch die Nahrungsmittelindustrie eingebunden wird, soll gute Resultate liefern.
- In Österreich läuft seit Frühjahr 2009 die „Fit für Österreich“-Charta.

Beispiel USA. Eine Kampagne zum Stimulieren körperlicher Aktivität läuft seit 2007 in den Vereinigten Staaten unter dem Namen „Exercise is Medicine™“ (Training ist Medizin). Die Vision dieser Kampagne ist, dass körperliche Aktivität und Fitness ein integraler Bestandteil der Schul- und Präventionsmedizin wird. Auch hier spielt wiederum das American College of Sports Medicine (ACSM) eine zentrale Rolle. Die wichtigsten Ziele dieser Kampagne sind:

- Akzeptanz erreichen für die Tatsache, dass Training tatsächlich Medizin ist.
- Bei jedem Besuch beim Hausarzt oder Spezialisten wird selbstverständlich die Frage nach der körperlichen Fitness des Patienten gestellt.
- Hausärzte, Spezialisten und Physiotherapeuten sind in der Lage, effektive Strategien zur maßgeschneiderten Verhaltensänderung anzuwenden.
- Bürger erwarten, dass sie von ihren Hausärzten und Spezialisten Empfehlungen zu körperlicher Fitness und Training bekommen.
- Hausärzte und Spezialisten sind auch selbst körperlich aktiv und somit in der Lage, ein gutes Beispiel abzugeben.

Der Begriff „Exercise is Medicine“ beschreibt wie kein anderer die Tatsache, dass körperliche Aktivität die *Wunderpille* gegen alle typischen Krankheiten unserer Wohlstandsgesellschaft ist, und das nicht nur für bereits erkrankte Personen – es ist sogar ein *Impfstoff* gegen das Auftreten dieser Erkrankungen (Sallis 2009).

Die Zukunft

Es wird sich zeigen, ob die verschiedenen Kampagnen wirklich und nachhaltig dazu führen, dass wir uns am Arbeitsplatz und/oder in der Freizeit ausreichend bewegen. Zurzeit ist nach wie vor der Trend sichtbar, dass unser Leben immer passiver wird; es ist also fraglich, ob es ausreicht, in der Freizeit die nötige körperliche Bewegung zu bekommen, um den ansonsten negativen Effekten dieses passiven Lebensstils Einhalt gebieten zu können. Es wird wahrscheinlich darauf hinauslaufen, dass in Zukunft auch Empfehlungen für die maximale Dauer von Inaktivität z. B. am Arbeitsplatz gegeben werden müssen. Kritische Stimmen behaupten, dass langes Sitzen (Inaktivität) selbst auch als Risikofaktor für das Entstehen von Wohlstandskrankheiten gewertet werden muss (Owen et al. 2009). Aus diesem Grund wird vorgeschlagen, einerseits die ACSM-Empfehlungen einzuhalten, aber auch gleichzeitig die maximale Dauer einzuschränken, die jemand zu Hause oder am Arbeitsplatz sitzend verbringt. Eine vorläufige Empfehlung lautet: jede Stunde mindestens 5 min mindestens mäßig intensive Bewegung.

Der Sportphysiotherapeut wird in der Zukunft bei Aufbau und Erhalt einer guten allgemeinen Belastbarkeit eine wichtigere Rolle spielen, als das in der Vergangenheit der Fall gewesen ist. Wie im Kapitel 1 beschrieben, arbeitet der Sportphysiotherapeut mit unterschiedlichen Zielgruppen. Aufbau und Erhalt eines guten allgemeinen Gesundheitszustands im Sinne der allgemeinen bzw. funktionellen Belastbarkeit, Regenerationsfähigkeit oder der Grundlagenausdauer spielen allerdings bei allen Zielgruppen eine wichtige Rolle.

Bei verletzten (Hoch-)Leistungssportlern wird der Sportphysiotherapeut dafür sorgen müssen, dass die Grundlagenausdauer während der Rehabilitation erhalten bleibt und der Sportler Reha- und Trainingsreize im Sinne einer Adaptation umsetzen kann (s. Kap. 4).

Bei Breitensportlern fehlt oftmals eine „gesunde Basis“. Sie betreiben zwar regelmäßig Sport, aber nicht in ausreichendem Maße, um von einer guten allgemeinen Belastbarkeit zu sprechen. Breitensportler trainieren vielleicht 1-mal pro Woche und haben am Wochenende einen Wettkampf. Hiermit erfüllen sie weder die Fitnorm noch die allgemeinen Empfehlungen der ACSM. Im Falle einer Verletzung und sportphysiotherapeutischer Behandlung sollte dann auch ein allgemeines Belastbarkeitstraining durchgeführt werden, dem die ACSM-Empfehlungen zugrunde liegen. Der Rehakreis „Ausdauer“ (s. **S. 250**) und der Rehakreis „Kraft“ (s. **S. 261**) können helfen, entsprechende Methoden zu wählen.

Nicht zuletzt bei inaktiven Menschen und Patienten mit einer chronischen Erkrankung sollte der allgemeinen Belastbarkeit besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Literatur

ACSM. ACSM’s guidelines for exercise testing and prescription. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer; 2009

Ainsworth BE. How do I measure physical activity in my patients? Questionnaires and objective methods. Br J Sports Med 2009; 43(1): 6–9

Ainsworth BE, Haskell WL. Compendium of Physical Activities: an update of activity codes and MET intensities. Med Sci Sports Exerc 2000; 32(9): 498–516

Blair SN. Physical inactivity: the biggest public health problem of the 21st century. Br J Sports Med 2009; 43(1): 1–2

Blair SN, Kohl HW, Barlow CE, Paffenberger RS, Gibbons LW, Macera CA. Changes in physical fitness and al-cause mortality. A prospective study of healthy and unhealthy men. JAMA 1995; 273(14): 1093–1098

Bravata DM, Smith-Spangler C, Sundaram V, Gienger AL, Lin N, Lewis R, Stave CD, Olkin I, Sirard JR. Using Pedometers to Increase Physical Activity and Improve Health. JAMA 2007; 298(19): 2296–2304

Brown WJ, Bauman AE, Owen N. Stand up, sit down, keep moving: turning circles in physical activity research? Br J Sports Med 2009; 43(2): 86–88

Chorus AMJ, Hopman-Rock M. Chronisch Zieken en Bewegen: een quick scan. Leiden: TNO; 2003

Chorus AMJ, Ooijendijk WTM. Factsheet Bewegen in Nederland 2000–2006 (OBiN). Leiden: TNO Kwaliteit van Leven; 2007

Church T, La Monte MJ, Barlow CE, Blair SN. Cardiorespiratory fitness and body mass index as predictors of cardiovascular disease mortality among men with diabetes. Archives of Internal Medicine 2005; 165(10): 2114–2120

de Vries, H. Determinanten van gedrag. In: Damoiseaux V, Molen HT, Kok GJ, Hrsg. Gezondheidsvoorlichting en gedragsverandering. Assen: Van Gorcum; 1998

„Exercise is medicine™“. Online im Internet: www.exerciseismedicine.com; Stand: Mai 2009

Harris TJ, Owen CG, Victor CR, Adams R, Cook DG. What factors are associated with physical activity in older people, assessed objectively by accelerometry? Br J Sports Med 2009; 43(6): 442–450

Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, Macera CA, Heath GW, Thompson PD, Bauman A. Physical Activity and Public Health: Updated Recommendation for Adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. Medicine and Science in Sports and Exercise 2007; 39(8): 1423–1434

International Association for the Study of Obesity (IASO). Adult overweight and obesity in the European Union (EU 27). Online im Internet: www.iaso.org; Stand: 05.05.2009

Miller WR, Conforti K, Rollnick S. Motivational Interviewing: Preparing People For Change. Guilford Publications; 2002

Mosterd WL, Bol E, Vries WRD. Bewegen gewogen: literatuurstudie naar de gezondheidswinst van lichamelijke activiteit. Utrecht: Rijksuniversiteit Utrecht; 1996

Nelson ME, Rejeski WJ, Blair SN, Duncan PW, Judge JO, King AC, Macera CA, Castaneda-Sceppa C. Physical Activity and Public Health in Older Adults: Recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. Medicine and Science in Sports and Exercise 2007; 39(8): 1435–1445

Niederländische Kampagne „30 Minuten bewegen“. Online im Internet: www.30minutenbewegen.nl; Stand: Mai 2009

Nike. Online im Internet: http://www.apple.com/nl/ipod/nike/run.html; Stand: Juni 2009

Nocon M, Hiemann T, Müller-Riemenschneider F, Thalau F, Roll S, Willich SN. Association of physical activity with all-cause mortality and cardiovascular mortality: a systematic review and meta-analysis. European Journal of cardiovascular Prevention and Rehabiliation 2008; 15(3): 239–246

Ooijendijk WTM, Chorus AMJ, Wendel-Vos W. Advies Actualisering Beleidsdoelen Nota Tijd voor Sport. Leiden: TNO Kwaliteit van Leven/RIVM; 2007

Owen N, Bauman A, Brown W. Too much sitting: a novel and important predictor of chronic disease risk? Br J Sports Med 2009; 43(2): 81–83

Prochaska JO, DiClemente CC. Stages of processes of self change of smoking: towards an integrative model of change. Journal of Consulting and Clinical Physiology 1983; 51: 390–395

Sallis RE. Exercise is medicine and physicians need to prescribe it! Br J Sports Med 2009; 43(1): 3–4

Saris WHM, Blair SN, Baak MA, Eaton SB, Davis PSW, Di Pietro L. How much physical activity is enough to prevent unhealthy weight gain? Outcome of the IASO 1st Stock Conference and consensus statement. Obesity Reviews 2003; 4: 101–114

Schermers P, Jongert MWA, Chorus AMJ, Verheijden MW. Inleiding bij de KNGF-standaarden Beweeginterventies. Amersfoort: TNO en KNGF; 2009

Schweizer Bundesamt für Statistik. Online im Internet: www.bsf.ch; Stand: Mai 2009

Stiggelbout M, Westhoff MH, Mulder YM, Ooijendijk WTM, Hildebrandt VH, Baken W. De gezondheidswaarde van lichamelijke activiteit; een literatuurstudie. Leiden: TNO Preventie en Gezondheid; 1998

Tudor-Locke C, Bassett D. How many steps per day are enough? Preliminary Pedometer Indices for Public Health. Sports Medicine 2004; 34(1): 1–8

Verhagen E, Engbers L. The physical therapist’s role in physical activity promotion. Br J Sports Med 2009; 43(2): 99–101

Wikipedia. Online im Internet: http://en.wikipedia.org/wiki/Pedometer#Accuracy; Stand: Mai 2009

3.1.2 Entspannung

Erwin Jansen

Jost Hegner hat eine einfache, aber treffende Definition von Training formuliert: Trainieren = belasten und regenerieren (Hegner 2006). Bei einem Sportler liegt der Schwerpunkt hauptsächlich auf dem Belasten. Die Belastung wird ausgedrückt in Trainingseinheiten und Wettkämpfen, in Stunden Anstrengung pro Tag, Woche und Saison. Ein anderer Begriff für Belastung ist Stress, der im Sport als physischer, mentaler oder auch als sozialer Stress auftreten kann. Nach einer Stressperiode ist Regeneration eine Voraussetzung für Adaptation. Unter Adaptation versteht man allgemein die Anpassung der Physiologie und des menschlichen Verhaltens mit dem Ziel zu Überleben oder sich fortzupflanzen (Orr 2005). Im Sport ist das Ziel der Adaptation, eine bessere sportliche Leistung zu erreichen. Regeneration ist ein Aspekt des Trainings, der jedem Sportler zwar bewusst ist, der jedoch leider während der Sportkarriere nicht immer ausreichend berücksichtigt wird. Um nach einer Belastung eine bessere Regeneration zu erlangen, gibt es für den Sportler die Möglichkeit der Entspannung.

Sport bzw. Sportphysiotherapie und Entspannung sind keine Begrifflichkeiten, die oft in einem Atemzug genannt werden. Die Bedeutung von Entspannung wird häufig erst in dem Moment in Augenschein genommen, wenn schon Überlastungserscheinungen oder Verletzungen aufgetreten sind. Das Verhältnis zwischen Belastung (Stress) und Regeneration (Entspannung) kann ein bestimmender Faktor bezüglich der Regenerationskapazität sein. In diesem Kapitel werden der Platz von Entspannung und Stress innerhalb der Sportphysiotherapie, die Physiologie von Stress und mögliche Interventionen beschrieben.

Stellenwert von Entspannung und Stress innerhalb der Sportphysiotherapie

In einer (sport-)physiotherapeutischen Intervention wird im Allgemeinen schnell nach aktiven Maßnahmen gesucht, um eine Problematik zu lösen. Betrachtet man den durchschnittlichen Sportler, so ist dies auch völlig rechtmäßig, denn dieser ist es gewohnt und sicher auch dazu konditioniert, sich aktiv zu beschäftigen. Ruhe, oder besser gesagt: sich nicht mehr bewegen oder belasten zu können, ist für viele Sportler eine Strafe. Im Moment einer Verletzung findet eine Anpassung der Belastung statt – meistens eine der ersten Maßnahmen des Sportphysiotherapeuten. Für den Sportler hat das große Konsequenzen: Trainingseinheiten in einem festen Rahmen aufzubauen, Handlungen zu wiederholen und Teilhandlungen auf eine strukturierte Weise auszuführen geben dem Sportler eine Orientierung in einer Phase der Unsicherheit, in der ihm die Bedeutung und Tragweite seiner Beschwerden noch nicht deutlich sind. Großen Einfluss übt hier oft das Umfeld des Sportlers aus: Trainer, Sportverbände, Sponsoren, Klubleitungen, Familie und Unterstützer können für eine enorme Spannung und Stress beim Sportler sorgen. Dieser Stress, unbedingt Leistung zu erbringen oder trotz physischer Einschränkungen am Wettkampf teilzunehmen – wenn nötig mit schmerzstillenden Präparaten –, ist häufig hoch. Zahlreiche Beispiele von Topsportlern, die unter einem solchen Druck zerbrechen, bestätigen dieses Bild.

Aber auch im Breitensport sehen wir, dass Sportler, auch ohne Druck von außen, weit über ihre (physischen) Grenzen hinausgehen, um Leistung zu erbringen. Viele Breitensportler haben neben dem intensiven Training und dem Willen, etwas zu leisten, häufig ein ausgefülltes soziales Leben mit vielen Verpflichtungen und außerdem eine anspruchsvolle Arbeit, bei der viel verlangt wird. Dies kann längerfristig zu einer Überlastung und unweigerlich zu Verletzungen führen.

Physiologie von Stress

Es gibt mehrere Definitionen oder Umschreibungen von Stress. Mal ist damit eine bestimmte Situation oder ein Reiz gemeint, mal wird unter Stress die psychische, physiologische und chemische Veränderung verstanden, die Folge der stressauslösenden Situation ist. Um Verwirrung zwischen diesen beiden Definitionen zu vermeiden, unterscheidet man zwischen Stressoren (Konditionen, die Stress verursachen) und dem Stressrespons (Reaktion auf den Stressor). Mit dem Wort Stress wird der Prozess vom äußeren, stressauslösenden Reiz bis zur physischen und psychischen Reaktion auf diesen Reiz bezeichnet (Angewandte Neurowissenschaften, Cranenburgh 2004).

Stress kann sehr ausgedehnt umschrieben werden als eine Reaktion auf jeden Reiz oder Umstand, der Spannung verursacht, aber auch in engerem Sinn als eine Reaktion auf einen negativen oder aversiven Reiz.

Stress ist per definitionem nicht immer schlecht, so ist z. B. die Rede von positivem Stress, wenn man sich geistig und körperlich auf einen Wettkampf oder eine besondere Leistung bei der Arbeit vorbereitet. In solchen Situationen sorgt eine adäquate Antwort auf den Stressor dafür, dass die Spannung wieder verschwindet, und der Körper kehrt in einen Ruhezustand zurück. Wenn der Stress nicht im Interesse der Person liegt und als ein bedrohliches Ereignis erfahren wird, sprechen wir von negativem Stress. Feststeht, dass vor allem negative Spannungen eine Bedrohung für unsere Gesundheit darstellen, da sie die größten (Interpretation der Situation) und am längsten andauernden Effekte (keine adäquate Antwort auf einen Stressor) auf das zentrale und autonome Nervensystem haben.

In der Sportphysiotherapie ist Stress der wahrgenommene Unterschied zwischen Anforderungen und Kapazitäten. In verschiedenen Situationen schätzen Sportler ein, was sie können und was von ihnen erwartet wird. Wenn dazwischen ein Unterschied empfunden wird, ist die Rede von Stress. Stress ist einer der wichtigsten mentalen, die Leistung beeinflussenden Faktoren. Vom Ursprung her ist Stress eine Anpassungsreaktion des Menschen auf eine Bedrohung in seiner Umgebung. Nach dem ersten Schrecken in der Situation („fright") gibt es nur die Wahl zwischen 3 primären Reaktionen: flüchten („flight"), kämpfen („fight") oder einfrieren („freeze").

Auf diese primären Reaktionen reagiert der Körper mit einer schnellen Reaktion des autonomen Nervensystems, dem ergotropen Tuning, und einer langsameren Reaktion, die über die Bahn Hypothalamus – Hypophyse – Nebennierenrinde zustande kommt. Die schnelle Reaktion beruht auf der Aktivität des sympathischen Nervensystems, das in der Blutbahn für die Ausschüttung von Adrenalin und Noradrenalin durch das Nebennierenmark sorgt. Bei der langsamen Reaktion spielen 3 Stoffe eine Rolle: Der Stressreiz erreicht den Hypothalamus. Dieser produziert ein Polypeptid, Corticotropin-releasing Hormon (CRH) genannt. Dies stimuliert den vorderen Teil der Hypophyse zur Produktion des Adrenokortikotropen Hormons (ACTH), ein Neurotransmitter wirkt auf die Nebennierenrinde ein und stimuliert die Produktion von körpereigenen Kortikosteroiden, die wiederum die Nebennierenrinde zur Produktion von weiteren Kortikosteroiden anregt, darunter auch das Stresshormon Kortisol. Die Ausschüttung von Kortisol in die Blutbahn erhöht den Glukosespiegel und erhöht den Metabolismus. Dies bremst über Rückkopplung wieder die Zellen im Hypothalamus, welche die Stressreaktion verursacht haben. Kortisol wird als ein Stoff angesehen, der dem Körper hilft, wieder Energie zu mobilisieren, wodurch man gegen bedrohliche Situationen widerstandsfähiger ist (**Abb. 3.6**).

Das Schädliche an chronischem Stress ist, dass das energieraubende Adrenalinsystem durch ein permanent erhöhtes Kortisolniveau chronisch unterdrückt wird. Dies kann großen körperlichen Schaden verursachen (erhöhte Infektionsgefahr und verlangsamte Wundgenesung). Vor allem der Teil des Gehirns, der eine wichtige Rolle beim Stress spielt, der Hippocampus, ist sensibel für Kortisol. Der Hippocampus ist ein Teil des limbischen Systems, auch emotionales Gehirn genannt, und hat eine Doppelfunktion. Der Hippocampus spielt beim Gedächtnis im Allgemeinen eine Rolle, ist aber spezifisch das Gedächtnis für Stresssituationen. Weiterhin regelt der Hippocampus die Produktion vom Kortisol im Körper. Dies geschieht über den Feedbackmechanismus. Sobald Kortisol den Hippocampus erreicht, erhalten die Nebennieren ein Signal und stellen die Kortisolproduktion ein.

Wird dieser Feedbackmechanismus andauernd beansprucht, entsteht eine Unempfindlichkeit für Signale. Die Folge ist, dass der Kortisolgehalt im Blut zu hoch oder sogar zu niedrig wird. Der Körper kann nicht mehr von einem ergotropen auf einen trophotropen Zustand umschalten: Verminderter Tonus, verminderte Sensibilität, verminderte Reflexe und eine erhöhte parasympathische Aktivität sind die Folgen. Endokrin findet keine erhöhte Produktion von Regenerationshormonen sowie Insulin und Östrogen statt. Das Immunsystem wird nicht mehr aktiviert.

Eine längerfristig erhöhte Kortisolkonzentration führt zu erhöhter Infektionsgefahr und verminderter Wundgenesung. Letzteres ist wohl vielleicht der wichtigste Aspekt, um mögliche andauernd anwesende Stressoren einzuschätzen. Verlangsamung der Wundgenesung hat einen ungünstigen Einfluss auf die Regerationsprozesse des Sportlers (s. Kap. 1.4). EEG, Blutdruck und Herzschlag können indikativ sein, ebenso wie Urin und Blutuntersuchung (Blutzuckerspiegel und Adrenalinniveau, EEG-Aktivität). **Abb. 3.6** zählt Faktoren auf, die auf die Anwesenheit von lang anhaltendem Stress hinweisen. Diese werden im klinischen Argumentationsprozess verwendet, übrigens ohne vollständig sein zu können, da Menschen gerade in diesen Situationen ihre eigenen Copingmechanismen wählen.

Beispiele physiologischer Merkmale
- erhöhter Herzschlag
- erhöhter Blutdruck
- erhöhte Muskelspannung
- erhöhte Schweißsekretion
- veränderte EEG-Aktivität (Hirnaktivität)
- Pupillenerweiterung
- trockener Mund
- schnellere Muskelermüdung
- Krampfanfälle
- weitläufiger, undefinierbarer Schmerz
- Magen-Darm-Beschwerden

Beispiele psychologischer Merkmale
- verminderte Konzentration
- verringerte Aufmerksamkeit
- vermindertes Kontrollgefühl
- sich Sorgen machen
- Unentschlossenheit
- Verwirrung
- Unsicherheit
- Angst
- Müdigkeit
- Schlaflosigkeit
- sich überwältigt fühlen
- ein Gefühl von allgemeinem Unbehagen, das nicht gut im Krankheitsbild definiert werden kann

Beispiele für das Verhalten im Allgemeinen
- schneller sprechen
- Nägel knabbern

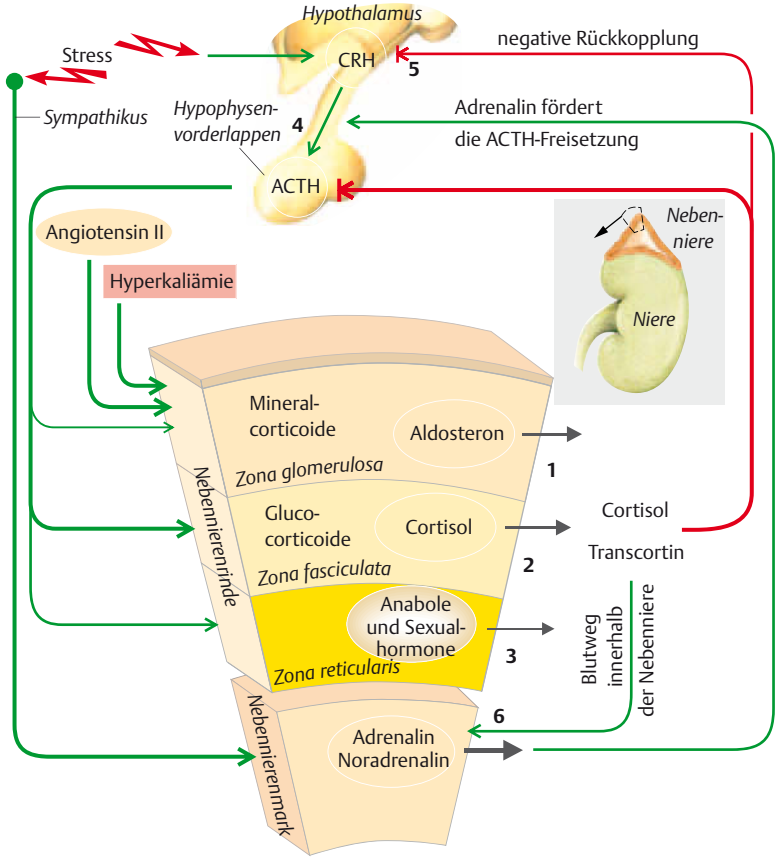


Abb. 3.6 Stress kann man an physiologischen (körperlichen), psychologischen und verhaltensbezogenen Merkmalen sowie im Wettkampf- und Trainingsverhalten erkennen.

- blinzeln
- zittern
- rastlos auf- und abgehen
- gezwungenes Wiederholen von Bewegungen
- (Bewegungs-)Unruhe
- Veränderung der allgemeinen Haltung („eckiger" bewegen)
- gejagt sein (viel auf die Uhr sehen)
- übertriebene Reaktionen auf gute oder schlechte Nachrichten
- rauchen
- trinken
- essen (oder auch nicht mehr essen)
- reizbarer sein

Beispiel für das Wettkampf-/Trainingsverhalten

- Abwesenheit der Konzentration und des Spannungsbogens
- komplett von allem und jedem abgeschlossen sein
- übertrieben reagieren auf Geräusche, Gerüche, Geschmack und andere Umgebungsfaktoren
- falsche taktische Entscheidungen treffen
- kein guter Teamsportler mehr sein (egoistisch oder gerade zu wenig selbstsüchtig)

Interventionen

Entspannungstherapien sind wirkungsvolle Mittel, um dem chronischen (pathologischen) Stress entgegenzuwirken.

Literatur auf dem Gebiet der sekundären Entspannungstherapie in der Physiotherapie und vor allem Sportphysiotherapie zu finden erweist sich als schwierig. In diversen Untersuchungen und wissenschaftlichen Publikationen wird der Nutzen der Entspannungstherapie als ergänzende physiotherapeutische Intervention angegeben und betont (Arvinen-Barrow 2007).

Die Untersuchung von Arvinen lässt vor allem erkennen, dass Physiotherapeuten sich oft von ihrer Intuition leiten lassen, wenn ein Sportler Signale gibt, die auf eine Entspannungstherapie hindeuten.

Untersuchungen außerhalb der Sportphysiotherapie lassen erkennen, dass Patienten, die mit Entspannungstherapie begleitet werden, eine Schmerzreduktion, eine Erhöhung der Funktionalität (ADL) und Zunahme der Regenerationsfähigkeit vorweisen, so z. B. bei Rheumapatienten (Doemges 2005), chronischen Rückenpatienten (Mehling 2005) und Herzpatienten (Dixhoorn 2005).

Bour et al. (2005) haben eine systematische Literaturuntersuchung vorgenommen mit dem Ziel festzustellen, auf welche Art und Weise Entspannungstherapie am besten zu integrieren ist und welche Entspannungsmethoden effektiv sind. Basierend auf 18 Artikeln mit einer hohen Validität und Zuverlässigkeit kommen sie zu folgenden Erkenntnissen:

- Bei Spannungsproblemen sind autogene Entspannungstherapie und Atemtherapie effektiv.
- Bei psychischen Problemen können sowohl progressive als auch autogene Entspannungstherapie sowie Atemtherapie gewählt werden.
- Bei funktionellen Problemen sollte besser eine andere Intervention gewählt werden als progressive oder autogene Entspannungstherapie oder Atemtherapie.
- Bei Spannungsbeschwerden mit einer spezifischen somatischen Ursache kann progressive Therapie am effektivsten sein.

Die am häufigsten verwendeten (westlichen) Entspannungstechniken sind nach Bour et al. (2005) die folgenden:

Progressive Entspannungstherapie. Progressive Entspannungstherapie ist eine systematische Methode des An- und Entspannens von Muskelgruppen. Der Begründer ist Jacobson (1929), die Methode ist von Bernstein und Borkovev 1973 weiterentwickelt worden (Bernstein 1973). Während dieser Therapie werden 16 Muskelgruppen an- und entspannt, darunter die dominante und nichtdominante Hand und der dominante und nichtdominante Unterarm und Bizeps, Stirn, Wangen, Nase, Kiefer, Nacken, Kehle, Brust mit Schultern und oberem Rücken, Bauchmuskeln, der dominante und nichtdominante Oberschenkel, die dominante und nichtdominante Wade und der dominante und nichtdominante Fuß.

Der Patient wird dazu aufgefordert, sich auf die Muskeln zu fokussieren. Die Konzentration muss auf die Spannung gerichtet sein. Diese wird 5–7 sec gehalten. Anschließend muss die Spannung losgelassen werden und der Patient wird aufgefordert, sich auf das Gefühl der Wärme und Entspannung zu konzentrieren. Die Entspannung dauert ungefähr 30 sec.

Das Ziel von progressiver Entspannung ist, die Spannung „aus dem Körper zu holen", physisch und mental. Diese Therapie reduziert effektiv Schmerzbeschwerden bei Arthrosepatienten (Gay 2002).

Autogene Entspannungstherapie. Der deutsche Psychiater Johannes H. Schultz (1932) ist der Begründer der autogenen Entspannungstherapie; Luthe (1969) hat diese Methode weiterentwickelt. Das Wort autogen heißt hier „selbst üben zu entspannen". Die Basis des autogenen Trainings besteht aus 6 Übungen, bei denen sich der Patient in einem ruhigen Raum mit gedämpftem Licht befindet. Der Patient schließt die Augen und fokussiert sich auf das Gefühl von Schwere und Wärme in den Extremitäten. Die Konzentration wird auf den Herzrhythmus verlegt, danach auf das Verlangsamen der Atmung. Der Patient fühlt Wärme im Bauch und Abkühlung im Kopf. Anhand dieser Form der Entspannungstherapie kann der Patient schnell Stress, Besorgnis und/oder Angst vermindern (Benson 2000).

Atemtherapie. Bei dieser Therapie gibt es keine standardisierte Methode wie in den oben genannten Therapien. Hier liegt der Fokus auf rhythmischer Atmung, Bauchatmung oder „pursed lips breathing" (Ritz 2003). Beim „pursed lips breathing" atmet man durch die Nase ein und gegen einen leichten, durch die Lippen geformten Widerstand wieder aus. Während der Ausatmung geht kein Luftstrom durch die Nase, da der Gaumen die Nasopharynx bei Verlagerung nach oben abschließt.

Einen Beweis für die Effektivität der 3 genannten Therapieformen gibt es bei verschiedenen Störungen: bei Schlafstörungen, psychischen Störungen, unspezifischen Bildern wie z. B. Fibromyalgie, chronischen lumbalen Rückenschmerzen und Panikattacken. Bei Herzpatienten unterstützt die intensive Entspannungstherapie die Genesung und stellt eine wichtige Ergänzung bei Herzrehabilitationsprogrammen dar, die aus anstrengendem Training und Psychoedukation (unter anderem Entspannungstherapie) bestehen (Dixhoorn 2005). Weiterhin ist ein positiver Effekt auf die Müdigkeit bei Krebspatienten nach der Operation gemessen worden (Dimeo 2004).

Physiotherapeutische Interventionen sind im Allgemeinen aktive Maßnahmen im schon besprochenen Modell der Belastung und Belastbarkeit (s. Kap. 1.2) und vor allem auf das spezifische Reizen des Gewebes gerichtet, um so die Belastbarkeit des Gewebes zu erhöhen.

Die unterschiedlichen Reize werden in der trainings- und sportphysiologischen Literatur ausführlich besprochen. Weniger gut beschrieben sind die Einflüsse der gerichteten Entspannungstherapie auf die Muskulatur, neuromuskuläre Anpassungen, neuronale Steuerung und die kardiovaskulären und respiratorischen Funktionen und Energiesysteme. Innerhalb des sportphysiotherapeutischen Kontextes erlangen Entspannung und Ruhe erst dann Bedeutung, wenn die Rede von einem ergotropen Zustand ist oder dieser sich ankündigt.

Sobald die Umschaltung von ergotrop nach trophotrop nicht mehr stattfindet, sprechen wir von einem aspezifischen Arousal, das zu einem Stressreiz führt, der nicht mehr unterdrückt werden kann. In dieser Situation wird es wichtig, die pure physische Annäherung des Gesundheitsproblems (falls dies schon möglich ist) zu verlassen und eine gründliche Analyse der Genesungs- und Interventionsmöglichkeiten vorzunehmen, die sich auf das Wiedererlangen einer Situation konzentriert, in der die Genesungsmechanismen des Körpers funktionieren kön-

nen. Eine wichtige Voraussetzung ist, dass der Sportler seine Möglichkeiten wahrnimmt und erkennt.

Dieser Weg kann über den Sporttherapeuten verlaufen, aber auch der (Sport-)Psychologe (Kap. 8) und die (Sport-) Diätetik (Kap. 7) können hier eine wichtige Rolle spielen.

Während des therapeutischen Prozesses bekommt der Sportphysiotherapeut allmählich Einsicht in Prozesse wie Selbsteinsicht, die wirklichen Bedürfnisse und Probleme und wie Sportler denen zufolge handeln. Dies verlangt dem Therapeuten ein großes Einfühlungsvermögen ab, mit anderen Worten: Der Sportphysiotherapeut sollte sich in die Situation des Sportlers mit allen möglichen Problemen und Gefühlen hineinversetzen können. Einsicht in die Problematik zu geben kann eine Öffnung darstellen, um dem Sportler deutlich zu machen, wo er in seinem Sport, also in seinem Leben steht. In der heutigen, auf Produktion und Effektivität gerichteten Gesellschaft ist es nicht selbstverständlich, dass Menschen auf sich hören und die Entscheidungen treffen, die für sie wichtig sind und zu ihnen passen. Der Begriff Anpassung spielt hier häufig eine große Rolle. Die Entscheidungen von Sportlern werden allzu oft dadurch bestimmt, dass sie den Erwartungen oder Wünschen ihrer Umgebung gerecht werden wollen.

Die Methode, wie der physiotherapeutische Kontakt aufgebaut wird, basiert auf analytischem, professionellem Handeln und setzt den wirklichen Bezug zum Sportler voraus. Die Verantwortlichkeit und Voraussetzungen für diesen Bezug müssen vom Therapeuten initiiert werden. Somit ist die Kommunikation eine wichtige Aufgabe, bei der die nonverbale Kommunikation eine entscheidende Rolle spielt. Das Wahrnehmen und Verstehen von nonverbalen Signalen ist mindestens so wichtig wie die verbale Information. Basierend auf der guten Wahrnehmung von der Bewegung einer Person im Raum bekommt man als Therapeut ein Gefühl dafür, wie man sich dem Sportler am besten annähern kann. Signale werden der Haltung, der Bewegung, der Sprache, Gestik und Mimik entnommen.

Inwieweit der Sportphysiotherapeut in dieser Begleitungsform mitgehen kann und will, liegt letztlich an Faktoren wie Lebenserfahrung, dem Sportlertypen (introvertiert – extrovertiert), der Erfahrung mit den unterschiedlichen Sportarten und dem dazugehörenden Stress. Sobald störende Faktoren, die Einfluss auf die physiologischen Genesungsmechanismen des Sportlers haben könnten, ins Spiel kommen, sollte der Therapeut darüber nachdenken, dem Sportler Entspannungsmethoden beizubringen. Einerseits um eine gute Wirkung auf die Genesung zu erzielen, andererseits auch wegen der präventiven Funktion, das erneute Entstehen der Beschwerden oder anderer Beschwerden zu vermeiden. Letztendlich kann mit Entspannungsmethoden auch ein Flow erreicht werden, wie der Sportler es von den Momenten kennt, in denen er in einen Zustand kommt, in dem scheinbar alles von selbst geht. Auf dem Gebiet der totalen Entspannung braucht er dann nichts zu tun. Fürwahr kein schlechter Ausgangspunkt für den fanatischen Sportler.

Progressive wie autogene Entspannungstherapie können angewendet werden, um Sportler in Stresssituationen zu einem trophotropen Zustand zu begleiten, um so eine optimale Situation für die funktionelle Genesung herzustellen. Eine Alternative zu diesen Methoden von Schultz und Jacobsen ist die Haptonomie.

Die Haptonomie legt den Fokus besonders auf die eigenen Möglichkeiten des Menschen im Umgang mit Problematiken sowie stressigen Situationen, in denen die Kontrolle fehlt und die Umgebung möglicherweise als Bedrohung angesehen wird. Außer den 3 Formen der Entspannungstherapie bietet Haptonomie 3 Varianten, die bessere Entspannung ermöglichen können. Diese Varianten bieten dem Sportphysiotherapeuten eine Möglichkeit, dem Sportler eine Technik beizubringen, die er in ruhiger Umgebung selbst ausführen kann oder sogar in sehr stressigen Situationen, wenn er z. B. in einem Wettkampf eine gute Leistung erbringen muss.

Variante 1

Der Sportler liegt auf dem Rücken auf einer Massagebank, der Therapeut setzt sich seitlich auf die Höhe der Schulter des Sportlers – um gut verstanden zu werden und gut beobachten zu können. Es werden keine Kissen gebraucht, es sei denn, es ist physisch nicht anders möglich.

Der Therapeut gibt Instruktionen, auf die der Sportler kurz reagieren kann, wenn er will. Mit zunehmender Entspannung wird dies abnehmen.

Instruktionen:

1. Schließe die Augen.
2. Du fühlst, dass du auf der Bank liegst, stimmt das?
3. Du kannst den Kontakt deines Körpers mit der Bank fühlen, stimmt das? Versuche mal zu fühlen, wie viel Kontakt dein Körper mit der Bank hat, wie groß dieser Kontakt ist. Du kannst eine Art Zeichnung davon machen, versuche dies mal. Merke dir dieses Bild gut.
4. Du kannst den Kontakt deines Körpers mit der Bank fühlen, stimmt das? Wenn das so ist, kannst du den Kontakt, den du wahrnimmst, für dich selbst einfärben, du kannst eine Linie ziehen, zum Beispiel um den Kontakt, den deine Ferse mit der Bank hat, versuche dies mal. Es wird dann eine Art Rundung, stimmt das? Das kannst du mit deiner linken und deiner rechten Ferse tun.
5. Bekomme nun einmal das Gefühl für deine Waden und den Kontakt, den sie mit der Bank haben.
6. Anschließend machst du das Gleiche mit der hinteren Seite deines Oberschenkels. Wenn du dies gemacht hast, fühle mal, wie viel Kontakt nun deine gesamten Beine mit der Bank haben.
7. Mache nun das Gleiche mit deinem ganzen Rücken, fühle mal, wie viel Kontakt du mit der Bank hast.

8. Nun machst du dies mit den Schultern und – wenn das geglückt ist – mit den Armen und Händen.
9. Zuletzt bekommst du ein Gefühl für den Kontakt, den dein Kopf mit der Bank hat. Wenn du damit fertig bist, kannst du das Bild von dem Kontakt deines Körpers mit der Bank vervollständigen.

Nun wird das Bild vom Beginn der Übung mit dem letzten Bild verglichen. Der Therapeut lässt den Sportler selbst erläutern, ob ein Unterschied vorhanden ist und worin dieser besteht. Im Allgemeinen bedeutet mehr Kontakt mit der Bank auch mehr Entspannung.

Mit dieser Übung geht man auf die Suche über die Erkenntnis von Spannung (weniger Kontakt mit der Bank) zu Entspannung (mehr Kontakt). Dies ist eine sehr körperliche Annäherung an Entspannung, die sehr wichtig sein kann, um Unterschiede zu fühlen und zu erfahren, dass man als Sportler selbst Kontrolle darüber hat.

Wenn diese Erkenntnis erreicht ist, kann die zweite Variante gewählt werden. Diese ist darauf gerichtet, mehr Gefühl für den Raum zu entwickeln, in dem man sich befindet. Sich „mit dem Raum zu verbinden" ist hier das Thema. Der Patient soll sich vorstellen, wie er sich in einem engen Aufzug fühlt (wenig Raum: Menschen schauen zu den Zahlen im Aufzug und fühlen sich unwohl). Eine wichtige Übung für Sportler, die sich häufig sehr bewusst darüber sind, dass sie beobachtet werden. Dies kann zusätzliche Spannung/Stress hervorrufen, was auf Kosten der Leistung geht.

Variante 2

Der Aufbau ist derselbe aus Variante 1: Der Sportler liegt auf dem Rücken auf einer Massagebank, der Therapeut setzt sich seitlich auf die Höhe der Schulter des Sportlers.

Der Therapeut gibt Instruktionen, auf die der Sportler kurz reagieren kann, wenn er will. Mit zunehmender Entspannung wird dies abnehmen.

Bei jedem Schritt ist es wichtig, dass der Therapeut nachfragt, ob der Sportler die beschriebenen Gefühle auch wirklich empfindet. Wenn das schwierig wird, kann der Therapeut den Sportler begleiten. Es ist nicht wichtig, alles ganz genau nachzuempfinden – es geht um das Gefühl und nicht darum, etwas „richtig zu machen".

Instruktionen

1. Welchen Unterschied fühlst du vor und nach der ersten Übung?
2. Wir gehen nun einen Schritt weiter, du fühlst den Kontakt, den du mit der Bank hast, die hart/weich ist, stimmt das? Du kannst nicht nur ein Gefühl für den Kontakt bekommen, den dein Körper mit der Bank hat, sondern auch für die gesamte Bank, z. B. für die Tiefe, du fühlst die Weichheit des Schaumstoffs, man kann auch das Holz fühlen, auf dem der Schaumstoff befestigt ist. Denke dabei an das Balancieren eines Stocks auf deiner Hand: Wenn du den Stock senkrecht auf deiner Hand stehen lassen willst, richtest du dein Gefühl auf die Stockspitze; tust du das nicht, fällt er um. Versuche einmal zu fühlen.
3. Die Bank, auf der du liegst, schwebt nicht in der Luft, sondern steht auf Füßen, du kannst durch das Holz hindurch ein Gefühl dafür bekommen, wo diese Füße ungefähr stehen, probiere das einmal, setze die Bank förmlich auf ihre Füße auf den Boden.
4. Da die Bank nun auf dem Boden steht, kannst du ein Gefühl für den gesamten Boden entwickeln. Stelle dir z. B. vor, dass ein neuer Boden ins Zimmer rollen muss, mache dir keine Sorgen um die Sachen, die im Raum stehen. Es geht darum, dass du in den Ecken beginnst und der Boden von da aus durch das ganze Zimmer rollt.
5. Anschließend setzt du die Mauern auf den Boden, wir bauen also das Zimmer Schritt für Schritt auf. Bekomme mal das Gefühl für die Mauer an deinem Fußende. So wie du gerade den Boden ausgefüllt hast, kannst du dies auch mit den Mauern tun, du solltest den Boden bis zur Decke rollen können. Wenn du damit fertig bist, kannst du dies noch mit den Seitenwänden und danach mit dem Kopfende tun. (Das Tempo, mit dem dies geschieht, ist sehr unterschiedlich und es ist wichtig, dies mit dem Sportler durchzugehen. Der Therapeut macht diese Übung mit dem Sportler gemeinsam, da er so, falls nötig, leichter einlenken kann.) Gut, du hast nun den Boden und die Wände ausgefüllt und musst nur noch hoch zur Decke, mach dies einmal.
6. Du darfst nun deine Augen öffnen und kontrollieren, ob das, was du getan hast, ungefähr mit dem Raum übereinstimmt. (Stimmt es nicht, kann der Therapeut dazu auffordern, die Augen erneut zu schließen und es zu korrigieren.)

Zuletzt wird in einer Evaluation der Unterschied zwischen dem Anfang und dem Ende der Übung besprochen.

Variante 3

Bei dieser Variante werden die ersten beiden Übungen wiederholt, danach wird der Raum mit allen Gegenständen versehen, die darin stehen – mitsamt dem Therapeuten, der auch einen Platz im Raum zugewiesen bekommt.

Der Therapeut kann danach noch durch den Raum laufen und den Sportler auffordern, ihm zu folgen. Damit wird noch deutlicher an das Gefühl appelliert und es nähert sich den ADL-Situationen des Sportlers an, der seine Leistung z. B. auf der Laufbahn, in der Sporthalle oder auf dem Fußballfeld erbringt.

Neben diesen Übungen ist es möglich, eine lokale Spannung zu erzeugen, wobei der Effekt für die allgemeine Entspannung eher gering sein wird.

Zusatzübung

Ein Tennisball wird unter dem nackten Fuß hin und her bewegt, ohne dass der Ball wegrollt. Um den Ball kontrollieren zu können, muss ein Bein, das einen zu hohen Tonus aufweist, entspannen.

Das gleiche gilt für eine Hand. Abhängig von der Sportart kann man diese Übung anpassen. Je nachdem, ob die Stressproblematik des Sportlers mit seiner Sportart zu tun hat oder nicht, muss der Therapeut auch hier abwägen, ob er etwas Sportartspezifisches anbietet.

Literatur

Appels A, Bär F, van der Pol G, Erdman R, Assman M, Trijsburg W, van Diest R, van Dixhoorn J, Mendes de Leon C. Psychosom Med 2005; 67(2): 217–23.

Arvinen M, Hemmings BJ, Penny G, Corr S. Psychological Rehabilitation from Sports Injury: Issues in Training and Development of Chartered Physiotherapists. 2003.

Arvinen-Barrow M, Hemmings B. Investigation into the UK chartered physiotherapists' perceptions on the prevailing characteristics in defining coping success amongst injured athletes. Physical Therapy in Sport 2006; 7(4): 172–173.

Arvinen-Barrow M, Hemmings B. Using psychological intervention techniques in sports injury rehabilitation: Chartered physiotherapists in the UK tell their stories. Jyväskylä, Finland: Book of abstracts of the 12th Annual Congress of the European College of Sport Science July 11–14th, 2007; 558–559.

Bakker FC, Scheltes P. Presteren onder druk. Arnhem: NOC*NSF; 1991.

Bär F, van der Pol G, Erdman R, PhD, Assman M, Trijsburg W, van Diest R, van Dixhoorn J, Mendes de Leon C. Effects of treating exhaustion in angioplasty patients on new coronary events: Results of the randomized Exhaustion Intervention Trial. Psychosomatic Medicine 2005; 67: 217–223.

Benson H, Klipper NZ. The relaxation response: Updated and expanded. New York: Harper Collins; 2000.

Bernstein D, Borkovec T. Progressive relaxation: A manual for the helping professions. Champaign, IL: Research Press; 1973.

Bour EE, Hogeterp LC, Kok RL, Snel WN. Protocol adem- en ontspanningstherapie. 2005. http://scriptiesonline.bib.hva.nl/document/49778 (letzter Zugriff 20.09.2010).

Dimeo FC, Thomas F, Raabe-Menssen C, Pröpper F, Mathias M. Effect of aerobic exercise and relaxation training on fatigue and physical performance of cancer patients after surgery. A randomised controlled trail. Supportive Care in Cancer 2004; 12(11): 774–9.

Doemges D. Groepssessies ontspanning en inspanning bij reuma patiënten. Door deze oefeningen voel ik mij energieker. In: Beweging, maandblad van de reumapatiëntenbond 2005; 2: 14–15.

Gay M-C, Philippot P, Luminet O. Differential effectiveness of psychological interventions for reducing osteoarthritis pain: A comparison of Erickson hypnosis and Jacobson relaxation. European Journal of Pain 2002; 1(6): 1–16.

Gay M-C, Philippot P, Luminet O. European Journal of pain 2002. Volume 6(1): 1–16.Hamson-Utley JJ, Martin S, Walters J. Athletic trainers' and physical therapists' perceptions of the effectiveness of psychological skills within sport injury rehabilitation programs. Journal for Athletic Training 2008; 43(3): 258–264.

Hegner J. Training fundiert erklärt: Handbuch der Trainingslehre. Herzogenbuchsee: Ingold Verlag; 2006.

Kanji N, Ernst E. Autogenic training for stress and anxiety: A systematic review. Complementary Therapies in Medicine 2000; 8: 106–110.

Kanji N, White AR, Ernst A. Autogenic training for tension type headaches: A systematic review of controlled trials. Complementary Therapies in Medicine 2006; 14(2): 144–150.

Korstjens I, May AM, van Weert E, Mesters I, Tan F, Ros WJ, Hoekstra-Weebers JE, van der Schans CP, van den Borne B. Quality of life after self-management cancer rehabilitation: A randomized controlled trial comparing physical and cognitive-behavioral training versus physical training. Psychosom Med 2008; 70(4): 422–429.

McGuigan FJ. Progressive relaxation: Origins, principles, and clinical applications. In: Lehrer PM, Woolfolk RL (eds.). New York: The Guilford Press; 1993.

Mehling WE, Hamel KA, Acree M, Byl N, Hecht FM. Randomized controlled trial of breath therapy for patients with chronic low-back pain. Alternative Therapies 2005; 2(4): 44–52.

Orr H. The genetic theory of adaptation: A brief history. Nat Rev Genet 2005; 6(2): 119–127.

Ritz T, Roth WT. Behavioral Interventions in Asthma: Breathing Training. Behavior Modification 2003; 27: 710.

Scheufele PM. Effects of Progressive Relaxation and Classical Music on Measurements of Attention, Relaxation, and Stress Responses. Journal of Behavioral Medicine 2000; 23(2): 207–228.

Schuijers R. Over scherp zijn gesproken. Houten: Bohn Stafleu van Loghum; 1997.

Shumway-Cook A, Woolacott M. Motor Control: Translating Research into Clinical Practice. London: Lippincott Williams & Wilkins; 2007.

Stetter F, Kupper S. Autogenic training: A meta-analysis of clinical outcome studies. Applied Psychophysiology and Biofeedback 2002; 27(1): 45–98.

van Cranenburgh B. Neurowetenschappen. Maarsen: Elsevier gezondheidszorg; 2004.

van Dixhoorn J, White A. Relaxation therapy for rehabilitation and prevention in ischaemic heart disease: A systematic review and meta-analysis. European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation 2005; 12(3): 193–202.

van Dixhoorn J. Gunstige effecten van adem- en ontspanningsinstructie in de hartrevalidatie: Een gerandomiseerd follow-up onderzoek gedurende 5 jaar. Ned Tijdschrift Geneeskunde 1997; 141(11): 530–534.

Veldman F. In contact zijn: Authentieke Haptonomie, een andere kijk op hulpverlenen. Assen: Koninklijke Van Gorcum BV; 2004.

3.2 Physikalische Therapie

Sportphysiotherapeuten nutzen physikalisch-therapeutische Maßnahmen, um bei Sportlern leistungslimitierende Faktoren zu vermindern, um potenziellen Verletzungsgefahren präventiv zu begegnen (z. B. durch Tapen) und um nach Verletzungen sofortige Erstmaßnahmen zu ergreifen, die die Schädigungen möglichst rasch begrenzen. Voraussetzungen für den Einsatz der physikalischen Therapie sind unter anderen sportmedizinische Kenntnisse, Zusatzqualifikationen und der Befund des Sportphysiotherapeuten, der bei Wettkämpfen Verletzungen schnell erkennen und einordnen können muss (Rausch 2007). Dieses Kapitel beschreibt wesentliche physikalisch-therapeutische Methoden (Massage, manuelle Lymphdrainage, Kryotherapie, Elektrotherapie und Taping) und geht auf das Zusammenwirken von aktiven und passiv-physikalischen Maßnahmen ein.

3.2.1 Massage

Rolf Strasser, Bernhard Reichert

Massage im klassischen Sinn ist definiert als das mechanische Beeinflussen von Haut, Unterhautbindegewebe, Muskeln und Sehnen mittels spezieller Handgriffe (z. B. Pétrissage/Knetungen, Effleurage/Streichungen, Friktionen/Reibungen, Unterhautfaszienstriche) zu Heilzwecken. Therapeuten wenden Massagetechniken insbesondere bei Störungen des Bewegungssystems an; Grundlagen zur Dosierung (Griffauswahl, -intensität) sind unter anderen Inspektion und Palpation (Lokalisation und Art der Gewebeveränderung) (physiolexikon 2010). Für die Sportphysiotherapie eignen sich die im Folgenden beschriebenen Methoden und Techniken der Massage.

Sportmassage

Die Sportmassage ist die Ausführung der klassischen Massage am Sportler zum Zweck der Prävention, Vorbereitung und Regeneration mit dem Ziel der Leistungsverbesserung und Wiederherstellung des Leistungsniveaus nach sportlicher Belastung. Andere Formen physiotherapeutischer Maßnahmen lassen sich mit ihr gut verbinden: z. B. Thermo- und Bewegungstherapie. Die beabsichtigten Wirkungen ähneln der klassischen Massagetherapie:

- Einwirkung auf die Tonuslage (Steigerung oder Senkung des Muskeltonus)
- Verbesserung der lokalen Trophik durch Erhöhung des An- und Abtransport im Stoffwechsel
- Förderung des arteriellen Angebots und Verbesserung des venösen Rückstroms
- Lockerung von Adhäsionen in Haut und Muskulatur
- Einwirkung auf psychische Parameter des Sportlers

Innerhalb der Sportmassage unterscheidet man verschiedene Formen nach Zeitpunkt und Zielsetzung:

- Trainingsmassage
- Vorbereitungs- oder Vorwettkampfmassage
- Zwischenwettkampfmassage
- Regenerations- oder Entmüdungsmassage

Diese Formen unterscheiden sich durch den benötigten Zeitaufwand, die Art der eingesetzten Techniken, deren Intensität, den Zeitpunkt hinsichtlich der Sportausübung, die Art der sportlichen Betätigung.

Trainingsmassage

Hier hat der Therapeut die Aufgabe, die Verletzungen aus Training und Wettkampf (z. B. Muskelzerrung) in Ruhe zu untersuchen und ausgiebig zu behandeln. Meistens wird für die Massage ein Umfang von 30 min angesetzt.

Vorbereitungs- oder Vorwettkampfmassage

Innerhalb einer kurzen Behandlung soll die Muskulatur auf die Art der Belastung während eines Wettkampfs vorbereitet werden. Im Allgemeinen geht das mit Lockerung und Tonisierung der Muskulatur einher. In dieser Behandlungszeit hat der Therapeut die Aufgabe, psychologisch auf den Sportler einzuwirken. Er kann versuchen, ihn zu beruhigen oder auch anzuspornen. Mit einem funktionellen Verband kann die Behandlung kombiniert werden, um die Stabilität eines Gelenks zu unterstützen.

Beispiel

Zur Lockerung der Ober- und Unterschenkelmuskulatur werden *Schüttelungen* typischerweise in der Sportmassage eingesetzt. Das Knie wird angewinkelt, der Fuß rutschsicher aufgestellt. Beide Hände werden seitlich am Oberschenkel aufgelegt. Sie führen eine schnelle wechselseitige anteriore/posteriore Bewegung unter Beibehaltung des Kontaktes aus. Dabei können die Hände quer oder auch längs zum Oberschenkel aufgelegt werden (**Abb. 3.7**).

Zwischenwettkampfmassage

Diese Form wird eher bei Einzelsportarten eingesetzt, die mit Pausen oder einem Wechsel der Sportarten (z. B. Zehnkampf) einhergehen. Hinsichtlich der Zielsetzungen stellt sie eine Mischung aus Regenerations- und Vorwettkampfmassage dar. Zum einen will man eine Entmüdung der zuvor beanspruchten Muskulatur bewirken, zum anderen sollte man die Tonuslage rechtzeitig zum nächsten Wettkampf wiederherstellen. Meistens hat man hierfür, je nach Wettkampfpause 15–20 min Zeit.



Abb. 3.7 Schüttelungen innerhalb der Sportmassage.

Regenerations- oder Entmüdungsmassage

Mit einer Dauer von 30–60 min oder länger ist dies die längste Form der Sportmassagen. Mit tiefen, verformenden und dehnenden Griffen (Knetungen, Walkungen) wird versucht, die Stoffwechselendprodukte (z. B. Laktat, Harnstoff und Kreatinkinase) sowie Entzündungsmediatoren (z. B. Myoglobin und Interleukin-6) in der Muskulatur zu mobilisieren und die Aufnahme in die ableitenden Gefäße zu beschleunigen. Mit ausgiebigen Streichungen oder in Kombination mit Anteilen der manuellen Lymphdrainage wird der venöse und lymphatische Abtransport der Metabolite beschleunigt. Ganz entscheidend sind die psychologischen Effekte dieser Massage. Bereiche positiver Befindlichkeit, wie z. B. Aktiviertheit, Konzentriertheit und Selbstsicherheit können gesteigert und Bereiche negativer Befindlichkeit wie Müdigkeit, Benommenheit, Erregtheit und Deprimiertheit gesenkt werden. Dies trägt erheblich zur Regeneration des Sportlers bei. Die Behandlungssituation bietet dem Therapeuten aber auch die Möglichkeit, bei geschilderten Verletzungen eine erste Untersuchung des betroffenen Gebiets durchzuführen und erste Maßnahmen einzuleiten.

Weichteiltechniken

Der Begriff Weichteiltechnik hat seinen Ursprung in der manuellen Therapie, vorwiegend mit Bezug auf die Wirbelsäule (Winkel 1993, Dahl 2000). In der Vorbereitung auf eine schmerzlindernde oder mobilisierende Behandlung einzelner Wirbelsäulenabschnitte mit manualtherapeutischen Techniken werden muskelverformende und detonisierende Griffe eingesetzt. Sie stellen den ersten Berührungskontakt für den Patienten dar und bereiten ihn z. B. auf folgende intensivere Mobilisationstechniken vor. Lokale, segmentale Funktionsprüfungen oder Provokationstests, die auf einer sehr genauen Palpation basieren, benötigen häufig auch die Vorbereitung durch Weichteiltechniken. Erst nach Detonisierung der paravertebralen Muskulatur lassen sich knöcherne Strukturen oder Facettengelenke erheblich sicherer ertasten (Reichert 2007, S. 205). Muskelverformende Griffe werden durch gleichzeitige Bewegungen des Wirbelsäulenabschnitts unterstützt. Auch diese haben schon einen leichten mobilisierenden und schmerzlindernden Effekt. Das Ausmaß der eingesetzten Bewegung sollte im schmerzfreien Bereich liegen, eine Beweglichkeitsprüfung vor der Therapie ist unbedingt erforderlich.

Beispiel

Vorbereitung von manualtherapeutischen Techniken mit lumbaler Seitneigung. Wendet ein Therapeut die *lumbale Weichteiltechnik mit Seitneigung* an, liegt der Patient in Seitenlage, die Wirbelsäule ist in der Nullstellung und die zu detonisierenden Weichteile liegen auf der oberen Seite. Der Therapeut steht vor dem Patienten, seine Hände umfassen mit den Fingerkuppen die paravertebrale Muskulatur der oben liegenden Seite. Die Daumen haken sich lateral an der Muskulatur an. Beide Unterarme des Therapeuten liegen seitlich auf dem Rumpf des Patienten. Der kraniale Arm liegt mit wenig Druck auf. Der kaudale Arm nimmt deutlichen Kontakt mit dem Trochanter major auf. Er wird den maßgeblichen Schub zum Entstehen der geplanten Bewegung – hier der Seitneigung – erbringen. Beide Hände greifen den Rückenstrecker und dehnen ihn nach oben, weg von der Wirbelsäule, die Fingerkuppen ziehen und die Daumen gehen etwas auseinander. Dieser Griff verformt die Muskulatur quer zu ihrer Faserrichtung. Gleichzeitig schiebt der kaudale Unterarm des Therapeuten das Becken nach kaudal und bewirkt so eine Seitneigung der Lendenwirbelsäule und des thorakolumbalen Übergangs. Diese Bewegung verformt die Muskulatur in Längsrichtung. Die Technik kann mit wiederholten rhythmischen Bewegungen oder statisch durchgeführt werden. Bearbeitet wird ein Bereich oder der gesamte lumbale Abschnitt der Muskulatur (**Abb. 3.8** a–b).

Funktionsmassage

Die Funktionsmassage entwickelte Evjenth im Rahmen des Kaltenborn/Evjenth-Konzepts (Evjenth u. Hamberg 1993). Die Zielsetzungen ähneln denen der Weichteiltechniken. Auch diese Form der Massage arbeitet mit Bewegung an den Extremitäten. Ihre Effekte sind Tonussenkung, Lösen von Adhäsionen zwischen den Gewebsschichten und die Vorbereitung auf mobilisierende Gelenktechniken. Nach der Funktionsprüfung der beteiligten Gelenke wird der zu bearbeitende Muskel passiv angenähert, quer zu seinem Faserverlauf verformt und mit einer passiven Bewegung verlängert. Die Wirkung kann durch Unterstützung mit reziproker Hemmung oder postisometrischer Relaxation (PIR) noch gesteigert werden. Nahezu jeder große Extremitätenmuskel ist zur





Abb. 3.8 Lumbale Weichteiltechnik mit Seitneigung.
a Griffanlage in Annäherung.
b Bewegung in Seitneigung und gleichzeitiger Massagegriff.





Abb. 3.9 Funktionsmassage ischiokrurale Muskulatur.
a Griffanlage in Annäherung.
b Bewegung in Knieextension und gleichzeitiger Massagegriff.

Funktionsmassage geeignet. Mit der Funktionsprüfung testet man das schmerzfrei zur Verfügung stehende Bewegungsausmaß, das zur Technik genutzt werden kann. Das bedeutet, dass man Funktionsmassagen auch dann einsetzen kann, wenn das gesamte Bewegungsausmaß noch nicht beschwerdefrei zur Verfügung steht. In jedem Fall sollte die Technik keine zusätzlichen Beschwerden an Gelenken oder Weichteilen hervorrufen, die sich noch in den ersten beiden Phasen der Wundheilung befinden. Das schmerzbedingte Limit des Patienten gilt als maßgebliche Grenze der passiven Bewegungen.

Beispiel

Bei der *Funktionsmassage der ischiokruralen Muskelgruppe* ist die Verbesserung der Extension im Kniegelenk das Ziel. Der Patient wird in Bauchlage und das Kniegelenk mit proximaler Polsterung gelagert. Daraufhin wird die mögliche schmerzfreie Knieextension passiv geprüft. Mit mäßiger Knieflexion werden die ischiokruralen Muskeln passiv angenähert. Eine Hand des Therapeuten betont durch flächigen Druck einen Muskelabschnitt und verformt den Muskel mit einem queren Schub oder proximal gerichteter Längsdehnung. Die zweite Hand umfasst den distalen Unterschenkel und bewegt das Kniegelenk in Extension. Die Ausführung ist langsam rhythmisch oder statisch. Gedehnt wird immer der Muskelabschnitt zwischen dem Gelenk und der verformenden Hand (**Abb. 3.9** a–b).

Querfriktionen nach Cyriax

Querfriktionen (Deep Friction) nach Cyriax sind die manuellen Techniken der Wahl bei Affektionen der Weichteile des Bewegungssystems. Dies sind vor allem:

- Zustände nach muskulären Verletzungen (z. B. Muskelfaserriss)
- Zustände nach kapsulären Verletzungen (z. B. Varus-Inversionstrauma)
- Tendopathien (Tendinitis, Tendinosis)
- Insertionstendopathien
- Tendosynovitiden

Die von Dr. James Cyriax entwickelten Techniken wurden in Deutschland für Therapeuten bereits 1983 zugänglich. Im Rahmen der Qualifikation der Olympiatherapeuten für Los Angeles 1984 wurden z. B. in Bremen 20 Therapeuten aus Baden-Württemberg in dieser Technik von Dr. Hirschfeld und Dos Winkel ausgebildet.

Wirkungen

Therapeuten setzen Querfriktionen ein, um folgende Wirkungen zu erzielen:

- Schmerzlinderung bei entzündlichen Affektionen: Die Wirkungsweise ist derzeit immer noch nicht ganz geklärt. Die meisten Modelle gehen von einem Überdeckungseffekt (Counter Irritation) und Hemmung auf spinaler Ebene aus.
- Schmerzlinderung bei Tendinosen: Insbesondere die Achillessehne, das Lig. patellae und die Sehne des M. supraspinatus zeigen im Rahmen von degenerativen Veränderungen Reparaturmechanismen, die mit lokaler Neovaskularisation einhergehen (Alfredson 2004). Diese neuen Kapillaren werden von Nervenzellen begleitet, die besagte Sehnen bei Muskelkontraktion und Dehnung schmerzempfindlich machen. Derzeitige physiotherapeutische Maßnahmen stützen sich auf umfangreiches und intensives exzentrisches Krafttraining (Öhberg u. Alfredson 2004). Hierdurch werden ein Rückgang der Neovaskularisation und erneute Schmerzfreiheit der Sehnen bewirkt. Eine Pilotstudie der International Academy of Orthopedic Medicine (www.iaom.eu) hat gezeigt, dass mit sehr intensiven Friktionen ein ähnlicher schmerzlindernder Effekt zu erzielen ist. Nach intensiven Querfriktionen von 20 min Dauer konnte im Doppler-Ultraschall eine Durchblutungszunahme beobachtet werden. Dies hat auch Alfredson zu Beginn des exzentrischen Trainings gesehen. Diese Mehrdurchblutung könnte eine Art Spüleffekt auf die schmerzauslösenden Substanzen in der betroffenen Sehne verursachen und die beobachtete Schmerzlinderung bewirken. Dies könnte ein gutes Erklärungsmodell für den schmerzlindernden Effekt bei Tendinosen haben und bestätigt die Erfahrung viele Therapeuten, gute Ergebnisse in der Anwendung hoher Intensitäten zu erzielen. Zukünftige Forschung wird den Zusammenhang genau untersuchen.
- Adhäsionen vermeiden und lösen: Die kollagenen Fasern der Bindegewebe werden mobilisiert und die Bindung von Wasser innerhalb der Matrix erhöht. Dies führt zu einer besseren Verschieblichkeit der kollagenen Fasern und einer Zunahme an Mobilität. Mit dieser Zielsetzung arbeitet man begleitend in der 2. und 3. Wundheilungsphase.

Ausführung der Querfriktionen

Die folgenden Verfahrensweisen kennzeichnen die Ausführung der Querfriktionen bei entzündlichen Affektionen:

- exakte Indikationsstellung nach Anamnese und Funktionsprüfung
- genaue Lokalisation der betroffenen Struktur durch provokative Palpation
- Durchführung:
  - quer zum Faserverlauf der betroffenen Struktur (z. B. Sehne, Insertion)
  - sehr lokale Anwendung mit kurzem Weg des massierenden Fingers (0,5–2 cm)
  - Ausführung mit beschwertem Zeigefinger oder Daumen
  - submaximale Intensität etwa im Sekundenrhythmus
  - Mitbewegung der ganzen Haut – keine Reibung
  - Druckbetonung nur in eine Richtung
  - Besonderheiten der Ausführung bei Tendinosen:
  - längs- oder quer zum Faserverlauf
  - hohe Intensität
  - Druckbetonung in beide Richtungen

Intensität

Querfriktionen dürfen vom Patienten deutlich empfunden werden, aber nicht ausdrücklich schmerzhaft sein. Er sollte nicht mehr als Stufe 3 von 10 der visuellen Analogskala (VAS) für Schmerzen verspüren. Ausnahmen bilden die Anwendungen bei Tendinosen. Die Intensität wird so gewählt, dass der Sportler die Behandlung noch ertragen kann. Da die Bewertung des schmerzlindernden Effekts von den Angaben des Patienten abhängt, sollte er zu Beginn der Behandlung bewusst wahrnehmen, wie intensiv die Querfriktionen ausgeführt werden. Ein Nachlassen der Schmerzen ist bereits nach wenigen Minuten zu erwarten. Hiernach kann entweder die Intensität erneut verstärkt oder eine benachbarte, jetzt schmerzhaftere, Stelle gesucht werden.

Anwendung

Die Querfriktionen können innerhalb einer Behandlung über mehrere Minuten eingesetzt und von thermischen oder elektrotherapeutischen Anwendungen sowie Funk-



Abb. 3.10 Querfriktion nach Cyriax an der Insertion des M. peronaeus brevis.

tionsmassagen ergänzt werden. Das Behandlungsergebnis wird durch Bewegungsprüfung der beteiligten Gelenke oder Aktivität der betroffenen Muskeln gegen maximalen Widerstand bewertet.

Beispiel

Bei einer bestehenden Insertionstendopathie des M. peronaeus brevis behandelt der Therapeut die Insertion mit *Querfriktionen* (**Abb. 3.10**). Innerhalb einer Funktionsprüfung des Fußes werden die Beschwerden bei einseitigem Zehenstand, Aktivität gegen Widerstand in Richtung Plantarflexion mit Abduktion und Pronation und gegebenenfalls Dehnung der Muskulatur deutlich. Die Lokalisation ist an der Basis der Metatarsale V. Der Fuß wird in leichter Abduktion und Pronation gehalten, damit sich die Sehne etwas entspannt und palpatorisch den Zugang zur Insertion freigibt. Der beschwerte Zeigefinger wird mit der Fingerbeere gegen die Basis gestellt. Der Therapeut stabilisiert die Grifftechnik, indem er seinen Daumen an den medialen Fußrand legt. Unter leichtem Druck führt er seinen Zeigefinger auf kurzem Weg nach plantar, wobei er die Haut mitnimmt. Dann wird der Druck gegen die Insertion verstärkt und der Finger wieder nach dorsal gezogen. Die Bewegung erfolgt dabei aus dem Handgelenk, die Fingergelenke sind an der Bewegung nicht beteiligt.

Triggerpunkt-Massage

Der Begriff Triggerpunkt-Massage, so wie man ihn derzeit versteht, geht auf Veröffentlichungen von Janet G. Travell und David G. Simons zurück (Travell u. Simons 2002). Die Triggerpunkt-Massage gehört zu einer Auswahl an Behandlungstechniken zum Lösen von Triggerpunkten:

- Sprühen (Kühlspray) und Dehnen
- Triggerpunkt-Lösen durch Druck
- verschiedene Massageformen
- verschiedene Entspannungstechniken
- Infiltration

Triggerpunkte sind Zentren erhöhter Reizbarkeit in einem Gewebe, die bei direkter Kompression lokal sehr empfindlich sind. Man unterscheidet je nach Lokalisation myofasziale, kutane, fasziale, ligamentäre und periostale Triggerpunkte, wobei die myofaszialen die größte Bedeutung haben. Je nach klinischer Bedeutung unterscheidet man aktive und latente, zentrale und assoziierte sowie primäre und sekundäre Triggerpunkte. Etwas Verwirrung besteht hinsichtlich der Abgrenzung der „Myogelose“ als bislang vorherrschender Begriff zum Triggerpunkt als neuartige Bezeichnung schmerzhafter Muskelpunkte. Verschiedene Definitionsversuche lassen erkennen, dass Myogelosen als eine Ansammlung von Triggerpunkten zu verstehen sind. Das Besondere an den Triggerpunkten ist die Möglichkeit, per EMG eine erhöhte elektrische Aktivität abzuleiten. Nach Travell und Simons sind myofasziale Triggerpunkte eine häufig übersehene und missverstandene Quelle quälender, weit verbreiteter muskuloskeletaler Schmerzen. Eines der ersten Anzeichen für das Vorhandensein eines Triggerpunkts stellt eine Einschränkung der Gelenkbeweglichkeit dar, die durch mangelnde und schmerzhafte Muskeldehnfähigkeit hervorgerufen wird. Ein Triggerpunkt macht sich als knotige Struktur innerhalb eines palpierbar verspannten Faserbündels bemerkbar, wobei der durch Druck erzeugte Schmerz vom Patienten wiedererkannt wird und gegebenenfalls auch ausstrahlende Schmerzen in typische zuzuordnende Gebiete verursacht (übertragener Schmerz). Triggerpunkte liegen an ganz typischen und konstant auftretenden Stellen des Bewegungssystems. Ihre Lokalisationen und Ausstrahlungsgebiete sind auf speziellen Karten vermerkt. Die Durchführung der Triggerpunkt-Massage ist weder für den Patienten noch für den Therapeuten angenehm. Die Massage ist durch einen massiven direkten Druck auf den entsprechenden Punkt gekennzeichnet. Anstrengend für den Therapeuten und schmerzhaft für den Patienten, der durch den Therapeuten beabsichtigt auf der VAS für Schmerzen eine 6–8 von 10 verspüren soll. Dafür werden 70–80 % der Triggerpunkte und damit auch die verbundenen Schmerzausstrahlungen und Beweglichkeitsstörungen in der ersten Behandlung gelöst.

Zusammenfassung

Sportphysiotherapeuten nutzen häufig Sportmassagen, manualtherapeutische Weichteiltechniken und Funktionsmassagen, Querfriktionen sowie Triggerpunkt-Massagen zur Unterstützung der aktiven Therapie. *Sportmassagen* können als Trainings- oder Wettkampfmassagen (zur Vorbereitung, anschließend zur Regeneration oder zwischendurch sowohl zur Erholung als auch zur Vorbereitung) eingesetzt werden. Ziele und Wirkungen der jeweiligen Griffe entsprechen den klassischen Massagetechniken. *Weichteiltechniken* setzen Manualtherapeuten zur Vorbereitung auf schmerzreduzierende oder mobilisierende Behandlungen ein. Voraussetzung ist eine Beweglichkeitsprüfung. Die *Funktionsmassage* nutzt zusätzlich Extremitätenbewegungen zur Verbesserung der Beweglichkeit. *Querfriktionen* nach Cyriax vermindern Schmerzen und lösen Adhäsionen bei Weichteilstörungen. Die für den Patienten schmerzhafte *Triggerpunkt-Massage* ist eine effektive Maßnahme, um Triggerpunkte zu lösen und ausstrahlende Schmerzen zu reduzieren.

3.2.2 Manuelle Lymphdrainage

Rolf Strasser, Bernhard Reichert

Die Manuelle Lymphdrainage (ML) ist eine komplexe Behandlungsform, die hier nur im Ansatz beschrieben werden kann, denn eine umfassende Darstellung, die der Behandlungsform gerecht wird, würde den Rahmen dieses Übersichtskapitels sprengen.

Geschichte

Die Manuelle Lymphdrainage geht auf die Erfahrungen des dänischen Ehepaares Vodder aus den 1930er-Jahren zurück. Sie bezeichneten selbst die Lymph-Drainage-Massage als Abwandlung der klassischen (schwedischen) Massage. 1963 experimentierte der Essener Arzt Dr. Asdonk mit dieser Methode (Bringezu 2006). Die wissenschaftliche Untermauerung erfolgte durch Arbeiten von Prof. Kuhnke und Prof. Földi, die maßgeblich zur Etablierung der Manuellen Lymphdrainage beitrugen (Földi 2005). Zahlreiche Schulen und Gesellschaften sind seither gegründet worden und untermauern die heutige Bedeutung innerhalb der Physikalischen Therapie. Sie findet in mehreren medizinischen Disziplinen Anwendung, unter anderem in der Sportphysiotherapie zur Behandlung von Patienten mit posttraumatischen und postoperativen Zuständen.

Wirkungen

„Das Ziel der Grifftechnik der manuellen Lymphdrainage ist es vor allem, den Abstrom aus dem Gewebe zu fördern, ohne gleichzeitig den Zustrom zu verstärken“ (Bringezu u. Schreiner 1987, S. 124). Dies beinhaltet:

- Verschieben der Gewebsflüssigkeit (Flüssigkeit außerhalb der Lymphgefäße) und Lymphe (Flüssigkeit innerhalb der Lymphgefäße)
- verbesserte Lymphbildung (Aufnahme von Flüssigkeit in die Lymphgefäße)
- Anstieg der Lymphangiomotorik
- Lockerung von proliferiertem fibrosiertem Bindegewebe

Daher kommt die Manuelle Lymphdrainage bei einer Vielzahl von Indikationen, die mit einer Schwellung einhergehen, zur Anwendung. Um die besondere Wertigkeit dieser Therapieform zu unterstreichen, sollte betont werden, dass ihre Wirkungsweise exakt wissenschaftlich untermauert ist (Földi 2005). Nicht selten stellt sie die Basis für andere Therapieformen dar. Besonders in der orthopädischen Rehabilitation sorgt die Entstauung operierter Gelenke für ein verbessertes Milieu im Gewebe, reduziert Schmerzen und beschleunigt die Rückkehr der Beweglichkeit. Wenn anhaltende und gegebenenfalls eiweißreiche Ödeme nicht behandelt werden, können als Folgeschäden Stauungsschmerzen, Mobilitätsverlust, Fibrosierung des ödematösen Gewebes und dermatologische Probleme (z. B. Ulzerationen) auftreten.

Technik und Behandlungsaufbau

Die Manuelle Lymphdrainage zeichnet sich gegenüber anderen mechanischen Therapieformen vor allem durch die charakteristischen Griffe und die Indikationen dieser Therapieform aus. Die 7 Charakteristika der Griffe sind:

- **Druckintensität:** Die Griffstärke soll so leicht sein, dass lediglich die Reabsorption von Gewebsflüssigkeit gefördert wird. Zudem muss sie so stark sein, dass dabei das Gewebe ausreichend verformt wird. Im Allgemeinen wird die Manuelle Lymphdrainage mit sehr sanften und runden Griffen ausgeführt.
- **Druckablauf:** Der Druck wird einschleichend in Abflussrichtung der Lymphgefäße aufgebaut und mindestens 1 sec gehalten (Schubphase). Die Entspannungsphase beginnt mit dem Nachlassen des Schubes und Halten des Hautkontaktes für die Dauer einer kleinen Pause.
- **Rhythmus:** Es hat sich herausgestellt, dass es besonders wirkungsvoll ist, wenn jeder Griff an derselben Stelle 5- bis 7-mal wiederholt wird, bevor Griff oder Applikationsstelle wechseln.
- **Behandlungsfläche:** Typisch für die Griffe der Manuellen Lymphdrainage ist die möglichst große Fläche, die bei jeder Technik behandelt wird. Die Anregung der Lymphangiomotorik und die Füllung der kleinsten Lymphgefäße sind dann besonders effektiv.
- **Richtung der Druckbetonung:** Die Richtung der Schubphase orientiert sich an der Abflussrichtung der großen Lymphgefäße und den zugeordneten regionä-

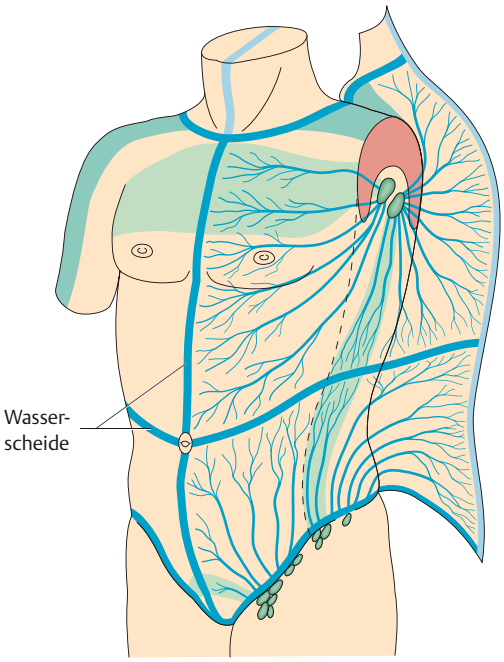


Abb. 3.11 Topografie der Lymphgefäße: Die Lymphflüssigkeit fließt von den Wasserscheiden zu den Lymphknoten.

ren Lymphknoten. Üblicherweise wird in Abflussrichtung geschoben.

- **Griffreihenfolge und Behandlungsaufbau:** Typischerweise werden erst die proximalen Abflussgebiete entstaut und dann die Flüssigkeit aus der Peripherie nach proximal verschoben. Demnach beginnen die Griffe proximal; distale Behandlungsgebiete werden nachfolgend behandelt. Die Anwendung wird häufig mit einer Hals- bzw. Bauchbehandlung vorbereitet. Hier werden zentrale Abflussgebiete frei gemacht und die Lymphangiomotorik insgesamt stimuliert. Einleitende sanfte Streichungen erleichtern die Kontaktaufnahme an den Extremitäten. Zunächst werden die regionären Lymphknoten (z. B. in der Axilla oder Leiste) entstaut. Danach arbeitet man sich mit den jeweiligen Griffen von zentral nach peripher und von der Peripherie aus zurück (**Abb. 3.11**).

Griffe

Alle Griffe gehen auf 4 verschiedene Grundformen zurück. Jeder dieser Griffe hat sein eigenes Einsatzgebiet und seine besondere Wirkungsweise. Neben diesen Grundformen gibt es noch weitere Kombinationen und Spezialgriffe. Die 4 Grundgriffe sind:

- stehende Kreise
- Pumpgriff
- Schöpfgriff
- Drehgriff



Abb. 3.12 Stehende Kreise.

Stehende Kreise

Möglichst großflächig werden Finger und gegebenenfalls die ganze Hand auf die Oberfläche aufgelegt (**Abb. 3.12**). Mit kreisförmigen Bewegungen wird die „darunterliegende Haut und Unterhaut kreisförmig dehnend verschoben“ (Bringezu u. Schreiner 1987, S. 129). Dabei nimmt der Druck allmählich zu (Druckphase und kontinuierlich ab (Nullphase). Die kreisförmige Bewegung der Druckphase sollte gemäß dem Lymphabfluss und den regionären Lymphknoten ausgerichtet sein. Der Hautkontakt bleibt ständig erhalten; es wird nicht über die Haut gerieben. Üblicherweise wird die Technik 5- bis 7-mal an gleicher Stelle wiederholt, bevor man die stehenden Kreise an einer anderen Stelle wiederholt oder zur nächsten Technik übergeht.

Pumpgriff

In der ersten Phase (Nullphase) werden Daumen, Zeigefinger und die dazwischenliegende Schwimmhaut sehr steil auf die Oberfläche aufgelegt (**Abb. 3.13** a). Daraus ergibt sich, dass dieser Griff vorzugsweise an den Extremitäten eingesetzt wird. Die Schubphase beginnt mit dem Ablegen der gesamten Hand auf der Oberfläche und endet in einer schiebenden Dehnung der Haut, aus der sich die Hand passiv zurückführen lässt (**Abb. 3.13** b). Danach wird die Hand eine kurze Strecke weiter proximal aufgesetzt und der Griff erneut durchgeführt. Man kann somit einen Behandlungsabschnitt wie den Oberschenkel kontinuierlich von distal nach proximal ausarbeiten. Der Pumpgriff kann einhändig oder beidhändig parallel oder beidhändig im Wechsel eingesetzt werden.

Schöpfgriff

An den distalen Abschnitten der Extremitäten (Unterarm, Unterschenkel) kommt eher der Schöpfgriff zum Einsatz. Daumen und die radiale Seite der Hand werden zunächst quer zum Verlauf der Extremität und steil gegen die Haut gestellt (**Abb. 3.14** a). Mit Beginn der Schubphase legt





Abb. 3.13 Pumpgriff am Oberschenkel.





Abb. 3.14 Schöpfgriff am Unterschenkel.
a Anlage der Hand.
b Schubphase.

sich die Hand auf die Oberfläche ab und die Finger drehen in den Verlauf der Extremität (**Abb. 3.14** b). Dabei „entsteht ein korkenzieherartiges Verschieben der Haut von distal nach proximal" (Bringezu u. Schreiner 1987, S. 132). Auch dieser Griff kann beidhändig im Wechsel durchgeführt werden. In der Intensität gehört er zu den leichtesten Griffen.

Drehgriff

Dieser ein- oder beidhändige Griff, parallel oder im Wechsel durchgeführt, ist besonders für die Durchführung an großflächigen Partien wie z. B. am Rumpf geeignet. Typisch für diese Technik sind das Heben des Handtellers aus einer flach aufliegenden Ausgangsposition (Nullphase), das Fortbewegen der Finger um den feststehenden Daumen und das Senken der Hand mit Drucksteigerung. Letztlich entsteht eine großflächige und kreisförmige Gewebeverformung, die den Transport in Richtung regionärer (inguinal oder axillärer) Lymphknoten ermöglicht (Bringezu u. Schreiner 1987, S. 134).

Quergriff

Neben den 4 Grundgriffen gibt es noch eine Reihe von Spezial- oder Kombinationsgriffen, wie beispielsweise den Quergriff. Hier verbindet man die speziellen Wirkungen des Pumpgriffs und der stehenden Kreise. Die distale Hand wird zu einem Pumpgriff aufgesetzt, während die proximale in der Nullphase drucklos wartet (**Abb. 3.15** a). Zunächst vollzieht die distale Hand den kompletten Ablauf eines Pumpgriffs und danach schiebt die proximale Hand die lymphpflichtige Last mit einem stehenden Kreis nach proximal weiter (**Abb. 3.15** b).

Ödemgriff

Um die Wirkung der Grund- und Kombinationsgriffe in der Ödembehandlung zu ergänzen, wurden die Ödemgriffe entwickelt (**Abb. 3.16**). Man setzt sie vor allem bei starken Ödemen mit Fibrosierung des Gewebes ein. Sie werden deutlich fester und langsamer als die Grundgriffe durchgeführt. Sie wirken verdrängend und verschiebend auf das Ödem und sollen Fibrosierungen lockern. Zur





Abb. 3.15 Quergriff am Oberschenkel.
a Anlage der Hand.
b Schubphase.



Abb. 3.16 Ödemgriff am Fuß.

exakten und angepassten Ausführung braucht der Therapeut sehr viel Erfahrung und eine sachgemäße Ausbildung.

Ergänzende Maßnahmen

Die Manuelle Lymphdrainage kann durch folgende Maßnahmen hervorragend unterstützt werden:

- Kompressionsbandagen
- maßgefertigte Kompressionsstrümpfe
- Hochlagerung der betroffenen Extremität
- entstauende Übungen
- Bauchatmung

Kompressionsbandagen und Bestrumpfung sind die wichtigsten Ergänzungen. Sie garantieren den Behandlungserfolg der Manuellen Lymphdrainage und sind daher genauso akkurat durchzuführen. Alle Maßnahmen werden in dem Begriff der Komplexen Physikalischen Entstauungstherapie zusammengefasst.

Zusammenfassung

Die *Manuelle Lymphdrainage* setzen Sportphysiotherapeuten zur Behandlung posttraumatischer Zustände ein, um Ödeme zu reduzieren. Man unterscheidet Grundgriffe (stehende Kreise, Pump-, Schöpf- und Drehgriff), Spezial- bzw. Kombinationsgriffe sowie die Ödemgriffe. Die Manuelle Lymphdrainage ist meist eine Komponente der Komplexen Physikalischen Entstauungstherapie. Kompressionsbandagen und maßgefertigte Kompressionsstrümpfe sind erforderlich, um den Behandlungserfolg zu sichern.

3.2.3 Kryotherapie

Heinz-Otto Junker

Der Begriff *Kryotherapie* kommt aus dem Griechischen, *kryo* bedeutet „kalt“. Kryotherapie steht demzufolge für die Therapie mit Kälte und ist ein Sammelbegriff für alle Behandlungsverfahren, die mit der Anwendung von Kälte arbeiten. Schon in der Antike gehörten Wärme- sowie Kälteanwendungen zu den gängigen medizinischen Behandlungsmethoden. So applizierte man im alten Ägypten kalte Umschläge mit essigsaurer Tonerde auf schmerzende Körperteile und auch Hippokrates und Celsus empfahlen Kälteanwendungen. Anwendungsgebiete der Kryotherapie sind z. B. die Physiotherapie in der *Traumatologie* und die *Sportphysiotherapie*. Grundsätzlich ist die Kryotherapie mit einer ganzen Reihe von Kälteträgern möglich, z. B. mit Kältepackungen, Eisbeuteln oder Lehm, aber auch mit alten Hausmitteln, wie kalten Umschlägen mit Alkohol, essigsaurer Tonerde oder Quarkpackungen. Die einzelnen Applikationsformen unterscheiden sich dabei in Kältegrad, Anwendungsdauer und Umfang des Anwendungsgebietes und somit auch in den erreichbaren Wirkungen. Erste Veröffentlichungen über die erfolgreiche

Anwendung von Kälte bei posttraumatischen schmerzhaften Bewegungseinschränkungen lieferten Kraus und Travell (Senne 2001). Die analgetische Wirkung der Kälte wurde anhand subjektiver Angaben der Patienten verifiziert, da objektive Verfahren zur Schmerzmessung fehlten. Seit Ende der 1970er-Jahre wird mit dem Einsatz von Flüssigstickstoff zur lokalen Kaltluftbehandlung ein neuer Weg beschritten. Eine Ganzkörperbehandlung mit Temperaturen um –70 °C bis –180 °C ist seit der Einführung der Ganzkörper-Kältekammertherapie nach Yamauchi möglich und soll bei Patienten mit rheumatischer Arthritis zur Zunahme der Beweglichkeit, zur Abnahme der Entzündungsparameter sowie zur Schmerzreduktion führen (Senne 2001).

Regeln der Kaltreiztherapie

Die Patienten müssen vor der ersten Kältetherapie über Wirkung, Dauer und die zu erwartenden Empfindungen während der Behandlung informiert werden. Packungen können bis zum Eintreten der analgetischen Wirkung und dem *ersten Kälteschmerz* liegen bleiben, sollten aber spätestens nach dem Auftreten des *zweiten Kälteschmerzes* entfernt werden. Während einer Kaltanwendung entsteht auf der gegenüberliegenden Körperseite eine abgeschwächte, verlangsamte Reaktion, die man als *konsensuelle Reaktion* bezeichnet. Ist der Behandlungszeitraum länger oder ist eine sehr kalte Packung zu verabreichen, darf auf keinen Fall direkt auf die Haut appliziert werden, sondern nur auf eine trockene Zwischenlage. Der restliche Körper sollte warmgehalten werden (Wolldecken), um so den Patienten vor Unterkühlung oder Erkältung zu schützen, der Behandler muss in Rufweite des Patienten bleiben.

Empfindungen des Patienten bei der Eistherapie:

- Kältegefühl
- brennender Schmerz
- stechender Schmerz (erster Kälteschmerz)
- Analgesie nach 7–8 min
- zweiter, stechender Schmerz (zweiter Kälteschmerz)

Eine Übersicht der Methoden der Kryotherapie nach Fricke (Senne 2001) zeigt **Tab. 3.5**.

Vorsicht ist geboten bei sehr kalten Packungen, denn hier besteht die Gefahr der überschießenden Ischämie durch Gefäßkontraktion bei Gefäßspasmen.

Therapeutische Maßnahmen

Erfahrene Sportphysiotherapeuten entscheiden nach der vorliegenden Diagnose, der Indikation und dem Zustand des Patienten, welche Kälteanwendung sie verwenden.

Tab. 3.5 Methoden der Kryotherapie (nach Fricke)

Methode	Anwendung	Temperatur (°C)	Anwendungsdauer (min)
Kaltwasser	lokal, großflächig	ca. +10 bis +15 °C wenig wechselnd	2–10
Schmelzwasser	lokal	±0 bis +4 °C konstant	1–60
Kryogelbeutel	lokal	ca. 12 °C wärmer werdend (von ca. –12 bis +30 °C)	1–30
Kaltluft/Stickstoffgas	lokal	–30 bis –20 °C konstant	2–3
	lokal, großflächig	–180 bis –140 °C konstant	ca. 0,5
	Ganzkörper	–140 bis –110 °C konstant	1–3

Die möglichen Anwendungen können **Tab. 3.6** entnommen werden.

Der Therapeut klärt den Patienten (besonders vor der Eigentherapie) darüber auf, wie und wie lange die Eispackung angelegt werden darf. Die Information, was er spüren sollte und wann die Eispackung spätestens entfernt werden muss, ist erforderlich.

Wirkungen und Indikationen

Die Wirkungen der Kryotherapie und die entsprechenden Indikationen zeigt **Tab. 3.7**. Bezüglich der Wirkungen unterscheidet man:

- Lokale, systemische Effekte: z. B. die direkte Temperatureinwirkung auf Gefäße, Nerven, Faszien, Muskeln und Sehnen. Es bilden sich vasoaktive Stoffe (z. B. Noradrenalin); die Reflextätigkeit ist erhöht aufgrund der aktivierten Hautrezeptoren. Der Hypothalamus erhält Impulse zur Temperaturregulation.
- Fernwirkungen: z. B. die thermische Gegenregulation des Körpers sowie die konsensuellen Reaktionen. Es kann dabei zu einer Blutdruckerhöhung oder einer Bradykardie (verlangsamte Herzschlagfolge) kommen. Der kurzfristige Kältereiz führt außerdem zu einer Vertiefung und Intensivierung der Atmung. Lange Kaltreize führen zur Verminderung der Muskelspannung und der Nervenleitgeschwindigkeit.

Erstellung therapeutischer Behandlungspläne

Für Sportphysiotherapeuten sind folgende Punkte/Informationen zur Erstellung eines individuellen Behandlungsplans für die Kryotherapie wesentlich:

- akute oder chronische Erkrankung(en)

Tab. 3.6 Kälteanwendungen

Eisbeutel	Eisbeutel werden meist mit Eisgranulat gefüllt, das sind kleine, etwa nussgroße Stückchen. In dieser Form hat das Eis eine Temperatur von ca. –0,5 °C und kühlt rund 30 min lang (abhängig natürlich von der Eismenge).
Kältepackungen mit Silikatgel	Spezielle Kältepackungen enthalten Silikatgel in einer Plastikhülle. Selbst bei –15 bis –18 °C sind sie verformbar und können damit körpergerecht aufgelegt werden. Man verwendet sie unter anderem in der physikalischen Therapie, z. B. jeweils für 1–5 min (kurzzeitig) oder von 20–35 min (langfristig), zur Kühlung auch tieferer Gewebsschichten. (*Vorsicht:* Um eine Verletzung der Haut zu verhindern, legt man ein Tuch zwischen Kältepackung und Haut, da kein abmilderndes Schmelzwasser vorhanden ist).
Eismassage/ Eisabtupfung	Bei der Eismassage und der Eisabtupfung tupft der Therapeut mit einem Stiel versehene Eiswürfel oder Eiskegel auf die Haut. Es können auch 3–5 min lang kreisende Bewegungen auf der Haut ausgeführt werden. Das entstehende Schmelzwasser verhindert Verletzungen der Haut durch Kälte.
Eiskompressen	Eiskompressen sind Frottiertücher, die, nach dem Eintauchen in Kochsalzlösung, im Tiefkühlfach bei Temperaturen von –12 bis –15 °C kühlen. Sie sind anschließend nicht völlig steif gefroren und lassen sich daher dem Körper anpassen. Soll die Kälte auch tiefere Gewebsschichten erreichen, müssen sie 15–20 min aufliegen.
Eisteilbäder	Eisteilbäder gehören zu den intensiveren Kälteanwendungen. Hände, Füße oder Arme werden in ein Eis-Wasser-Gemisch von ca. +1 °C eingetaucht. Oft wird dieses Verfahren mit der physiotherapeutischen Behandlung kombiniert.
kalte Luft/gasförmiger Stickstoff	Kalte Luft und gasförmiger Stickstoff vermitteln ebenfalls intensive Kälte. Kalte Luft erreicht bei dieser Anwendung –30 bis –40 °C, gasförmiger Stickstoff liegt hingegen bei –160 bis –180 °C, bei Hautkontakt –120 °C. Aus etwa 40–60 cm Abstand strömt Gas bzw. Luft auf die Haut. Die Ausströmdüse wird dabei ständig bewegt, damit es zu keiner Schädigung der Haut kommt.
kalte Güsse, Waschungen, kalte Wickel, Auflagen, Peloide	Kalte Güsse, Waschungen, kalte Wickel, Auflagen (z. B. Quark) und Peloide sind eher mildere Formen der Kälteanwendung und können auch mehrmals am Tag (auch vom Patienten selbst) angewandt werden (Hausrezept).
kalte Lehmpackungen	Kalte Lehmpackungen sind in der Lage, dem Körper auf längere Zeit Wärme zu entziehen und diese zu speichern. Der Lehm wird dabei trocken. Er darf über diesen Zeitpunkt hinaus nicht angewandt werden, da sonst ein Wärmestau entsteht.
Kältekammer	In der Kältekammer wirkt die Kälte auf den ganzen Körper ein. In der Kammer herrschen Temperaturen zwischen –60 und –110 °C. Die Patienten tragen lediglich Badekleidung, Handschuhe, Mund- und Nasenschutz. Sie bewegen sich 0,5–3 min in der Kälte.

- Sekundärerkrankung(en)
- Medikamentierung
- andere Therapieformen (gleichzeitig angewandt)
- Alter des Patienten

Auf der Grundlage dieser Informationen und der physiotherapeutischen Untersuchungsergebnisse leitet der Therapeut die Behandlungsziele und die adäquate Reizstärke ab. Die Reizstärke ist abhängig von der:

- Anwendungsdauer
- Wahl milder oder extremer Temperatur (Kälte)

Reaktionsunterschiede bei jüngeren und älteren Patienten

Bei jungen Menschen kommt es bei einem Kältereiz in der Regel zu einer Kontraktion der Gefäße und zu einer Gegenregulation, zur Aufrechterhaltung der Körperkerntemperatur durch den Hypothalamus. Bei älteren Menschen lässt diese Regulationsfähigkeit des Körpers oft nach. So kann die Körperkerntemperatur auf 35,5 °C sinken, ohne dass der Betroffene es merkt. Um Verletzungen vorzubeugen, ist daher die Kontrolle des Patienten während einer Kälteanwendung notwendig.

Kryotherapie in der Entzündungsphase

Mike Steverding

Über den Einsatz von Eis wird in den letzten Jahren sehr kontrovers diskutiert. Viele Physiotherapeuten stehen den verschiedenen Einflussfaktoren auf eine physiologische Heilung eher kritisch gegenüber. In dieser primären Phase einer Verletzung, explizit in den ersten Minuten, erscheint der vasokonstriktive Effekt einer Eisbehandlung allerdings sinnvoll. Er unterstützt die reflektorische, primäre Gefäßverengung der Blutstillung positiv.

> Es gilt der Grundsatz: je akuter das Geschehen, desto milder der thermische Reiz.

Die Anwendung dieser Form der Thermotherapie, mit Temperaturen deutlich über dem Gefrierpunkt des Wassers (5–15 °C), erscheint aber nur in den ersten 10–20 min sinnvoll, da das Zusammenwirken der verschiedenen Komponenten der Blutstillung und Blutgerinnung, Lecks im Gefäßsystem innerhalb weniger Minuten abdichtet (Silbernagl u. Despopoulous 2003). Ein weiterer Einsatz der klassischen Kältetherapie über diese Zeit hinaus ist

Tab. 3.7 Indikationen und Wirkungen der Kryotherapie

Indikationen	Wirkungen
▪ Kontrakturen	▪ Wirkung auf das neuromuskuläre System
▪ Muskeltonuserhöhungen	▪ analgetische Wirkung ▪ detonisierende Wirkung (Verminderung der Nervenleitgeschwindigkeit)
▪ Triggerpunkt-Behandlungen	▪ Verlängerung der Refraktärzeit (Phase, in der ein Gewebe oder ein Nerv nur schwer erregbar ist)
▪ frische Hämatome	▪ Blockierung freier Nervenendigungen
▪ Periostreizungen	▪ Herabsetzung der Spinal- und Motoneuronenaktivität (Motoneuronen: motorische Vorderhornzellen des Rückenmarks, über die ein Muskel innerviert wird) ▪ Beeinflussung der Nervenleitgeschwindigkeit (Minderung der γ-Aktivität und Steigerung der α-Aktivität)
▪ nach orthopädischen/chirurgischen Eingriffen, z. B Arthroskopien	▪ Einfluss auf das Herz-Kreislauf-System mit antiödematösen und antiphlogistischen (entzündungshemmenden) Wirkungen
▪ nach Gelenkmobilisation von: – Schultergelenk – Ellenbogengelenk – Kniegelenk – Sprunggelenk	▪ Verminderung der Durchblutung durch Arteriolenkonstriktion, verminderter Kapillardruck, venöse Druckerhöhung
▪ Verletzungen: – Distorsionen – Kontusionen – geschlossene Frakturen – Muskelrupturen	▪ antiphlogistische Wirkungen
▪ posttraumatische Zustände: – Lymphflüssigkeit – Hämatome – Weichteilverklebungen	▪ verminderte Zufuhr von Sauerstoff ▪ Verminderung der Stoffwechselaktivität
▪ orthopädische Erkrankungen: – Entzündungen der Sehnenscheiden/Schleimbeutel – Muskelhartspann – Triggerpunkte	▪ verminderter Abstrom von Stoffwechsel-endprodukten
▪ anhaltende postoperative Beschwerden – Ödemprophylaxe – Phase II (Mobilisation) – herabgesetzter Muskeltonus	▪ Bildung lokaler vasoaktiver Stoffe ▪ Analgesie ▪ Erhöhung der Viskosität (Zähflüssigkeit) von Gewebe und Synovia ▪ Herabsetzung der Lymphproduktion

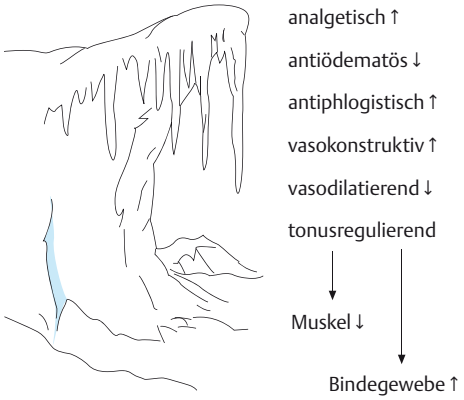


Abb. 3.17 Physiologische Wirkung der Kryotherapie (Knight 1990).

sicherlich zu hinterfragen, da die physiologischen Wirkungen von Eis in den positiven Aspekten zwar eine Symptomlinderung (z. B. Analgesie) erzielen, in der weiteren Wirkung allerdings eher kontraproduktiv zu den physiologischen Mechanismen der Wundheilung wirken. Die physiologischen Wirkungen sind (Knight 1990):

- vasokonstriktiv
- antiphlogistisch
- analgetisch
- immundepressiv
- Gewebstrophik hemmend
- Ödem bildend
- Gewebsspannung erhöhend und
- Muskelspannung/-tonus senkend (**Abb. 3.17**)

Kontraindikationen

Kontraindikationen der Kryotherapie sind:

- offene Hautverletzungen
- Sensibilitätsstörungen der Thermorezeptoren (Diabetiker)
- arterielle Durchblutungsstörungen und Fehlregulationen der Gefäße
- Kälteallergie und Kälteüberempfindlichkeit
- lokale Erfrierungsschäden
- Ernährungsstörungen des Gewebes
- Blasen- und Nierenerkrankungen (keine Anwendungen im Beckenbereich)
- Raynaud-Syndrom (ab Stadium II)
- Durchblutungsstörungen des Herzmuskels und Herzrhythmusstörungen
- Schädigung des Lymphsystems durch Bestrahlung

Kryotherapeutische Methoden wirken lokal auf die Strukturen des sensomotorischen Systems, z. B. auf Hautrezeptoren, Nerven, Muskeln und den Hypothalamus. Die konsensuelle Reaktion ist dagegen eine Fernwirkung. Sie sind indiziert bei akuten Verletzungen, Schmerzen und hyper- oder hypotoner Muskulatur. Die sofortige Kryotherapie nach einer Sportverletzung mit niedriger Reizintensität (10–20 min, 5–15 °C) ist sinnvoll, da der Kältereiz die zur Blutstillung notwendige Gefäßverengung unterstützt. Unter anderem bei Sportlern mit Hautverletzungen und Diabetikern ist die Kryotherapie kontraindiziert.

3.2.4 Zusammenspiel physiologischer und physikalischer Reize

Frans van den Berg

Bewegung

Mobilisieren bedeutet wörtlich gesehen, sich zu bewegen bzw. sich beweglicher zu machen. Der Begriff Mobilisation wird in der Physiotherapie meist für eine Behandlungsform verwendet, mit der man versucht, eingeschränkte Bewegungen zu vergrößern. Die Ursachen für die eingeschränkte Beweglichkeit sind dabei verschieden. Es gibt zum einen reflektorisch bedingte Einschränkungen. Sie beruhen auf Abwehrmechanismen unseres Körpers, die das heilende Gewebe vor erneuten Verletzungen schützen sollen. Zum anderen gibt es die strukturelle Hypomobilität, die auf Veränderungen in den verschiedenen Geweben zurückzuführen ist, z. B. auf pathologische Crosslinks in Kapsel-Band-Strukturen, Kapselverklebungen oder Muskelverkürzungen.

Besonders nach Verletzungen sind physiologische Belastungen bereits während der Wundheilung nach dem Abschluss der Entzündungsphase sehr wichtig. Wird das verletzte Gewebe während der Wundheilung ruhiggestellt, so führt das zu deutlichen Problemen – auch in den umliegenden Geweben.

Mobilisieren oder sich bewegen hat eine stimulierende Wirkung auf heilendes, neu wachsendes Gewebe. Die Organisation und Ausrichtung der kollagenen Moleküle im Interstitium wird dadurch ermöglicht und damit die Bildung von Narbengewebe reduziert. Dass Bewegen notwendig und vorteilhaft für unseren Körper ist, ist schon deshalb mehr als einleuchtend, weil die normalen Lebensvorgänge und Funktionen unseres Bewegungsapparates mit Bewegungen verbunden sind und nicht mit Unbeweglichkeit. Durch Bewegen wird nicht nur der Aufbau, sondern auch die Trophik des Gewebes verbessert. Außerdem sollen sich durch Bewegen auch die Entzündungszeiten während der Wundheilung verkürzen.

Auch in heilenden Bändern hat man die positive Wirkung von Bewegungen im physiologischen Belastungsbereich nachgewiesen. Goldstein hat 1984 sogar festgestellt, dass nicht nur direkt im Verletzungsgebiet ein Umbau stattfindet, sondern dass das Band sogar über seine ganze Länge umgebaut wird, wenn man es nach einer Verletzung bewegt (Goldstein 1984). Einer der wichtigsten Aspekte des Bewegens ist sicherlich eine Verbesserung der Matrixsynthese.

Nicht nur Bewegen stimuliert die Matrixsynthese, auch unterstützende Wärmeanwendungen und alle anderen durchblutungsfördernden Maßnahmen sowie Injektionen mit Hyaluronsäure und Linkproteinen hat diese Wirkung.

Isometrie

Die in der Physiotherapie häufig verwendeten isometrischen Übungen haben ebenfalls einen günstigen Einfluss auf die Matrixsynthese. Sie bewirken, dass Degenerations- und Umbauprozesse, deren Folge schließlich Bewegungseinschränkungen (Kontrakturen) sind, in geringerem Maße stattfinden können.

Der günstige Effekt der isometrischen Übungen zeigt sich klinisch und wurde durch eine Untersuchung von Miura belegt. Seiner Meinung nach ist die positive Wirkung auf eine deutlich herabgesetzte Umbaugeschwindigkeit des Gewebes zurückzuführen, die durch die regelmäßigen Muskelanspannungen verursacht wird (Miura 1983).

Vielleicht bewirken aber vor allem auch die intermittierenden Anspannungen, dass das Bindegewebe regelmäßig unter Belastung gebracht wird und dadurch genügend Reize bekommt, um Kollagen und Grundsubstanz zu produzieren und zu organisieren. Dieser Gesichtspunkt verlangt sicher eine weitere Untersuchung.

Immobilisation und ihre Auswirkungen

Durch eine Immobilisation kommt es in den betroffenen Strukturen unseres Bewegungsapparates zu großen degenerativen Veränderungen. Die Strukturen selbst und vor allem ihre Belastbarkeit werden deutlich verändert und reduziert. In allen Strukturen, mit Ausnahme der Gleitflächen auf dem Knorpel, findet man als erste Reaktion auf die Immobilisation eine Desorganisation des Gewebes (herabgesetzte Belastbarkeit). Im späteren Stadium kommt es zu einem Umbau, um das Gewebe an die neue, sprich immobilisierte Situation anzupassen.

In Gewebe, das eigentlich nicht selbst betroffen ist, aber z. B. nach einem Trauma benachbarter Strukturen immobilisiert wird, also *immobilisiertes nichtverletztes Gewebe*, kann man Folgendes feststellen: Die Dauer des Umbaus verlängert sich und die Geschwindigkeit nimmt ab. *Verletztes Gewebe* zeigt im Gegensatz zum nichtbe-

troffenen Gewebe bei Immobilisation eine deutlich gesteigerte Umbaugeschwindigkeit.

Beispiel

Patient A wird nach einer traumatischen Verletzung des Kniegelenks immobilisiert. Bei Patient B wird das Kniegelenk immobilisiert, weil er eine Femurfraktur im Diaphysenbereich aufweist. Beide Patienten haben nun mit den Folgen eines immobilisierten Kniegelenks zu kämpfen, obwohl nur bei Patient A das Kniegelenk bzw. die Kniegelenkkapsel selbst betroffen sind.

Hunt et al. haben 1985 in einer Untersuchung festgestellt, dass ein durch ein Trauma nicht direkt betroffenes Gelenk eine höhere Umbaugeschwindigkeit und auch eine erhöhte Proliferation der Fibroblasten aufweist, wenn sich das Trauma in der Nähe des Gelenks abspielte (Hunt et al. 1985). Flowers und Pheasant zeigen in ihrer Untersuchung, dass nichttraumatisierte Gelenke nach einer Immobilisation von 6 Wochen steif sind, dass aber die Beweglichkeit innerhalb weniger Minuten passiven Bewegens wiederhergestellt werden kann (Flowers u. Pheasant 1988). Werden Gelenke dagegen länger immobilisiert, also 7 Wochen oder länger, entstehen deutliche Kontrakturen (Langenskoild et al. 1979).

Ob Verkürzungen (Einschränkungen) während des Umbaus entstehen, ist davon abhängig, ob ein Gewebe in einer entspannten oder angespannten Haltung oder Position immobilisiert wird. Nur das Gewebe, das im entspannten bzw. verkürzten Zustand immobilisiert wird, zeigt daraufhin deutliche Einschränkungen.

Über die Ursachen, die für das Entstehen einer Einschränkung verantwortlich sind, ist man unterschiedlicher Meinung. Die meisten Autoren sind der Überzeugung, dass der Verlust von Proteoglykanen in der Matrix dafür verantwortlich ist, dass nach Immobilisationen Einschränkungen entstehen. Akeson hat z. B. festgestellt, dass nach 9 Wochen Immobilisation ein Verlust von Hyaluronsäure (41 %) und von Chondroitinsulfat (30 %) nachzuweisen ist. Durch den großen Verlust von Proteoglykanen und auch Glykosaminoglykanen können pathologische Crosslinks im Gewebe entstehen. Es handelt sich dabei nach Ansicht von Akeson um lösliche Crosslinks (Akeson et al. 1987). Der Einfluss der Crosslinks auf die Mobilität ist beim ungeformten kollagenen Bindegewebe (Kapseln und Faszien) höher als beim geformten kollagenen Bindegewebe (Sehnen, Aponeurosen und Ligamente). Im ungeformten kollagenen Bindegewebe organisiert und stabilisiert sich das Gewebe neu. Im geformten kollagenen Bindegewebe dagegen wird das Gewebe deutlich schwächer.

Untersuchungen, die sich vor allem mit Sehnengewebe und Bandgewebe beschäftigt haben, beschreiben folgende Veränderungen während einer Immobilisation:

- Desorganisation
- Verlust von Fibroblasten und verringerter Abstand zwischen den einzelnen Fibroblasten
- gesenkte Matrixsynthese
- gesenkte Belastbarkeit

Untersuchungen haben nachgewiesen, dass eine Sehne nach einer Immobilisation von 4 Wochen nur noch 20 % ihrer ursprünglichen Belastbarkeit aufweist (Tabary et al. 1972).

Alle Körperfunktionen basieren auf Bewegungen. Immobilisation beeinträchtigt daher die Funktionen und insbesondere die Strukturen des Bewegungssystems. Bewegungen unterstützen die Heilungsprozesse nach Verletzungen, isometrische Übungen verlangsamen Degenerations- und Umbauprozesse. Sowohl Bewegungen als auch isometrische Übungen fördern die Gelenkbeweglichkeit und wirken Kontrakturen entgegen. Alle durchblutungsfördernden Maßnahmen, z. B. Wärmeanwendungen, regen die Matrixsynthese an und unterstützen somit die positiven Effekte der Mobilisation und Isometrie.

3.2.5 Elektrotherapie

Tim Watson

Die Elektrotherapie umfasst im engeren Sinne alle Verfahren, die elektrischen Strom direkt therapeutisch nutzen, also Gleich- und Wechselstrommethoden. Im weiteren Sinne gehören Behandlungsverfahren dazu, die elektrischen Strom in eine andere Energieform umwandeln, z. B. Ultraschall (physiolexikon 2010). Sportphysiotherapeuten wenden die hier vorgestellten elektrotherapeutischen Verfahren an, um folgende Wirkungen zu erzielen: Wärmeentwicklung, Stoffwechselanregung, Stimulation der zellulären Transportmechanismen, Schmerzlinderung sowie zur Muskelaktivierung und -entspannung. Biofeedback ermöglicht den Patienten ein eigenverantwortliches Trainieren.

Ultraschall

Ultraschall ist eine Form *mechanischer Energie*. Der Bereich, in dem Menschen normalerweise Schall wahrnehmen, geht von 20 Hz bis ca. 15–20 000 Hz. Oberhalb dieser Grenze bezeichnen wir die mechanische Vibration als *Ultraschall*. In der Therapie werden typischerweise Frequenzen zwischen 0,75 und 3,0 MHz (1 MHz = 1 Million Schwingungen pro sec) benutzt.

Schallwellen sind longitudinale Wellen, die aus Zonen von Kompression und Verdünnung bestehen. Werden Materialpartikel einer Schallwelle ausgesetzt, so oszillieren sie um einen Fixpunkt, sie bewegen sich nicht mit der Welle selbst. Die Energie in der Schallwelle überträgt

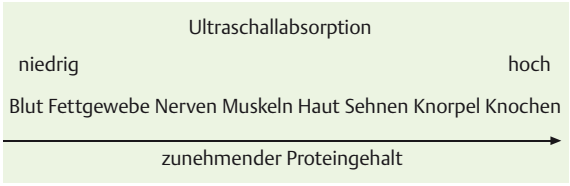


Abb. 3.18 Relative Absorption von Ultraschallenergie in den Geweben.

sich auf das Material und bringt die Materialpartikel zum Oszillieren. Natürlich kann jede Steigerung molekularer Vibration in dem Gewebe Wärme erzeugen und daher lassen sich mit Ultraschall thermische Veränderungen in Geweben hervorrufen. Aber die heutige Anwendung von Ultraschall in der Therapie konzentriert sich nicht auf dieses Phänomen (Low u. Reed 2000).

Zusätzlich zu thermischen Veränderungen scheint Vibration in den Geweben auch Veränderungen hervorzurufen, die allgemein als nichtthermisch betrachtet werden, obwohl sie – analog anderen Verfahren (etwa bei gepulster Kurzwelle) – eine wenn auch noch so kleine thermische Komponente haben müssen. Während ihres Durchgangs durch das Gewebe verliert die Ultraschallwelle an Energie, weil sie Energie an das Gewebe abgibt. Charakteristische Verläufe von Energieabsorption und Dämpfung der Ultraschallwellen sind für mehrere Gewebearten beschrieben worden.

Der Durchgang von Ultraschallwellen verläuft bei verschiedenen Geweben unterschiedlich. Daraus geht klar hervor, dass manche Gewebe mehr Ultraschallenergie absorbieren können als andere. Allgemein gilt, dass Gewebe mit höherem Proteingehalt Ultraschallenergie stärker absorbieren. Gewebe mit hohem Wassergehalt und niedrigem Proteingehalt (beispielsweise Blut oder Fettgewebe) absorbieren also wenig Ultraschallenergie, während andere mit niedrigerem Wassergehalt und höherem Proteingehalt die Energie der Ultraschallwellen weit effektiver absorbieren (Frizzell u. Dunn 1982). Es wurde daher vorgeschlagen, die Gewebe nach ihrem Absorptionsgrad einzustufen (**Abb. 3.18**).

Transkutane elektrische Nervenstimulation

Mittels der transkutanen elektrischen Nervenstimulation, TENS, können Schmerzen in gewissem Maß gelindert werden (symptomatisch), indem spezifische sensorische Nerven gereizt werden. TENS lässt sich auf mehrere Arten einsetzen, entsprechend verschiedenen Mechanismen der Schmerzlinderung.

Die Technik ist nichtinvasiv und hat, verglichen mit medikamentöser Therapie, kaum Nebenwirkungen. Am häufigsten wird über eine allergische Reaktion der Haut geklagt (etwa 2 % der Patienten). Dies liegt fast immer am Material der Elektroden, stromleitenden Gel oder am Klebeband, mit dem die Elektroden befestigt werden, nicht am Verfahren selbst.

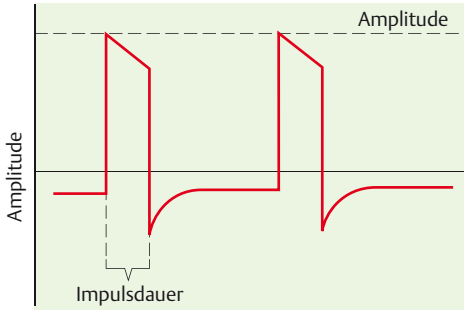


Abb. 3.19 Typische Form eines TENS-Impulses.

Das TENS-Gerät liefert Impulse elektrischer Energie mit einer Pulsfrequenz von üblicherweise 1–2 bis hin zu 150–200 Impulsen pro sec. Zusätzlich zur Erregungsrate kann auch die Dauer (oder Breite) jedes Impulses variiert werden. Darüber hinaus bieten die meisten modernen Geräte einen Burst-Modus an, der es ermöglicht, die Impulse stoßweise abzugeben, in der Regel mit 2–3 Stößen (Bursts oder Trains) pro sec. Schließlich kann auch ein Modulationsmodus zur Verfügung stehen, der eine Methode zur unregelmäßigeren Abgabe von Impulsen verwendet und dadurch Gewöhnungseffekte, die bei dieser Art von Stimulation oft anzutreffen sind, minimiert.

Die von den TENS-Geräten gelieferten Impulse variieren bei verschiedenen Herstellern, es handelt sich aber meistens um asymmetrische biphasische modifizierte Rechteckimpulse. Biphasisch deshalb, weil dann keine Netto-Gleichstromkomponente bleibt und somit mögliche Hautreaktionen infolge eines Aufbaus von Elektrolyten unter den Elektroden minimiert werden (**Abb. 3.19**).

Impulse von solch kurzer Dauer lassen sich zur Erzielung der gewünschten Wirkungen einsetzen, weil ihr Zielorgan sensorische Nerven sind, die tendenziell relativ niedrige Schwellenwerte haben (also sehr leicht erregbar sind) und auf schnelle Wechsel des elektrischen Status reagieren. Im Allgemeinen ist es nicht nötig, einen verlängerten Impuls einzusetzen, um den Nerv zur Depolarisierung zu zwingen, Impulse mit weniger als 1 msec reichen aus.

Mit der durch ein TENS-Gerät hervorgerufenen Art von Stimulation sollen verschiedene Elemente des sensorischen Nervensystems angeregt und spezifische natürliche Schmerzlinderungsmechanismen aktiviert werden. Betrachten wir der Einfachheit halber 2 hauptsächliche Mechanismen der Schmerzlinderung: den Pain-Gate-Mechanismus und das endogene opioide System. Im Folgenden sollen die unterschiedlichen Stimulationsparameter zur Aktivierung dieser beiden Systeme kurz betrachtet werden.

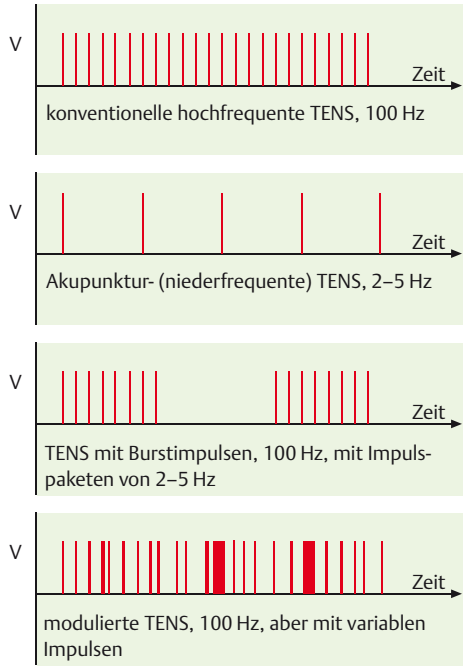


Abb. 3.20 Verschiedene Formen der TENS-Behandlung.

Eine Schmerzlinderung über den Pain-Gate-Mechanismus bedeutet Aktivierung (Erregung) der sensorischen Aα-Fasern, wodurch die Übertragung des schädlichen Reizes seitens der C-Fasern hinauf durch das Rückenmark und von dort zu den höheren Zentren reduziert wird. Die Aα-Fasern scheinen auf eine Stimulation mit relativ hoher Frequenz (in der Größenordnung von 90–130 Hz) anzusprechen. Alternativ dazu kann man die Aβ-Fasern stimulieren, die vorzugsweise auf eine niederfrequentere Stimulation (2–5 Hz) reagieren. Dies aktiviert die opioiden Mechanismen und lindert Schmerz durch Freisetzung eines endogenen Opiats (Enzephalin) im Rückenmark, das die Aktivierung der schädlichen sensorischen Bahnen verringert (**Abb. 3.20**).

Konventionelle TENS wird üblicherweise bei Frequenzen von 90–130 Hz durchgeführt, stimuliert also vorzugsweise die Aδ-Fasern und aktiviert den Pain-Gate-Mechanismus. Es scheint keine Frequenz zu geben, die bei allen Patienten optimal wirkt, aber für die meisten Patienten liegen die wirksamsten Parameter im Intervall von 90–130 Hz. Niederfrequente (oder Akupunktur-) TENS arbeitet mit Frequenzen von 2–5 Hz, stimuliert also vorzugsweise die sensorischen Aδ-Fasern und fördert so die Freisetzung endogener Opioide im ZNS, speziell im Rückenmark. TENS mit Burst-Impulsen arbeitet mit kombinierten Frequenzen insofern, als die einzelnen Impulsstöße (Bursts oder Trains) 2–3-mal pro sec ausgesandt werden, wobei jeder Impulsstoß mit 100 Hz stimuliert. Mit diesem Verfahren sollen Pain-Gate-Mechanismus und opioider Mechanismus gleichzeitig aktiviert werden. Der Reiz wird auf dem Rückenmarksniveau gesetzt, das dem Schmerz entspricht. Üblicherweise wird mit Elektroden beidseits der Verletzung begonnen. Es können auch andere Stimulationspunkte benutzt werden, solange dadurch diejenigen sensorischen Nerven aktiviert werden, deren Eintrittsstelle in das Rückenmark mit dem Ort des Schmerzes übereinstimmt. Zur Aktivierung entsprechender Rückenmarkssegmente lassen sich also Nervenwurzeln verwenden, Stellen am Verlauf des entsprechenden peripheren Nerven, Motorpunkte, Triggerpunkte (oder Akupunkturpunkte) oder Stellen am entsprechenden Dermatom, Myotom oder Sklerotom. Ist die Schmerzquelle nur vage lokalisierbar, diffus oder besonders ausgedehnt, so kann auf beiden Wegen gleichzeitig Einfluss genommen werden. Manche Fachleute benutzen eine Cross-over-Technik, um die Intensität der Stimulation zu erhöhen. Wichtigste Literaturangaben zu TENS: Han et al. 1991, Garrison u. Foreman 1994, Walsh et al. 1995, Ellis 1996, Walsh u. Baxter 1996, Walsh 1997.

Diadynamische Ströme

Diadynamische Ströme (nach Bernard) werden seit über 50 Jahren eingesetzt, aber nicht überall ist ihre Anwendung gleichermaßen üblich. In England und den USA werden sie relativ selten benutzt, auf dem europäischen Kontinent dagegen sehr viel häufiger. Es gibt im Wesentlichen 2 Stromformen, einen einweggleichgerichteten und einen vollweggleichgerichteten Sinusstrom (meist 50 Hz, eventuell 60 Hz). Bei Behandlung mit einem einweggleichgerichteten 50-Hz-Sinusstrom (MF bzw. Courant monophasé fixe) erfolgt eine Reihe von Impulsen von 10 msec Dauer mit Zwischenintervallen von ebenfalls 10 msec Dauer. Jeder Impuls hat die Form einer halben Sinusschwingung. Die zweite grundlegende Behandlungsform nutzt einen vollweggleichgerichteten Sinusstrom, bei dem 100 Impulse pro sec erfolgen, jeder von 10 msec Dauer und ohne Zwischenintervall. Diese Anwendungsform wird als DF oder Courant diphasé fixe bezeichnet. Die beiden übrigen Formen diadynamischer Therapie verwenden Kombinationen dieser Grundformen von Strömen. Bei CP (modulation en courtes periodes) werden MF-Strom und DF-Strom abwechselnd eingesetzt (jeder 1 sec lang). Schließlich werden auch noch 2 MF-Ströme kombiniert, einer mit konstanter Intensität und ein Stromstoß. Die Stromstöße füllen die Intervalle zwischen den Impulsen des ersten Stroms. So dauert jeder Impuls 10 msec, es gibt keine Intervalle, aber die Stromstöße erfolgen mit einer Dauer von 5 sec. **Abb. 3.21** zeigt die grundlegenden Stromformen. Zu diadynamischer Therapie gibt es wenige Publikationen, das Wesentliche findet man zusammengefasst bei Low u. Reed (1990).

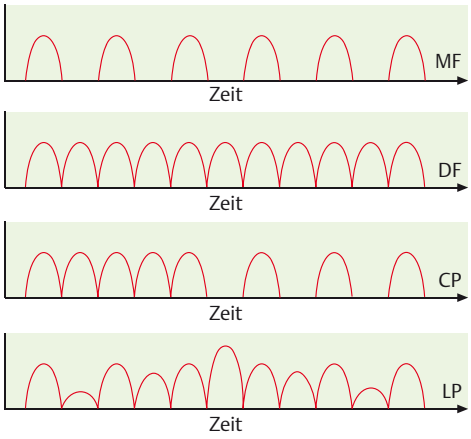


Abb. 3.21 Grundlegende diadynamische Stromformen.

Interferenztherapie

Der Interferenztherapie (IFT) liegt die Idee zugrunde, die starken physiologischen Auswirkungen einer niederfrequenten elektrischen Stimulation von Muskel- und Nervengewebe (weniger als 250 Impulse pro sec) zu nutzen, ohne dass es zu den dazugehörigen unerfreulichen Nebeneffekten kommt (**Abb. 3.22**).

Sollen mit niedrigen Frequenzen in tiefem Gewebe Wirkungen ausreichender Intensität hervorgerufen werden, so empfinden die meisten Patienten beträchtliches Unbehagen in den oberflächlichen Geweben (in der Haut). Dies liegt daran, dass der elektrische Widerstand (die Impedanz) der Haut umgekehrt proportional zur Stimulationsfrequenz ist. Mit anderen Worten: je niedriger die Stimulationsfrequenz, desto größer der Widerstand gegen den Stromdurchtritt und daher desto unangenehmere Empfindungen. Der Hautwiderstand bei 50 Hz beträgt ungefähr 3200Ω, während er sich bei 4000 Hz nur noch auf etwa 40Ω beläuft. Werden letztere Frequenz eingesetzt, so geht der Strom leichter durch die Haut, es braucht eine geringere Zufuhr an elektrischer Energie, um die tieferen Gewebe zu erreichen, und die Behandlung wird als weniger unangenehm empfunden. Die Auswirkungen von Gewebestimulation mit diesen Strömen von mittlerer Frequenz (in elektromedizinischen Zusammenhängen wird das Intervall von 1–10 kHz als mittlerer Frequenzbereich bezeichnet) sind nicht bekannt. Wahrscheinlich ist eine solche Stimulation nicht unschädlich, aber in der gegenwärtigen Praxis weiß man wenig von ihren direkten physiologischen Effekten. Eine primäre Stimulation von Nerven kann mit Mittelfrequenzen nicht erfolgen (**Abb. 3.23**). Interferenztherapie nutzt 2 Mittelfrequenzströme, die gleichzeitig durch das Gewebe geschickt werden, wobei sich ihre Pfade kreuzen, sodass sie, einfach gesagt, miteinander interferieren. Dabei entsteht

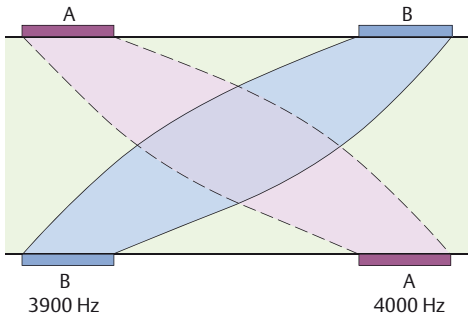


Abb. 3.22 Beat-Frequenz. Hat Strom A – A eine Frequenz von 4000 Hz und Strom B – B von 3900 Hz, so hat der Interferenzstrom eine Beat-Frequenz von 100 Hz.

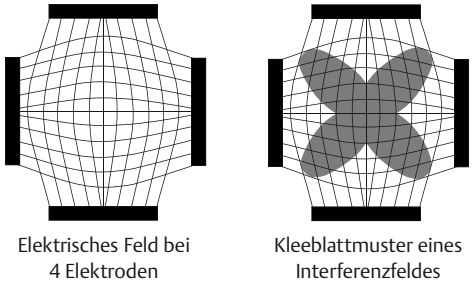


Abb. 3.23 Interferenzfelder.

eine *Interferenz-* oder *Beat-Frequenz* mit den Merkmalen einer niederfrequenten Stimulation.

Die genaue Höhe der resultierenden Beat-Frequenz kann durch die Eingabefrequenzen gesteuert werden. Hat beispielsweise ein Strom eine Frequenz von 4000 Hz und der andere eine Frequenz von 3900 Hz, dann liegt die resultierende Beat-Frequenz bei 100 Hz, auf einem amplitudenmodulierten Trägerstrom mit einer mittleren Frequenz von 3950 Hz.

Durch sorgfältige Manipulation der Eingabeströme lässt sich jede Beat-Frequenz erreichen, die klinisch genutzt werden soll. Moderne Geräte bieten in der Regel Frequenzen von 1–150 Hz an, manche sogar bis 250 Hz oder mehr. Der Therapeut muss sich im Großen und Ganzen nicht um die Eingabefrequenzen kümmern, sondern nur um die geeignete Beat-Frequenz, die direkt am Gerät gewählt wird.

Elektronische Manipulation der Ströme ermöglicht eine bipolare Interferenzstromstimulation, bei der es keine Interferenz im Körper gibt – die Interferenz findet im Gerät statt. Die Größenordnung des niederfrequenten Interferenzstromes ist ungefähr äquivalent zur Summe der Eingabeamplituden. Mit anderen Worten: Aus der Interaktion der beiden Eingabeströme entsteht ein niederfrequenter Strom, dessen Amplitude größer ist als die der beiden Eingabeamplituden.

Physiologische Effekte

Erregbare Gewebe lassen sich von niederfrequenten Wechselströmen stimulieren. Zwar sind alle Gewebe dieser Kategorie in gewissem Maße von einer großen Palette von Reizen beeinflussbar, aber es wird angenommen, dass jedes Gewebe seine optimale Stimulationsbandbreite hat, die sich anhand seiner Leitgeschwindigkeit, seiner Latenz- und seiner Refraktärzeit (Zeit, die die Zelle braucht, bevor sie nach einem ersten Reiz wieder auf einen nächsten reagieren kann) schätzen lässt. Diese Bandbreiten werden in **Tab. 3.8** aufgeführt. Beim klinischen Einsatz von Interferenztherapie stützt man sich auf diese Daten sowie auf das Wissen über das physiologische Verhalten des stimulierten Gewebes. Die Wahl eines breiten Frequenzbandes für eine Behandlung ist als weniger wirksam anzusehen als die eines schmaleren, selektiven Bandes. Wird mit einem Frequenzintervall von beispielsweise 1–100 Hz behandelt, so werden damit zwar die geeigneten Frequenzen abgedruckt, aber nur während eines relativ kleinen Prozentsatzes der gesamten Behandlungszeit. Darüber hinaus können sich manche Bereiche des Intervalls sogar als kontraproduktiv hinsichtlich der primären Behandlungsziele erweisen.

Interferenztherapie hat hauptsächlich 4 Anwendungsgebiete:

- Schmerzlinderung
- Muskelstimulation
- Durchblutungsförderung
- Abbau von Ödemen

Es wird auch behauptet, Interferenztherapie könne eine Rolle bei Heilungs- und Wiederherstellungsprozessen spielen. Da Interferenztherapie primär auf erregbare Gewebe einwirkt, liegen ihre stärksten Wirkungen wahrscheinlich in den direkten Folgen einer Stimulation eben jener Gewebe, also auf dem Gebiet der Schmerzlinderung und Muskelaktivierung. Ihre anderen Wirkungen sind wahrscheinlich nur sekundäre Folgen jener Haupteffekte.

Elektrische Stimulation wird oft klinisch zur *Schmerzlinderung* angewendet. Aber bisher gibt es nur wenig direkte Forschungsergebnisse zum Einsatz der Interferenztherapie auf diesem Gebiet. Logischerweise könnten die höheren Frequenzen (90–150 Hz) zur Stimulation der Pain-Gate-Mechanismen verwendet werden und so die Symptome vorübergehend überdeckt werden. Andererseits lassen sich niedrige Frequenzen (1–5 Hz) zur Aktivierung der opioiden Mechanismen einsetzen, was ebenfalls den Schmerz in gewissem Grad lindert. Diese beiden verschiedenen Wirkungsweisen lassen sich physiologisch erklären und haben verschiedene Latenzzeiten und unterschiedliche Wirkungsdauer. Es ist möglich, dass sich eine Schmerzlinderung auch durch Stimulation der Formatio reticularis bei Frequenzen von 10–15 Hz oder durch Blockierung der Übertragung in C-Fasern bei mehr als 50 Hz erreichen lässt.

Tab. 3.8 Stimulationsbandbreiten verschiedener Gewebe

Gewebetyp	Stimulationsfrequenz (Hz)
sympathische Nerven	1–5
parasympathische Nerven	10–150
motorische Nerven	10–50
sensorische Nerven	90–100
nozizeptive Fasern	90–150
glatte Muskulatur	0–10

Motorische Nerven können mit einer großen Bandbreite von Frequenzen stimuliert werden. Natürlich führt eine Stimulation bei niedriger Frequenz (z. B. 1 Hz) zu einer Reihe von Zuckungen und eine Stimulation bei 50 Hz zu einer tetanischen Kontraktion. Die Wahl der Behandlungsparameter hängt von der gewünschten Wirkung ab, aber um eine *Muskelstimulation* mit gesteigerter Durchblutung und einem möglichen Abbau von Ödemen zu kombinieren, liegt es nahe, einen Frequenzbereich zu wählen, bei dem es nicht zu starken anhaltenden tetanischen Kontraktionen kommt. Es wird oft der Bereich von 10–25 Hz gewählt.

Die Reabsorption von Ödemen wird nicht primär nerval gesteuert und die Durchblutung lässt sich nur mit begrenzter Wirksamkeit elektrisch stimulieren. Es wird daher vorgeschlagen, geeignete Kombinationen muskulärer Stimulation einzusetzen, um diese Wirkungen zu erreichen.

Behandlungsparameter

Die Elektroden sollten so positioniert werden, dass das zu stimulierende Gebiet adäquat abgedeckt ist. In manchen Fällen, wenn etwa eine lang gestreckte Zone anstatt eines isolierten Gewebegebiets stimuliert werden soll, ist eine bipolare Methode vorzuziehen. Die Platzierung der Elektroden sollte im fraglichen Gebiet zu überkreuzten elektrischen Feldlinien führen. Nur so lässt sich der interferenztherapeutische physiologische Effekt erreichen.

Nerven gewöhnen sich an ein konstantes Signal. Um dieses Problem zu umgehen (und ebenfalls wegen einer größeren Wirkungsbreite), wird oft ein ganzer Bereich von Frequenzen genutzt (oder die Frequenzen werden graduell geändert). Der Bereich sollte entsprechend den gewünschten physiologischen Wirkungen gewählt werden, aber nicht allzu groß, da dies die klinische Wirkung minimieren kann (**Abb. 3.24**).

Der Modus, in dem Frequenzen im gewählten Bereich abgegeben werden, variiert von Gerät zu Gerät. Am üblichsten ist ein abwechselndes Steigen und Sinken der Frequenzen im vorgegebenen Bereich. im Turnus von 6 sec. Wurde z. B. ein Bereich von 10–25 Hz gewählt, so liefert das Gerät eine veränderliche Frequenz, die bei 10 Hz beginnt, während 6 sec auf 25 Hz ansteigt und dann während 6 sec auf 10 Hz abfällt. Dieses Muster wiederholt

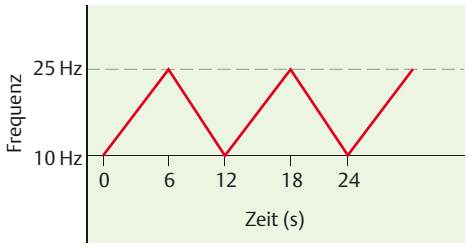


Abb. 3.24 Frequenzmuster eines Frequenzanstiegs und -abfalls im 6-Sekunden-Rhythmus.

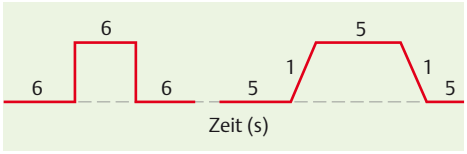


Abb. 3.25 Weiteres Frequenzmuster, das von den meisten Geräten erzeugt werden kann.

sich. Die Geräte können, wie die **Abb. 3.25** zeigt, auch andere Frequenzmuster erzeugen.

Die Behandlungszeiten variieren stark, entsprechend den üblichen klinischen Parametern von akutem bzw. chronischem Zustand und der Art des erwünschten physiologischen Effekts. Bei akuten Zuständen genügen vielleicht kürzere Behandlungszeiten von 5–10 min, um die Wirkung hervorzurufen. Unter anderen Umständen mag eine Stimulationsdauer von 20–30 min nötig sein. Es wird vorgeschlagen, zunächst kurze Behandlungszeiten zu wählen, besonders bei akuten Zuständen. Für den Fall, dass eine Verschlimmerung der Symptome eintreten sollte. Wird das Ziel nicht erreicht und sind keine unerwünschten Nebenwirkungen aufgetreten, so kann die Behandlungsdauer gesteigert werden. Es gibt keine Forschungsergebnisse, die belegen, dass eine Wirkung durch stetige Steigerung der Behandlungsdosis gesteigert oder auch nur beibehalten werden kann. Wichtigste Literatur zur Interferenztherapie: DeDomenico 1982, DeDomenico u. Strauss 1985, Nikolova 1987, Ganne 1988, Goats 1990, Stephenson u. Johnson 1995, Low 2000, Martin 1996, Johnson 1999, Palmer et al. 1999, Lambert et al. 2000.

Biofeedback

Eine recht knappe, aber nützliche Definition (Weiner) umreißt Feedback als „…eine Methode, ein System zu steuern, indem man ihm die Ergebnisse seiner vorangegangenen Leistung wieder eingibt“. Zum Gebrauch bei biomedizinischen Problemen wird diese grundlegende Definition adaptiert und es werden mehrere Komponenten hinzugefügt, um sie verständlicher und handhabbarer zu machen. Dann lautet die längere, aber nützlichere Definition etwa folgendermaßen: „Biofeedback ist eine Technik, die es einer Person ermöglicht, die Aktivitätsniveaus eines bestimmten physiologischen Prozesses schnell festzustellen und – nach entsprechendem Training – den betreffenden Prozess durch einen internalisierten Mechanismus manipulieren zu lernen.“

Diese Definition ist zwar nicht besonders poetisch, aber sie vermittelt doch das Wesentliche: Daten werden identifiziert und dem Patienten in verständlicher Weise verfügbar gemacht, sodass er sie auf eigene Initiative hin nutzen kann, um den betreffenden Prozess in gewissem Ausmaß zu steuern. Es ist wichtig, dass die mittels Biofeedback erzielten Veränderungen willentlich sind, also eine Anstrengung seitens des Patienten erfordern. Eine automatische Regelung solcher Prozesse ist nicht im eigentlichen Sinne klinisches Biofeedback. Allerdings kann dieser Punkt intensiv diskutiert werden.

Während der letzten Jahre hat sich die Praxis des Biofeedbacks deutlich entwickelt. Heute werden im klinischen Kontext viele verschiedene Formen des Biofeedbacks eingesetzt. Die Palette der Daten, die eingegeben werden können, ist breit (EMG, Druck, Bewegung, Puls, Blutdruck). Daher lassen sich mit den bestehenden Einrichtungen viele Anwendungsweisen entwickeln. Grenzen liegen weitgehend nur beim Therapeuten selbst. Versteht er die Grundprinzipien dieser Therapie und hat er zugleich ein klinisches Verständnis von den Problemen des Patienten, so kann er die Therapie auf vielerlei innovative Weise einsetzen.

Biofeedback als Behandlungskomponente

Biofeedback sollte in andere therapeutische Maßnahmen integriert werden. Dann verstärkt es diese Therapien und erlaubt dem Patienten (und dem Therapeuten), schneller und effizienter das Rehabilitationsziel zu erreichen. Darüber hinaus ist es nützlich, weil es dem Patienten hilft, sich weniger auf den Therapeuten als auf seine eigene Leistung zu stützen. Natürlich ist ein solches Ziel nicht ganz erreicht, wenn der Patient von einem Apparat anstelle des Therapeuten abhängig wird. Biofeedback lässt sich wirksam einsetzen, um den Patienten zu befähigen, den Fortgang seiner Rehabilitation teilweise selbst in die Hand zu nehmen, was in der englischsprachigen Literatur oft als *Empowerment* (Bevollmächtigung) bezeichnet wird. Um Biofeedback in der Rehabilitation erfolgreich einzusetzen, kommt es darauf an, ein Gerät als Komponente der Therapie zu nutzen, mit dem der Patient befähigt werden soll, seine Rehabilitation zu steuern, ohne sich auf den Therapeuten verlassen zu müssen, und diese Steuerfähigkeit dann ohne Therapeuten und auch ohne Gerät beizubehalten. Ein solcher Ansatz stimmt völlig mit dem allgemeinen Ziel moderner Physiotherapie überein.

Die Technik ist insofern nur eine Hilfe im Hinblick auf das Therapieergebnis.

Für die Behandlung von Patienten mit Sportverletzungen wesentliche elektrotherapeutische Verfahren sind Ultraschall, transkutane elektrische Nervenstimulation (TENS), diadynamische Ströme, Interferenztherapie und Biofeedback. Die Dosierung des *Ultraschalls* (0,75–3 MHz) richtet sich nach der Zusammensetzung des Gewebes. Gewebe mit hohem Proteingehalt absorbieren die mechanische Energie stärker. *TENS* (1–2 bis 150–200 Impulse/sec) dient der symptomatischen Schmerzreduzierung, da sie auf die sensorischen Nerven wirkt und physiologische Schmerzlinderungsprozesse stimuliert: den Pain-Gate-Mechanismus (Aα-Fasern bei 90–130 Hz) und das endogene opioide System (Aβ-Fasern 2–5 Hz). Burst- bzw. Trains-Impulse aktivieren beide Mechanismen. Bei den *diadynamischen Strömen* unterscheidet man 2 Formen: MF (stimuliert die Muskulatur) und DF (reduziert Schmerzen und Ödeme). Die *Interferenztherapie* (1–150 Hz) basiert auf 2 sich kreuzenden Mittelfrequenzströmen, deren Interaktion einen niederfrequenten Strom ergibt. Tiefere Gewebe werden erreicht, ohne auf der Haut unangenehm zu sein. Haupteffekte sind Schmerzlinderung (z. B. 90–150 Hz Pain-Gate-Mechanismus, 1–5 Hz opioide Mechanismen) und Muskelstimulation (10–25 Hz). Akute Zustände erfordern kurze Behandlungszeiten. *Biofeedback* fördert die Selbstständigkeit des Patienten. Er lernt, einen Teil seiner Therapie selbst zu lenken.

3.2.6 Taping

Joachim Schwarz

Ein Tape-Verband unterstützt die Funktionen des sensomotorischen und des lympathischen Systems. Er stabilisiert Gelenke, schützt vor Überlastungen und Verletzungen und unterstützt das selbstständige Korrigieren von Bewegungen. Mittels spezieller Anlagetechniken können Physiotherapeuten das Lymphsystem aktivieren und Ödeme reduzieren. Neben den allgemeinen Anlagetechniken gibt es spezielle Tape-Techniken, die in physiotherapeutische Konzepte eingebettet sind, und Konzepte, die sich ausschließlich mit dem Tapen beschäftigen, wie z. B. Kinesio-Taping. Man unterscheidet elastisches und unelastisches Tape-Material, wodurch Therapeuten einen unterschiedlichen Stabilisationseffekt erzielen.

Stabilisations-Tape

Eine häufig benötigte Anlage mit unelastischem Taping-Material ist der Stabilisationsverband am Sprunggelenk. Es gibt Sportler, die sich vor 10 Jahren das Sprunggelenk gebrochen haben und es sich seitdem vor jedem Training und Spiel tapen lassen. Das Tape hat sich bei ihnen zu einem Ritual entwickelt. Sportphysiotherapeuten bietet das Taping den Vorteil, dass sie es für sich weiterentwickeln können.

Beispiel

Ein Sportphysiotherapeut berichtet: „Das unelastische Taping, so wie ich es am Anfang gelernt habe, hat für mich nie gut funktioniert, da ich damit nicht genügend Stabilität erzeugen konnte." Aus diesem Grund ließ der Manualtherapeut und angehende Osteopath permanent Rückmeldungen der von ihm betreuten Spieler mit einfließen. Durch viel Erfahrung und Übung kann er heute seine Verbände schnell und problemlos an seine Patienten anpassen – von der Variante „soft" bis hin zur Variante „Beton". „Meine Tapes entwickeln sich heute noch und wahrscheinlich werde ich sie nächstes Jahr auch wieder anders kleben als momentan." Er empfiehlt, Anlagen nur als Anregung zu sehen: „Letztlich muss jeder – genau wie ich – eigene Erfahrungen damit machen und ganz viel üben und ausprobieren."

McConell-Tape

Im Jahr 1984 entwickelte die Australierin Jenny McConnell ein Konzept zur Behandlung des patellofemoralen Schmerzsyndroms, bei dem die Betroffenen unter Schmerzen im anterioren Kniebereich leiden. In der Therapie nach McConnell nimmt Taping einen wichtigen Stellenwert ein.

Patellofemorale Schmerzen

Die Beschwerden entstehen durch eine Störung des patellofemoralen Gleitmechanismus und eine damit einhergehende Irritation verschiedener artikulärer Strukturen des Knies. Durch die Gleitstörung kann es beispielsweise zu einer Reizung des medialen und lateralen Retinakulums, des Hoffa-Fettkörpers oder der peripatellaren Synovia kommen.

Die Gründe für eine derartige Störung sind vielfältig. Es kann sein, dass die Patella durch sehr straffe oder laxe Bandstrukturen hypo- oder hypermobil ist. Auch eine einfache Verkürzung oder Abschwächung des M. quadriceps femoris kann die Patellamechanik negativ verändern. Zu diesen Faktoren kommt bei dem Krankheitsbild sehr häufig noch ein Verlust der muskulären Beinachsenkontrolle hinzu: Beim Gehen führen ein schwacher M. glutaeus medius und/oder eine Abflachung des Fußlängsgewölbes zu einer dynamischen Valgisierung im Knie (**Abb. 3.26**). Diese Achsenfehlstellung wirkt sich negativ auf die Zugkräfte der Patella aus und stört damit wiederum den patellofemoralen Gleitmechanismus. Meist liegt jedoch eine Kombination verschiedener Ursachen vor.

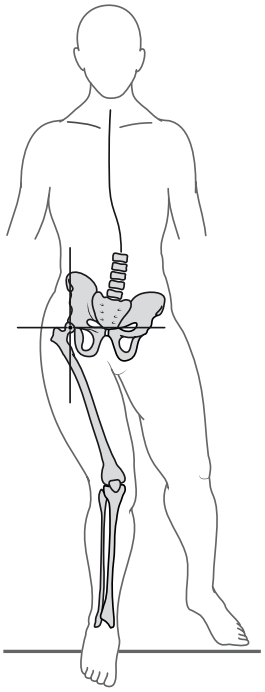


Abb. 3.26 Dynamische Valgisierung im Knie.

Sofortige Schmerzlinderung

Das Ziel der Therapie ist es, den patellofemoralen Gleitmechanismus zu optimieren. Im McConnell-Konzept arbeitet man dazu mit spezifischen Kontrollübungen für den Fuß und die Hüftgelenkmuskulatur, mit Beinachsentraining, Mobilisationen von Knie- und Hüftgelenk, Dehnungen und Taping. Neben der Unterstützung der Fußgewölbe und der Fazilitation der Hüftgelenkaußenrotation verwendet man Taping unter anderem dazu, die Position der Patella zu Beginn der Therapie passiv zu korrigieren, um auf diesem Weg die irritierten Strukturen zu entlasten und so die Belastungsschmerzen des Kniegelenks zu verringern. Der Vorteil dabei ist, dass man die Schmerzen direkt lindern kann, vorausgesetzt, der Verband ist richtig angelegt. Patella-Taping ist zu Beginn der Therapie wichtig, da man damit den Schmerzkreislauf unterbrechen kann und so die Aktivierung der Muskulatur verbessert. Lässt man dieses relativ einfache Tape weg, beeinträchtigen die Schmerzen ständig das Training. Zu Beginn der Therapie tragen die Patienten den Knieverband häufig täglich, damit sich die irritierten Strukturen beruhigen können. Nach etwa 3–4 Wochen sollte das motorische Programm der Muskulatur so weit sein, dass es das Tape ersetzen kann.

Mulligan-Tape

Das vom Neuseeländer Brian Mulligan entwickelte Therapiekonzept für neuromuskuloskeletale Erkrankungen basiert auf der Theorie, dass es aufgrund von Über- oder Fehlbelastungen innerhalb von Gelenken zu Verschiebungen kommen kann. Obwohl diese Fehlpositionen kaum in Millimetern zu messen sind, können sie dennoch zu starken Schmerzen oder Bewegungseinschränkungen führen. Man behandelt sie mit Mobilisations with Movement (MWMs): Dazu korrigiert man das Gelenk manuell in die symptomverbessernde Position und lässt den Patienten dann während dieser passiven Korrektur aktiv bewegen. Um die korrigierte Gelenkposition auch nach der Behandlung so gut es geht zu bewahren, verwendet man auch im Mulligan-Konzept Verbände mit straffem Tapingmaterial. Zum Einsatz kommen diese beispielsweise an der Fibula, am Knie und am Ellenbogen.

Positionsfehler im Ellenbogengelenk

Speziell bei Werfern kann es passieren, dass sie in der Abwurfphase – also in voller Ellenbogenextension und -pronation – Schmerzen im Ellenbogengelenk bekommen. Diesen Beschwerden kann ein minimaler Positionsfehler des Olekranons in der Trochlea humeri zugrunde liegen: Steht das Olekranon z. B. zu weit lateral, kommt es während der Abwurfphase zu einer Druckerhöhung unter der lateralen Humeruskondyle, was wiederum zu Schmerzen führen kann. Im Mulligan-Konzept testet der Therapeut zunächst, ob und welche Art von Positionsfehler vorliegt. Dafür verschiebt er manuell die Ulna im Verhältnis zum Humerus in Richtung medial oder lateral. Während der Therapeut den Druck hält, führt der Patient die aktive Wurfbewegung aus. Der Therapeutendruck ist richtig, wenn die Bewegung schmerzfrei möglich ist. Um im Anschluss an die Therapie die korrigierte Position beizubehalten bzw. die Wurfbewegung nicht durch die manuelle Korrektur zu behindern, kann man das Olekranon mithilfe eines Tapingzügels in die symptomverbessernde Richtung korrigieren (**Abb. 3.27**).

Lymph-Tape

Lusann Liebergesell

Sportphysiotherapeuten, die Patienten in der Rehabilitation betreuen, wissen, dass nach Operationen in der Regel immer ein mehr oder weniger stark ausgeprägtes sekundäres Lymphödem entsteht. Das hat mehrere Gründe: Zum einen werden durch den Eingriff Lymphgefäße geschädigt, und zwar durch die Schnitte, mit denen der Chirurg das OP-Gebiet eröffnet. Zum anderen entsteht eine physiologische Entzündungsreaktion mit einer Ansammlung biochemischer Substanzen wie Histamin, Bradykinin, Prostaglandin und Leukotrien. Diese Reaktion geht mit einer Erwärmung und einer Schwellung im

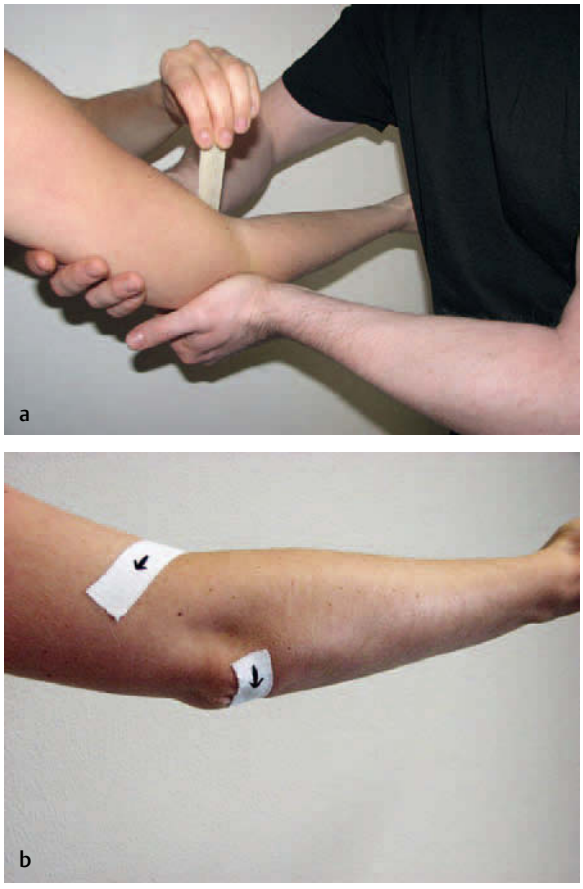


Abb. 3.27 Korrektur des Olekranons nach medial.
a Einstellung des Ellenbogengelenks in ca. 20° Flexion und voller Supination; Anlegen des Tape-Streifens lateral des Olekranons; Schub des Olekranons nach medial bei gleichzeitiger Fixation des Oberarms durch den Therapeuten. Der Patient zieht den Tape-Streifen nach medial und klebt ihn zirkulär bis proximal des Ellenbogengelenks.
b Das fertige Tape. Die Pfeile verdeutlichen die Zugrichtung.

betroffenen Gebiet einher. Der Kombination aus Entzündungsreaktion und der Schädigung der Lymphkollektoren und Lymphgefäße folgt eine Überlastung intakter Lymphgefäße. Je nach Art und Größe der Verletzung kann ein postoperatives Ödem somit recht massiv werden. Da es Raum fordert, erhöht sich im betroffenen Gebiet der Druck zwischen Haut und Muskulatur, wodurch sich der Lymphabfluss verringert und bei entsprechender Ausprägung des Ödems zeitweise sogar stagnieren kann. Durch die Entzündung steigt außerdem die lymphpflichtige Last, also die Substanzen, die nur über das Lymphgefäßsystem abtransportiert werden können.

Das Mittel der Wahl, um das Lymphgefäßsystem beim Abtransport der Schwellung und der Entzündungsmediatoren zu unterstützen, ist die Manuelle Lymphdrainage (s. oben). Die Effektivität dieser Therapie kann man mit einem Lymph-Tape steigern. Denn diese Tape-Anlage vergrößert einerseits den Weg für den Abtransport des Ödems und andererseits lindert sie die Schmerzen im betroffenen Gebiet. Die klinische Erfahrung zeigt, dass beide Therapieansätze in Kombination effektiver sind, als wenn die Patienten nur eine manuelle Lymphdrainage erhalten. Um diese Erfahrungswerte zu belegen, laufen bereits Studien an verschiedenen Universitätskliniken.

Während der Anlage eines Lymph-Tapes wird sowohl die Haut des Patienten gedehnt, indem er das betroffene Gelenk etwas beugt, als auch das Tape, das der Therapeut vor dem Aufkleben auf etwa 10% Spannung bringen sollte. Bewegt der Patient zurück in die Ruhestellung, bilden sich – mit der Entspannung des Tape-Materials – wellenförmige Hautfalten aus, die Convulsions. Durch die entstandene Wellenstruktur hebt das Tape die Haut bei jeder Bewegung an und verschiebt sie. Dieses „Lifting“ vergrößert den Zirkulationsraum und verbessert dadurch den Stoffwechsel in der Muskulatur und im umliegenden Gewebe. So kann der Körper die Schwellung und die Entzündungsmediatoren im betroffenen Gewebe leichter abbauen. Verringert sich die Schwellung, verringert sich der Druck auf die Haut und die Nozizeptoren. Die Entzündungsmediatoren können einfacher abgebaut werden – und somit reduzieren sich auch die Schmerzen bzw. das Spannungsgefühl. Ein weiterer Weg, über den das bunte Tape Schmerzen lindern kann, ist vermutlich über den Gate-Control-Mechanismus: Sobald sich der Patient bewegt, stimuliert das Tape die Mechanorezeptoren in der Haut. Dieser Reiz verringert die Schmerzweiterleitung auf Rückenmarksebene und mindert damit die Schmerzen, die der Patient wahrnimmt.

Im Konzept K-Taping verwenden viele Therapeuten bei Lymph-Tapes Taping-Material in der Farbe Cyan. Die verschiedenfarbigen Tapes unterscheiden sich lediglich in ihrer Wirkung. Cyan gilt – basierend auf der Farblehre – als beruhigend und kühlend.

Das Anlegen eines Lymph-Tapes lässt sich gut anhand einer Kniegelenkschwellung erklären. Bei einem Ödem im Kniegelenk hat sich, sofern die Lymphknotenketten intakt sind, die Kombination aus einer querverlaufenden Tape-Anlage am Knie und einer längs verlaufenden Anlage am medialen Oberschenkel bewährt. Die 4 bzw. 8 Streifen am Oberschenkel laufen hinauf bis zu den Leistenlymphknoten (Ln. inguinales superficiales u. profundi). Zur unterstützenden Gelenkdrainage werden von lateral und medial jeweils 4 Streifen aus der Kniekehle (Ln. poplitei) bis zum contralateralen Patellarand geklebt. Das Auffächern der Tape-Streifen hat den Sinn, eine möglichst große Fläche abzudecken. Wenn der Patient die Tape-Streifen nach dem Waschen föhnt, kleben sie bis zu einer Woche.

Dass die Tape-Streifen einmal parallel zu den Lymphbahnen laufen und einmal quer dazu, irritiert zunächst. Die Erklärung dafür findet sich, wie oft bei dieser Art des Tapings, in der klinischen Erfahrung und weniger in der Anatomie und Biomechanik.

Stabilisations-Tapes, z. B. für das Sprunggelenk oder für den Daumen, sind häufig im Sport notwendig. Insbesondere die Konzepte nach McConell und Mulligan sowie Kinesio-Taping bieten Anlagetechniken für spezielle Störungen der Körperfunktionen. Das *McConell-Tape* unterstützt die Therapie von Patienten mit patellofemoralem Schmerzsyndrom durch eine passive Korrektur und sofortige Schmerzreduzierung. Das *Mulligan-Tape* stabilisiert bei minimalen Positionsfehlern im Gelenk die symptomfreie Position außerhalb der Therapie. Es unterstützt damit den therapeutischen Effekt der Mulligan-Methoden (z. B. MWMs). *Lymph-Tapes* und spezielle Anlagetechniken des Kinesio-Tapings reduzieren Ödeme nach Verletzungen oder in der Rehabilitation. Sie fördern die Aufnahme der Lymphe und ihren Abfluss über das Lymphsystem und unterstützen somit die Manuelle Lymphdrainage. Therapeuten können aufgrund der Rückmeldungen von Patienten die Anlagetechniken verfeinern und weiterentwickeln.

Literatur

Akeson WH, Amiel D, Abel MF, Garfin SR, Woo SLY. Effects of Immobilization on Joints. Clinical Orthopaedics and Related Research 1987; 219: 28–37.

Alfredson H. Chronic Tendon Pain Implications for Treatment: An Update. Current Drug Targets 2004; 5(5): 407–10.

Bringezu G, Schreiner O. Die Therapieform Manuelle Lymphdrainage. Lübeck: Verlag Otto Haase; 1987.

Bringezu G, Schreiner O. Die Therapieform Manuelle Lymphdrainage. Lehrbuch der Entstauungstherapie. Springer; 2006.

Dahl H, Rößler A. Grundlagen der Manuellen Therapie. Stuttgart: Thieme; 2000.

Ellis B. A retrospective study of long-term users of transcutaneous electrical nerve stimulators. BrJ Therapy & Rehabilitation 1996; 32: 88–93.

Flowers K, Pheasant S. Use torque angle corves in the assessment of digital PIP stiffness. Journal of Hand Therapy 1988; 2: 69–74.

Földi M, Földi E, Kubik S. Lehrbuch der Lymphologie für Mediziner, Masseure und Physiotherapeuten. 6. Auflage. München: Elsevier; 2005.

Frizzell LA, Dunn F. Biophysics of ultrasound. Therapeutic Heat and Cold. Baltimore: Williams & Wilkins; 1982.

Garrison D, Foreman R. Decreased activity of spontaneous and noxiously evoked dorsal horn cells during transcutaneous electrical nerve stimulation U/TENS. Pain 1994; 58: 309–315.

Goldstein W, Barmada R. Early mobilization of the rabbit medial collateral ligament repairs: Biologic and histologic study. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 1984; 65: 239–242.

Han JS, Chen XH et al. Effect of low- and high-frequency TENS on Met-enkephalin-Arg-Phe and dynorphin A immunore-activity in human lumbar CSF. Pain 1991; 473: 295–298.

Hunt T, Banda M, Silver I. Cell interactions in post-traumatic fibrosis. London: Pitman; 1985.

Knight K. Cryotherapie: Theory, Technique, and Physiology. Chattanooga: Chattanooga Corporation; 1985.

Langenskiold A, Michelsson J, Videman T. Osteoarthitis of the knee in rabbit produced by immobilization. Acta Orthopaedica Scandinavica. 1979; 50: 1–14.

Low J, Reed A. Electrotherapy Explained – Principles and Practice. Oxford: Butterworth Heinemann; 2000.

Miura T. Non-traumatic flexion deformity of the proximal interphalangeal joint, its pathogenesis and treatment. Hand 1983; 15: 25–34.

Öhberg L. Alfredson H. Effects on neovascularisation behind the good results with eccentric training in chronic mid-portion achilles tendinosis? Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2004; 12: 465–470.

physiolexikon. Stuttgart: Thieme; 2010.

Rauch J. Abgrenzungen und Schnittstellen der Physikalischen Therapie. In: Hüter-Becker A, Dölken M. Physikalische Therapie, Massage, Elektrotherapie und Lymphdrainage. Stuttgart: Thieme; 2007.

Reichert B. Anatomie in vivo. Band 2: Palpieren und verstehen im Bereich Rumpf und Kopf. Stuttgart: Thieme; 2007.

Senne IB. Effekte der Ganzkörperkältekammer bei Patienten mit Spondylitis ankylosans (Dissertation). Bochum: Ruhr-Universität; 2001.

Silbernagl S, Despopoulos A. Taschenatlas der Physiologie. 6., korrigierte Auflage. Stuttgart: Thieme; 2003.

Tabary J, Tabary C, Tadieu C. Physiological and structural changes in the cat's soleus muscle due to immobilization at different lengths by plaster casts. Journal of Physiology 1972; 149: 231–244.

Travell GJ, Simons KG. Handbuch der Muskel-Triggerpunkte, Teil 1. München: Urban und Fischer; 2002.

Walsh D, Baxter D. Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS): A review of experimental studies. Eur J Med Rehabil 1996; 62: 42–50.

Walsh D, Foster NE et al. Transcutaneous electrical nerve stimulation. Relevance of stimulation parameters to neurophysiological and hypoalgesic effects. Am J Phys Med Rehabil 1995; 743: 199–206.

Walsh D. TENS: Clinical Applications and Related Theory. Edinburgh: Churchill Livingstone; 1997.

Weiner ((wörtliches Zitat in Biofeedback, fehlt im Literaturverzeichnis))

Winkel D, Vleeming A, Meijer OG. Nichtoperative Orthopädie und Manuelle Therapie, Teil 4/2. München: Urban und Fischer; 1993.

4 Rehabilitation und Training

4.1 Motorisches Lernen

Paul Beenen

> Nur indem man die 4 Faktoren fortlaufend übt, von der einen Seite zur anderen Seite übergeht, einmal aufwärts und wieder abwärts, nur so kommt man – wenn man gute Veranlagungen hat – mühsam dazu, Kenntnis zu erwerben, die außerdem gut ist.
>
> (aus Platons siebtem Brief an Dionysios I. von Syrakus; de Haan 2006)

4.1.1 Einleitung

In der Physiotherapie wird motorisches Lernen vor allem mit Patienten der Neurorehabilitation in Verbindung gebracht. Dieses Kapitel hat das Ziel, die Etablierung des motorischen Lernens innerhalb sportphysiotherapeutischer Interventionen weiter voranzutreiben. Es führt in das breite Feld des motorischen Lernens ein und gibt Denkanstöße, wie eine Intervention die Trainingsprinzipien der Spezifizität erfüllen kann, also wie eine Intervention am besten strukturiert werden, wie ein Transfer von Handlungen in andere Situationen stattfinden und wie man so effektiv wie möglich Handlungen lernen bzw. wieder neu erlernen kann. Erkenntnisse aus der (Sport-) Psychologie werden mit Kenntnissen und Erfahrungen aus der Neurologie und der Trainingslehre kombiniert.

Motorisches Lernen ist im Laufe der Zeit zu einem Überbegriff geworden, der schwer zu definieren ist, ohne das Risiko einzugehen, dazugehörige Aspekte auszuschließen. Einfach aber treffend gesagt, umfasst motorisches Lernen die Prozesse, die zu befähigtem und zielgerichtetem Bewegen führen (Glencross 1999). Motorisches Lernen umfasst den sensorischen Prozess, die motorische Kontrolle, die Akquisition der Fertigkeiten, das Vermögen, sich unter unterschiedlichen Umständen befähigt und zielgerichtet zu bewegen, sowie das Vergessen bzw. Verlieren oder Beibehalten einer Handlung (Leonard 2008). Das Ergebnis dieser Prozesse wird motorische Leistung oder Fertigkeit (Skill) genannt und ist die Aktion der Handlung, die wir beobachten können. Es ist der Output, woran auch häufig das Resultat der sportphysiotherapeutischen Intervention gemessen wird. Um zu einem optimalen Output, einem optimalen Sport zu gelangen, müssen die genannten Prozesse kritisch betrachtet werden. Dabei unterscheidet man meistens zwischen motorischer Kontrolle und motorischem Lernen: Motorische Kontrolle bezeichnet das kontrollierte Ausüben bereits bestehender Bewegungen, motorisches Lernen bezeichnet dagegen das Erlernen neuer Handlungen bzw. das Verändern bestehender Handlungen (Shumway-Cook u. Woollacott 2008).

Der Ausgangspunkt für motorisches Lernen (wie es in diesem Buch beschrieben wird) ist, dass das Individuum nach einer optimalen Lösung für eine Aufgabe „sucht“, die aus der Interaktion zwischen den Möglichkeiten und Behinderungen, den Anforderungen der Aufgabe und der Umgebung entsteht. Das Wort „sucht“ ist in Anführungsstriche gesetzt, um anzudeuten, dass es sich nicht nur um ein bewusstes Suchen handelt, sondern sich im Individuum auch unbewusste Prozesse abspielen können.

Dieses Kapitel kann lediglich einen Überblick zum Thema motorisches Lernen geben. Die Literatur ist sehr vielfältig und nimmt ständig zu. Für Sportphysiotherapeuten ist das Sichten dieser Literatur und das Nachvollziehen der gesamten beschriebenen Untersuchungen eine schier unmögliche Aufgabe. Zum Glück gibt es eine Reihe ausgezeichneter Handbücher, die regelmäßig aktualisiert werden. In diesem Kapitel werden Theorien nicht bis ins Detail ausgearbeitet, aber es wird regelmäßig auf die jeweiligen Standardwerke verwiesen. Das Ziel dieses Kapitels ist es, die Notwendigkeit und die bereichernden Möglichkeiten zu verdeutlichen, die die Erkenntnisse über motorisches Lernen Sportphysiotherapeuten bieten. Die Kunst des motorischen Lernens ist es, den Sportler nach einer Verletzung in einer Bewegungsveränderung zu begleiten, die auf das Vermeiden weiterer Verletzungen und die Leistungsverbesserung gerichtet ist. Um in diesem Prozess den besten und effizientesten Weg zu finden, ist eine kritische Sicht auf unser Denken in der sportphysiotherapeutischen Praxis erforderlich. Dieses Kapitel stellt dieses Denken durch die Analyse der Motorik und des Lernens beim motorischen Lernen zur Diskussion. Anschließend folgen einige praktische Hinweise. Unsere Suche beginnt bereits bei der Art und Weise des Begründens in der Praxis.

4.1.2 Sportler als komplexe Systeme: von der Motorik zur Aktion

In der orthopädisch geprägten sportphysiotherapeutischen Praxis richtet der Therapeut viel Aufmerksamkeit auf die kausale lineare, indirekte Relation in der Problematik des Klienten. Der Therapeut beginnt die Therapie,

4 Rehabilitation und Training

4.1 Motorisches Lernen

Paul Beenen

> Nur indem man die 4 Faktoren fortlaufend übt, von der einen Seite zur anderen Seite übergeht, einmal aufwärts und wieder abwärts, nur so kommt man – wenn man gute Veranlagungen hat – mühsam dazu, Kenntnis zu erwerben, die außerdem gut ist.
>
> (aus Platons siebtem Brief an Dionysios I. von Syrakus; de Haan 2006)

4.1.1 Einleitung

In der Physiotherapie wird motorisches Lernen vor allem mit Patienten der Neurorehabilitation in Verbindung gebracht. Dieses Kapitel hat das Ziel, die Etablierung des motorischen Lernens innerhalb sportphysiotherapeutischer Interventionen weiter voranzutreiben. Es führt in das breite Feld des motorischen Lernens ein und gibt Denkanstöße, wie eine Intervention die Trainingsprinzipien der Spezifizität erfüllen kann, also wie eine Intervention am besten strukturiert werden, wie ein Transfer von Handlungen in andere Situationen stattfinden und wie man so effektiv wie möglich Handlungen lernen bzw. wieder neu erlernen kann. Erkenntnisse aus der (Sport-) Psychologie werden mit Kenntnissen und Erfahrungen aus der Neurologie und der Trainingslehre kombiniert.

Motorisches Lernen ist im Laufe der Zeit zu einem Überbegriff geworden, der schwer zu definieren ist, ohne das Risiko einzugehen, dazugehörige Aspekte auszuschließen. Einfach aber treffend gesagt, umfasst motorisches Lernen die Prozesse, die zu befähigtem und zielgerichtetem Bewegen führen (Glencross 1999). Motorisches Lernen umfasst den sensorischen Prozess, die motorische Kontrolle, die Akquisition der Fertigkeiten, das Vermögen, sich unter unterschiedlichen Umständen befähigt und zielgerichtet zu bewegen, sowie das Vergessen bzw. Verlieren oder Beibehalten einer Handlung (Leonard 2008). Das Ergebnis dieser Prozesse wird motorische Leistung oder Fertigkeit (Skill) genannt und ist die Aktion der Handlung, die wir beobachten können. Es ist der Output, woran auch häufig das Resultat der sportphysiotherapeutischen Intervention gemessen wird. Um zu einem optimalen Output, einem optimalen Sport zu gelangen, müssen die genannten Prozesse kritisch betrachtet werden. Dabei unterscheidet man meistens zwischen motorischer Kontrolle und motorischem Lernen: Motorische Kontrolle bezeichnet das kontrollierte Ausüben bereits bestehender Bewegungen, motorisches Lernen bezeichnet dagegen das Erlernen neuer Handlungen bzw. das Verändern bestehender Handlungen (Shumway-Cook u. Woollacott 2008).

Der Ausgangspunkt für motorisches Lernen (wie es in diesem Buch beschrieben wird) ist, dass das Individuum nach einer optimalen Lösung für eine Aufgabe „sucht“, die aus der Interaktion zwischen den Möglichkeiten und Behinderungen, den Anforderungen der Aufgabe und der Umgebung entsteht. Das Wort „sucht“ ist in Anführungsstriche gesetzt, um anzudeuten, dass es sich nicht nur um ein bewusstes Suchen handelt, sondern sich im Individuum auch unbewusste Prozesse abspielen können.

Dieses Kapitel kann lediglich einen Überblick zum Thema motorisches Lernen geben. Die Literatur ist sehr vielfältig und nimmt ständig zu. Für Sportphysiotherapeuten ist das Sichten dieser Literatur und das Nachvollziehen der gesamten beschriebenen Untersuchungen eine schier unmögliche Aufgabe. Zum Glück gibt es eine Reihe ausgezeichneter Handbücher, die regelmäßig aktualisiert werden. In diesem Kapitel werden Theorien nicht bis ins Detail ausgearbeitet, aber es wird regelmäßig auf die jeweiligen Standardwerke verwiesen. Das Ziel dieses Kapitels ist es, die Notwendigkeit und die bereichernden Möglichkeiten zu verdeutlichen, die die Erkenntnisse über motorisches Lernen Sportphysiotherapeuten bieten. Die Kunst des motorischen Lernens ist es, den Sportler nach einer Verletzung in einer Bewegungsveränderung zu begleiten, die auf das Vermeiden weiterer Verletzungen und die Leistungsverbesserung gerichtet ist. Um in diesem Prozess den besten und effizientesten Weg zu finden, ist eine kritische Sicht auf unser Denken in der sportphysiotherapeutischen Praxis erforderlich. Dieses Kapitel stellt dieses Denken durch die Analyse der Motorik und des Lernens beim motorischen Lernen zur Diskussion. Anschließend folgen einige praktische Hinweise. Unsere Suche beginnt bereits bei der Art und Weise des Begründens in der Praxis.

4.1.2 Sportler als komplexe Systeme: von der Motorik zur Aktion

In der orthopädisch geprägten sportphysiotherapeutischen Praxis richtet der Therapeut viel Aufmerksamkeit auf die kausale lineare, indirekte Relation in der Problematik des Klienten. Der Therapeut beginnt die Therapie,

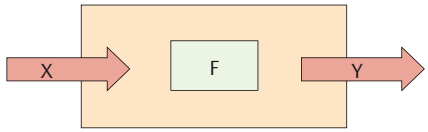


Abb. 4.1 Analytische (mechanistische) Denkweise mit reduziertem Fokus auf den Sportler bzw. Patienten (X = gegebener Reiz, F = Variable/Körperstruktur, Y = Veränderung).

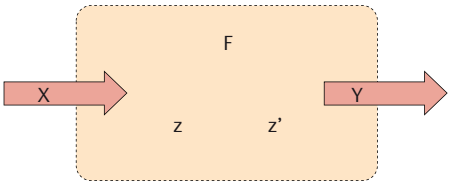


Abb. 4.2 Synthetische (holistische) Denkweise mit erweitertem Fokus auf den Sportler bzw. Patienten (X = Input/gegebener Reiz, F = Variable/Körperstruktur, Z = interner Zustand, Y = Output/Veränderung).

indem er als Spezialist erklärt (determiniert), was im Sportler falsch läuft. Auf diese Art des Begründens reagiert der Sportler standardgemäß und unproblematisch auf den anschließend gegebenen Reiz. Der Klient wird als Maschine betrachtet und der Therapeut analysiert das Problem (Ursache und Wirkung). Beim *Analysieren* sind 3 Phasen zu erkennen (Kramer u. de Smit 1996):

- das Zerlegen des zu verstehenden Sachverhaltes (des Ganzen) in seine Einzelteile/Bestandteile
- der Versuch zu begreifen, wie die Einzelteile arbeiten
- das Zusammensetzen dieser Einzelteile, um das Ganze zu begreifen

Die **Abb. 4.1** zeigt den Sportler als simples System, wobei nur die explizite Veränderung (Y), der gegebene Reiz (X) und die Variable (F) zu sehen sind. Diese Reaktion ist und bleibt stabil in der Zeit. Was weiter mit der Person als Reaktion auf die Analyse oder auf den Reiz geschieht und was das System selbst dazu beiträgt, wird nicht berücksichtigt. Der eigene Beitrag des Systems ist abhängig von der Zeit und der ortsabhängigen Bedeutung, die die Person aufgrund der eigenen Geschichte der Situation beimisst. Die Interaktion dieser Faktoren miteinander spielt keine bewusste Rolle. Diese Art der Analyse verkleinert den Fokus des Physiotherapeuten mit dem Vorteil, dass das Problem übersichtlicher wird. Der Nachteil ist, dass der Fokus vor allem auf die Struktur, weniger auf die funktionelle Aufgabe bzw. Aktivität gerichtet ist.

Die auf der mechanistischen Sichtweise beruhende Analyse berücksichtigt weder den Kontext noch, was der Reiz in der internen Gesamtstruktur auslöst.

Außer der Analyse gibt es noch eine andere Art und Weise des Begründens: die *Synthese*. Die Synthese dreht quasi die Schritte der Analyse um:

- Identifizieren des Ganzen, zu dem der zu verstehende Sachverhalt gehört (Bestandteil des Ganzen)
- Erklären des Verhaltens oder der Eigenschaften
- Erklären des Verhaltens und der Eigenschaften in Termen der Rolle und Funktion im Ganzen

Der Therapeut vergrößert den Fokus und richtet ihn auf die Funktion in der Umgebung. Handelt es sich hier um einen Sportler, geht es nicht mehr um die eine oder andere determinierte Relation, die man als Physiotherapeut offengelegt hat, sondern um das Handeln des Sportlers in seiner Umgebung. Dieses Handeln ist zielgerichtetes und bedeutungsvolles Verhalten bzw. mit einer Intention verbunden. Um der Komplexität der synthetischen Denkweise gerecht zu werden, ist ein systemisches Denken des Therapeuten erforderlich (Systemdenken der Systemtheorie) (van Uden 2002, Wimmers 2000, Smith u. Thelen 1993). So kann der Sportler beschrieben werden als System mit folgenden Relationen: die internen Zustände (Z, Z') des Systems, die mitbestimmend sind für die Relation des Inputs (X) und des Outputs (Y). Dieses Blackbox-System kennt 2 Funktionen (**Abb. 4.2**):

- die Funktion, die den Input in einen Output (Y) transformiert
- die Funktion der internen Struktur, die auf der Basis des Inputs die internen Zustände (Z, Z') transformiert

Auf der Grundlage dieser systemischen Denkweise kann man sich gut vorstellen, dass im gesamten System sehr viel passiert, wenn man dem Patienten ein Trainingsprogramm für zu Hause zur Verbesserung der Muskelkraft mitgibt. Neben der Muskulatur (F) werden zahlreiche Faktoren beeinflusst (seine Koordination, seine Tageseinteilung, die Beziehung zu seinem Sohn, sein Appetit, sein Selbstvertrauen). Das Resultat, das man in der nächsten Behandlung misst, kann aus verbesserter Muskelkraft (Y) bestehen. Daneben erfasst eine Skala die anderen Reaktionen im System auf den gegebenen Reiz, die die interne Struktur verändern (Z, Z'). Diese Reaktionen können bewusst und sichtbar sein, wie mehr Selbstvertrauen oder eine gerichtetere Koordination (Z). Andere Reaktionen sind eher unbewusst und/oder verborgen, z.B. ein veränderter Hormonspiegel. Aber auch die psychosoziale Individualität spielt eine Rolle. Beispielsweise ein Trainer, der nicht enthusiastisch reagiert, um zu vermeiden, dass das wiedererlangte Selbstvertrauen nicht der Vorbote einer wiederholten Enttäuschung ist. Dieses (unbewusst) gefühlte Fehlen der Unterstützung bewirkte schon häufiger, dass Sportler mit Verzögerungen in den Sport zu-

rückkehrten. Erfahrungen und die Geschichte der Person bestimmen die unbewusste Reaktion mit (Z'). Man sieht zwar das Resultat (Y), aber kann durch die Blackbox nur zum Teil ableiten, was das Resultat hervorgebracht hat. Dadurch, dass viel unbewusst geschieht und viele Faktoren sich kontinuierlich und gegenseitig beeinflussen (Z, Z'), ist dies nicht direkt und nie vollends aufzudecken. Der Mensch ist ein komplexes System mit einem dynamischen und veränderlichen Zusammenhang von unfassbar vielen auseinanderlaufenden Faktoren (Hagenaars 2005).

Eine Perspektive, bei der die Komplexität erkannt wird und kontinuierlich ernst genommen wird, hat weitreichende Folgen für das physiotherapeutische Handeln. Dieses Handeln berücksichtigt unsere Modelle des Begründens stärker und setzt den Lernprozess des komplexen Systems des Sportlers ständig in den Vordergrund des physiotherapeutischen Systems. Den Klienten als System zu betrachten, gibt dem Individuum, seiner stets wachsenden Geschichte und seiner Umgebung einen Platz. Aber systemisches Denken gibt auch Raum für eine Anzahl anderer Merkmale des handelnden Sportlers, die im Lernprozess innerhalb der Praxis wichtig sein können. Diese Merkmale nehmen das Ganze (das gesamte System) als Ausgangspunkt, das nach der Systemtheorie immer mehr ist als die Summe seiner Teile.

Variation

Denken, ausgehend von einem komplexen System, bietet viele Möglichkeiten. Oder genauer: Die Natur bietet eine unendliche Anzahl von Möglichkeiten, um sich als Mensch zu bewegen. Dies bringt uns direkt zu einem der Hauptprobleme des Untersuchungsgebietes im motorischen Lernen. Wie erlangen wir die „Kontrolle" über die vielen Möglichkeiten, die innerhalb des Systems geboten werden? Das von Bernstein (1967) beschriebene Problem der unendlich vielen Freiheitsgrade ist hier klassisch. Er fragte sich, wie sich der Mensch selektiv bewegen kann, wenn er über so viele Nerven, Muskeln und Gelenke verfügt, die zahllose Möglichkeiten mit verschiedenen Freiheitsgraden bieten (100 000 000 000 Neuronen, 620 Muskeln, jeder einzelne mit Tausenden motorischen Einheiten, 200 Knochen und 100 Gelenke). Neben allen Möglichkeiten, die der Körper bietet, funktioniert er immer in einer Umgebung. Das System ist immer abhängig von den sich stets verändernden Umständen der Interaktion zwischen der Bewegung und dieser Umgebung. Bernstein (1967) spricht hier von einer *kontextkonditionierten Variabilität*. Ein Beispiel ist die Funktion des M. pectoralis major, die abhängig von der Position des Schultergelenks beim Fangen eines Balls variiert (Bernstein 1967, Kugler u. Turvey 1987). Der Muskel funktioniert während der Bewegung wie ein elastisches Band (das Fangen eines Balls oberhalb des Kopfes). Die elastische Kapazität speichert Energie. Abhängig von den Umständen (Schwere des Balls, Schwerkraft, Geschwindigkeit etc.) muss diese Bewegung koordiniert werden. Dies bedeutet automatisch, dass ein vom Nervensystem ausgehendes zentrales Kommando in jeder Situation ein anderes Resultat hervorbringt. Es kann nicht als ein „fest verdrahtetes" motorisches Programm bezeichnet werden, da die Funktion des Nervensystems immer mit den momentanen Bedingungen zusammenhängt (Smith u. Thelen 1993). Die Koordination der Möglichkeiten bis zum zielgerichteten Bewegen wird laut Bernstein „the process of mastering" (Bewegungssteuerung) genannt. Bernstein und andere Untersucher haben verschiedene Hypothesen entwickelt, wie man diese Kontrolle erreichen kann. Die zentralen Fragen waren, wo die Kommandos herkamen und wie ein System dann neue Bewegungen und Muster erlernen konnte (Smith u. Thelen 1993, Shumway-Cook u. Woollacott 2008). Variation entsteht nicht nur aus der Person heraus. Auch die Umgebung und die Aufgabe geben dem immer handelnden System eine Vielzahl an Möglichkeiten und Unmöglichkeiten vor. Das System befindet sich in einem konstanten Lernprozess, um aus der Variabilität heraus die besten Handlungen zu selektieren.

Selbstorganisation aus Dynamik und Stabilität heraus

Die Überdosis an Freiheitsgraden nicht mehr als Problem anzusehen, war eine befreiende Idee. Stattdessen erkannte man, dass die vielen Möglichkeiten auch Chancen im Bewegen bieten. Es wurde immer deutlicher, dass Bewegen sich selbst organisiert. Koordiniertes Bewegen entsteht spontan (emergiert) in der Interaktion zwischen der Vielzahl an relevanten Faktoren (Shumway-Cook u. Woollacott 2008). Die Umgebung (z. B. ein Ball oder ein fester Untergrund) und die Aufgabe, die an die Person gestellt wird, müssen jedoch Voraussetzungen erfüllen (Bernard-Netelenbos 2000, Wimmers 2000). Das neuronale System kontrolliert die Handlung nicht direkt, aber es bestehen gespeicherte quasi gesammelte Muster, die sich aus der Intention und früheren Erfahrungen der Person heraus ergeben. Im Gegensatz zu Mustern, die „fest verdrahtet" sind, wird hier von Mustern gesprochen, die „lose vorgefertigt" sind (Kugler u. Turvey 1987).

Die im System entstandene Flexibilität führt dazu, dass das System auf Veränderungen reagieren und aus dieser Erfahrung lernen kann. Menschen neigen jedoch in ihrem Handeln physiologischerweise zu einer begrenzten Anzahl von Möglichkeiten (Bernard-Netelenbos 2000). Viele Handlungen sind rhythmisch und zyklisch, dies führt zu einer beschränkten Anzahl von Mustern. Einerseits relativiert dies die Unendlichkeit der Möglichkeiten in Bezug auf die Freiheitsgrade. Wesentlich ist aber, dass ein System trotz Dynamik seine Stabilität beibehalten kann. Dies bedeutet, dass es nach einer Handlung in die ursprüngliche Situation zurückkehrt oder es sich an das neue

Gleichgewicht anpasst. Hier kann ein Vergleich mit der physiologischen Homöostase gezogen werden, wie auch in diesem Buch beschrieben. Das System entwickelt mit der Zeit bevorzugte Bewegungsmuster und Stabilitätssituationen. Dies bringt ein stabiles Koordinationsmuster hervor, das gegen Störungen bestehen kann und fähig ist, neue erfolgreiche Eigenschaften zu integrieren in einer ständig neu zu schaffenden Stabilität.

Selbstregulation und Intentionalität

Ein Sportler, der seinen Handlungsweg sucht, ist in sicherem Maße selbstregulierend. Auf der Basis eines zugefügten Reizes sucht er selbst nach einem Gleichgewicht. Bei einer bekannten und wiederholten Bewegung kann dies durch ein favorisiertes Muster automatisch koordiniert werden, z. B. bei der Fangbewegung eines Softballspielers. Diese Variablen können in manchen Fällen (insbesondere bei rhythmischen, zyklischen Behandlungen sowie beim Laufen) als Kontrollparameter erkannt werden. Die Variablen, z. B. die Geschwindigkeit beim Laufen, bestimmen nicht zwingend das System, aber sie bringen das gesamte System in Bewegung und in eine neue Stabilitätssituation. Dies geschieht häufig nicht linear, sondern als plötzlicher Übergang (Transition). So kann man bei jemandem, der vom Gehen ins Rennen übergeht, einen deutlichen Transitionsmoment wahrnehmen. Dies ist eine Form von Selbstregulation, die unbewusst geschehen kann. Die neu gefundene stabile Situation wird in der Systemtheorie Ordnungsparameter genannt. Wenn eine Handlung vollständig neu ist oder wenn eine Handlung verändert werden muss, muss das System viel mehr suchen. Der Sportler (seine interne Struktur) erneuert sich durch die unvermeidlichen Reize ständig, dies geschieht teils bewusst und teils unbewusst. Aus einem inneren Zustand (Z) wird ein neuer innerer Zustand (Z').

Sportphysiotherapeuten, denen dies bewusst ist, müssen in ihrer Begleitung diese Selbstregulation so oft wie möglich ansprechen. Viel geschieht implizit und für den Sportler und Physiotherapeuten nicht sichtbar. Die gemeinsame Interaktion von Sportler und Physiotherapeut kann die Aspekte verdeutlichen, die im Veränderungsprozess eine ausschlaggebende Rolle spielen. Die Intentionalität des Sportlers ist für die Regulation besonders wichtig. *Intentionalität* ist die Kombination aus der Bedeutung, die ein Individuum seiner Wahrnehmung beimisst, und den damit verbundenen Wünschen und Zielen. Mit der Einführung dieses Begriffs ist es nicht mehr möglich, zwischen dem Sportler und seiner Umgebung exakt zu unterscheiden. Aus ihnen ist eine ökologische Einheit geworden, in der Perzeption und Aktion direkt aneinander gekoppelt sind (Gibson 1966, Reed 1982). Auf die Notwendigkeit dieser Intentionalität, um Plastizität und Lernen zu realisieren, wird im weiteren Verlauf des Kapitels nochmals eingegangen. Die Intentionalität ist weniger stabil, als wir glauben, da sie kurzfristig stark fluktuiert. Während eines Wettkampfes kann sich beispielsweise die Bedeutung verschieben: von einem gerichteten Handeln mit der Intention, die Handlung so perfekt, wie möglich auszuführen, zu einer so auszuführenden Handlung, die den Gegner vor allem besiegt, oder zu einer Handlung mit der Absicht, eine Aktion zu vermeiden, um nicht zu verlieren. Aus der gegebenen Systemdynamik der Situation heraus entsteht diese Intentionalität spontan (Gernigon et al. 2004, Elliot u. McGregor 2001). In diesem Kapitel ist mit Intentionalität mehr die längerfristige Intentionalität gemeint.

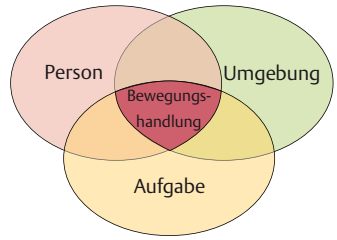


Abb. 4.3 Strategie in Trainingszirkeln: Bewegungshandlung im Training als Summe aus Person, Aufgabe und Umgebung.

Überträgt man die beschriebene Systemannäherung auf den physiotherapeutischen Dienstleistungsprozess, hat dies für die physiotherapeutische Strategie mehrere logische Folgen (**Abb. 4.3**). In jedem Training sollte die Bewegungshandlung im Vordergrund stehen. Dies bedeutet, dass ein Training den Fokus immer auf die totale Komplexität einer Person richtet, die eine Aufgabe in einer Umgebung ausführt. Die Summe dieser 3 Bereiche ist für den Sportler die Bewegungshandlung. Für eine ausführliche Erläuterung der Bewegungshandlung siehe Kapitel 1.2.

Selbstverständlich können wir Aspekte aus diesen Bereichen herausnehmen, z. B. den spezifischen Genesungsprozess des Sehnengewebes und dessen bestmögliche Rehabilitation. Diese Aspektannäherung muss anschließend wieder in das funktionelle Handeln integriert werden. Diese Integration ist (vorsichtig gesagt) noch nicht selbstverständlich und ist auf jeden Fall viel effektiver als die isolierte Umsetzung der Bewegungshandlung (Wimmers u. de Vries 1992). Hierfür ist die Integration der Koordination in die Handlung ein gutes Beispiel. Zielgerichtetes und sinnvolles Bewegen, also mit einer Intention, führt zu einer besseren Koordination (Trombly u. Wu 1999, Mathiowetz u. Wade 1995). Die Aufmerksamkeit des Physiotherapeuten ist jedoch häufig auf die biomedizinischen Störungen der natürlichen Genesung gerichtet. Die vorgestellte Strategie misst dem weiterhin eine hohe Bedeutung bei, bringt aber dieses Denken in den breiteren Kontext des Systems. Der Physiotherapeut beginnt in der Untersuchung mit einer funktionellen Aufgabe oder der Handlungsanalyse. Hier sind die zentralen Fragen, was

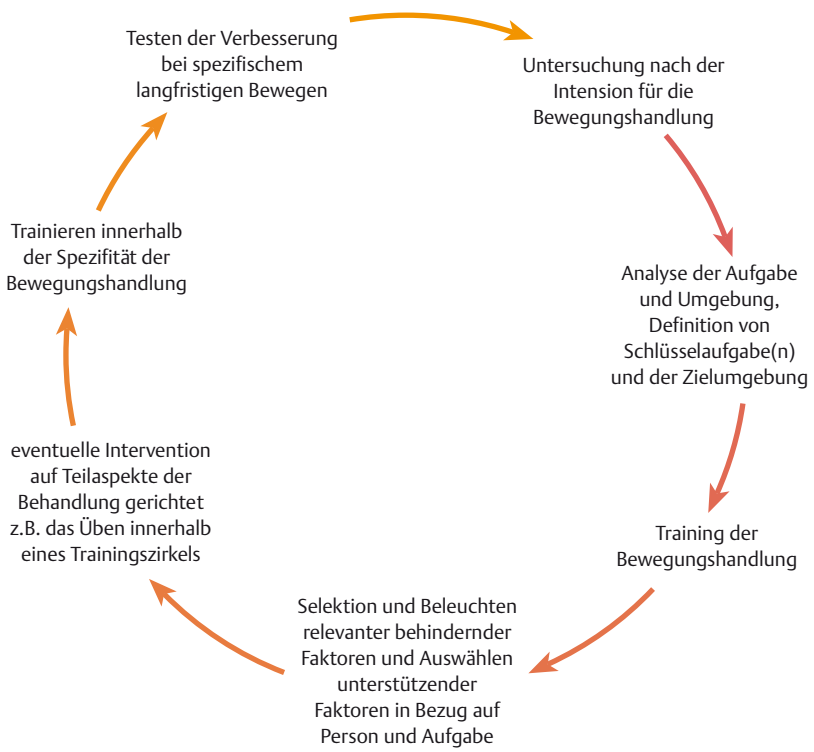


Abb. 4.4 Schritte der komplexen physiotherapeutischen Strategie.

die problematische Handlung ausmacht und welche spezifischen Zielstellungen beim Individuum und seiner Umgebung bestehen (Rothstein et al. 2003, Schenkman et al. 2006). Dadurch, dass dies in der Untersuchung im Vordergrund steht, vermeidet der Physiotherapeut, dass seine eigenen Zielstellungen, z. B. „das Verbessern der plyometrischen Kraft" oder „das Vermindern des Ödems", in den Vordergrund gelangen und somit das Individuum und seine Selbstregulierung zu stark reduzieren. Das Formulieren einer physiotherapeutischen Diagnose in Termen der ICF (Kap. 1.2) wird bei dieser Annäherung spezifischer und natürlicher, wenn die Orientierung erst auf die Aktivitäten und die Partizipation gerichtet ist. Für beide Parteien entsteht ein deutliches Bild der funktionellen Aufgabe und den damit verbundenen SMART-Zielstellungen (Charles et al. 2006, Matos 2007). (SMART steht für spezifische, messbare, erreichbare [engl. Achievable], relevante, terminierte Ziele.)

Der Physiotherapeut stellt die Aufgabe der Situation des Sportlers in den Vordergrund, dadurch widmet er sich direkt den Möglichkeiten des Sportlers (enablement) und nicht nur den Unmöglichkeiten (disablement) des Systems (Gordon et al. 2005, Schenkman et al. 2006). Das Ergebnis einer Intervention wird nun mit der Qualität und Quantität des Ausführens einer Handlung gleichgestellt. Dementsprechend ist die formulierte Aufgabe immer der Ausgangspunkt für die Untersuchung und die Behandlung. Der Physiotherapeut versucht, so nah wie möglich bei der Aufgabe und der Umgebung zu bleiben. Klinimetrie, das Messen klinischer Phänomene, findet, wenn eben möglich, unter Berücksichtigung behindernder Faktoren auf dem Niveau der Bewegungshandlung statt. Diese Messungen auf Aktivitäts- und Partizipationsniveau selektiert die Richtung folgender Untersuchung innerhalb der Komplexität des Sportlers. Tatsächlich ist dann die Rede von einem optimalen Streben nach Spezifität (s. Kap. 4.4). Falls die Voraussetzungen, um spezifisch in der Komplexität der Handlung zu trainieren, nicht gegeben sind, wird die Systemeigenschaft isoliert trainiert und anschließend in die Bewegungshandlung integriert. Diese Integration ist wichtig, um die isolierte Eigenschaft als beständige Veränderung in die Bewegungshandlung aufzunehmen. Dies ist nicht selbstverständlich und setzt einen Lernprozess voraus, so wie es später in diesem Kapitel deutlich wird. Eine Strategie im physiotherapeutischen Handeln besteht demnach aus den Schritten, die **Abb. 4.4** zeigt.

Durch das konsequente Verfolgen dieser Strategie verändert sich die Rolle des Physiotherapeuten. Er ist nicht mehr länger der zentrale Leiter, sondern der Sportler und seine sich stets verändernde Bewegungshandlung stehen im Mittelpunkt. Der Physiotherapeut begleitet, coacht und ist der Fachmann in einem Lernprozess, der dem Sportler ermöglichen soll, sein eigener Bewegungsexperte zu sein.

Die 3 Bereiche (Person, Aufgabe und Umgebung) können Physiotherapeuten helfen, eine Brücke zwischen dem Denken in Komplexität und Funktion (Synthese) und dem Denken in Behandlungsvariablen (Analyse) zu schlagen. Sie sorgen einerseits dafür, dass man die gesamte Komplexität berücksichtigt, und andererseits für *gerichtetes* Fokussieren.

Aus der Handlungsperspektive betrachtet, ist vor allen Dingen die Schnittstelle (Interface) dieser 3 Bereiche interessant. Was hat ein Umgebungsfaktor wie der soziale ökonomische Zustand mit dem persönlichen Faktor Lebensstil zu tun? Oder was hat der Erwartungsdruck der Eltern eines talentierten Sohnes mit dem Heilungsprozess seiner Verletzung zu tun? Die folgenden Abschnitte gehen auf die Faktoren der 3 Bereiche ein und verdeutlichen anhand von Beispielen, wie nach der Schnittstelle zwischen den Bereichen geschaut werden kann.

Person

Jedes Individuum besteht aus einer einzigartigen Kombination aus genetischem Material, Reifung, Geschichte, sozialem Hintergrund, einem bestimmten Maß an Motivation, Emotionen, Lebensstil und in vielen Fällen aus einer Anzahl von mehr oder minder problematischen Störungen und Einschränkungen (Schmidt u. Wrisberg 2008, Lalonde 1975, Sassen 2008). In der physiotherapeutischen Untersuchung beginnen Therapeuten mit der Untersuchung und Suche nach diesen Faktoren. Auf der Suche nach der Intentionalität ist es die Aufgabe des Physiotherapeuten, dem Sportler zu ermöglichen, seine Perspektive in das Zentrum zu rücken. Obwohl diese Bedeutung nicht genug betont werden kann, führt es zu weit, dieses Thema hier ausführlich zu besprechen. Eine ausgezeichnete Quelle hierfür sind Higgs et al. (2008), insbesondere die Beiträge von Atkins und Thede. Kapitel 4.3.3 geht unter anderem auf die Personenfaktoren ein, die für die Veränderung bzw. das Lernen innerhalb der Bewegungshandlung von Bedeutung sind. Hier reicht zunächst der Hinweis, dass der Hauptanteil der physiotherapeutischen Untersuchung sich auf die personellen Eigenschaften richtet.

Aufgabe

In der Untersuchung erfasst man die Anforderungen, die an die wichtigste Aufgabe gestellt werden. Diese Anforderungen richten sich innerhalb der Handlung auf die Wahrnehmung, die auf der Wahrnehmung basierende Urteilsbildung darüber, wie die Aufgabe ausgeführt werden muss, auf die individuellen Bewegungsmöglichkeiten und demzufolge auf die Anforderungen, die an die Aufgabenausführung gestellt werden. Das Ziel ist, ein Endergebnis mit einem möglichst geringen Zeit- und/oder Energieaufwand zu erreichen.

Es gibt viele Möglichkeiten, eine Aufgabe zu analysieren, und für spezifischere Aufgaben gibt es bestimmte Instrumente. Ein Beispiel ist der Berg Balance Test. Es gibt auch allgemeinere Instrumente, die für alle Aufgaben einsetzbar sind. Die Aufgabe kann mithilfe von 3 Charakteristika klassifiziert werden:

- die Organisation der Aufgabe
- die relativen kognitiven Anforderungen der Aufgabe
- das Maß, in dem die Umgebung einzuschätzen ist

Schmidt stellt eine Modifizierung des Klassifizierungsmodells von Gentile vor (Schmidt u. Wrisberg 2008), indem er direkt eine Relation zur Umgebung herstellt (**Tab. 4.1**). Eine weitere Methode ist die Prozessanalyse einer Aufgabenausführung. Man folgt hier der Aufgabe in zeitlich aufeinanderfolgenden Schritten (**Abb. 4.5**).

Tab. 4.1 Klassifikation einer Aufgabe (nach Schmidt u. Wrisberg 2008 mod. nach Gentile)

		Anforderungen an die Aufgabe			
		keine Verlagerung des Körpers oder Objektmanipulation	**nur Objektmanipulation**	**nur Verlagerung des Körpers**	**Objektmanipulation und Verlagerung des Körpers**
Anforderungen der Umgebung	**keine Regulationsvariation oder Kontextvariation**	stehende Position beibehalten	Flötespielen	auf dem Bürgersteig gehen	mit einem Kinderwagen auf dem Bürgersteig gehen
	nur Kontextvariation	Gebärdensprache	Holzhacken	Bowlen	Bänder rhythmisch drehen
	nur Regulationsvariation	Stehen im fahrenden Aufzug	stehend einen Ball gegen eine Wand werfen und zurück prallen lassen	auf einem Laufband laufen	mit einem Fußball dribbeln ohne Gegner
	Kontextvariation und Regulationsvariation	auf einem Fuß im Aufzug balancieren	Videospiele spielen	Seiltanzen	mit einem Fußball dribbeln mit Gegner

Kontextvariation = Ausmaß, in dem sich das Umfeld von einer Aufgabe zur nächsten ändert
Regulationsvariation = Maß, in dem das Umfeld gleichbleibend oder in Bewegung ist

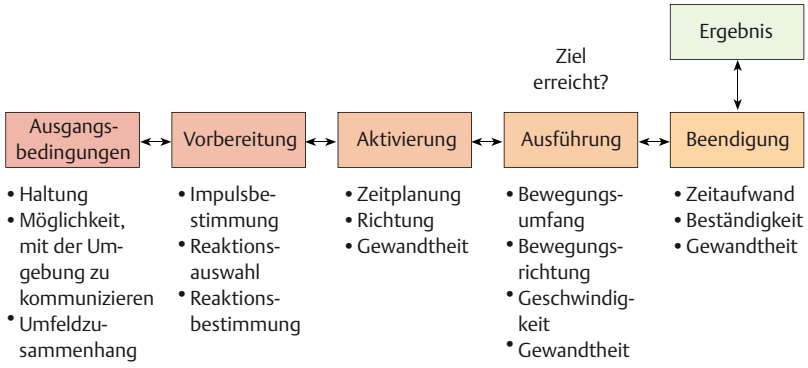


Abb. 4.5 Schritte/Sequenzen einer Aufgabenausführung (Hedman et al. 1996).

Tab. 4.2 Physische Umgebungsfaktoren

Faktoren	Beispiele
Widerstand	Schwerkraft, Steigung, Beschleunigungen, Gegenwind, Ziehen und Drücken
Untergrund	Sand, Asphalt, glatt, rau, weich, hart, regelmäßig, unregelmäßig, Spielfeld
Enge in der Umgebung	kleiner Bewegungsraum, Unterschiedlichkeit und Komplexität relevanter Faktoren
Materialien	Fahrrad, Schläger, Ball, Computer, Hammer, Hantel
Hilfsmittel	Gehhilfe, Geländer, Prothese, Schiene
Kleidung und Schuhwerk	Bewegungsfreiheit, Ziel/Funktion der Kleidung, Absätze, Unterstützung
zusätzliche Gewichte	Rucksack, Handtasche, Kind tragen
Wetter	Kälte, Wärme, Feuchtigkeit, Schatten/Sonnenschein
Möbel	Stuhl, Hocker, Bett, Bobathball
Ernährung und Genussmittel	leerer Magen, Energie, Alkohol, Rauchen
Mensch und Tier	Gegner, Menge, Hund
Sonstiges	Geräusche, Gestank, Eau de Toilette, Licht

Die wichtigsten Aufgaben werden nun aus der Handlung selektiert (Selektion der Aufgabe oder Aufgaben, Schritt 2). Dadurch, dass diese Aufgaben analysiert werden, bestimmen der Sportler und der Physiotherapeut die Richtung, in der nach eventuellen Störungen und Verbesserungsmöglichkeiten gesucht werden sollte. Sie legen gemeinsam fest, worauf man sich in der Untersuchung schwerpunktmäßig konzentrieren sollte. Diese Vorgehensweise dient der Orientierung, was im spezifischen Training betont werden kann. Später wird in diesem Kapitel auf die Möglichkeit eingegangen, ein Training so aufzubauen, dass die Aufgabe im Vordergrund steht und ein größtmöglicher Lerneffekt zu erwarten ist.

Umgebung

Dieser Bereich wird in der Literatur meist eher vernachlässigt. Obwohl immer deutlicher wird, dass viele Störfaktoren eines Gesundheitsproblems gerade in der Umgebung liegen. Allerdings ist die Umgebung so komplex, dass es schwierig ist, sie zu beschreiben. Man läuft Gefahr, den Wald vor lauter Bäumen nicht mehr zu sehen. Häufig werden in der Praxis beim Formulieren des Gesundheitsproblems nach der Internationalen Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit (ICF) die Umgebungsfaktoren vergessen. Die ICF beinhaltet eine kurze Liste mit Faktoren, die zur Beschreibung des Gesundheitszustands (WHO 2003) ausschlaggebend sein können, betont aber auch ausdrücklich, dass es sich lediglich um eine eingeschränkte Auflistung handelt (ICF, Klassifikation der Umweltfaktoren, Kap. 1.2).

Physische Umgebung

Häufig wird zwischen physischer und sozialer Umgebung unterschieden. Therapeuten können selbstverständlich nicht alle Variablen der physischen Umgebung berücksichtigen, die für den jeweiligen Sportler eine Rolle spielen. In **Tab. 4.2** sind mögliche Variablen der physischen Umgebung zusammengestellt, die für die Therapie bedeutsam sein könnten (Shumway-Cook u. Woollacott 2008, Patla u. Shumway-Cook 1999, Watkins 2007).

Soziale Umgebung

Auch die soziale Umgebung umfasst zahllose mögliche relevante Faktoren. Es geht hier um das menschliche Netzwerk, in das Personen eingebunden sind: ihre Sport-, Arbeits- und Freizeitumgebung sowie die direkte Wohnumgebung. Umgebungsfaktoren, die (die Einstellung zu) Gesundheit und Krankheit in wichtigem Maße bestimmen, sind die Sicherheit, Religion und die soziale Unterstützung in der Umgebung sowie der sozial ökonomische Status, die Kultur und das Gesundheitssystem, wobei die Gesundheitsvorsorge inbegriffen ist, etc. (Europäische Kommission 2010, McGinnes u. Foege 2004, PHSF 2006).

Diese Umgebungsfaktoren bekommen abhängig von der Aufgabe und der Person eine ganz andere Bedeutung

in der Handlung. Therapeuten berücksichtigen in ihren Interventionen häufig implizit viele Merkmale. Immer öfter wird bewiesen, dass gerade die Umgebungsfaktoren von durchschlagender Wichtigkeit bei der Entstehung, Aufrechterhaltung und Lösung von Gesundheitsproblemen sind (Helders 2006, Stanton 1999). Für die Legitimation der Physiotherapie ist es wesentlich, die Umgebungsfaktoren explizit mit in den gemeinsamen Lernprozess einfließen zu lassen. Es ist sinnvoll, immer eine Zielumgebung zu formulieren. Die physische Umgebung wird aufgesucht, indem so spezifisch wie möglich trainiert wird. Auch hier gehört die soziale Umgebung dazu. Eine Behandlung, in der der Trainer oder die direkte Familie eine aktive Rolle spielen, muss keine Ausnahme mehr sein. Eine Methode, um bewusster mit diesen Umgebungsfaktoren umzugehen, ist diese als Stressor oder zur Unterstützung in den Lernprozess der Bewegungshandlung mit einfließen zu lassen. Es entsteht so eine bewusste und aktive Interaktion zwischen dem Sportler und seiner Umgebung auf der Suche nach Gleichgewicht und einer optimalen Lernumgebung. Die zentrale Frage ist, ob der Sportler ausreichenden Raum hat, um in diesen Faktoren ein Gleichgewicht zu finden. Der Physiotherapeut fungiert hier als Coach, der seine Expertise nutzt, um Aspekte zu verdeutlichen, die vielleicht für den Sportler nicht relevant sind, aber doch für den Lernprozess wichtig sein können (van Burken u. Swank 2000, Rothstein 2003).

Relevante Faktoren müssen dann beschrieben und gemessen werden. Ein Beispiel ist es, die soziale Unterstützung, die Menschen erfahren, mit der sozialen Unterstützungsliste (van Sonderen 1993) auszudrücken und zu messen. Auch mithilfe einer visuellen Analogskala (VAS) kann die Bedeutung eines Umgebungsfaktors für den Sportler deutlich gemacht und während des Lernprozesses gemessen werden.

Das zielgerichtete Üben und Führen in der Summe der Faktoren und der Interaktionen, die das System bietet, ist nicht einfach. Um einen Eindruck zu bekommen, wie das System gewünschte Veränderungen integriert, lenkt das folgende Kapitel die Aufmerksamkeit von der Motorik (des Begriffes motorisches Lernen) auf das Lernen. Anschließend werden die Motorik und das Lernen in einer Übersicht zu Lernmethoden, die für die Begleitung von Sportlern geeignet sind, wieder zusammengefügt. Im letzten Abschnitt werden die Strategien zur Begleitung erläutert.

Analytische (mechanistische) und synthetische (holistische) Denkweise werden gegenübergestellt und verglichen. Analytisches Denken ist in der orthopädisch orientierten Sport physiotherapie weit verbreitet. Typisch ist ein reduzierter Fokus auf die Körperstruktur und ein Denken in Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen. Synthetisches Denken richtet den erweiterten Fokus auf den Patienten in seiner Gesamtheit und auf sein Umfeld. Der Therapeut betrachtet den Sportler als ein in seine Umgebung eingebundenes, komplexes System, dessen vielfältige Einzelteile sich gegenseitig (bewusst und unbewusst) beeinflussen (Blackbox). Dieses systemische Denken erweitert das therapeutische Begründen und stellt den Sportler als Individuum sowie seinen Lernprozess in den Mittelpunkt; es verändert das physiotherapeutische Handeln. Aspekte des motorischen Lernens sind:

- *Variation:* Unendlich viele Bewegungsmöglichkeiten, die ständig sich ändernden Umgebungsbedingungen und Anforderungen/Aufgaben erfordern einen kontinuierlichen motorischen Lernprozess.
- *Dynamik* und *Stabilisation:* Das System organisiert Dynamik und Stabilisation auf der Basis von festen und variablen neuronalen Mustern sowie im Spannungsfeld zwischen unendlich vielen Bewegungsmöglichkeiten und bevorzugten Bewegungsmustern. Absicht, Erfahrungen und potenzielle Bewegungsmöglichkeiten generieren ständig neue motorische Lernprozesse, die ein ausgewogenes Verhältnis von Dynamik und Stabilisation ermöglichen.
- *Selbstregulation* und *Intentionalität:* Motorisches Lernen bedeutet, die Selbstregulation des Systems zu ermöglichen und zu fördern. Dazu müssen Therapeuten die längerfristige Intentionalität (Wahrnehmung, Bedeutung der Wahrnehmung und Ziele) des Sportlers erfassen und Bewegungshandlungen ermöglichen. Lenkt der Therapeut in der Untersuchung seine Aufmerksamkeit auf die Bereiche *Person*, *Aufgabe* und (physikalische und soziale) *Umgebung,* kann er die Intentionalität erkennen und entsprechende Bewegungshandlungen, die die Selbstregulation ermöglichen, planen. Wesentlich ist dabei das Gespräch mit dem Patienten, also das Einbeziehen des Patienten in den Erkenntnisprozess. Der Patient wird so zu seinem eigenen Bewegungsexperten; der Therapeut wird dem Sportler als komplexes System gerecht. Von besonderem Interesse sind dabei die Schnittstellen zwischen Person, Aufgabe und Umgebung.

4.1.3 Lernen

In der vorgestellten Systemperspektive verändert der Sportler andauernd sichtbar und unsichtbar die Reize, die er erhält. Diese Reize verarbeitet er in Form von Erfahrungen den ganzen Tag über. Einige Reize werden in der Therapie gegeben. Wenn diese Veränderungen dauerhaft sind und haften bleiben, hat der Sportler gelernt (Bernard-Netelenbos 2000). Lernen kann auf allen Ebenen des Systems geschehen und wird im Handeln des Sportlers sichtbar – quasi: „The proof of the pudding (is in the eating)." Dieses letztliche Verhalten des Sportlers ist wiederum ein Erfahrungsinput für die nächste Runde der Veränderung (Dewey 1938). So entsteht ein zyklischer Lernprozess. Dies führt zu der einfachen, aber weitreichenden Defini-

tion von Leonard: „Motorisches Lernen ist die Anpassung des Verhaltens durch Erfahrung“ (Leonard 1998). Das Gelernte muss als Wissen im System gespeichert werden. Dieses Speicherproblem ist eines der Hauptprobleme beim motorischen Lernen (Mulder 2001). Da sich das System konstant verändert, bedeutet dies, dass eine unendliche Menge Information gespeichert werden muss, die sich bei einer neuen Bewegung wieder direkt an die veränderte Situation anpassen muss. Die Grundlage hierfür bildet das deklarative Wissen, das „Basiswissen“ bzw. das Wissen in Form von Konzepten und Tatsachen, das wir aufrufen können. Beim motorischen Lernen tun wir dies fast wörtlich, indem wir gedanklich, manchmal laut, die Schritte einer neuen Bewegung wiederholen. Irgendwo im Körper muss eine Art Hardware sein (das Gedächtnis?) mit einer unendlichen Speicherkapazität und einem enorm schnellen Prozessor, um schnell das richtige Wissen zu finden. Es wird immer deutlicher, dass diese Metapher nicht aufgeht. Lernen und Merken sind ein Prozess, bei dem das ganze System betroffen ist und bei dem das Nervensystem eine wichtige Funktion übernimmt. Wissen ist dann die Summe aller Perzeptionen, Kognitionen, Fähigkeiten und Einstellungen, die eine unumkehrbare Veränderung im möglichen Handeln bewerkstelligen (de Haan 2006). Außer dem deklarativen Wissen gibt es auch noch das prozedurale Wissen. Dieses Wissen verweist auf die Handlungsprozedur, sodass das Handeln automatisch ohne große mentale Anstrengung (mithilfe von deklarativem Wissen) ausgeführt werden kann.

Lernstrategien

Um eine Einsicht in das Lernen zu erlangen, werden hier 2 Archetypen des Lernens vorgestellt, die mit der bereits beschriebenen Analyse und Instruktion des Lernenden unterschiedlich umgehen. In der Praxis gehen beide Extreme oft ineinander über. Mithilfe dieser Extreme können wir unser Denken kritisch beleuchten.

- Die erste Form ist die klassische Auffassung von „Unterrichten“. Wir lernen hauptsächlich durch den Wissenserwerb anhand von Analyse und Instruktion (A/I). Bei dieser Auffassung ist der Verstand der Experte, der Wille das Machtzentrum, der Körper der instruierte Ausführer und das Gefühl höchstens die demokratische Meinungsbildung.
- Eine andere Form des Lernens ist die Strategie des „trial and error“ (Versuch und Irrtum). Diese Form verwenden wir häufig, wenn uns keine deklarative Information zur Verfügung steht. Wir schaffen Alternativen und probieren diese aus. Diese Form des Lernens nennen wir „Variation und Selektion“ (V/S), (Gunsteren 1994). Oft können wir im Nachhinein nicht genau sagen, warum eine Methode funktioniert. Diese Lernmethode hat in der Begleitung von Sportlern keinen guten Ruf. Sie bedeutet viel Verschwendung von Alternativen und der Physiotherapeut verliert die Position des Profis, der weiß, wie es geht, und instruiert. Jedoch können wir in Anbetracht der selbst organisierenden Qualitäten des Systems schlussfolgern, dass wir viel Lernvermögen des Systems unberücksichtigt lassen, wenn wir nicht mehr offen sind für die Lernstrategie der Variation und Selektion. Der Nobelpreisträger Jacob sagt Folgendes: „Verschiedenartigkeit ist eine Art Bewältigungsstrategie des Möglichen. Sie wirkt wie eine Art Versicherung für die Zukunft“ (Jacob 1982).

Einprägen des Gelernten

Wie bereits erwähnt, ist es zu einfach, das Gedächtnis als eine Art Hardware oder großen Schrank zu betrachten, wo eine große, aber endliche Menge von Möglichkeiten gespeichert und willkürlich aufgerufen werden kann. Handeln ist durch die mit der Umgebung verflochtene Interaktion immer anders und diese Methode des Einprägens würde das Bewegen viel zu unflexibel machen.

Zwei *Prozesse* im System sorgen für die Möglichkeit, eine Handlung zu wiederholen: Plastizität und Gedächtnis. Diese Prozesse sind manchmal schwer voneinander zu unterscheiden, sie beeinflussen sich kontinuierlich gegenseitig.

Gedächtnis

Das Ergebnis eines Lernprozesses und die damit verbundene Plastizität des neuronalen Systems nennt man das Gedächtnis. Hierzu gehört auch die Retention (Wiedererkennen und Reproduzieren). Also die Kapazität, das Wissen wieder gezielt für eine Handlung aufzurufen (Schmidt u. Wrisberg 2008, Shumway-Cook u. Woollacott 2008, Smith u. Thelen 1993). Während einer Handlung nutzt der Körper diese gespeicherten Erfahrungen ständig als Referenz. Dies ist eine Methode des Systems, um das bereits genannte Problem der Freiheitsgrade zu lösen. Sie ermöglicht außerdem, viele neue Fähigkeiten auszuführen, ohne dass wir uns hierfür hinsetzen müssten, um zu lernen. So können wir, basierend auf früheren Erfahrungen, natürlich nur innerhalb eines sicheren Rahmens, jede Art von Ball fangen – unabhängig von Material oder Gewicht.

Es gibt Gebiete im Gehirn, die direkt mit dem Gedächtnis zu tun haben. In diesen Fällen spricht man jedoch eher von neuronalen Schaltkreisen, in denen bestimmte Hirngebiete verschaltet sind. Diese neuronalen Schaltkreise bilden Muster und können als lose Verbindungen die Form eines motorischen Programms haben. Diese Verbindungen bilden ein Netzwerk, das nichtlinear arbeitet. Reize höherer Hirngebiete, wie Zerebellum und Kortex, setzen die Bewegung in Gang. Das Netzwerk funktioniert dabei wie die Fäden eines Marionettenspielers und vermittelt die Bewegung.

Dieses Netzwerk ist mehr als gesamte „Gestalt“ im ganzen neuronalen System anwesend. Wobei es schwierig ist, eine Grenze zwischen neuronalem System und Kontext zu ziehen, da die Wahrnehmung der Umgebung einen Teil des Musters bildet (Gibson 1966). Die entstandenen Verbindungen oder Muster erlauben parallele Prozesse und sind also viel flexibler und veränderbarer, als wenn eine zentrale Exekutive (die Hand des Marionettenspielers) existieren würde. Wie bereits erwähnt unterscheidet man ein deklaratives Gedächtnis, das vor allem das konzeptionelle und faktische Wissen beinhaltet und in ein prozedurales Gedächtnis, das mehr für Adaptation, konditionelle Antworten und das Erlernen von Fertigkeiten zuständig ist. Es scheint, als würden diese Systeme parallel zueinander verlaufen (Leonard 1998). Das deklarative Gedächtnis ist vor allem im Hippokampus, im medialen temporalen Kortex, Thalamus und im limbischen System lokalisiert. Das prozedurale Gedächtnis wird mehr mit dem sensomotorischen, motorischen und dem präfrontalen Kortex sowie den Basalganglien in Verbindung gebracht.

Zusätzlich unterscheidet man 3 funktionelle Typen im Gedächtnis:

- sensorisches Kurzzeitgedächtnis
- Arbeitsgedächtnis (Kurzzeitgedächtnis)
- Langzeitgedächtnis

Das *sensorische Kurzzeitgedächtnis* ist Teil des sinnesorganischen Systems. Eine Fülle an Informationen wird hier für eine sehr kurze Zeit gespeichert (Hundertstel Millisekunden), um dann bei Relevanz entweder selektiert zu werden oder nicht. Ist ein Reiz relevant, wird ihm sofort eine Bedeutung beigemessen. Dieser Prozess geschieht meistens unbewusst. Die Selektion, was relevant ist und was nicht, hängt sehr von der Aufgabe ab, die die Person zu diesem Zeitpunkt ausführt. Für einen Lernprozess ist es besonders kompliziert, die Bedeutung eines Reizes längerfristig einzuschätzen. Das Sehen einer Tribünenwand, während ein Ball gefangen wird, kann zunächst als nichtrelevant angesehen werden, es wird aber relevant, wenn die Richtung des Balls dies verlangt. Erfahrene Spieler schätzen diese Reize sofort ein. Unerfahrene Spieler müssten sich z. B. nochmals zur Wand umdrehen, um den Abstand einzuschätzen. Erst anschließend können sie sich wieder auf den Ball konzentrieren.

Die selektierten Reize gelangen in das *Arbeitsgedächtnis* bzw. Kurzzeitgedächtnis, dessen Kapazität relativ gering ist. Man denke nur an das Behalten von Zahlenreihen. Die meisten können sich ungefähr 7–9 Items kurzzeitig merken. Währenddessen muss man sich auf die Funktion des Kurzzeitgedächtnisses konzentrieren. Bei einer Ablenkung der Aufmerksamkeit verliert man das Eingeprägte schnell. Beim Lernen ist besonders wichtig, ausdrücklich nur eine begrenzte Anzahl von relevanten Reizen zu selektieren, auf die man sich konzentriert. In der Praxis ist die Lenkung der Aufmerksamkeit ein ausschlaggebender Punkt („attentional focus“) in der Begleitung.

Das *Langzeitgedächtnis* ist das System, in dem sich alle Erfahrungen ansammeln. Es scheint, als hätte dieses System eine unendliche Speicherkapazität. Vergesslichkeit hat wahrscheinlich nichts damit zu tun, dass das Speichern nicht funktioniert, sondern dass man nicht fähig ist, das Gedächtnismuster zu reizen. Diese Muster wirken sehr abstrakt und kreieren komplizierte assoziative Netzwerke durch das gesamte neuronale System. Wir merken uns Dinge in verschiedenen Formen, z. B. Bilder, Gedanken, Gefühle, aber auch Bewegungsmuster. Das Kurzzeitgedächtnis holt sich aus dem Langzeitgedächtnis Erfahrungen und Bedeutungen (Retention) und kombiniert diese in der neuen Situation. Wird diese neue Situation, z. B. eine neue Bewegungsform, wiederholt und kriegt sie einen Platz im Langzeitgedächtnis, dann kann man sie zu einem anderen Zeitpunkt aufrufen und sie gilt als gelernt. Ob eine Erfahrung ins Langzeitgedächtnis kommt, hängt vom Talent ab und davon, wie wichtig diese Erfahrung ist.

In diesem Zusammenhang spielt die Intention eine wesentliche Rolle. Ist die Handlung zielgerichtet und bedeutungsvoll und ist die Person motiviert, dann wird sie die Handlung stärker gewichten und sie eher behalten. Die Spezifität einer Handlung hilft dem Gedächtnis, die Handlung effektiver zu platzieren. Vieles wird dann schon erkannt und kann mit anderen bereits bestehenden Gedächtnismustern verschmelzen. Ein anderer wesentlicher Faktor für das Gehirn, um die Gewichtung zu bestimmen, sind die Emotionen. Ein Sportler fühlt sich in dem Moment, als er in sein Lieblingsstadion hineinläuft, gut und entspannt. Die gute Erinnerung an das letzte Mal ist noch immer vorhanden. Dann sieht er den unüberwindbaren Gegner. Er beginnt vegetativ zu reagieren. Angst regiert. Emotionen auf Basis von Erfahrungen können lange bestehen. Der Duft des Deodorants vom Jugendtrainer kann noch nach 20 Jahren heftige Reaktionen auslösen. Erinnerungen aus der Vergangenheit, insbesondere scheinbar wichtige, durch Emotionen gefärbte Erfahrungen, fachen das Gehirn an, das einen Menschen im heutigen Handeln bestimmt. Das Gedächtnis ist kein Sammler von Tatsachen, sondern eine der Methoden, um zu überleben (Mulder 2001).

Plastizität

Plastizität verweist auf das Leistungsvermögen des Nervensystems, sich anzupassen und zu reorganisieren auf der Basis funktioneller Anforderungen, die das System erfährt (Carr u. Shepherd 2005, Nudo 2006). Dies bedeutet, dass sich unser System den ganzen Tag dynamisch im Hinblick darauf anpasst, dass wir (schon immer handelnd) Erfahrungen sammeln. Diese physiologischen und anatomischen Veränderungen finden während des Handelns statt: vom molekularen Niveau zum synaptischen, von der Zelle zum gesamten System. Es gibt viele Unter-

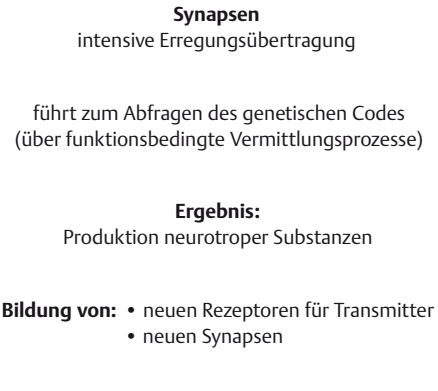


Abb. 4.6 Die intensive Erregungsübertragung über die Synapsen löst über einen Vermittlungsprozess das Abfragen des genetischen Codes und infolgedessen die Produktion von Neurotropen, wachstumsfördernden Substanzen aus. Diese Substanzen fördern sowohl die Produktion von Rezeptoren für die Transmitter als auch die Bildung neuer synaptischer Verbindungen in und zwischen den intensiv in Kommunikation stehenden Neuronenverbänden.

suchungsmöglichkeiten, um die Prozesse im neuronalen System sichtbar zu machen (Leonard 1998). Sie lassen erkennen, dass nicht nur ein Gebiet im Gehirn bei einer Handlung gereizt wird, sondern dass durch das gesamte System viele Gebiete aktiviert werden und dass sich Gebiete, die sich z. B. auf eine Gliedmaße beziehen, stark überlappen. Diese Gebiete sind (abhängig von der Funktion) eigentlich konstant. So wie im Spiel Stratego gibt es aber auch eine Art konstanten Wettkampf um mehr Territorium. Folglich kann das Gebiet einen größeren Anteil des neuronalen Systems nutzen (Merzenich 1991). Außerdem kann man anhand der Untersuchungen erkennen, dass sich die aktivierten Gebiete in Abhängigkeit von der Person und Aktualität der Erfahrung unterscheiden. Ist eine Handlung neu, sind andere Gebiete betroffen, als wenn es sich um eine Routinehandlung handelt. Während des bewussten Lernens sind andere Gebiete aktiv als beim Wiederholen einer Handlung. Dies lässt erkennen, dass Handlungen im neuronalen System nicht fest verknüpft sind („hardwired“) und dass die zuvor genannten losen Verknüpfungen („soft assembly“) wahrscheinlicher sind (**Abb. 4.6**).

Sowohl während des normalen Handelns als auch bei einer Läsion zeigt das Nervensystem eine sich konstant verändernde Organisation, die strukturelle Folgen im neuronalen System haben kann. Plastizität beginnt im Muskel. Die Rekrutierung der motorischen Einheiten verändert sich während des Lernens einer neuen Fertigkeit: Sie scheint selektiver stattzufinden und die Geschwindigkeit, mit der die motorischen Einheiten gereizt werden, kann zunehmen. Gehirnstrukturen werden direkt beeinflusst: Synapsen verändern ihre Morphologie, Dendriten und das Rückenmark können wachsen und wieder schrumpfen, Axone verändern ihre Reichweite, Neurotransmitter verändern sich chemisch, Synapsen werden sensibler oder gerade unsensibler. Bis zu einer gewissen Anzahl entstehen neue Nerven (Leonard 1998, Nudo 2006). Für das Lernen kann auf jeden Fall festgestellt werden, dass die Wiederholung ein guter Lehrmeister ist. Das Wiederholen von Erfahrung reicht jedoch nicht aus, um Prozesse der Plastizität auszulösen. Untersuchungen ergaben, dass die Erfahrung für eine Person bedeutungsvoll sein muss (also nicht nur für den Physiotherapeuten). Die Intentionalität spielt demnach eine wesentliche Rolle (Leonard 1998, Nudo 2006, Elbert et al. 1995). Hier ist wiederum das funktionelle Üben von Bedeutung.

Obwohl Wissenschaftler sehr schnell neue Kenntnisse über das Nervensystem erlangen, müssen diese zum Teil relativiert werden und können nicht 1 : 1 auf die therapeutische Praxis mit Patienten übertragen werden. Viele Hypothesen müssen erst noch besser untersucht werden. Leonard (1998) und Nudo (2006) geben eine ausführliche Übersicht zur Neurophysiologie der Plastizität und ihre Veränderungen in Relation zum motorischen Lernen. An dieser Stelle ist jedoch eine globale Beschreibung ausreichend. Die Basis der Plastizität als Funktion beruht auf der Plastizität der Synapsen. Hierdurch ist es möglich, bestehende Bahnen in neuen Handlungen zu verwenden. Nervenzellen sind imstande, an den synaptischen Schaltstellen ihre Reizbarkeit zu verändern. Es scheint, als würden die Veränderungen in der Sensibilität der neuralen Transmission an den Synapsen als eine Art Kodierung für das Gedächtnis (Spuren) innerhalb des neuralen Netzwerkes fungieren.

Beim Lernen innerhalb einer Bewegungshandlung arbeiten das motorische und sensorische System eng zusammen. Im Gehirn ist die somatosensorische Rinde extrem plastisch. Dies ist unter anderem für den Prozess der Langzeitpotenzierung (Long Term Potentiation, LTP) wesentlich. Darunter versteht man die lang anhaltende Verstärkung der synaptischen Erregungsübertragung. Bei einer Langzeitpotenzierung führen hochfrequente Sequenzen von Aktionspotenzialen dazu, dass die synaptische Übertragung für Tage deutlich gebahnt bleibt. Diese Aktivierung löst Strukturveränderungen aus, die die Empfindlichkeit der Synapse für lange Zeit erhöhen. Die Langzeitdepression (Long Term Depression, LTD) hemmt dagegen die Erregungsübertragung (Laube 2005). Dies verdeutlicht die Wichtigkeit von Feedback in einem Lernprozess. Eine Ausnahme sind sehr schnelle Bewegungen, die scheinbar ohne viel sensorische Führung entstehen. Um Bedeutungen langfristig im Langzeitgedächtnis speichern zu können, scheinen neue Synapsen notwendig zu sein. Man geht davon aus, dass der Prozess der Langzeitpotenzierung bzw. Langzeitdepression die Bildung neuer Synapsen fördert (Bear et al. 1996).

Bei einer Läsion stellt sich das Nervensystem auf Genesung ein. Der Heilungsprozess setzt häufig bereits ein paar Millisekunden nach dem traumatischen Ereignis ein (Zucker u. Regehr 2002). Stille Synapsen bekommen nun die Chance, sich auszubilden. Beschädigte Axone entwickeln sich mittels „sprouting" und „pruning" und generieren neue Synapsen. Diese Prozesse nennt man *regenerative Synaptogenesis*. Außerdem haben Forscher nachgewiesen, dass außerhalb des betroffenen Gebietes auch eine *reaktive Synaptogenesis* besteht. Steward und Worley (2002) stellten eine Zunahme im Teil des limbischen Systems fest, der für das Kurzzeitgedächtnis zuständig ist.

Am Lernprozess beteiligte Gehirnstrukturen

Eine zentrale Rolle beim Lernen von Bewegungshandlungen spielt der *primäre motorische Kortex*, wo sowohl das deklarative als auch das prozedurale Wissen gespeichert werden. Der primäre motorische Kortex transformiert sensorischen Input zur Aktion, kontrolliert die Reichweite und gibt dem Hirnstamm und Rückenmark eine Richtung vor. Der primäre motorische Kortex erhält Informationen aus verschiedenen anderen Gebieten: aus der zuvor genannten somatosensorischen Rinde, prämotorischen und supplementären motorischen Arealen. Beim Lernen einer neuen Bewegungshandlung ist ein deutlicher Fokus in der motorischen Rinde sichtbar. In späteren Lernphasen wird ein größeres Gebiet sichtbar. Auch andere Gebiete, z. B. die präfrontale Rinde und das Zerebellum, sind dann betroffen. Dieser Fokus kann mit dem Begrenzen des Inputs in der ersten Phase zu tun haben und in der späteren Phase mit dem Einprägen der Bewegungshandlung. Auch nichtneurale Faktoren spielen eine indirekte, aber wesentliche Rolle in der Aktivität des motorischen Kortex, z. B. Somatotyp, Kraft, mechanische Interaktion, Veränderungen in der Muskellänge und die Elastizität von Sehnengewebe. Auf die eine oder andere Weise werden diese Faktoren, die Einschränkungen oder Möglichkeiten bieten, in das Initiieren einer Bewegungshandlung integriert.

Neben der motorischen Rinde spielt auch das *Zerebellum* eine wesentliche Rolle beim Lernen. Die Funktion des Zerebellums ist vor allem das Coachen des Hirnstamms und des Hypothalamus. Während des Bewegens mit sehr schnellen nervalen Verbindungen (den schnellsten unseres Körpers) vergleicht das Zerebellum die sensorische Information aus der Peripherie mit den Mustern/Programmen des motorischen Kortex. Es scheint auch beim Programmieren und Verbessern einer komplexen schnellen Fertigkeit zu helfen. Außerdem bereitet es den Körper auf eine Bewegung vor (Bastian 2006). Die basalen Ganglien sind an motivationellen Aspekten beim Aneignen neuer Bewegungen beteiligt und ebenso an kognitiven Aspekten höherer Ordnung für das Handeln.

Im *Thalamus* findet die „Wahrnehmung" von Information aus dem Körper statt. Diese Perzeption wird kombiniert mit Emotionen und früheren Erfahrungen. Der Thalamus hat unter anderem die Aufgabe, Bedeutungen zuzuweisen, und ist somit an der zuvor beschriebenen Intentionalität des Bewegens beteiligt. Des Weiteren wirkt er an der Beachtung von Reizen mit. Emotionen spielen eine wichtige Rolle beim Lernen und Aufrufen von abspeicherten Bedeutungen. Das *limbische System* und der Hypothalamus sind hierbei direkt betroffen. Das limbische System ist ebenfalls für die Funktion des Kurzzeitgedächtnisses wesentlich und für die Möglichkeit zu lernen. Der präfrontale Kortex ist stark aktiviert, wenn das limbische System arbeitet, und sorgt für soziales Verhalten und intellektuelle Eigenschaften wie Konzentration, Planung und Beurteilung (Young et al. 2008).

Die Organisation der Afferenz und Efferenz von und zum Bewegungssystem bestimmt auch die Möglichkeiten des Gesamtsystems, zu lernen.

Das Hauptproblem des motorischen Lernens ist, dass Erfahrungen und die darauf beruhenden Veränderungen im Handeln (Gelerntes) als Wissen gespeichert werden müssen. Da sich das System ständig verändert, müsste die Speicherkapazität unendlich groß sein. Deklaratives Wissen (Tatsachen, Basiswissen) und prozedurales Wissen (automatisierte Handlungen) sind am motorischen Lernen beteiligt.

Lernstrategien: In der Sportphysiotherapie ist die klassische Wissensvermittlung (Analyse und Instruktion des Patienten) etabliert. Lernen nach der Methode Versuch und Irrtum bzw. Versuchen und Selektieren gilt als uneffektiv. Diese Lernmethode hat jedoch den Vorteil, dass die Lernpotenziale des sich selbst organisierenden Systems besser genutzt werden.

Gelerntes einprägen: Gedächtnis und Plastizität sind eng miteinander verbundene Prozesse, die das Wiederholen von Handlungen ermöglichen. Innerhalb des neuronalen Systems bestehen variable Muster, die als Referenz für Bewegungen dienen und neue Lernerfahrungen ermöglichen. Das sensorische Kurzzeit-, Arbeits- und Langzeitgedächtnis sind am motorischen Lernen beteiligt. Intention, Bedeutung und Emotion sind für die Gewichtung, als Voraussetzung für die Speicherung im Langzeitgedächtnis, wesentlich. Gedächtnis als Methode gewährleistet das Überleben. Plastizität findet im gesamten sensomotorischen System statt. Wiederholungen von für den Sportler bedeutsamen Erfahrungen fördern sie. Für das motorische Lernen scheint die Plastizität der Synapsen entscheidend zu sein (Langzeitpotenzierung/-depression). Die Aktivierung stiller Synapsen sowie die Bildung neuer Synapsen ermöglichen die notwendige Plastizität für Genesungsprozesse bei nervalen Läsionen.

Am Lernprozess beteiligte Gehirnstrukturen: primärer motorischer Kortex (speichert deklaratives und prozedurales Wissen, transformiert sensorischen Input, kontrolliert die Reichweite, gibt Hirnstamm und Rückenmark eine Richtung vor, ist an frühen und späteren Phasen des motorischen Lernens stark beteiligt), Zerebellum (bereitet den Körper auf Bewegungen vor, reguliert Hirnstamm und Hypothalamus, vergleicht bei sehr schnellen Bewegungen periphere sensorische Information mit den Mustern des motorischen Kortex, unterstützt das Programmieren und Verbessern komplexer schneller Fertigkeiten), Thalamus (Perzeption und Kombination dieser mit Emotionen und früheren Erfahrungen, weist Aufgaben Bedeutungen zu, ist an der Intentionalität und Beachtung von Reizen beteiligt), limbisches System (verarbeitet für das Lernen und Abrufen gespeicherter Bewegungen notwendige Emotionen, ist am Kurzzeitgedächtnis beteiligt), Hypothalamus (wie das limbische System an Emotionen und damit verbundenen Prozessen beteiligt), präfrontaler Kortex (ist aktiviert, wenn das limbische System arbeitet; soziales Verhalten, Konzentration, Planung und Beurteilung; ist an den späteren Phasen des motorischen Lernens beteiligt).

4.1.4 Motorisches Lernen als Basis der Sportphysiotherapie

Die bisherigen Abschnitte bestimmten den Begriff motorisches Lernen, wobei von der Perspektive der Komplexität und verschiedenen Formen des Lernens ausgegangen wurde. Die Geschichte der wissenschaftlichen Untersuchung der motorischen Kontrolle zeigt eine ganz andere Entwicklung. Sie begann mit Sherringtons Theorie, dass komplexes Verhalten eine Aneinanderreihung von Reflexen ist. Später stellen andere Untersucher die mit dieser Theorie verbundenen Probleme fest. Die *Reflextheorie* konnte die Kontrolle beim Bewegen nicht ausreichend erklären. Unter anderem die spontanen und freiwilligen Bewegungen, das Bewegen ohne den notwendigen sensorischen Input und das Entstehen neuer Bewegungen ließen viele Fragen offen. Die *hierarchische Theorie* versuchte diese Probleme zu lösen, indem sie erklärte, dass das Gehirn für die Bewegungskontrolle zuständig sei. Diese Top-down-Annäherung an die Bewegungssteuerung erklärte jedoch auch nicht alles, da zugleich eine adäquate Bottom-up-Kontrolle in der menschlichen Bewegung sichtbar war. Die folgenden Theorien stellten die *motorischen Programme* in den Mittelpunkt. Sie gingen von einer flexiblen Bewegungssteuerung des Gehirns aus, die sie mittels dynamischer motorischer Programme erklärten. Das bestehenbleibende Problem war, dass diese motorischen Programme Umgebungsfaktoren, wie z. B. die Schwerkraft, und Personenfaktoren, wie Müdigkeit, nicht berücksichtigen konnten. Es wurde wiederum ein komplexeres Erklärungsmodell benötigt, um diese Faktoren einzubeziehen. Daraufhin entwickelte Bernstein den grundlegenden Ansatz, Bewegung anhand der *Systemtheorie* zu erläutern. Nun wurde nicht mehr nur auf den Kontrollaspekt geachtet, sondern man fasste Bewegung als einen Prozess in einer sich stets verändernden Umgebung auf. Die *dynamische Systemtheorie* hat dieses Prinzip weiter ausgearbeitet, indem sie erklärt, wie neues und stabiles Bewegen spontan im System entstehen kann. Gibson und andere Untersucher haben durch das Betonen, wie essenziell die Umgebung für das zielgerichtete Bewegen ist, einen Beitrag an die weitere Komplexität geliefert. Hiermit sind wir nun angekommen bei der Erläuterung der in diesem Kapitel einleitend vorgestellten, nichttrivialen Systemtheorie, die versucht, allen Modellen der motorischen Kontrollmechanismen, die bisher durchlaufen wurden, einen Platz zuzuordnen (unbekannte Quelle). Und wenn die Geschichte sich wiederholt, wird auch dieses Modell wieder schnell verändert oder verworfen werden. (Eine ausgezeichnete Zusammenfassung der motorischen Kontrolltheorien können Sie im Handbuch von Shumway-Cook und Woollacott [2008] finden.)

Für dieses Kapitel ist diese kurze Zusammenfassung der Forschungsgeschichte des motorischen Lernens notwendig, da die Entwicklung des Trainings in der physiotherapeutischen Praxis oftmals parallel zu den Theorien der Wissenschaftler verlief (Gordon 1987, Horak 1991). Der Schwerpunkt lag hierbei auf Therapien, die auf Prinzipien der Neurofazilitation basierten und die somit vor allem von Auffassungen der Reflextheorie und der hierarchischen Theorie dominiert wurden. Das Nervensystem musste trainiert werden, „normale" Verhaltensmuster zu zeigen, die durch höhere Zentren des Nervensystems angesteuert werden. Diese Denkweise, in der die Motorik und nicht die Behandlung im Mittelpunkt steht, dominiert noch immer das Denken. Durch den Einfluss neuer Theorien und Erfahrungen ist diese Denkweise jedoch schon sehr erweitert worden (Shumway-Cook u. Woollacott 2008, Bernard-Netelenbos 2000). Ein konsequentes Denken, das von einer größeren Komplexität ausgeht, in der die Umgebung und die zielgerichtete Aufgabe eine zentrale Rolle spielen, steckt jedoch noch in den Kinderschuhen, besonders in der Sportphysiotherapie. Eine Annäherung an diese Denkweise befähigt Physiotherapeuten, neben den Unmöglichkeiten vor allem auch nach den Möglichkeiten, die der Sportler bietet, zu schauen. Dabei steht das motorische Lernen, so wie hier beschrieben, im Mittelpunkt. In der Geschichte der wissenschaftlichen Erforschung des motorischen Lernens vollzog sich logischerweise der gleiche Prozess wie in der Entwicklungsgeschichte der Theorien zur motorischen Kontrolle. Indem man den analytischen Fokus auf die Veränderungen des Menschen richtete, entwickelten sich notwendigerweise zunehmend Theorien, in denen die Untersucher sich trauten, nach der Komplexität des Lernens zu schau-

en. Für eine ausführliche Übersicht siehe Schmidt und Wrisberg (2008).

Die Erkenntnis über den Menschen als komplexes lernendes System führt zwangsläufig dazu, eine bescheidene Position in Umgang mit dem handelnden Sportler einzunehmen. Es scheint, als würden wir nur Teile der Komplexität beleuchten, messen und beeinflussen (s. **Abb. 4.6**). Diese Aspektannäherung hat im Folgenden Einfluss auf den handelnden Sportler. Das damit verbundene analytische Denken steht neben der zuvor beschriebenen Strategie der Synthese, die bei der Begleitung des Sportlers mit der Bewegungshandlung beginnt und endet und die stets nach der Spezifität des komplexen Systems strebt. Diese 2 Methoden des Begründens können gut nebeneinander bestehen. Nun entsteht ein ungeordneteres Denken und Begründen. Der Therapeut betrachtet die Handlung als einen Lernprozess, um daraus Aspekte aus der Komplexität zu beleuchten und sie durch Üben und Steuern zu beeinflussen, um danach wieder in Richtung Bewegungshandlung zu arbeiten (nachfolgende Schritte 3–6 der Strategie). Diese Gedanken schließen an den Trainingszirkel an. Sie haben auch immer einen spezifischen Aufbau, der ausschließlich durch die grundmotorischen Eigenschaften begründet ist. Die Visualisierung verdeutlicht, was Nietzsche mit der Möglichkeit meinte, ein tanzender Stern zu bleiben.

Lernen als Behandlungsstrategie

In der Physiotherapie sind in den letzten Jahren ausgehend von den Lerntheorien eine Anzahl mehr oder weniger ausgefeilte Methoden entstanden, in denen schrittweise unterschiedliche Lernmethoden ausgearbeitet sind. Diese Methoden schließen an bei Lernprozessen, die systemeigen sind. Es ist immer die Rede von einem implizit selbst regulierten Lernen des Systems, das durch einen Reiz zur Plastizität anregt wird. Zuvor haben wir die Voraussetzungen für dieses Lernen besprochen. Bei Wiederholung des Reizes lernt das System implizit. Das System reagiert hierauf mit Gewöhnung (Habituation, Desensibilisierung) oder einer höheren Sensibilität (Sensibilisierung) für einen Reiz. Diese Art der Reizverarbeitung verläuft unbewusst, man kann sie aber auch bewusst verlaufen lassen, z. B. durch Graded Exposure (abgestufte Reizaussetzung). So kann Training mit viel Lärm um den Sportler herum helfen, externe Reize aus dem Publikum während des Wettkampfes auszublenden (Habituation). Oder bei einem Orientierungstraining kann der Schwerpunkt auf die Relation zwischen den durch einen unebenen Untergrund hervorgerufenen Reizen und der damit verbundenen Gleichgewichtsstörung (Sensibilisierung) gelegt werden.

Andere Formen des Lernens entstehen aus dem expliziten Formulieren eines Ziels, um zu einer (Bewegungs-) Verhaltensänderung zu gelangen. Es ist dann die Rede vom deklarativen Wissen in Form von Konzepten und Kenntnissen, die ein Sportler hat oder erwerben kann. Dies ist eine kognitive Annäherung an das Lernen und eine Form des Lernens, mit der wir in unserer Kultur in jedem Begleitprozess eines Sportlers zu tun haben. Die Kunst des Sportphysiotherapeuten ist es, diesen Lernprozess in seiner Begleitung systematisch zu handhaben. Dabei kommt es darauf an, dass er die Persönlichkeit individuell bestimmen kann und diese als Ausgangspunkt für den Lernprozess nimmt. Eine Referenz dazu sind die Basistendenzen der Persönlichkeit, so wie sie im Fünf-Faktoren-Modell (FFM, Big Five) beschrieben sind, und das kognitiv-affektive Persönlichkeitssystem (CAPS) (van Burken 2004). Im Fünf-Faktoren-Modell unterscheidet man z. B. zwischen der sozial-emotionalen Orientierung (Verträglichkeit), Extraversion (zwischenmenschliches Verhalten), Gewissenhaftigkeit (Aufgabenbezogenheit), emotionalen Stabilität (Ich-Stärke) und der Offenheit für neue Erfahrungen (Intellekt, Bildung, Experimentierfreudigkeit).

Auf die Bewegungshandlung gerichtet kann diese Erkenntnis die (Un-)Möglichkeiten des Sportlers klären, die Intentionalität einer Bewegungshandlung bestimmen oder den Output des ersten Schrittes der zuvor beschriebenen Strategie. Ein handhabbares Modell, das Physiotherapeuten helfen kann, die Intentionalität einer Bewegungshandlung zu deuten, ist das ASE-Modell, in dem die Attitude (persönliche Einstellung, Haltung), der soziale Einfluss der Umgebung und die eigene Effektivität der Person in der Situation untersucht wird, um Faktoren zu bestimmen, die die Intention fazilitieren oder unterdrücken (Sassen 2008). Oder: Inwiefern ist der Sportler imstande oder gewillt, eine Veränderung zu erreichen?

Phasen der Verhaltensveränderung

In einer kognitiven Herangehensweise kann man den Veränderungsprozess in Phasen unterteilen. Es gibt verschiedene Modelle, die eine Verhaltensveränderung beschreiben. Ein international häufig eingesetztes Modell ist das Transtheoretische Modell nach Prochaska (Prochaska et al. 2002). In diesem Modell ist die Motivation, eine Veränderung zu bewirken, die Basis, um die verschiedenen Phasen im Veränderungsprozess zu beschreiben. Die Reihenfolge der Phasen ist flexibel: Der Veränderungsprozess kann in unterschiedlichen Phasen beginnen und man kann auch in eine Phase zurückfallen. Für die Begleitung ist es wesentlich, dass der Therapeut gut einschätzen kann, in welcher Phase sich der Patient befindet, und dass er die Intervention entsprechend anpasst. Allzu oft wird angenommen, dass sich jemand schon in der Aktionsphase befindet, obwohl dies noch nicht der Fall ist. Prochaska beschreibt pro Phase, welche Prozesse entscheidend sind und wie hierauf eingegangen werden kann (Kok in van Burken 2004). **Tab. 4.3** zeigt die Phasen.

Tab. 4.3 Phasen der Verhaltensänderung nach Prochaska (Kok in van Burken 2004)

Phase	Prozesse
Vorbetrachtungsphase (Präkontemplation)	Der Person ist das Problem an sich noch nicht bewusst, sie wägt noch nicht ab, ob sie ihr Verhalten ändern soll.
Überdenkungsphase (Kontemplation)	Die Person wägt die Vor- und Nachteile ab und überlegt (innerhalb von 6 Monaten), ob sie ihr Verhalten ändern wird.
Vorbereitungsphase (Präparation)	... nimmt sich vor (innerhalb eines Monates) etwas an ihrem Verhalten zu ändern.
Aktionsphase (Aktion)	... zeigt das neue Verhalten.
Verhaltensverfestigung (Maintenance)	... hat das neue Verhalten (bereits 6 Monate) beibehalten.

Konditionierung und responsive Herangehensweise

Auf die unterschiedlichen Situationen des Sportlers bzw. des Patienten abzielend sind spezifische Methoden entwickelt worden, die implizit gelerntes Verhalten für den Sportler transparent machen können (explizitieren). Die implizite Methode des Lernens kann dann eingesetzt werden, um das Verhalten zu verändern. In der Praxis ist es wichtig, sich bewusst für den Einsatz *einer* Annäherung zu entscheiden, da sie andere Ausgangspunkte haben und sich ergänzen oder auch unterdrücken können.

Klassische Konditionierung

Diese Theorie ist durch den Pawlow'schen Hund bekannt geworden. In dieser Lernmethode wird ein neutraler Reiz (Glocke) mit einem anderen Reiz (Futter), der eine Reaktion auslöst (verstärkter Speichelfluss), gekoppelt. Diese 2 Reize werden miteinander assoziiert und verstärken einander. Therapeuten setzen diese Form des Lernens täglich in der Begleitung von Sportlern ein, indem sie ihnen verbale oder manuelle Cues (Hinweisreize) geben, wenn sie eine andere Reaktion sehen möchten. Beispielsweise eine Entspannung nach einer Aktion, indem man diesen Moment mit dem Term „und...los" verbindet. Eine systematische Methode, bei der Therapeuten die klassische Konditionierung nutzen, ist Graded Exposure. Diese Theorie geht davon aus, dass Angstbeschwerden „anerzogene Beschwerden" sind. So kann ein Patient Ermüdungserscheinungen oder Schmerz als Vorbote einer Verletzung sehen und dadurch Angst vor dem Bewegen entwickeln. Tatsächlich korrigiert Graded Exposure diese Konditionierung (van den Hout 1996). Klassische Konditionierung scheint nur bei bedeutungsvollen Ereignissen zu funktionieren. Wiederum muss die Handlung im Vordergrund stehen (Shumway-Cook u. Woollacott 2008).

Tab. 4.4 Operante Konditionierung

Phasen	Inhalte
1. Inventarisation	Patient ist mit der Zielstellung einverstanden konkrete, erreichbare Ziele Einsicht in Faktoren, die chronischen Schmerz oder Müdigkeit beeinflussen Bestimmen einer Basislinie: ▪ langes oder häufiges Ausführen einer Handlung (Schmerzkontingent) ▪ Wiederholen und Niederschreiben ▪ expliziten Vertrag abschließen ▪ Aufbau schrittweise festlegen: – erfolgreicher Anfang – Anfangsniveau – Endziel – Anzahl der Serien
2. Aufbau	Zeitkontingent, Planung der Schritte positive Verstärkung: ▪ Coaching- und Feedbackstrategien ▪ Gewohnheit bekräftigt stark ▪ Nutzen von Visualisierungen, z. B. Grafiken
3. Generalisierung	Zurück zur komplexen Handlung Stimulusgeneralisierung ▪ Bestärken der eigenen Umgebung ▪ Variation ▪ Zurückführen auf die eigene Effektivität

Operante Konditionierung

Auch bei der operanten Konditionierung wird mit Assoziation gearbeitet, diesmal ist sie jedoch auf den Effekt des Reizes gerichtet. Es ist tatsächlich ein Trial-and-Error-Lernen, bei dem das beste Ergebnis das Verhalten bestärkt. Diese Lernform wird in der Physiotherapie häufig unter anderem bei Graded Activity (Pacing) verwendet. Die Ziele sind das Verstärken („Belohnen") von positivem und Vermeiden („Bestrafen") von negativem Verhalten, wie z. B. Unterbelastung im Training oder um Schmerzen oder Ermüdung zu vermindern. Der Aufbau dieser Methode folgt keinen physiologischen Prinzipien, sondern den abgesprochenen Zielstellungen. Bei dieser Methode sind 3 Phasen erkennbar (van den Hout u. Koli-Snijders 2005). Zu Beginn dieser Phasen sieht man häufig zuerst eine Zunahme des Negativverhaltens, aber indem man sich darauf nicht fokussiert, wird dieses Verhalten immer seltener. **Tab. 4.4** zeigt die schematisierte Vorgehensweise.

Wie kann nun entschieden werden, ob für eine Behandlung Graded Activity oder Graded Exposure geeignet ist oder ob sogar beide indiziert sind? Wenn es um ein stark katastrophierendes Verhalten geht, ist Graded Exposure besser geeignet, geht es dagegen um verminderte Aktivität und Partizipation, kann Graded Activity

einen positiven Beitrag leisten (van der Steen et al. 2002, Vlaeyen et al. 1995, Vlaeyen et al. 2002).

Stimulus-Response-Modell

Das Stimulus-Response- bzw. Reiz-Reaktions-Modell geht davon aus, dass physiologische Response-Systeme zugleich mit einer bestimmten Situation aktiviert werden. Dies kann eine physiologische Reaktion auf eine Verletzung sein, aber auch von Emotionen oder früheren bewussten oder unbewussten Erfahrungen ausgehen, die mit einer bestimmten Situation verknüpft sind (van Dixhoorn 2003). Die physiologische Response kann für das Bewegen, Funktionieren oder den eventuellen Genesungsprozess eines Sportlers weniger adäquat sein. In solchen Situationen besteht oft ein geringer Zusammenhang zwischen der Verletzung und den Beschwerden. Für den Therapeuten ist es schwierig, eine Beziehung zwischen der Art der Beschwerden und einem Auslöser herzustellen. Typisch ist, dass die Beschwerden bei vermehrter (An-)Spannung auftreten. Das Stimulus-Response-Modell hängt eng mit den Stresstheorien zusammen, die von einer Relation zwischen Stress und autonomem Nervensystem ausgehen (van Burken u. Swank 2000).

Im Gegensatz zu der operanten Annäherung muss in diesem Fall die Konzentration auf das Ziel der Person abnehmen. Man muss vor allem an Personen denken, die sich hohe Ziele gesetzt haben und nicht gut auf ihren eigenen Körper hören bzw. achten können. Bei der operanten Annäherung achtet man dagegen besonders auf die Reaktionen des eigenen Körpers. Ein Beispiel für den Einsatz der Response-Methode ist der Sportler, der so auf die zukünftige Leistung konzentriert ist, dass er die Ermüdungserscheinungen seines Körpers nicht wahrnimmt (McArdle et al. 2005). Der Ausgangspunkt für den Lernprozess ist dann, Voraussetzungen zu schaffen, um ein besseres Gleichgewicht in der physiologischen Reiz-Reaktion-Relation zu finden. Auch hier kann in 3 Schritten gearbeitet werden. **Tab. 4.5** zeigt die schematisierte Vorgehensweise.

Der Physiotherapeut begleitet in diesem Fall einen Bewusstwerdungsprozess, bei dem er ausdrücklich die Rolle des Coachs einnimmt. Er kann Mittel wie Entspannungstechniken, Dehnen, Atemrhythmus, Tagesstruktur, Untersuchung nach den Stressoren der Umgebung etc. nutzen.

Tab. 4.5 Responsive Theorie

Phasen	Inhalte
Loslösung	Patient löst sich von der Zielstellung Im Vordergrund steht, was in der Person geschieht.
Verdeutlichung	Response/Reaktion verdeutlichen: ▪ Selbstwahrnehmung überprüfen ▪ Beobachtung/Observation (visuell, taktil) ▪ Instrumente (Biofeedback)
Ergründung	mit dem Sportler ergründen, ob die Response mit den Beschwerden zu tun hat

Begleitung im Lernen

Das Begleiten eines Lernprozesses setzt voraus, dass der Begleiter sich von seiner eigenen stereotypen Weise des Begleitens lösen und den individuellen Prozess des Sportlers unterstützen kann. Ausgangspunkt ist, dass der Sportler der Spezialist für sein Bewegungsverhalten ist. Therapeuten erreichen somit das Gebiet didaktischer und pädagogischer Qualitäten. Die folgenden Abschnitte geben eine Übersicht und ein paar praktische Tipps zu didaktischen und pädagogischen Aspekten, die in der Sportrehabilitation wichtig sein können. In den zuvor angegebenen Standardwerken wird auf diese Materie ausführlicher eingegangen.

Lernphasen

Um einen Sportler zu begleiten oder zu coachen, ist es notwendig, die unterschiedlichen Phasen des Lernens zu erkennen. Verschiedene Theorien, die alle ihren praktischen Vorteil haben, beleuchten den Lernprozess auf unterschiedliche Art und Weise. Das bekannteste Modell ist das Three-Stage-Modell von Fitts und Posner (1967), das in diesem Buch auch als Grundlage für den Rehabilitationszirkel Koordination verwendet wurde. Fitts und Posner (1967) unterteilen das Lernen in 3 intuitive Phasen:

1. *Kognitive Phase:* Sie entspricht dem deklarativen Lernen und setzt viel Aufmerksamkeit voraus. In dieser Phase überlegt der Sportler, wie die Bewegung aussehen muss; er erfasst die Bewegungsaufgabe und probiert verschiedene Strategien aus. Beim Erlernen des Skatens stellt er z. B. fest, dass es hilfreich ist, mehr Gewicht auf den vorderen Teil des Skates zu legen.
2. *Assoziative Phase:* In dieser Phase benötigt der Sportler schon weniger Aufmerksamkeit, er kennt die beste Strategie, übt und verbessert die Bewegung, er optimiert den Bewegungsablauf.
3. *Autonome Phase:* Die Bewegung verläuft automatisch und der Sportler kann sich auf andere Faktoren wie die Umgebung und Doppelfunktionen/-aufgaben konzentrieren.

Nach Shumway-Cook und Woollacott (2008) gibt es noch ein weiteres Modell, das den Lernprozess in 3 Phasen unterteilt. Dieses Modell knüpft an das von Bernstein beschriebene Problem der Freiheitsgrade an (Vereijken et al. 1992). Der genaue Ursprung des Modells ist unklar, da mehrere Autoren involviert waren.

1. *Anfängerphase:* Der Körper vereinfacht die Bewegung, indem nur die essenziellen Gelenke berücksichtigt werden und das Bewegungspotenzial der Freiheitsgrade der anderen Gelenke nicht genutzt wird. In dieser Phase baut der Sportler in der Muskulatur der nichtbe-

wegten Gelenke eine hohe Muskelspannung zur Stabilisierung auf. Für das Erlernen des Skatens ist es z. B. typisch, erst alle Gelenke in die verriegelte Stellung (Closed-packed-Position) zu bringen.

2. *Fortgeschrittenenphase:* Der Sportler nutzt zunehmend mehr Freiheitsgrade und entspannt sich während des Handelns.
3. *Expertenphase:* Alle Freiheitsgrade werden genutzt, um sich so koordiniert und flexibel wie möglich bewegen zu können. Der Sportler kann sich mit dem Verbessern von Details beschäftigen, z. B. der Geschwindigkeit oder wie er sich noch effektiver bewegt.

Diese Theorie zeigt ebenfalls die Wichtigkeit der Unterstützung in der ersten Phase für den Klienten. Bei Skaten wird beispielsweise die Bewegung entspannter, wenn man erst hinter einem Rollstuhl skatet.

In Gentiles Zwei-Phasen-Modell steht ebenfalls die Zielstellung, das Erlernen einer neuen Bewegung, im Vordergrund.

1. *Bewegungsvorstellung:* Das Ziel der ersten Phase ist, Kenntnis über die Bewegungshandlung zu entwickeln. Der Sportler erarbeitet sich eine Bewegungsvorstellung. Was ist das Ziel, welche Strategie ist die beste und was bestimmt ausgehend von der Umgebung die Bewegung (regulative Faktoren)?
2. *Fixierungs-/Diversfikationsphase:* Die Person verbessert die Bewegung und kann mehr Flexibilität in sich möglicherweise verändernden Situationen entwickeln.

Trainingsaufbau

Wie bereits erwähnt, ist Übung ein guter Lehrmeister, um das Nervensystem zu trainieren. Je häufiger man etwas wiederholt, desto mehr lernt man. Diese Methode hat jedoch auch ihre Grenzen: Der gelernte Mehrwert eines Trainings nimmt mit der Anzahl der Wiederholungen ab. Am Anfang macht der Sportler zwar sprunghafte Fortschritte, aber die Kunst eines guten Trainings oder einer guten Therapie besteht darin, auch in späteren Phasen Fortschritt zu erzielen. Monotones Üben ohne Pausen ermüdet. Müdigkeit ist ein Faktor, der das Training begrenzt. Bei der Umsetzung der im Folgenden beschriebenen Trainingsprinzipien zur Genesung müssen innerhalb und zwischen den Trainingseinheiten immer wieder sorgfältig Ruhemomente eingebaut werden. Diese „Pausen" kann der Therapeut natürlich auch für ein Training mit einer anderen Belastung nutzen. *Mentales Training* ist z. B. immer möglich. Dabei führt der Sportler die Bewegungshandlung nur mental aus, ohne sich tatsächlich zu bewegen. Die Belege für diese Trainingsmethode scheinen zuzunehmen (Schmidt u. Wrisberg 2008).

Man unterscheidet außerdem zwischen dem Wiederholen einer Übung (Blocked Practice) und der Abwechslung verschiedener Übungen (Random Practice). Nach einer Trainingseinheit, in der der Sportler die Bewegung *variiert,* ist das Trainingsresultat besser, als wenn er nur eine Bewegung übt und anschließend die nächste Übung anvisiert wird. Längerfristig stellt sich heraus, dass variierte Bewegungen besser eingeprägt werden können. Mittels Variation übt man (insbesondere das somatomotorische System), verschiedene motorische Programme voneinander zu unterscheiden (Magil u. Hall 1990). Dies wird als Kontexteffekt bezeichnet (Shumway-Cook u. Woollacott 2008). Random Training setzt voraus, dass der Sportler gut über die Zielstellungen der verschiedenen Übungen informiert ist und diesem Anspruch intellektuell gewachsen ist (Goode 2008, Edwards et al. 1986). Auch Personen, die in ihrem Training ihre Trainingsvariablen variieren, können auf neue Handlungsvariationen besser reagieren als Personen, die kontinuierlich dieselbe Übung ausführen (Catalano u. Kleiner 1984). Die Bewegungshandlung wird also von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst. Es ist sinnvoll, diese sofort in das Training einfließen zu lassen.

Ähnlich verhält es sich mit dem Üben einzelner Bewegungssequenzen. Es kann zwar nützlich sein, Teile einer Bewegungshandlung separat zu trainieren (Part Training), aber auch hier ist der Trainingseffekt ab einem bestimmten Punkt limitiert. Ab diesem Punkt und direkt im Anschluss sollte die gesamte Handlung geübt werden (Whole Training). Das Ziel ist immer, einen Transfer vom Training in das wirkliche Handeln zu realisieren. Für einen guten Transfer ist es wesentlich, für den Sportler so oft wie möglich Lernsituationen zu initiieren, um so die Selbststeuerung und das Lernresultat zu erhöhen. So ist es z. B. effektiver, wenn er selbst das Feedback formuliert. Der Sportler gibt selbst an, welches Feedback er noch zur Verbesserung benötigt und welche Feedbackform gewünscht ist. Das Entdecken (ein spontanes Entstehen) von optimalem Bewegen ist das Ausprobieren und dabei selbst die Verbesserungen festzustellen, ist weitaus besser als ständige verbale Rückmeldungen und Korrekturen durch den Coach (Shumway-Cook et al. 2005). Der Sportler lernt so, seine eigenen Fehler einzuschätzen und nach einer Lösung zu suchen. Nur bei einer neuen, komplexen Aufgabe kann es sinnvoll sein, dass der Therapeut den Sportler führt und eine Bewegung instruiert. In diesem Fall wird ein Mehrwert im Training erzielt (Singer 1980). Dies bedeutet, dass viele Begleiter lernen müssen, öfter den Mund zu halten und den Sportler erst selbst zu Wort kommen zu lassen (Hodges et al. 2002). Nur so kann der Sportler ermächtigt werden, sein eigener Spezialist in Bezug auf sein Handeln zu sein. Die Art und Weise, ein Feedback zu geben, ist dann entscheidend.

Lernstile

Ein anderes Modell, das eine Orientierung bietet, sind die unterschiedlichen Lernstile einer Person. Kolb (1984) und Vermunt (1992) haben verschiedene Modelle zu den

Lernstilen entwickelt. Im Internet sind einsetzbare Instrumente zu finden, um diese Lernstile zu messen. Kolb (1984) unterscheidet 4 Lernstile:

- Träumer
- Handelnder
- Denker
- Entscheider

Wenn man den Lernstil des Sportlers misst, kann der Therapeut ihn beim Coachen berücksichtigen. Therapeut und Sportler können dann gemeinsam am Lernstil arbeiten, wenn es für den Lernprozess förderlich ist. Der Sportler lernt einen Lernstil kennen, der für ihn bisher weniger selbstverständlich war.

Vermunt (1992) betont die Komplexität der Lernstile. Er erläutert ebenfalls 4 Formen, wobei die Art und Weise der Lernaktivitäten sowie die Motivation und Einstellung zum Lernen den individuellen Lernstil bzw. die Lernstrategie bestimmen:

- *Bedeutungsgerichteter Stil:* Dieser Lernstil ist gekennzeichnet durch das Erstellen von Zusammenhängen und einer internen Motivation.
- *Anwendungsgerichteter Stil:* Konkretisierung und eine berufsgerichtete Motivation zeichnen diese Art zu lernen aus.
- *Reproduktionsgerichteter Stil:* Charakteristisch sind die genaue Verarbeitung, eine mehr externe Motivation und die Wahl der Lernaktivitäten (Kaldeway 2007).
- *Ungerichteter Stil:* Die Lernenden bevorzugen Vorgaben von außen und Kooperationen mit anderen, z. B. Teammitgliedern und Kollegen. (Meta-)kognitive Aktivitäten sind nicht erkennbar.

Das Analysieren des Lernstils einer Person kann den individuellen Lernprozess des Sportlers in den Mittelpunkt stellen. Auch für den Begleiter, den Physiotherapeuten selbst und z. B. für den Trainer ist dieses Instrument geeignet, um den eigenen Lernstil und die Bedeutung für die Begleitung des Sportlers zu hinterfragen.

Betrachtet man die geschichtliche Entwicklung der wissenschaftlichen Theorien zum motorischen Lernen, zeigt sich, dass sie lange von hierarchischen Modellen und der Neurofazilitation dominiert wurde. Dieses Denken beherrschte und beherrscht noch immer die Praxis der Sportphysiotherapie. Schwerpunkt beim motorischen Lernen ist das Beeinflussen der neuronalen Strukturen und Funktionen durch direkte therapeutische Interventionen und verbale Korrekturen – der Lernprozess des Patienten als komplexes Gesamtsystem in einer komplexen Umgebung bleibt unberücksichtigt. Will der Therapeut das motorische Lernen effektiver fördern oder in den Mittelpunkt rücken, sollte er Antworten auf folgende Fragen finden:

- Welche Persönlichkeit hat der Sportler? Basistendenzen der Persönlichkeit, Big Five, kognitiv-affektives Persönlichkeitssystem (CAPS)
- Welches explizit fomulierte Ziel verbindet er mit der angestrebten Bewegungs-/Verhaltensänderung?
- In welcher Phase der Verhaltensveränderung befindet sich der Sportler (Motivation)? Vorbetrachtungs-, Überdenkungs-, Vorbereitungs-, Aktions-, Verhaltensverfestigungsphase
- Welche Methode ist zur Verhaltensveränderung und zum Bewusstmachen physiologischer Zusammenhänge geeignet? Klassische/operante Konditionierung oder responsive Methode
- In welcher motorischen Lernphase befindet sich der Sportler? Kognitive, assoziative oder autonome Phase; Anfangs-, Fortgeschrittenen- oder Expertenphase
- Um welchen Lerntyp handelt es sich? Träumer, Handelnder, Denker, Entscheider
- Welche Lernstrategie, welchen Lernstil bevorzugt der Sportler? Bedeutungsgerichteter, anwendungsgerichteter, reproduktionsgerichteter, ungerichteter Lernstil
- Wie wirken Wiederholungen? Bewirken noch Fortschritte, wirken ermüdend

Therapeuten fördern das motorische Lernen durch das Beachten der folgenden Punkte:

- Für einen erfolgreichen motorischen Lernprozess ist besonders die Unterstützung in der ersten Lernphase wesentlich.
- Das System lernt durch Reizwiederholung implizit, es reagiert mit Habituation oder Sensibilisierung.
- Wiederholungen sorgen in frühen Lernphasen für Fortschritte.
- Monotones Wiederholen ermüdet.
- Wiederholungen kombiniert mit Variationen führen in späteren Lernphasen zu besseren Trainingsresultaten.
- Insbesondere Variationen fördern das motorische Lernen, die Selbstorganisation des Systems und führen zu besseren Resultaten.
- Das Üben einzelner Bewegungssequenzen führt nur bis zu einem bestimmten Punkt zur Leistungsverbesserung; direkt im Anschluss muss der Sportler die gesamte (Bewegungs-)Handlung trainieren.
- Formuliert der Sportler das Feedback selber, verbessert er seine Selbsteinschätzung und sein Problemlösungsverhalten.

Der Therapeut stellt den Sportler mit seinen Zielen, seinem individuellen Lernprozess und seiner Persönlichkeit in den Mittelpunkt; schafft für ihn adäquate Lernsituationen und kann sich selbst im richtigen Moment zurücknehmen, da er weiß, wie ein sich selbst organisierendes System in einer komplexen Umgebung am besten lernt.

Literatur

Bastian AJ. Learning to predict the future: The cerebellum predicts feedforward movement control. Current Opinion in Neurobiology 2006; 16: 645–649.

Bear MF, Conners BW, Paradiso MA. Neuroscience: Exploring the brain. Baltimore: Williams & Wilkens; 1996.

Bernard-Netelenbos J. Motorische ontwikkeling van kinderen – handboek 2: Theorie. Amsterdam: Boom; 2000.

Bernstein N. The coordination and regulation of movement. London: Pergamon; 1967.

Carr J, Shepherd R. Neurological rehabilitation – Optimizing motor performance. Sydney: BH; 2005.

Catalano JF, Kleiner BM. Distant transfer and practice variability. Percept Mot Skills 1984; 58: 851–856.

Charles JR, Wolf SL, Schneider JA, Gordon AM. Efficacy of a child-friendly form of constraint-induced movement therapy in hemiplegic cerebral palsy: A randomized control trial. Dev Med Child Neurol 2006; 8: 635–642.

de Haan E. Leren met collega's – Praktijkboek intercollegiale consultatie. Assen: Van Gorcum; 2006.

de Vries H, Backbier E. Verklaring en verandering van gedrag: Een beschouwing van het transtheoretische model. Tijdschrift Gezondheidsbevordering 1995; (16)1: 1999.

Dewey J. Experience and Education. New York: Collier Books; 1938.

DuFour R, Edwards JM, Elliott D, Lee TD. Contextual interference effects during skill acquisition and transfer in Down's syndrome adolescents. Adapt Physical Activity Q 1986; 3: 250–258.

Elbert T, Pantey C, Wienbruch C, Rockstroh B, Taub E. Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. Science 1995; 270: 305–307.

Elliot AJ, McGregor HA. A 2 × 2 achievement goal framework. Journal of Personality and Social Psychology 2001; 80: 501–519.

Fitts PM, Posner MI. Human performance. Brooks/Cole Publishing; 1967.

Freeman WJ. Societies of Brains. A Study in the Neuroscience of Love and Hate. Mahwah NJ: Lawrence Erlbaum; 1995.

Gentile A. Skills acquisition: Action movement and neuromotor processes. In: Carr J, Shepherd R, Gordan J et al. (eds.). Movement sciences: Foundations for physical therapy in rehabilitation. Rockville, MD: Aspen; 1987.

Gernigon C, d'Arripe-Longueville F, Delignieres D, Ninot G. A Dynamical Systems Perspective on Goal Involvement States in Sport. Champaign, Ill.: Journal of Sport and Exercise Psychology 2004; 26(4): 572–596.

Gibson JJ. The senses considered as perceptual systems. Boston: Houghton Mifflin; 1966.

Glencross D. Human skill: Ideas, concepts and models. In: Singer RN, Murphey M, Tennant LK, (eds.). Handbook of research on sport psychology . New York: MacMillan Publishing Co; 1993: 242–56.

Goode SI. The contextual interference effect in learning an open skill. Unpublished doctoral dissertation. Baton Rouge: Lousiana State University; 1986. In: Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor Control – Translating research into clinical practice. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2008.

Gordan J. Assumptions underlying physical therapy intervention: Theoretical and historical perspectives. In: Carr JH, Shepherd RB, Gordan J et al. (eds.). Movement sciences: Foundations for physical therapy in rehabilitation. Rockville, MD: Aspen; 1987: 1–30.

Gordon AM, Charles J, Wolf SL. Methods of constraint-induced movement therapy for children with hemiplegic cerebral palsy: Development of a child-friendly intervention for improving upper-extremity function. Arch Phys Med Rehabil 2005; 4: 837–844.

Gunsteren HR. Culturen van besturen. Amsterdam: Boom; 1994.

Hagenaars LHA. Cited from KNGF. Beroepsprofiel van de fysiotherapeut. Amersfoort 2005.

Hedman LD, Rogers MW, Hanke TA. Neurologic professional education: Lining the foundation science of motor control with physical therapy interventions for movement dysfunction. Journal of Neurologic Physical Therapy 1996; 20: 9–13.

Helders PJM. Waar gaat het om de rol van omgevingsfactoren in het therapeutisch process. Kinderfysiotherapie 2006;18(48): 8–11.

Higgs J, Jones MA, Loftus S, Christensen, N. Clinical reasoning in the health professions, BHE Philadelhia, 2008.

Hodges PW, Gurfinkel VS, Brumagne S, Smith TC, Cordo PC. Coexistence of stability and mobility in postural control: Evidence from postural compensation for respiration. Exp Brain Res 2002; 144: 293–302.

Horak F. Assumptions underlying motor control for neurological rehabilitation. In: Contemporary management of motor control problems. Proceedings of the APTA II Step Conference. Alexandria, VA; 1991: 11–27.

http://ec.europa.eu/health-eu/index_en.htm

Jacob F. The possible and the actual. New York: Pantheon; 1982.

Kaldeway J. Leerstijlen, dan wel denkstijlen als uitgangspunt voor vakdidactische ontwikkeling. Levende Talen Tijdschrift 2007; 8(1): 11–22.

Kolb DA. Experiential Learning: Experience as the source of learning and development. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall; 1984.

Kramer NJTA, de Smit J. Systeemdenken. Leiden: Stenfort Kroese; 1996.

Kugler PN, Turvey MT. Information, natural law and the self-assembly of rhythmic movement. Hillsdale, NJ: Erlbaum; 1987.

Lalonde M. A new perspective on health of Canadians: A working document. Ottawa: Government of Canada; 1975.

Laube W. Bewegungsregulation und sensomotorisches Lernen. In: Bertram AM, Laube W. Sensomotorische Koordination. Stuttgart: Thieme; 2008.

Leonard CT. The neurosciences of Human movement. St. Louis: Mosby; 1998.

Magill RA, Hall KG. A review of the contextual interference effect in motor skill acquisition. Hum Mov Sci 1990; 9: 241–289.

Martin SJ, Morris RGM. New life in an old idea: The synaptic plasticity and memory hypothesis revisited. Hippocampus 2002; 12: 609–636.

Mastos. Goal directed training: Linking theories of training to clinical practice for improved functional activities in daily life. Clinical rehabilitation 2007; 21: 47–55.

Mathiowetz V, Wade MG. Task Constraints and Functional Motor Performance of Individuals with and without Multiple Sclerosis. 1995; (7)2: 99–123.

McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Excercise physiology. 6th Edition. London: Lippincott Williams & Wilkins; 2005.

McGinnes, Foege WH. The immediate versus the important. JAMA 2004; 291: 1263–1264.

Merzenich MM, Allard TT, Jenkins WM. Neurology ontogeny of higher brain function: Implications of some recent neurological findings. In: Franzen O, Westman J (eds.). Information processing in the somatosensory system. London: Macmillan; 1991.

Mulder T. De geboren aanpaaser – Over bewegen, bewustzijn en gedrag. Amsterdam: Contact; 2001.

Patla EA, Shumway-Cook A. Dimensions of mobility: Defining the complexity and difficulty associated with community mobility. J. Aging Phys Activity 1999; 7: 7–19.
Plato(n). http://plato.stanford.edu/entries/mental-imagery/2.4.2010
Prochaska JO, Redding CA, Evers KE. The transtheoretical model and stages of change. In: Glanz K, Rimer BK, Lewis FM et al. (eds.). Health behaviour and health education: Theory, research and practice. 3rd Edition. San Francisco, CA: Jossey-Bass; 2002: 99–120.
Reed ES. An outline of a theory of action systems. J Mot Behav 1982; 14: 98–134.
RIVM, PHSF. Care for health. Bilthoven; 2006.
Rothstein JM, Echternach JL, Riddle DL. The Hypothesis-oriented Algorithm for Clinicians II (HOAC II): A Guide for Patient Management. Physical Therapy 2003; 83(5): 455–470.
Rothstein JM. Autonomy or professionalism. Phys Ther 2003; 3: 206–207.
Sassen B. Gezondheidsvoorlichting voor paramedici. Maarssen: Elsevier; 2008.
Schenkman M, Deutsch JE, Gill-Body KM. An Integrated Framework for Decision-making in Neurologic Physical Therapist Practice. Physical Therapy 2006; 86: 1681–1702.
Schmidt RA, Wrisberg C. Motor learning and performance – A situation-based learning approach. Champaign, Ill: Human Kinetics; 2008.
Shumway-Cook A, Patla A, Stewart A, Ferucci I, Ciol MA, Guralnik JM. Assessing environmentally determined mobility disability: Self-report versus observed community mobility. J Am Geriatr Soc 2005; 53: 700–704.
Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor Control – Translating research into clinical practice. Philadephia: Lippincott Williams & Wilkins; 2008.
Singer RN, Tenenbaum G, Eklund RC. Handbook of Sport Psychology. Hoboken: Wiley; 2007.
Singer RN. Motor learning and human performance. New York: Macmillan; 1980.
Smith LB, Thelen E. A Dynamic systems approach to development – Applications. Massachusetts: MIT Press; 1993.
Stanton BR. Does family functioning affect outcome in children with neurological disorders? Pediatric Rehabilitation 1999; 3(4): 193–199.
Steward O, Worley P. Local Synthesis of Proteins at Synaptic Sides of Dendrites: Role in Plasticity and Memory Consolidation? Neurobiology of Learning and Memory. 2002; 3: 508–527.
Trombly CA, Wu CY. Effect of rehabilitation tasks on organization of movement after stroke. 1999; (53)4: 333–344.
van Burken P, Swank J. Gezondheidspsychologie voor de fysiotherapeut. Houten/Diemen: BSH; 2000.
van Burken P. Gezondheidspsychologie voor de fysiotherapeut – Van visie naar interventie. Houten: BSL; 2004.
van den Hout A, Kole-Snijders A. Gedragsgeoriënteerde revalidatie bij chronische pijn. In: Verder Kijken, Eilander H, Beers K, de Vos L (eds.). Ontwikkelingen in de revalidatiepsychologie. Amsterdam: Harcourt Book Publishers; 2005: 197–213.
van den Hout M. Exposure: Hoe en waarom het werkt. Directieve Therapie 1996; 16(4): 308–315.
van der Steen K, Scholten-Peters W, de Visser D, Wams R, Oostendorp R. Graded activity versus graded exposure: Een verschil? NPi Issue 2002; 2: 9–10.
van Dixhoorn J. De respondente benadering; het bevorderen van zelfregulatie en zelfredzaamheid volgens een procesmodel. In: NPI-congres. De gedragsgeorienteerde aanpak, ter bevordering van zelfredzaamheid. Amersfoort: Nederlands Paramedisch Instituut; 2003: 11–18.
van Sonderen E. Het meten van sociale steun met de Sociale Steun Lijst – Interacties (SSL-I) en Sociale Steun Lijst – Discrepanties (SSL-D): Een handleiding. Groningen: Noordelijk Centrum voor Gezondheidsvraagstukken; 1993.
van Uden CJT. De dynamische systeemtheorie. Theoretisch kader voor het (sport-)fysiotherapeutisch handelen. Sportfysiotherapie in Beeld 2002; 3(4): 27–30.
Vereijken B, Emmerik REA, Whiting HTA, Newell KM. Freezing degrees of freedom in skills acquisition. J Mot Behav 1992; 24: 133–142.
Vermunt JDHM. Leerstijlen en sturen van leerprocessen in het hoger onderwijs – Naar procesgerichte instructie in zelfstandig denken. Amsterdam, Lisse: Swets & Zeitlinger; 1992.
Vlaeyen JWS, de Jong J, Geilen M, Heuts PHTG, van Breukelen G. The treatment of fear of movement/(re-)injury in chronic low back pain: Further evidence on the effectiveness of exposure in vivo. Clin J Pain 2002; 18: 251–261.
Vlaeyen JWS, Kole-Snijders AMJ, Boeren RGB, van Eek H. Fear of movement/(re-)injury in chronic low back pain and its relation to behavioral performance. Pain 1995 a; 62: 363–372.
Watkins J. An intro in biomechanics of sports and exercise. Philadelphia: CLE; 2007.
WHO, ICF Checklist, September 2003.
Wimmers RH, de Vries CDL. Functionele fysiotherapie. Nederlands tijdschrift voor fysiotherapie 1992; 102(2): 47–53.
Wimmers RK. Een nieuwe kijk op motorische ontwikkeling: Implicaties voor de fysiotherapiepraktijk. Nederlands tijdschrift voor fysiotherapie, Special Kinderfysiotherapie 2000: 22–26.
Young PA, Young PH, Tolbert DL. Clinical Neuroscience. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2008.
Zucker RS, Regehr WG. Short-term synaptic plasticity. Annu Rev Physiol 2002: 64; 355–405.

4.2 Training von Kraft, Ausdauer und Schnelligkeit

Hans-Josef Haas und Dietmar Schmidtbleicher

In diesem Kapitel stellen wir zunächst die Mechanismen der Adaptation auf ein höheres Niveau der Belastbarkeit vor. Sie bilden die Grundlage für das Training der motorischen Grundeigenschaften Kraft, Ausdauer und Schnelligkeit, auf das wir im weiteren Verlauf eingehen.

4.2.1 Adaptation auf ein höheres Niveau

In Ruhe befinden sich die verschiedenen Funktionssysteme des Organismus in einem Gleichgewichtszustand (Homöostase). Dieser Gleichgewichtszustand betrifft zum einen Konstanten des inneren Milieus (pH-Wert, Temperatur, Ionengehalt, osmotischer Druck, Wasser, pO_2), aber auch die Synthese und den Abbau von Strukturbestandteilen des Organismus. Sie dürfen nur innerhalb gewisser Grenzen schwanken, um mit dem Leben vereinbar zu sein (Viru 1993). Unter Strukturen werden nicht nur Organe wie z. B. Haut, Muskeln, Bänder, das Herz und die Niere etc. verstanden, sondern auch Enzyme, Hormone, Zellen, Fasern und Matrixbestandteile. Diese Strukturen werden auf der Basis der Proteinsynthese und des Proteinabbaus reguliert (s. u.).

Jede körperliche Aktivität führt zu einer Auslenkung dieses Gleichgewichtszustandes (Heterostase). Zur Stabilisierung des inneren Milieus reagiert der Organismus darauf mit sofort eintretenden Anpassungen wie einer gesteigerten Herzfrequenz und vergrößertem Atemzugvolumen.

Bleiben diese körperlichen Aktivitäten einmalig oder erfolgen sie in sehr großen zeitlichen Abständen (Tage, Wochen), reguliert der Organismus diese Störung der Homöostase innerhalb seiner aktuellen Funktionskapazität (s. **Abb. 4.7**). Eine Adaptation im Sinne einer Hypertrophie erfolgt in diesem Fall nicht.

Hypertrophie. Hypertrophie beschränkt sich nicht nur, wie oft angenommen, auf die kontraktilen Proteine der Muskulatur, sondern sie kann nahezu alle Strukturen des Organismus erfassen. Auch für innere Organe ist die Hypertrophie eine funktionelle Anpassung bei chronischer Belastung oder Hyperfunktion durch pathologische Veränderungen. Der Verlust einer Niere z. B. wird durch die Hypertrophie der verbleibenden Niere weitgehend kompensiert; die Hypertrophie des Herzmuskels erfolgt als kompensatorische Adaptation an eine durch einen Herzklappenfehler verursachte Mehrarbeit.

Regelmäßige reizwirksame Belastungen, z. B. durch Training und Therapie, führen zu einer stärkeren Beanspruchung der durch das Training beanspruchten Strukturen. Der Organismus leitet durch die allmähliche Hypertrophie der beteiligten Strukturen eine Reduzierung seiner Beanspruchung ein. Diese schrittweise stattfindende Veränderung findet dann ihr Ende, wenn bei andauernder gleichbleibender Belastung (z. B. Trainingsumfang und -intensität über den gesamten Trainingszeitraum konstant) die Beanspruchung der belasteten Strukturen abnimmt.

Maximale Funktionskapazität, Funktionsreserve und Anpassungsreserve

Anpassungsvorgänge können weder kurz- noch langfristig begrenzt fortgesetzt werden. Jedem Individuum sind in seiner Anpassungskapazität Grenzen gesetzt. Die indi-

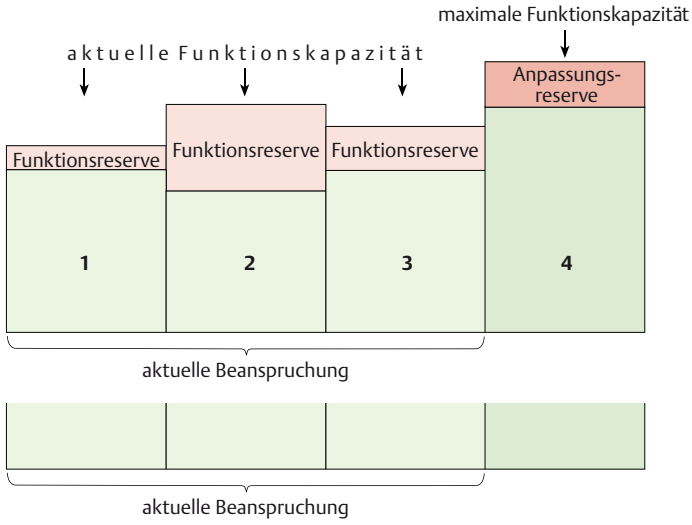


Abb. 4.7 Schematische Darstellung des Zusammenhangs zwischen maximaler Funktionskapazität, aktueller Funktionskapazität, Anpassungs- und Funktionsreserve und aktueller Beanspruchung (aus Martin et al. 1993).

viduell maximal mögliche Anpassung an körperliche Arbeit (Training) ist normalerweise erst nach jahrelangem systematischem und regelmäßigem Training erreichbar. Sie wird von Mader (1990) als *maximale* Funktionskapazität bezeichnet (s. **Abb. 4.7**, rechte Säule). Wahrscheinlich ist diese absolute Grenze der Funktionskapazität genetisch determiniert.

Demgegenüber steht die *aktuelle* Funktionskapazität (s. **Abb. 4.7**, links). Sie repräsentiert die aktuell maximal mögliche Funktion und Belastbarkeit der Strukturen zu einem bestimmten Zeitpunkt. Die Säulen 1, 2 und 3 repräsentieren verschiedene Zeitpunkte, die durch weitere Säulen ergänzt werden könnten. Zwischen maximaler Funktionskapazität und aktueller Funktionskapazität findet sich der Bereich der *Anpassungsreserve*, der durch Training und die damit verbundene Hypertrophie von Zellen, Substrukturen und Organen ausgeschöpft werden kann.

Der Bereich der *Funktionsreserve* steht für die Differenz von aktueller oder chronischer Beanspruchung und der aktuell möglichen Funktionskapazität. Der Bereich der Funktionsreserve wird durch Alltagsbelastungen oder unterschwellige Belastungsreize normalerweise nicht erreicht. Soll durch Training eine Leistungssteigerung erzielt werden, muss die Belastung so gestaltet sein, das sie in den Bereich der Funktionsreserve vordringt und diese bis in die Nähe der aktuellen Funktionskapazität beansprucht (Mader 1990, Martin et al. 1993). Sind die Belastungen niedriger oder übersteigen sie die aktuelle Funktionskapazität, wird die Leistungssteigerung niedriger ausfallen oder sie bleibt aus.

Veränderung der Proteinmasse durch Training

Die Funktion formt die Struktur. Der bereits von Wilhelm Roux (1885) veröffentlichte Satz weist darauf hin, dass sich die Struktur (eines Organismus oder eines Teils davon) der Funktion anpasst. Bei erhöhter Beanspruchung verändern sich Gewebe so, dass sie dieser höheren Beanspruchung auf der Grundlage einer höheren Leistungsfähigkeit besser standhalten können (Mader 1990). Es kommt zur Hypertrophie. Diese erfolgt auf der Basis einer höheren Proteinsynthese im Vergleich zum Proteinabbau oder Proteinverschleiß durch Belastung.

4-Schritte-Modell. Obwohl die genauen Mechanismen der aktiven Adaptation auf Grundlage einer gesteigerten Proteinsynthese in einigen Details noch nicht geklärt sind, gibt Mader (1990) ein sehr schlüssiges Erklärungsmodell, das bis heute breiten Zuspruch erhält (Brückner u. Wilhelm 2008, Hollmann u. Strüder 2009). Unter Hinweis auf die Arbeiten von Meerson nennt er 4 Schritte der aktiven Anpassung:

1. Eine Erhöhung der Funktion, z. B. durch Training, führt zu einer höheren funktionellen Belastung der beanspruchten Strukturen und der sie synthetisierenden Zellen.
2. Diese höhere funktionale Belastung der vorhandenen Proteinmenge liefert für den genetischen Apparat der Zelle den Reiz zur Steigerung der Proteinsyntheserate.
3. Die Erhöhung der Proteinsyntheserate wird so lange beibehalten, bis durch die Hypertrophie der belasteten Strukturen annähernd das vor der Belastung (Training) bestehende Funktions-Struktur-Gleichgewicht (Homöostase) erreicht ist.
4. Auch im angepassten Zustand bleibt eine Restdifferenz an erhöhter funktionaler Belastung bestehen, hierdurch wird auch im angepassten Zustand der Hypertrophie eine konstant erhöhte Proteinsyntheserate beibehalten (erzwungen) – die Hypertrophie wird so aufrechterhalten.

Dieses 4-Schritte-Modell macht deutlich, dass die Belastung durch Training z. B. die Proteinneubildung steigert und damit zur Hypertrophie und so letztlich zu einer erhöhten Belastbarkeit führt.

Beispiel

Dieses Modell erklärt auch die hohe Leistungsfähigkeit älterer, regelmäßig Sport treibender Menschen. Nicht Schonung – wie so oft empfohlen wird –, sondern Belastung durch Training führt zu hoher Leistungsfähigkeit und erhält diese. Trainierende 60- oder auch 70-Jährige können durchaus die Leistungsfähigkeit von nichttrainierenden 40-Jährigen aufweisen (Hollmann u. Strüder 2009).

Wird die Funktion reduziert (Beendigung des Trainings oder der Hyperfunktion) oder bleibt sie ganz aus (Immobilisation), tritt der umgekehrte Mechanismus in Kraft. Es kommt zur Deadaptation. Die Folge ist eine Atrophie (Reduzierung der Proteinmasse) und eine damit einhergehende reduzierte Leistungsfähigkeit.

Die Regelung der Proteinsynthese und die aktive Anpassung

Proteine haben nur eine begrenzte Lebensdauer. Sie werden daher ständig abgebaut und erneuert. Je nach Stoffwechselaktivität und beanspruchtem Gewebetyp sind die Halbwertszeiten für verschiedene Proteine unterschiedlich lang. Sie reichen von Stunden und Tagen bis hin zu Monaten und Jahren (van den Berg 2007). Belastungen reduzieren die Halbwertszeiten, Proteine werden also schneller ab- und aufgebaut.

Theoretisch wäre es denkbar, dass eine Trainingsbelastung, z. B. ein Krafttraining für den M. quadriceps femoris, zu einer allgemeinen und unspezifischen Hypertrophie von Zellen, Substrukturen und Organen führt. Tatsächlich aber führt dieses isolierte Krafttraining nur zu einer Hypertrophie des trainierten Muskels selbst, nicht aber im

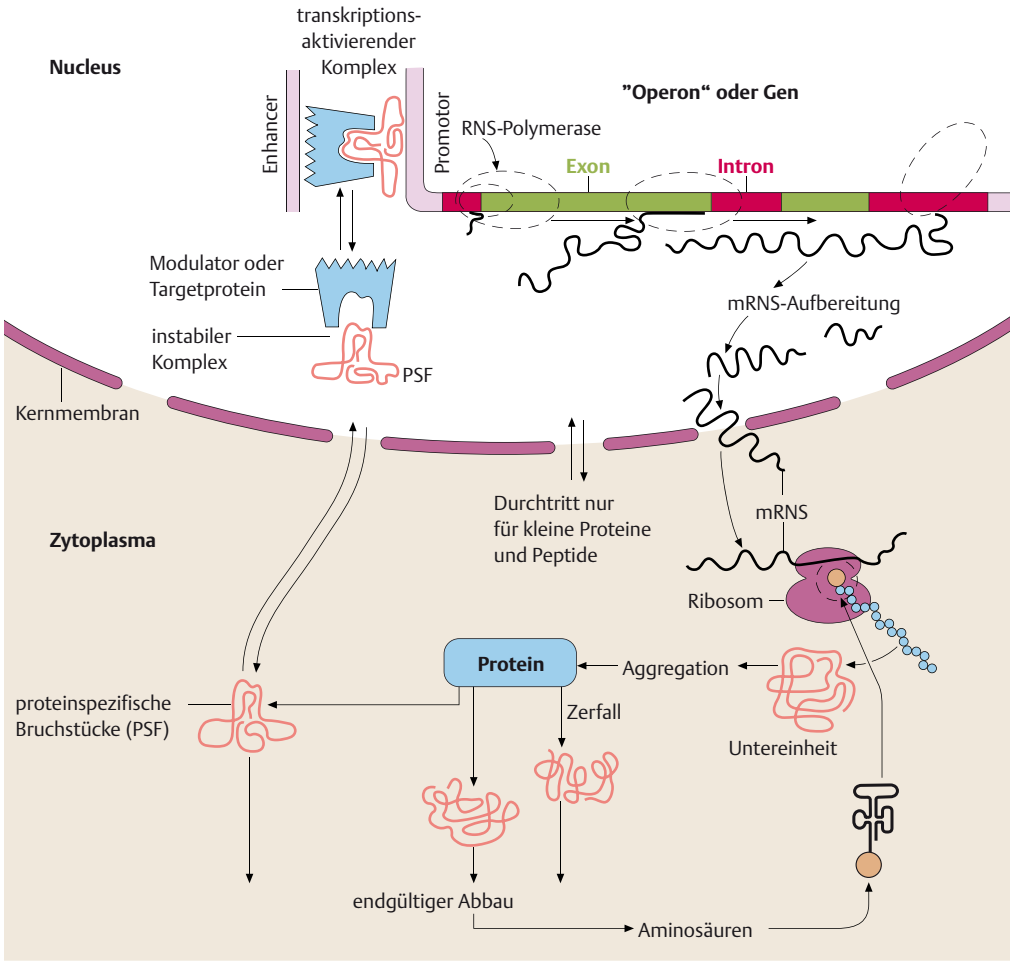


Abb. 4.8 Model nach Mader zur Erklärung der Adaptation auf eine höheres Niveau auf Basis einer gezielten Stimulation der Proteinbiosynthese (aus van den Berg 2000).

übrigen Organismus. Daher scheidet ein genereller und unspezifischer aktivierender Mechanismus als Ursache der aktiven Anpassung (Hypertrophie und Atrophie) aus (Mader 1990). Vielmehr wird heute davon ausgegangen, dass durch spezifische Belastungen oder einen Mangel an spezifischen Belastungen nur die betroffenen Organe und damit ihre Substrukturen (Proteine) spezifisch reagieren.

Eine spezifische Belastung beansprucht spezifisch die Proteinstrukturen nur in den jeweils belasteten Organen und Strukturen.

Die Regelung der Adaptation auf der Basis eines erhöhten Proteinverschleißes ist in **Abb. 4.8** schematisch wiedergegeben. Ausgangspunkt der Darstellung soll ein Protein sein, das durch Training stärker beansprucht wird.

Beispiel

Nehmen wir als Ausgangspunkt nur ein einziges durch aerobes Ausdauertraining beanspruchtes Protein, z. B. das Myoglobin. Myoglobin wirkt in der Muskelzelle als kurzzeitiger Sauerstoffspeicher. Durch die erhöhte Beanspruchung erhöht sich zuerst der Proteinverschleiß und damit der Proteinabbau. Mit dem Proteinabbau zerfällt das Protein in mehrere Fragmente. Einige zerfallen in ihre einzelnen Aminosäuren und bleiben dem intrazytoplasmatischen Aminosäurepool erhalten. Andere werden abgebaut und ausgeschieden. Ein weiteres Fragment scheint als proteinspezifisches Fragment (PSF) wegen seiner kleinmolekularen Struktur die Kernmembran passieren zu können und dort die Transskriptionsaktivität der Messenger-Ribonukleinsäure (m-RNA) an der DNA zu steuern. An dem Vorgang sind noch einige andere Strukturen im Nukleus beteiligt, wie z. B. ein Trägerprotein (Targetprotein oder Modulatorprotein).

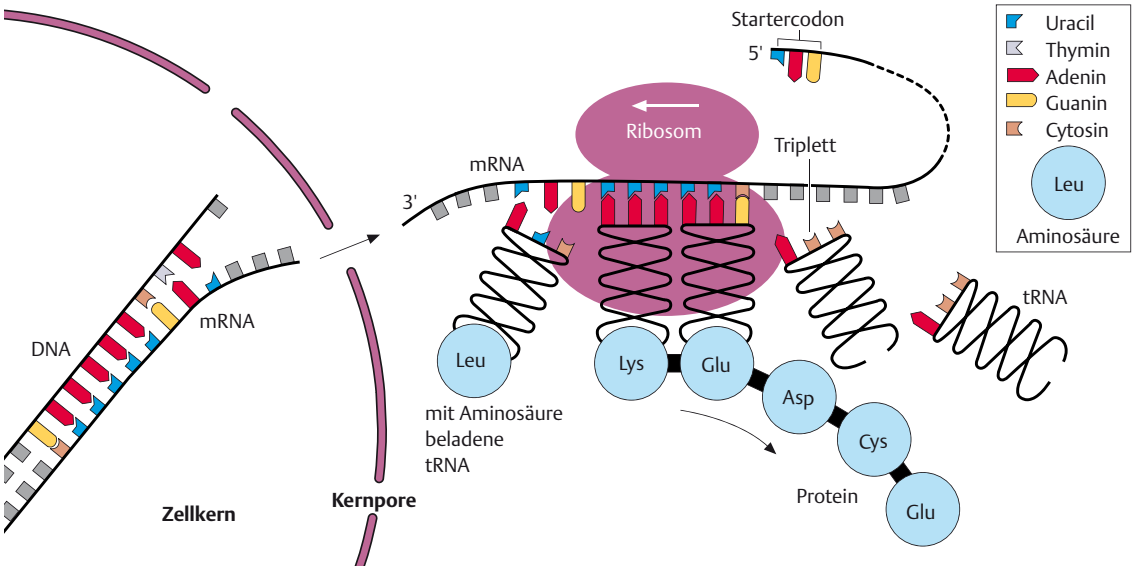


Abb. 4.9 Proteinsynthese an den Ribosomen (aus van den Berg 2000).

Beanspruchung der Struktur (Proteinmasse)
(durch Belastung, z.B. Training)

erhöhter Verschleiß und Abbau von Proteinen
Zerfall in mehrere Fragmente

Entsorgung zytoplasmatischer Aminosäurepool
proteinspezifische Fragmente (PSF)

PSF induzierte Aktivierung des genetischen Apparates
(Transkription)

Erhöhung der Bildungsrate von mRNS führt zu vermehrter Synthese (Translation) von –durch das Training– beanspruchten und abgebauten Proteinen

Vergrößerung (Hypertrophie) der Proteinmasse

relative Beanspruchung der Struktur (Proteinmasse)
(durch Belastung, z.B. Training)

Abb. 4.10 Adaptationsvorgänge schematisch dargestellt am Modell der Proteinregulation. Endokrine und neuronale Einflüsse modulieren diesen Prozess (zusammengefasst nach Mader 1990).

Bezogen auf unser Beispiel fallen bei einem erhöhten Verschleiß und Abbau des Myoglobins vermehrt spezifische Proteinfragmente des Myoglobins an und stimulieren die Transskriptionsaktivität der für Myoglobin spezifischen Gene der DNA. Eine erhöhte Transskriptionsaktivität lässt eine größere Menge m-RNA entstehen, die an den Ribosomen zu einer – gegenüber dem Ruheniveau – erhöhten Neusynthese von Proteinen des Myosinmoleküls führt (s. **Abb. 4.9**). In der Folge ist die Kapazität dieses Moleküls für die Sauerstoffspeicherung erhöht.

Umgekehrt wird nach diesem Modell ein verringerter Myoglobinverschleiß und -abbau eintreten, wenn die funktionelle Belastung, z.B. ein aerobes Ausdauertraining, reduziert oder eingestellt wird. Weniger spezifische Proteinfragmente fallen an, die Transskriptionsaktivität und in der Folge die Translation an den Ribosomen reduzieren sich. Die Menge an Myoglobin nimmt ab und die Leistungsfähigkeit für die kurzzeitige Sauerstoffspeicherung in der Muskelzelle lässt nach.

Die einzelnen Schritte dieser aktiven Anpassung an eine erhöhte Belastung sind noch einmal zusammenfassend in **Abb. 4.10** wiedergegeben.

Regeln zur Auslösung stabiler Anpassungen

Sollen stabile strukturelle und funktionelle Anpassungen durch Training erzielt werden, so müssen einige Regeln beachtet werden. Wichtige, allgemeine Grundregeln zur Auslösung einer stabilen Anpassung sollen hier kurz dargestellt werden. Weitere Regeln werden dann, soweit erforderlich, in den einzelnen motorischen Fähigkeiten erörtert.

Trainingswirksame Belastungsreize und progressive Belastungssteigerung

Oben im Text wurde der Begriff des „trainingswirksamen Belastungsreizes“ an einigen Stellen bereits eingeführt. Die durch die Trainingsbelastung einwirkende Be-

anspruchung muss so hoch sein, dass sie eine kritische Reizschwelle übersteigt, um eine Wirkung zu erzielen. Trainingswirksame Reize für gesunde Strukturen und Organismen müssen demnach deutlich über der normalen Alltagsbelastung liegen. Die kritische Reizschwelle hängt hierbei von der individuellen Leistungsfähigkeit der Person und der Höhe des einwirkenden Trainingsreizes ab. So führt z.B. bei untrainierten Personen ein Krafttraining mit 30% der Maximalkraft zu einer Leistungsverbesserung im Sinne einer Erhöhung der Maximalkraft. Bei einem im Bereich der Kraft gut trainierten Menschen hingegen kann ein Krafttraining mit 70% seiner Maximalkraft bereits zu einer Leistungseinbuße führen, wenn diese Intensität für längere Zeit unter der gewohnten Intensität liegt.

Sättigung. Eine Steigerung der Belastung ist immer dann notwendig, wenn die beanspruchten Strukturen adaptiert sind und die vormals trainingswirksame Belastung keine weiteren Adaptationen mehr hervorruft. Meist muss die Belastung wöchentlich gesteigert werden, um eine Trainingswirksamkeit aufrechterhalten zu können. In der Rehabilitation ist die Belastung allmählich zu steigern. Von sprunghaften Belastungssteigerungen – wie dies im Sport zum Teil geschieht – ist wegen der Gefahr der Überlastung abzusehen.

Nach einem gewissen Zeitraum (4–12 Wochen, s. **Tab. 4.10**) tritt jedoch eine Sättigung ein: Ein weiteres Training nach denselben Prinzipien bringt dann keine Leistungssteigerung mehr. Dann muss eine Veränderung der Trainingsmethode erfolgen, um das erreichte Niveau zu erhalten. Nach einer mehrwöchigen Pause kann dann mit der „alten" Methode weitertrainiert werden.

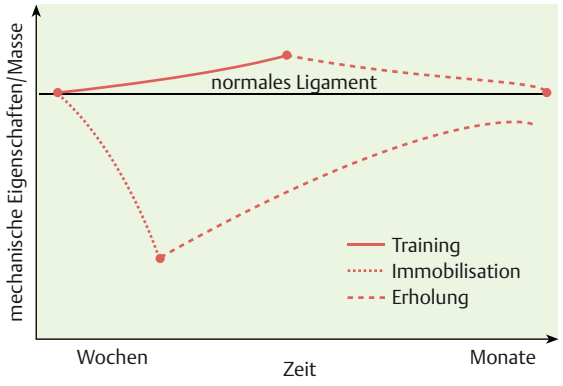


Abb. 4.11 Schema zum vermuteten zeitlichen Verhalten der Einflüsse von Training, Immobilisation und Regeneration auf die mechanischen Eigenschaften von Sehnen- und Bandgewebe.

Kontinuität

Krafttraining erhöht die Kraft, regelmäßiges Ausdauertraining verbessert Kapazität und Leistungsfähigkeit des Herz-Kreislauf-Systems und der beteiligten Muskulatur. Diese Adaptationsgewinne gehen schnell auf das Vortrainingsniveau zurück, wenn das Training eingestellt wird. Alle durch systematisches und regelmäßiges Training erworbenen „Hypertrophien" gehen verloren. Parallel dazu reduziert sich die Leistungsfähigkeit. Die Geschwindigkeit des Verlustes von Belastbarkeit oder Leistungsfähigkeit ist dabei von Gewebe zu Gewebe unterschiedlich und hängt unter anderem von der Stoffwechselaktivität des Gewebes und der Halbwertszeit ihrer Proteinstrukturen ab. So haben Bänder, Sehnen und Knorpel einen eher trägen Stoffwechsel und die Halbwertszeit ihrer Proteinstrukturen ist entsprechend lang. Sie reagieren daher langsam auf das Ausbleiben der gewohnten Trainingsbelastung mit einer reduzierten Belastbarkeit (s. **Abb. 4.11**, **Abb. 4.12**). Enzyme und Muskelproteine weisen hingegen eine relativ kurze Lebensdauer auf und adaptieren innerhalb weniger Stunden und Tage. **Abb. 4.12** gibt die Änderung der Kraft bei Training (Abszisse links von Null) und bei Einstellung des Trainings (Abszisse rechts von Null) wieder. Der Kraftverlust erfolgt umso schneller, je schneller der Kraftaufbau erfolgte.

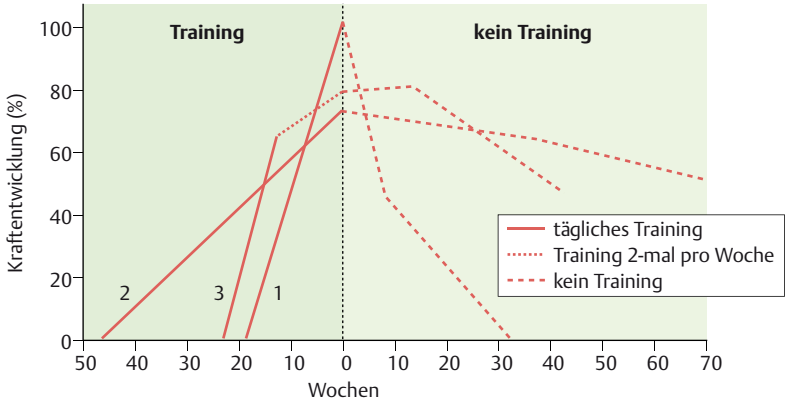


Abb. 4.12 Zeitlicher Verlauf von Kraftgewinn und -verlust. Je schneller ein Kraftgewinn erfolgte, desto schneller geht die Kraft nach Einstellung des Trainings zurück (aus Hollmann u. Hettinger 2000, S. 210).

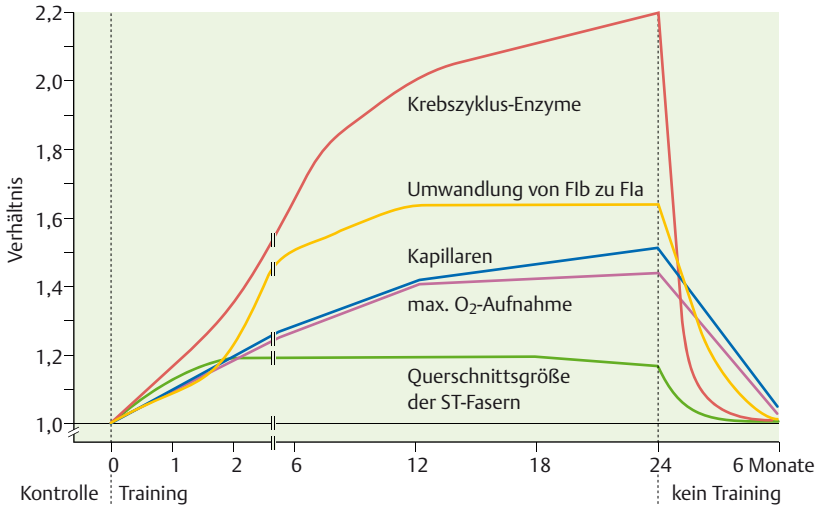


Abb. 4.13 Anpassung ausdauerrelevanter Parameter an Training und Trainingsunterbrechung.

Eine durch regelmäßiges Ausdauertraining ausgelöste Vergrößerung der maximalen Sauerstoffaufnahme und eine Verbesserung der Kapillarisierung des Muskels gehen nach Einstellung des Trainings relativ langsam zurück (über Monate). Demgegenüber passen sich die Enzyme des Zitronensäurezyklus und der Atmungskette sehr viel schneller (Tage und Wochen) veränderten Belastungen an. Einige der über Jahre erreichten Anpassung an ein Ausdauertraining sind nach Trainingsende innerhalb von wenigen Wochen bis zu 6 Monaten auf das Ausgangsniveau gesunken (s. **Abb. 4.13**).

Individualität

Jeder Mensch ist in seinen adaptiven Möglichkeiten an Training und an andere Umwelteinflüsse unterschiedlich ausgestattet. Verantwortlich für diese Tatsache sind unsere Erbanlagen. Selbst eineiige Zwillinge reagieren in Bezug auf die Anpassungen an eine identische Belastung verschieden. Ein und dasselbe Trainingsprogramm führt bei verschiedenen Personen zu unterschiedlichen Reaktionen. Einige werden sich stark verbessern, einige weniger stark und einige reagieren vielleicht gar nicht oder sind überbelastet. Erklärungen für dieses Phänomen sind neben der erblichen Anlage das Ausgangsniveau vor dem Training, unterschiedliche Proteinsyntheseraten, Unterschiede in der Stoffwechselaktivität sowie Unterschiede in den neuronalen und hormonellen Regulationsmechanismen.

Merke Die Berücksichtigung des Prinzips der Individualität für den Trainingsprozess bedeutet, die für den Sportler individuell wirksamen und zweckmäßigen Trainingsreize zu ergründen und anzuwenden.

Die Berücksichtigung des Prinzips der Individualität in der Rehabilitation bedeutet, den individuell sehr unterschiedlichen Grad der aktuellen Belastbarkeit des Patienten zu berücksichtigen.

Dazu liefert uns das Wissen um die strukturellen und funktionellen Veränderungen des jeweiligen Gewebes in der Wundheilung wichtige Anhaltspunkte. Daneben müssen aber auch vegetative Einflüsse (z. B. Verringerung der Durchblutung und die Ausschüttung der Stresshormone Cortisol und Adrenalin durch die Sympatikusaktivität) und die Art der Nachbehandlung (Immobilisation oder frühfunktionelle Therapie) berücksichtigt werden.

Spezifität

Merke Spezifische Trainingsbelastungen führen zu spezifischen Adaptationen.

Das Prinzip der Spezifität verlangt die genaue Analyse der Strukturen und Organe, die im Training oder der Rehabilitation trainiert und verbessert werden sollen bzw. im Sinne einer Steigerung von Belastbarkeit und Leistungsfähigkeit verbessert werden müssen. Sind diese Strukturen und Organe bestimmt, kann die entsprechende Trainingsmethode mit den entsprechenden Trainingsinhalten und den entsprechenden Übungen ausgewählt werden. Training im Leistungssport muss die Strukturen und Organe belasten, die für eine Verbesserung der Belastbarkeit und der Leistungsfähigkeit entscheidend sind (leistungsbegrenzende Faktoren). In der Rehabilitation sollen die verletzten Strukturen durch spezifische Bewegungsreize ihre ursprüngliche Zusammensetzung und Ausrichtung der Gewebebestandteile (Zellen, Fasern und Matrix) erhalten.

Beispiel

Ein Ausdauertraining verbessert die Fähigkeit, eine vergleichbare Belastungsintensität länger durchzuhalten. Maximalkraft und Schnelligkeit werden sich durch ein Ausdauertraining kaum verbessern lassen. Andererseits führt ein methodisch richtig aufgebautes Krafttraining zu einer Verbesserung der Maximalkraft oder der Schnellkraft. Anpassungen im Bereich der Ausdauer werden durch diese Art des Trainings nicht erreicht. Soll Knorpel einer funktionellen Belastung ausgesetzt werden, wird kaum ein Erfolg über Traktion der Gelenkflächen entstehen. Vielmehr ist der Wechsel zwischen Kompression und Entlastung der adäquate Reiz. Anders Bänder und Sehnen. Sie werden kaum auf Kompression reagieren, sondern verlangen eine Dehnungs- oder Zugbelastung als spezifischen Reiz.

Optimaler Wechsel von Belastung und Erholung

Für Rehabilitation und Training sind in Bezug auf ein Training zur Steigerung der Leistungsfähigkeit oft 2 Kardinalfehler festzustellen. Diese Fehler stehen im Zusammenhang mit dem Prinzip vom optimalen Wechsel zwischen Belastung und Erholung. Fehler Nummer 1 besteht in einer zu geringen oder zu seltenen Belastung. Eine strukturelle Anpassung kann zwar ausgelöst worden sein, aber der nächste Belastungsreiz erfolgt zu spät, um eine stabile Hypertrophie der Strukturen zu gewährleisten. Fehler Nummer 2 besteht in einer zu dichten oder intensiven Folge von Belastungsreizen. Der Organismus kann entleerte Energiespeicher (z. B. die Glykogenspeicher) nicht oder nur unvollständig bis zur nächsten intensiven Trainingseinheit auffüllen. Oder die dichte Folge von Belastungen auf die gleichen Strukturen führt zwar zu einem schnellen Proteinverschleiß und -abbau, aber die Proteinneusynthese kann dem -abbau nicht folgen. Die Abbaurate (katabole Vorgänge) übersteigt die Neubaurate (anabole Vorgänge). In beiden Fällen wird sich die Leistungsfähigkeit nicht verbessern. Fehler Nummer 2 führt eher zum gegenteiligen Effekt: Belastbarkeit und Leistungsfähigkeit der überlasteten Strukturen sinken aufgrund einer verringerten Proteinmasse. Das negative Verhältnis von Neusynthese zum Proteinabbau kann zu einem Zustand führen, der im Sport als Übertraining bezeichnet wird. Das subjektive Gefühl der Überbelastung tritt bei Patienten in der Rehabilitation dann auf, wenn die Belastung durch Therapie und Training zu hoch wird.

Leitsatz

Grundsätzlich gilt: Richtig dosierte Belastungen lösen Adaptationsvorgänge in Zellen, Strukturen, Organen und letztlich des Gesamtorganismus aus. Die Anpassung der belasteten Strukturen und Organe findet in der Erholungsphase statt. Eine chronische Störung der anabolen Vorgänge durch erneute Belastungen (zu früh, zu hoch) stört die gewünschte Adaptation auf ein höheres strukturelles und damit funktionelles Niveau. Ist der Zeitraum zwischen den Belastungen zu lang, findet ebenfalls keine Adaptation auf ein höheres Niveau statt. Erreichte Adaptationen sind dann schon verloren gegangen.

4.2.2 Training der Kraft

Abgrenzung physikalischer von biomechanischer Betrachtungsweise

Die Begriff Kraft wird sowohl im allgemeinen als auch im wissenschaftlichen Sprachgebrauch mehrfach verwendet, allerdings mit jeweils unterschiedlicher Bedeutung.

Physikalisch gesehen ist Kraft definiert als Masse mal Beschleunigung. Kräfte können verformende Wirkung haben und/oder Bewegung erzeugen. Bei der Betrachtung biologischer Systeme und somit auch in der Sportwissenschaft wird die von der Muskulatur erzeugte Kraft als „motorische Kraft“ oder – in der Sportmedizin – als „motorische Beanspruchungsform Kraft“ bezeichnet.

Eine Unterscheidung ist deshalb notwendig, weil sich biologische Systeme geringfügig anders verhalten als „tote Systeme“. Dies soll weiter unten am Beispiel des Kraft-Geschwindigkeits-Zusammenhangs dargestellt werden (s. **S. 193 f, Abb. 4.19**).

Struktur der motorischen Eigenschaft Kraft

Die Definition der motorischen Eigenschaft Kraft lässt viele Interpretationen zu. Um Missverständnisse zu vermeiden, muss der Begriff strukturiert und gegliedert werden.

Traditionell unterscheidet man 3 Erscheinungsformen der motorischen Eigenschaft Kraft: Maximalkraft, Schnellkraft und Kraftausdauer. Diese Unterteilung basiert auf den Erfahrungen erfolgreicher Trainer und wird in der Trainingslehre seit Ende der 60er-Jahre des letzten Jahrhunderts als allgemeingültig anerkannt.

Konzentrische, isometrische und exzentrische Muskelaktionen

Die Struktur der motorischen Kraft wird zunächst bei konzentrischen, isometrischen und exzentrischen Muskelaktionen analysiert.

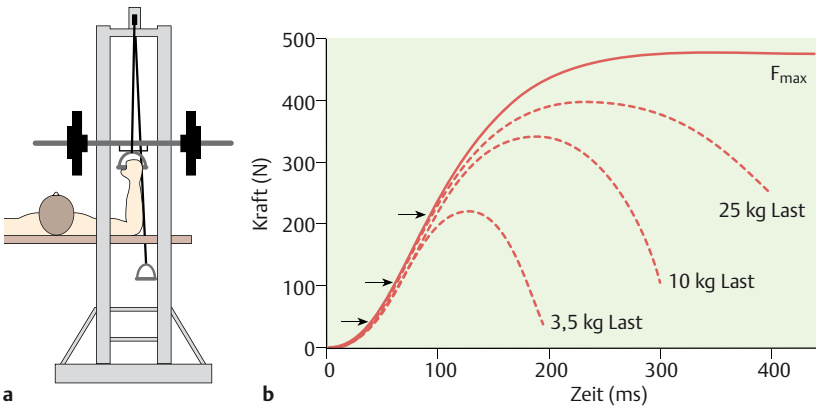


Abb. 4.14 Messverfahren für Bewegung bei unterschiedlich großen Widerständen.
a Apparatur für die Messung der Stoßkraft des rechten Armes.
b Zugehörige Kraft-Zeit-Kurven bei unterschiedlichen äußeren Widerständen.

Messverfahren. Zur möglichst exakten, praxisnahen Erfassung werden an die Testbewegung folgende Anforderungen gestellt: Die Bewegung soll mit wenigen synergistisch arbeitenden Muskeln erfolgen. Der Bewegungsablauf muss leicht kontrollier- und erfassbar sein und eine Übereinstimmung mit sportspezifischen Wettkampf- und Trainingsbewegungen aufweisen.

Um die Kraft bei einer menschlichen Bewegung messen zu können, muss ein Bewegungsablauf gewählt werden. Je einfacher dieser Bewegungsablauf ist, desto leichter lässt sich diese Anforderung erfüllen. Ein Beispiel für eine sporttypische Testbewegung ist eine Ausstoßbewegung des Arms, ähnlich wie sie beim Kugelstoßen und im Training beim Bankdrücken realisiert wird: aus Rückenlage mit 90° Abduktion im Schultergelenk und 90° Ellenbogenflexion erfolgt eine vertikale Streckbewegung des Arms. Sie ist das Ergebnis der synergistisch wirkenden Mm. triceps brachii, pectoralis major und deltoideus pars clavicularis. Die übrigen Rumpfmuskeln wie auch die Muskulatur des anderen Arms wirken lediglich stabilisierend.

Um die oben beschriebene Bewegung auch bei unterschiedlich großen äußeren Widerständen unter immer gleichen Bedingungen erfassen zu können, wurde ein spezielles Messgerät konstruiert, das einer „gestauchten" Multipresse ähnelt (s. **Abb. 4.14** a). Bei maximal schnellen Streckbewegungen gegen unterschiedlich hohe Widerstände ergibt sich ein charakteristisches Erscheinungsbild von Kraft-Zeit-Kurven (s. **Abb. 4.14** b). Jede einzelne Kraft-Zeit-Kurve weist einen typischen Verlauf auf.

Konzentrische und isometrische Muskelaktionen. Der Beginn der Kraftproduktion verläuft langsam (Startkraft), um dann in einer immer schneller werdenden Kraftentwicklung bis zum Wendepunkt der Kurve anzusteigen. Hier wird der größte Kraftzuwachs pro Zeiteinheit erreicht (Explosivkraft bzw. im internationalen Sprachgebrauch: Rate of Force Development – RFD, s. u.). Der weitere Kurvenverlauf nähert sich approximativ einem Maximum, das bei isometrischen Muskelaktionen als Maximalkraft und im konzentrischen Bewegungsverhalten als dynamisches Kraftmaximum bezeichnet wird. Durch die Beschleunigung der Last – bei konzentrischen Muskelaktionen – wird der Widerstand zunehmend geringer und damit auch die Möglichkeit, weiter beschleunigende Kräfte zu produzieren. Infolgedessen zeigt die Kraft-Zeit-Kurve einen abnehmenden Kraftverlauf. Unter isometrischen Bedingungen verringert sich die erzeugte Kraft erst mit einsetzender Ermüdung.

Die jeweils realisierte Start-, Explosiv- und Maximalkraft sind für die getestete Versuchsperson objektiv erfassbar und reliabel. Die individuellen Kraft-Zeit-Kurven repräsentieren den momentanen Leistungszustand in der getesteten Bewegung. Fasst man die Ergebnisse solcher Messungen zusammen, lassen sich folgende Resultate konstatieren:

- Unabhängig vom äußeren Widerstand bildet sich die Startkraft und bei höheren Widerständen auch die Explosivkraft, respektive RFD, immer gleich aus, wenn mit der Anweisung gearbeitet wird, gegen die jeweilige Last so schnell wie möglich zu kontrahieren.
- Die Größe der Kraftmaxima bzw. der Maximalkraft ist ausschließlich von der Größe des äußeren Widerstandes oder anders ausgedrückt von der externen Last abhängig. Mit anderen Worten: Große Kräfte können nur gegen hohe externe Widerstände entwickelt werden. Die häufig geäußerte Meinung, dass schnellere Kontraktionen mehr Kraftproduktion benötigen und deshalb als Alternative zur Arbeit gegen höhere Widerstände benutzt werden könnten, erweist sich in der empirischen Überprüfung als nicht stichhaltig. Maximal schnelle Bewegungsausführungen fordern gegenüber langsameren Bewegungen gegen die gleiche Last nur unwesentlich höhere dynamische Kraftmaxima. Höhere Lasten hingegen sorgen für die Aktivierung des nahezu gesamten Muskelfaserspektrums.
- Die für sportliche Bewegungsabläufe bedeutsamste Beobachtung dürfte allerdings die sein, dass für die Entwicklung der größten Kraftwerte – also der dynamischen Kraftmaxima oder im Extremfall der iso-

metrischen Maximalkraft – ein erheblicher „Zeitaufwand“ notwendig ist. Bis zum Erreichen der isometrischen Maximalkraft braucht die getestete Muskulatur fast 500 msec. Dieser Zeitraum ist so lang, dass er für die Kraftentwicklung bei extrem schnell ablaufenden sportspezifischen Bewegungen einen limitierenden Faktor darstellt.

- Entscheidend für die Bewegungsschnelligkeit werden damit die Bedingungen, unter denen ein möglichst großer Impuls [Nm × s], oder anders dargestellt eine möglichst große Fläche unter der Kraft-Zeit-Kurve erzeugt wird. Die Größe des generierten Impulses wird von drei Faktoren beeinflusst: der Schnelligkeit, mit der die Kraft produziert werden kann (Start- bzw. Explosivkraft – RFD); vom erreichten dynamischen Kraftmaximum (dieser Wert ist mit einer Korrelation von $\geq r_{tt} = 0{,}90$ von der individuellen Maximalkraft abhängig) und von der Reizeinwirkungsdauer. Bei sportlichen Bewegungsabläufen entfällt diese Komponente aus zwei Gründen:
  1. Je schneller eine Bewegungsausführung erfolgt, umso größer fällt die initiale Impulsproduktion aus. Eine „spätere, längere“ Reizeinwirkung existiert nicht.
  2. Beschleunigende Impulsgenerierung kann nur so lange geleistet werden, wie der Bewegungsweg der Extremitäten es zulässt (s. **Abb. 4.15**).
- Entscheidend für die Größe des erzeugten Impulses – beim aktuellen Trainingszustand – sind demnach die Start- und Explosivkraft und die Fähigkeit, ein möglichst großes dynamisches Kraftmaximum zu generieren. Für Bewegungsabläufe, die in ≤ 200 msec ablaufen, sind Start- und Explosivkraft entscheidend. Länger dauernde Bewegungen werden mehr vom Niveau der Maximalkraft dominiert.

Exzentrische Muskelaktionen. Werden exzentrische Bewegungsausführungen getestet, muss man unterscheiden, ob es sich um submaximale oder um supramaximale Widerstände handelt, gegen die gearbeitet wird. Submaximale Widerstände benötigen eine geringere Kraft, eine geringere Innervation und erzeugen infolgedessen auch geringere Laktatkonzentrationen in der betroffenen Muskulatur. Verantwortlich sind dafür die elastischen bindegewebigen Anteile des Muskels, die bei Dehnung verlängert werden und dadurch Kraft erzeugen.

Etwas anders sieht die Situation aus, wenn der maximal kontrahierte Muskel entgegen seiner Arbeitsrichtung durch das Einwirken supramaximaler Widerstände zu exzentrischem Verhalten gezwungen wird. Hierbei erfolgt die Dehnung des neuromuskulären Systems nicht „freiwillig“. Die willkürliche maximale Aktivierung bewirkt nicht nur eine große Kraftentwicklung, sondern sorgt auch über die α-γ-Koaktivierung der motorischen Nervenzellen im Rückenmark für eine hohe Sensibilität

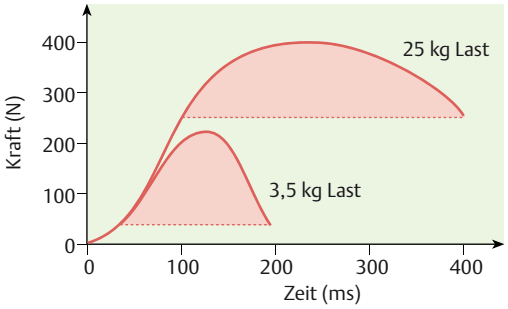


Abb. 4.15 Kraft-Zeit-Kurven konzentrischer Muskelaktionen gegen unterschiedliche Lasten. Die schraffierten Bereiche kennzeichnen den Beschleunigungsimpuls, der bei geringeren Lasten und damit schnellen Bewegungen hauptsächlich durch die Explosivkraft bestimmt wird. Bei höheren Lasten ist der Impuls in erster Linie durch die maximale Kraft determiniert, die gegen die Last entfaltet werden kann.

der Muskelspindeln. Zusätzlich zu den Elastizitätskräften kann jetzt der Muskel durch die reflektorischen Beiträge der Muskelspindeln noch stärker aktiviert werden als bei maximaler willkürlicher Kontraktion. In Abhängigkeit von der Wirkungsrichtung des supramaximalen Widerstandes – gegen, mit oder in neutraler Richtung zur Schwerkraft – addieren sich zusätzlich Trägheitskräfte zur muskulär produzierten Kraft hinzu.

Die unter supramaximalen Bedingungen erzeugten exzentrischen Maximalkraftwerte liegen in Abhängigkeit vom Trainingszustand 5–30 % über der isometrischen Maximalkraft. Dies gilt für die oberen Extremitäten, die höhere Anteile an schnellen Muskelfasern haben als die unteren Extremitäten.

Wurden Versuchsanordnungen gewählt, die vergleichbare Messungen – konzentrisch, isometrisch und exzentrisch – an den unteren Extremitäten zulassen, erhält man übereinstimmende Resultate. In diesem Fall wird üblicherweise die Beinextensorenmuskulatur, bestehend aus den Mm. triceps, quadriceps femoris und M. glutaeus maximus herangezogen. Unabhängig davon, ob Flexoren- oder Extensorenmuskeln oder eingelenkige oder mehrgelenkige Bewegungen getestet werden, ergeben sich stets die oben beschriebenen charakteristischen Ergebnisse.

Erscheinungsformen der motorischen Eigenschaft Kraft

Start- und Explosivkraft

Die Start- und die Explosivkraft determinieren den Anstieg der Kraft-Zeit-Kurve.

Definition

Die Startkraft beschreibt die Fähigkeit, von Beginn der Kontraktion an möglichst große Kräfte in möglichst kurzer Zeit zu produzieren. Die Explosivkraft beschreibt die Fähigkeit, die begonnene Kraftentwicklung optimal fortzusetzen.

Die Startkraft ist trainierbar, die Explosivkraft sogar sehr gut. Bei Letzterer werden die größten Kräfte pro Zeiteinheit entwickelt. Dies kann sowohl durch Ansteuerung des Nervensystems als auch durch muskuläre Einflussgrößen erfolgen.

Maximalkraft

Definition

Die Maximalkraft stellt die größtmögliche Kraft dar, die das neuromuskuläre System bei maximaler willkürlicher Anstrengung gegen einen unüberwindbaren Widerstand – also unter isometrischen Bedingungen – produzieren kann.

Die exzentrische und die isometrische Maximalkraft sowie das (konzentrische) Einwiederholungsmaximum (EWM) korrelieren so hoch miteinander ($r \leq 0{,}95$), dass einheitlich von einer Maximalkraftfähigkeit gesprochen werden sollte. Die Maximalkraft ist ebenfalls sehr gut trainierbar. Sowohl durch verbesserte intramuskuläre Koordination, also Rekrutierung, Frequenzierung und Synchronisation der motorischen Einheiten, als auch durch Anpassung der muskulären Einflussgröße kann die Maximalkraft erheblich gesteigert werden.

Schnellkraft

Definition

Die Schnellkraft beschreibt die Fähigkeit des neuromuskulären Systems, einen möglichst großen Impuls in der zur Verfügung stehenden Zeit zu produzieren.

Die Größe des Impulses richtet sich nach den Anteilen der Start-, Explosiv- und Maximalkraft. Demnach sind Start-, Explosiv- und Maximalkraft Komponenten der Schnellkraft. Die Verbesserung einer und/oder mehrerer dieser Komponenten bewirkt auch eine Verbesserung der Schnellkraft. Entgegen einer in der trainingswissenschaftlichen Literatur häufig anzutreffenden Aufteilung der motorischen Kraft in Maximalkraft, Schnellkraft und Kraftausdauer darf die Maximalkraft nicht auf der gleichen hierarchischen Ebene eingeordnet werden, da sie eine Basiskomponente der Schnellkraft darstellt.

Kraftausdauer

Die Kraftausdauer besteht aus mehreren sich zyklisch oder azyklisch aneinanderreihenden Bewegungsabläufen. Jede einzelne Bewegung wird durch die Start-, Explosiv- und Maximalkraftanteile determiniert. Je mehr Bewegungsabläufe absolviert werden, umso stärker wird die Impulsgenerierung durch Ermüdungseinflüsse behindert.

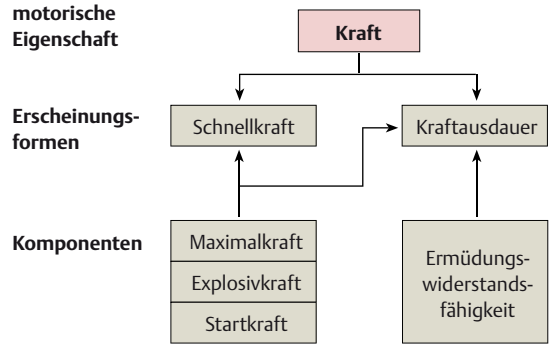


Abb. 4.16 Struktur der motorischen Eigenschaft Kraft für isometrische, konzentrische und exzentrische Muskelaktionen.

Definition

Die Kraftausdauer beschreibt die Fähigkeit des neuromuskulären Systems, eine möglichst große Impulssumme in der zur Verfügung stehenden Zeit zu produzieren.

Da bei der Kraftausdauer die Einflussgrößen der Kraft und weniger die Ausdauer im Vordergrund stehen, müssen bestimmte Randbedingungen vorliegen: Die Stoffwechsellage muss mehr anaerob als aerob sein. Bei konstanter Tätigkeit ist dies bis zu einer Arbeitsdauer von 2 Minn der Fall, wenn zusätzlich die Widerstände, gegen die gearbeitet werden muss, eine Intensität von nicht weniger als 60 % bezogen auf das EWM betragen.

Eine so definierte Kraftausdauer ist hochtrainierbar. Einerseits durch Verbesserungen der Start-, Explosiv- und Maximalkraft, andererseits durch Erhöhung der Ermüdungswiderstandsfähigkeit. Die bei Kraftausdauerleistungen auftretende Ermüdung kann durch verschiedene Auslöser hervorgerufen werden. Entweder sind die verfügbaren Energiereserven in der Speichergröße limitiert (Kapazität) oder die Energieflussrate – also die pro Zeiteinheit resynthetisierten Energiemengen (Leistungsfähgkeit). Als weitere Ermüdungsfaktoren sind Einflüsse des zentralen und peripheren Nervensystems zu nennen, die – so sie wirksam werden – sich in Form von koordinativen Beeinträchtigungen intra- und intermuskulär zeigen.

Abb. 4.16 zeigt die Struktur der motorischen Kraft für konzentrische, isometrische und exzentrische Muskelaktion.

Kraftentwicklung unter dem Einfluss von Last, Weg und Geschwindigkeit

Kraft-Last-Relation

Definition

Die Kraft-Last-Relation beschreibt die gegen eine konstante Last erreichten Kraftmaximawerte. Mit zunehmender Last, also mit größer werdendem Widerstand, wird der für die Beschleunigung eingesetzte Impuls immer kleiner, um schließlich bei isometrischen Bedingungen auf null abzusinken.

Eine Erhöhung der Maximalkraft bewirkt auch eine Verbesserung des gegen eine spezifische Last erzielbaren dynamischen Kraftmaximumwertes. Werden zusätzlich die Start- und Explosivkraft gesteigert, fällt die Leistungssteigerung noch deutlicher aus. Die Maximalkraft korreliert mit der Explosivkraft mit r = 0,75, was sich physiologisch mit dem Einfluss der Kontraktilität der schnellen Muskelfasern auf den Kraftanstieg und die Maximalkraftausprägung erklären lässt.

Die Kraft-Last-Relation wird in der Diagnostik nur selten verwendet, verdeutlicht aber recht anschaulich den Zusammenhang zwischen physikalischer und biomechanischer Betrachtungsweise.

Für die oben genannte Versuchsanordnung der Armstreckbewegung sind die Kraft-Last-Relationen vor und nach einem Training mit maximalen Kontraktionen dargestellt (**Abb. 4.17**).

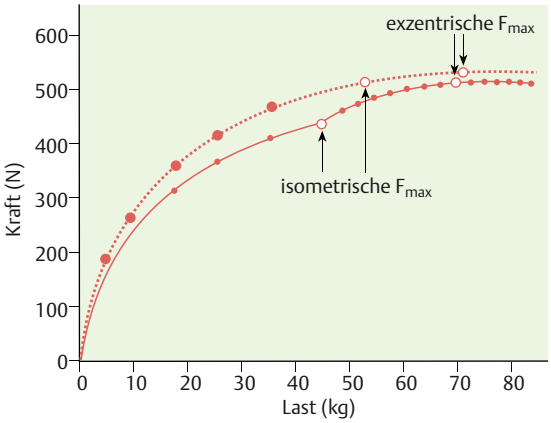


Abb. 4.17 Kraft-Last-Relation einer Armstreckbewegung, wie in beschrieben, vor und nach einem 6-wöchigen Training mit maximalen Lasten (Schmidtbleicher 1996).

Kraft-Weg-Relation

Definition

Betrachtet man die Größe der produzierten Kraft in Abhängigkeit vom Weg, also in Abhängigkeit vom „Range of Motion“ (ROM) oder vom überstrichenen Gelenkwinkel, erhält man Kraft-Weg-Relationen bei mehrgelenkigen Bewegungen oder Kraft-Winkel-Relationen bei eingelenkigen Bewegungen.

Bei biomechanisch gesehen ungünstigen Hebelverhältnissen fällt die Kraftproduktion gering aus. Diese Hebelverhältnisse sind deshalb „ungünstig“, weil der Überlappungsgrad der Sarkomere gegenüber der „optimalen Länge“ geringer ist. Die Anzahl der potenziellen Querbrückenbindungen zwischen Myosin und Aktin ist aufgrund der Längenkonstellation des Muskels begrenzt. Dies ist sowohl bei extremer Verkürzung (aktive Insuffizienz) als auch bei extremer Muskellänge (passive Insuffizienz) der Fall.

Beispiel

Ein für diese Problematik typisches Beispiel stellt die „tiefe Kniebeuge“ (Squat) dar. Die Ausgangsposition bedingt, dass aus der tiefen Hocke nur rund 20–25 % der maximal möglichen Kraft der Beinextensoren mobilisiert werden können. Das bedeutet, dass bis zum Erreichen der günstigsten Gelenkstellung nur gegen einen Widerstand gearbeitet werden kann, der weit unterhalb der günstigsten Reizschwelle bleibt (s. **Abb. 4.18**).

Isokinetische Test- und Trainingsgeräte

Um diesen Umstand zu korrigieren, wurden isokinetische Krafttrainingsgeräte entwickelt, deren Grundprinzip darin besteht, die Last der Kraft-Weg-Relation anzupassen. Wird also bei günstigerer Gelenkstellung eine größere Kraft produziert, erhöht sich auch die Last bzw. der Widerstand. Das äußerlich sichtbare Resultat ist eine nahezu gleichmäßige Bewegungsgeschwindigkeit über den gesamten ROM bei maximalem Krafteinsatz.

Im Gegensatz zu einer Kraftentfaltung gegen eine konstante Last ist die Einwirkungsdauer des Trainingsreizes auf die Muskulatur unter isokinetischen Bedingungen wesentlich länger. Angestrebte Hypertrophieeffekte insbesondere bei selektiven Muskeln und Muskelgruppen lassen sich daher sehr effektiv entwickeln. Die Isokinetik wird bevorzugt zur Diagnostik in der Rehabilitation eingesetzt.

Kraft-Geschwindigkeits-Relation

Die Erfassung von Kraft-Geschwindigkeits-Relationen kann für jeden festgelegten Bewegungsablauf respektive für jede Bewegungsfertigkeit vorgenommen werden, sofern ein messtechnischer Zugang besteht.

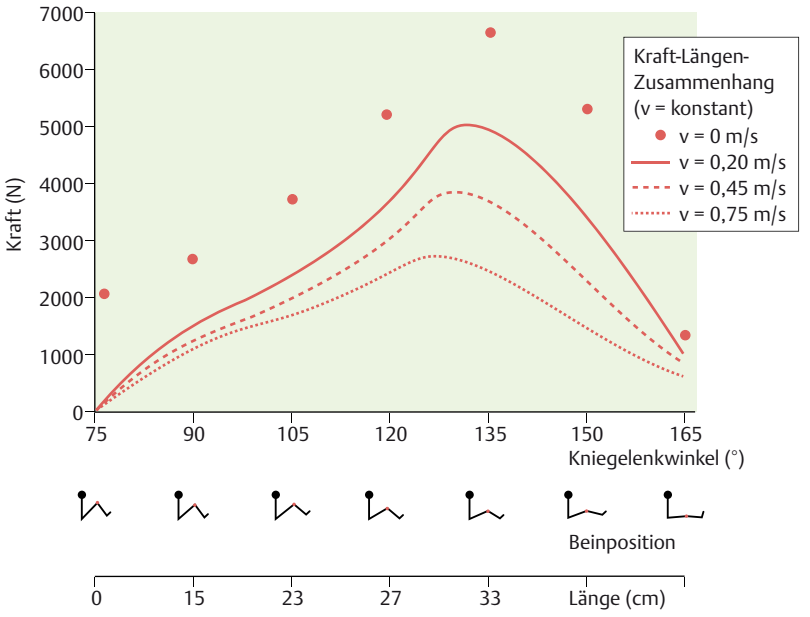


Abb. 4.18 Kraft-Weg-Relation einer Beinextension in der Beinpresse (modifiziert nach Hemmling 1994).

Die ersten systematischen Untersuchungen zu dieser Fragestellung wurden von Hill 1938 auf der Basis thermodynamischer Versuchsanordnungen in den 30er-Jahren des letzten Jahrhunderts durchgeführt und 1938 publiziert. Hill registrierte die Wärmeproduktion des Muskels bei Kontraktion gegen zunehmende Widerstände und setzte sie zur mechanisch geleisteten Arbeit in Relation.

Die produzierte Energie wird in Bewegungsenergie und in Wärme – zur Erhaltung der Körpertemperatur – umgewandelt. Entgegen dem Verhalten von lebloser Materie ergibt sich nicht, wie in der klassischen Mechanik, ein linearer Zusammenhang zwischen der produzierten Kraft und der daraus resultierenden Geschwindigkeit, sondern eine hyperbolische Funktion. Nähere Details sind bei Hill (1938) und bei Schmidtbleicher (1980) nachzulesen.

Für sportspezifische Bewegungsabläufe können die Bedingungen nicht ganz so artifiziell gehalten werden. Hier gilt, dass in einer spezifischen Bewegungsfertigkeit gegen unterschiedlich schwere Lasten jeweils mit maximaler Anstrengung und damit größtmöglichem individuellem Innervationsvermögen kontrahiert wird. In diesem Falle erhält man ebenfalls eine hyperbolische Kraft-Geschwindigkeits-Relation, die zu diagnostischen Zwecken Verwendung finden kann. Dieses Verfahren ist allerdings ziemlich aufwendig und in der Breite des Ansatzes meistens für leistungssportliche Fragestellung ohne Belang, da für die einzelnen Disziplinen und Sportarten die zu überwindenden Widerstände vorgegeben sind (z. B. Kugelstoßen). Gleichwohl stellt die Ermittlung der Kraft-Geschwindigkeit-Relation eine Weiterführung der Erfassung der einzelnen Kraft-Zeit-Kurven gegen unterschiedlich hohe Widerstände dar und ist somit für die Grundlagenforschung von Interesse.

Wie aus **Abb. 4.19** zu ersehen ist, ändert sich der Krümmungsverlauf der Hyperbel in Abhängigkeit von der absolvierten Trainingsmethode: Die neuronalen, koordinativen Anpassungen nach einem Koordinationstraining beeinflussen positiv die Geschwindikeit der Kraftentwicklung, während nach einem Hypertrophietraining (s. u.) die Maximalkraft steigt und schnellere Bewegungen gegen hohe und höchste Lasten möglich sind.

Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus

Synonym zur Bezeichnung des Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (DVZ) finden sich in der Literatur auch die Bezeichnungen: Reaktivität, reaktives Bewegungsverhalten bzw. Plyometrie.

Im DVZ können größere konzentrische Bewegungsimpulse erzielt werden als bei rein konzentrischem Bewegungsverhalten. Dieser leistungssteigernde Effekt stellt das wesentliche Charakteristikum des DVZ dar. Als Ursache für dieses Phänomen kann folgender physiologische Mechanismus angenommen werden: Vor Beginn der Dehnung ist der Muskel bereits aktiviert (Vorinnervation), was zur „Short Range Elastic Stiffness“ (SRES) führt.

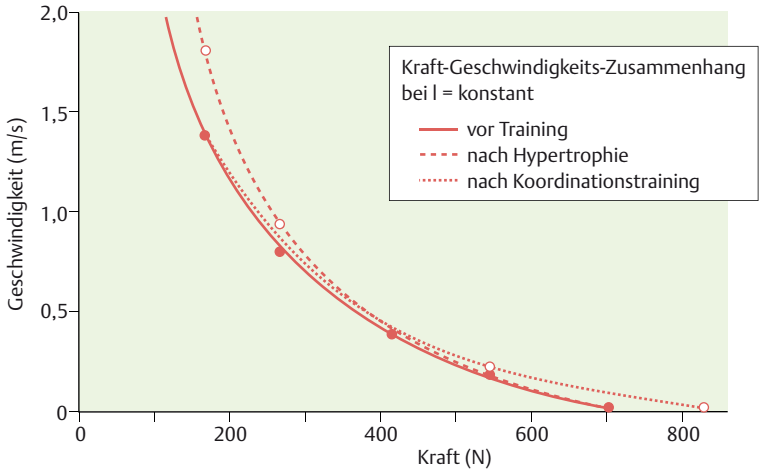


Abb. 4.19 Kraft-Geschwindigkeits-Relation einer Armstreckbewegung vor und nach verschiedenen Treatments bei einem Spitzenathleten.

Short Range Elastic Stiffness

Die SRES befähigt den Muskel, kurzzeitig der Dehnung zu widerstehen, sofern die Dehnungsamplitute nicht zu groß wird. Dehnungsreflexe sorgen für eine zusätzliche Aktivierung der Muskulatur und damit für die Erhöhung der Kontraktionskraft durch zusätzliche Querbrückenbildung. Durch diese Erhöhung der Steifigkeit kontraktiler Anteile wird ein Teil der dehnungsbedingten Längenveränderung von den elastischen Anteilen im Muskel (Perymysium) und von den Sehnen aufgenommen. Die in diesen Strukturen gespeicherte Energie wird in der konzentrischen Phase der Bewegung wieder freigesetzt.

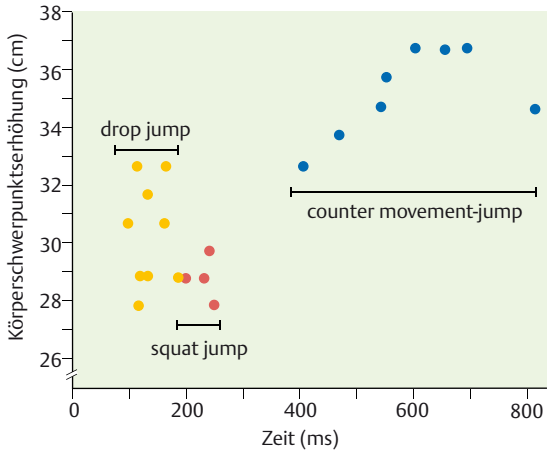


Abb. 4.20 Körperschwerpunkterhöhung bei unterschiedlichen Sprungformen.

Intramuskuläre Aktivitätsreduktionen der neuronalen Versorgung können zu einer Unterbrechung des DVZ führen. Solche Störungen werden durch Überbelastung, Ermüdung, traumatische Einflüsse sowie durch eine nicht ausreichende sensorische Information hervorgerufen (Schmidtbleicher u. Gollhofer 1997).

Langsamer und schneller DVZ. Für die Beinstreckmuskulatur kann man grundsätzlich zwischen einem langsamen und einem schnellen DVZ unterscheiden. Der langsame DVZ wird durch große Amplituden im Hüft-, Knie und Sprunggelenk sowie durch eine Aktivierungsphase (exzentrischer plus konzentrischer Anteil) von 400–600 msec bestimmt. Der kurze DVZ lässt sich durch kleine Winkelamplituden in den oben genannten Gelenken und eine Bodenkontaktphase von 100–200 msec charakterisieren. Beide DVZ-Typen folgen jeweils einer Optimumsrelation, bei zu schneller oder zu langsamer Bewegungsführung wird nicht der maximal mögliche Impuls erzeugt (s. **Abb. 4.20**).

Langsame DVZ (engl. Counter Movement Jump) finden sich bei einer Vielzahl sportmotorischer Testformen (Sprunggürtel-Test; Jump-and-Reach Test, s. **Kap. 2.3, S. 90 ff**) wie auch bei sportlichen Bewegungsfertigkeiten (Sprungwurf im Basketball, Angriffsschlag mit Beistelltechnik im Volleyball). Schnelle DVZ (engl. Drop Jump) treten in den Stützphasen des Laufens sowie bei sämtlichen Absprüngen aus dem Anlauf (Hoch-, Weit-, Dreisprung, Absprünge in den Spielsportarten) auf. Langsame und schnelle DVZ müssen wegen ihrer unterschiedlichen biomechanischen Mechanismen in ihrer jeweiligen Spezifik trainiert werden. Mit andern Worten: Eine Leistungsverbesserung im langsamen DVZ wirkt sich nicht auf den schnellen DVZ aus und vice versa.

Erfasst werden kann die Qualität der Arbeit im DVZ durch Standardsprungkrafttests, die in Kapitel 2 beschrieben sind. Beim Standardsprungkrafttest werden die erzielten besten Sprunghöhen im langsamen bzw. schnellen DVZ der Sprunghöhe beim rein konzentrischen Squat Jump gegenübergestellt. Die durch den DVZ hervorgerufene Leistungssteigerung kann so abgeschätzt werden.

Für die die Strukturierung der motorischen Eigenschaft Kraft bedeutet dies eine erhebliche Erweiterung

der klassischen Betrachtungsweise: Die oben dargestellte Strukturanalyse für konzentrische, isometrische und exzentrische Muskelaktionen muss um eine weitere Ebene erweitert werden, die der Spezifität des DVZ Rechnung trägt. Demnach ist zu unterscheiden, ob eine Schnellkraft- bzw. eine Kraftausdauerleistung im konzentrischen, exzentrischen oder isometrischen bzw. im DVZ-Verhalten gefordert wird. Sollte Letzteres der Fall sein, muss zwischen schnellem und langsamem DVZ unterschieden werden. Insgesamt gesehen muss die motorische Eigenschaft Kraft, wie in **Abb. 4.16** dargestellt, strukturiert werden.

Die Definitionen für die Schnellkraft und die Kraftausdauer entsprechen den weiter oben dargestellten mit der Spezifikation, dass die entsprechenden Leistungen im DVZ erbracht werden müssen.

Die vorgestellte biomechanisch-physiologische Darstellung des Kraftverhaltens eröffnet neue Betrachtungs- und Bewertungsmöglichkeiten in der Analyse, Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung der kraftspezifischen Elemente in den Sportarten und -disziplinen.

Trainingsmethoden zur Entwicklung der Kraftfähigkeiten und ihrer Komponenten

Allgemeine Prinzipien des Krafttrainings

Weit verbreitet ist die Annahme, dass Krafttraining stets mit Muskelwachstum und entsprechender Massenzunahme verbunden sei. Dass diese Annahme falsch ist, belegen Trainingsmethoden, die die Steigerung von Kraftfähigkeiten auch nahezu *ohne Veränderungen der Muskelmasse* ermöglichen.

Des Weiteren trifft man in der Praxis wie auch in der Sportwissenschaft gelegentlich auf Unterteilungen von Krafttrainingsmethoden, die auf der *Zuordnung* zu Sportarten (z. B. Gewichtheber-, Bodybuildertraining) oder auf der Bewegungsgeschwindigkeit beim Heben unterschiedlicher Gewichte basieren: z. B. wird langsames Heben mit hoher Last den „Maximalkraft-Methoden", schnelles Heben mit geringer Last den „Schnellkraft-Methoden" zugeordnet. Diese Unterteilungen sind methodisch falsch. Werden die Trainingsmethoden aufgrund ihrer *Trainingswirkungen* unterteilt, gestattet dies letztlich die Zuordnung zwischen Methoden und Zielen.

Die *Reizkonfigurationen* von Trainingsmethoden werden traditionell anhand der Reizintensität, des Reizumfanges, der Reizhäufigkeit, der Reizdauer und der Reizdichte beschrieben. Für das Krafttraining ist darüber hinaus die Bestimmung der muskulären Aktionsform (konzentrisch, isometrisch, exzentrisch, exzentrisch-konzentrisch) und der Kontraktionsgeschwindigkeit (nicht zu verwechseln mit der *Bewegungs*geschwindigkeit!) erforderlich. Für die Kennzeichnung der Reizintensität wird gewöhnlich das EWM als Maßstab herangezogen, also die höchste Last, die in der betreffenden Trainingsübung 1-mal gehoben werden kann.

Die Trainingsmethoden haben sich überwiegend aus der Praxis besonders erfolgreicher Trainingsgruppen herauskristallisiert und ihre Wirkungsweisen können jeweils anhand der Grundlagentheorie des Krafttrainings erklärt werden. Die Reizkonfigurationen sind aus Erfahrungswerten und gezielten Trainingsexperimenten zum Großteil für die untere Extremität hervorgegangen. Für die obere Extremität ist davon auszugehen, dass aufgrund des höheren FT-Anteils bei gleicher Reizintensität eine etwas geringere Reizdauer und/oder Reizhäufigkeit erforderlich ist.

Damit eine hinlängliche Alltagstüchtigkeit in dem Sinne erhalten oder aufgebaut werden kann, dass der Organismus alltägliche mechanische Belastungen verkraftet, sind neben der Kraftausdauer insbesondere die Maximal- und Schnellkraft zu betonen. In Situationen wie beispielsweise dem Treppabsteigen oder dem Aussteigen aus Bus oder Bahn treten Belastungen auf, die einem Mehrfachen des Körpergewichts entsprechen. Die dabei auftretenden Kraftspitzen wirken innerhalb der ersten 200–300 msec nach dem Aufsetzen. Durch Kräftigung der entsprechenden Muskulatur werden Betroffene in die Lage versetzt, solche Belastungsspitzen wieder zu tolerieren. Dabei reduziert sich die Belastung um rund 50 %.

Trainingsmethodisch gänzlich ungeeignet ist dabei allerdings das Kriterium der Kräftigung „nur mit dem eigenen Körpergewicht". Beispielsweise haben wir bei Drop Jumps aus 40 cm Fallhöhe ohne jede Zusatzlast mitunter Bodenreaktionskräfte gemessen, die dem 14-Fachen des Körpergewichts entsprachen, was weit über den Werten beim Gewichtheben selbst mit maximalen Lasten liegt. Den Ausschluss medizinischer Kontraindikation vorausgesetzt sollte im Bereich des fitness- und gesundheitsorientierten Trainings wie auch im wettkampforientierten Nachwuchstraining eine vielseitige Kräftigung aller Muskeln „von Kopf bis Fuß" angeboten werden.

Klinischer Bezug

Ein spezifisches Krafttraining der Arme und Beine sollte durch die umfangreiche Kräftigung der Rumpfmuskulatur nicht nur ständig begleitet, sondern zunächst über mindestens 3 Monate vorbereitet werden (z. B. 2-mal je 4½ Be- und 1½ Entlastungswochen). Es gibt Hinweise darauf, dass die Bauch- und Rücken-, die hintere Schultergürtel- und die Gesäßmuskulatur eine deutlich geringere Trainierbarkeit haben als die Muskeln der Extremitäten.

Trainingsmethoden zur Steigerung der Muskelmasse (Muskelaufbautraining)

Zur Auslösung von Hypertrophieanpassungen sind die „Methoden der submaximalen Kontraktionen bis zur Erschöpfung" besonders effektiv. Eine Übersicht über die

Tab. 4.6 Reizkonfiguration der Trainingsmethoden zur Erhöhung der Muskelmasse (Hyperthropietraining) – Methoden der submaximalen Kontraktion bis zur Erschöpfung

Parameter	Ausprägung
Reizintensität (Last in % des EWM)	70–75 %
Wiederholung pro Serie	8–12
Serien pro Trainingseinheit (pro Muskelgruppe)	5
Serienpause	2–3 min
Kontraktionsgeschwindigkeit	langsam bis zügig

Tab. 4.7 Reizkonfiguration der Trainingsmethoden zur Steigerung der willkürlichen neuromuskulären Aktivierungsfähigkeit – Methoden der maximalen, explosiven Kontraktion

Parameter	Ausprägung
Reizintensität (Last in % des EWM)	90–100 %
Wiederholung pro Serie	1–3
Serien pro Trainingseinheit (pro Muskelgruppe)	3–6
Serienpause	≥ 5 min
Kontraktionsgeschwindigkeit	explosiv

Spannbreite der Belastungsnormativa dieser Methoden ist in **Abb. 4.29** dargestellt.

Man geht davon aus, dass das Muskelwachstum am wirksamsten stimuliert werden kann, wenn die Trainingsreize hohe muskuläre Spannungen, hohe intrazelluläre H+-Ionen-Konzentration („Übersäuerung") und eine möglichst weitgehende Ausschöpfung der energiereichen Phosphate in der Muskelzelle verbinden. Letzteres ist bei entsprechender Reizintensität nach rund 30–45 sec der Fall. In einer Studie (Frick et al. 2000) haben wir am Ende einer Trainingseinheit mit je 5 Serien à 12 × 70 % im Bankdrücken und in der Beinpresse mit 3 min Serienpause bei einzelnen Schnellkraftathleten arterielle Laktatkonzentrationen von über 20 mmol/l gemessen.

Der Anpassungsmechanismus der Hypertrophie ist noch unvollständig aufgeklärt. Folgender Vorgang wird angenommen: In strukturellen Eiweißen der Muskelzelle (α-Actinin, M-Protein, Myomesin, Desmin) kann die beschriebene Reizkonfiguration insbesondere in FT-Fasern Mikrotraumata auslösen. Dies steht vermutlich unter anderem mit einer zur Z-Scheibe schrägen Zugrichtung der Actomyosin-Filamente im Zusammenhang, die bei kontinuierlicher, intensiver Arbeit unter anderem aufgrund der Flüssigkeitsanreicherung des Sarkomers entstehen kann. Am Rande der Muskelfaser – außerhalb des Sarkoplasmas, aber innerhalb der Basalmembran – befinden sich Satellitenzellen, die ursprünglich Myoblasten entstammen und die bei Anzeichen für die Gefährdung einer Zelle dorthin proliferieren und die geschädigte „Mutterzelle" ersetzen oder aber mit ihr verschmelzen können. Der Protein-Turnover dauert gewöhnlich etwa 8–15 Tage.

Die Anpassungen an die „Methoden der submaximalen Kontraktion bis zur Erschöpfung" liegen nach anfänglichen koordinativen Adaptationen fast ausschließlich im Muskelwachstum. Die anderen Einflussgrößen des Kraftverhaltens bleiben quasi unbeeinflusst. Die Wirkungen betreffen entsprechend vorrangig die Maximalkraft. Für den spezifischen, maximalkraftunabhängigen Anteil der Explosivkraft können negative Anpassungen eintreten.

Trainingsmethoden zur Entwicklung der willkürlichen Aktivierungsfähigkeit

Wenn vorrangig neuronale Anpassungen angestrebt werden, sind Trainingsreize erforderlich, die eine möglichst vollständige und eine möglichst schnelle Aktivierung des α-Motoneuronen-Pools hervorrufen. Solche Reizkonfigurationen gewährleisten die „Methoden der maximalen, explosiven Kontraktionen". Die höchste willkürlich realisierbare Rekrutierung wird nur bei Lasten erreicht, die ≥ 90 % der Maximalkraft entsprechen. Die möglichst schnelle Aktivierung wird erreicht, indem gegen diese Lasten möglichst steile initiale Kraftanstiege produziert werden, indem also möglichst explosiv gearbeitet wird. Diese Methode kann folglich nur im ermüdungsfreien Zustand effektiv zum Einsatz kommen. Bei Anzeichen ermüdungsbedingter Leistungsreduktion sollte das Training mit Maximalkontraktionen beendet werden.

Die willkürlich realisierbare neuromuskuläre Aktivierung ist bei unilateralen Maximalkontraktionen (einarmig, einbeinig) höher als bei bilateraler Arbeit. Es empfiehlt sich also, bei den Methoden der maximalen Kontraktionen – wo immer technisch möglich – die unilaterale Ausführung der Trainingsübungen zu bevorzugen.

Merke Häufig wird in der Trainingspraxis eine hohe Kontraktionsgeschwindigkeit mit hoher Bewegungsgeschwindigkeit assoziiert. Da Letztere nur bei geringen Lasten erzeugt werden kann, wählt man zur Entwicklung der schnellen Kontraktionsfähigkeit geringe bis mittlere Trainingsgewichte. Für die Wirksamkeit der Trainingsreize ist allerdings nicht so sehr die äußerlich sichtbare Auswirkung der Kontraktionen – die Bewegung der Last –, sondern die Anforderung an das Nerven-Muskel-System entscheidend.

Die in **Tab. 4.7** angegebene Pausendauer von ≥ 5 min zwischen den Serien bzw. einzelnen Maximalkontraktionen wäre zur Erholung der Muskulatur sicherlich nicht erforderlich. Dieser Zeitraum ist vielmehr zur Wiederherstellung des neuronalen Reizübertragungs- und -fortleitungsvermögens insbesondere auf spinal-segmentaler Ebene erforderlich. Die Belastung anderer Muskelgruppen, die über andere spinale Segmente versorgt werden,

ist in den Pausen aber unproblematisch. Die optimale Pausendauer zwischen den Maximalkontraktionen kann von Person zu Person erheblich variieren, ist aber individuell sehr stabil.

Die „Methoden der maximalen, explosiven Kontraktionen" lösen vorrangig Anpassungen in der willkürlichen neuromuskulären Aktivierungsfähigkeit aus, die wiederum mit Steigerungen insbesondere der Explosivkraft einhergehen.

Trainingsmethoden zur Entwicklung der Dehnungs-Verkürzungs-Zyklen

Die Reaktivkraft (DVZ) ist zweifellos diejenige Kraftfähigkeit, die für den größten Anteil aller sportlichen Bewegungen von Bedeutung ist. In **Tab. 4.8** sind Reizkonfigurationen zur wirkungsvollen Entwicklung der Reaktivkraft für Schnellkraftleistungen im kurzen bzw. langen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus dargestellt.

Typische Trainingsübungen der Reaktivkraft sind beispielsweise Countermovement Jumps für den langen DVZ und Drop Jumps für den kurzen DVZ. Jeder einzelne Versuch sollte mit höchstmöglicher Intensität ausgeführt werden, um die höchstmögliche neuromuskuläre Aktivierung als Trainingsreiz zu gewährleisten. Jeder Countermovement Jump sollte möglichst hoch sein, bei jedem Drop Jump sollte ein möglichst hoher „Reaktivitätsindex" angestrebt werden, der als Flughöhe/Kontaktzeit ermittelt wird. Bei Anzeichen ermüdungsbedingter Leistungsreduktion bricht man die Trainingseinheiten für die Reaktivkraft ab.

Reaktivitätsindex und Fallhöhe. Wenn bei Drop Jumps die Fallhöhe variiert wird, ändert sich die Dehngeschwindigkeit der Beinstreckmuskulatur – insbesondere der Wadenmuskeln – im exzentrischen Teil der Stützphase. Die Ausprägung der dehnungsreflexbedingten, zusätzlichen neuronalen Aktivität (Reflex Induced Activity, RIA) erhöht sich bis zu einem Optimum an Dehngeschwindigkeit. Wird die Dehnungsbelastung weiter gesteigert, ist die Reflexaktivität aufgrund zunehmender inhibitorischer Einflüsse beeinträchtigt. Darüber hinaus kann bei zu großen Fallhöhen auch die Vorinnervation (Preactivity, PRE) verändert sein. Dies drückt sich in Veränderungen der Kontaktzeiten und der Sprunghöhen im Drop Jump aus. Die optimale Fallhöhe für das Training ist diejenige, bei der der höchste „Reaktivitätsindex" (Sprunghöhe/Stützzeit) erreicht wird.

Um im Verlauf der Sprungserien die höchstmögliche neuromuskuläre Leistung in jedem einzelnen Sprung zu gewährleisten, hat es sich bewährt, den Athleten unmittelbar nach jedem Versuch Rückmeldung über Sprunghöhe und Stützzeit zu geben. Beide Parameter sind relativ einfach mit Kontaktmatten zu erfassen (Ermittlung von Sprunghöhe und Bodenkontaktzeit/Stützzeit durch das Flugzeitverfahren).

Tab. 4.8 Reizkonfiguration der Trainingsmethoden zur Steigerung der Reaktivkraft

Reaktive Methoden	kurzer DVZ (DJ)	langer DVZ (CMJ)
Reizintensität (%) der maximalen Sprungleistung: DJ – h/tk, CMJ – h	100 %	100 %
Wiederholung pro Serie	10–12	10–12
Pause zwischen den Wiederholungen	≥ 6 sec	≥ 8 sec
Serien pro Trainingseinheit (pro Muskelgruppe)	3–5	3–5
Serienpause	≥ 10 min	≥ 10 min
Kontraktionsgeschwindigkeit	explosiv	explosiv
Kontraktionsdauer	≤ 170 msec	≤ 400 msec

Legende: DJ = Drop Jump, CMJ = Countermovement Jump, h = Höhe, tk = Kontaktzeit

Ausreichende Pausen innerhalb und zwischen den Serien sind insbesondere zur neuronalen Wiederherstellung erforderlich. Bei höherer Reizdichte (intraserielle Pause nur 3–4 sec) war die Leistungsreduktion auch mit einem Anstieg der Laktatkonzentration verbunden.

Die Anpassungen im Training des kurzen DVZ betreffen vorrangig die neuronale Voraktivierung, die Reflexaktivierung sowie die Festigkeit der Sehnen und des muskulären Bindegewebes. Die Reaktivkraftverbesserungen gehen auch einher mit einer Steigerung der Explosivkraft bei konzentrischen Schnellkraftleistungen.

Trainingsmethoden zur Entwicklung der Kraftausdauer

Die Kraftausdauer setzt sich aus der Maximal- bzw. Schnellkraftkomponente und der energetischen Ermüdungsresistenzkomponente zusammen. Da für die energetische Komponente die anaerobe Kapazität ausschlaggebend ist, wird im Kraftausdauertraining eine möglichst weitgehende Beanspruchung der sauerstoffunabhängigen Energiebereitstellungsprozesse angestrebt. Zwischen der Ausschöpfung der anaeroben Energiebereitstellung im Training und der Verbesserung der Ermüdungsresistenzkomponente besteht ein enger Zusammenhang (r = 0,85). In **Tab. 4.9** sind typische Reizkonfigurationen zur Entwicklung der Kraftausdauer dargestellt.

Beim Training mit Zusatzlasten können vergleichbare Anpassungen der absoluten Kraftausdauerleistung durch

- kurze, ballistische Kontraktionen mit steilerem Kraftanstieg oder durch
- längere, zügig ausgeführte Hebungen mit flacherem Kraftanstieg (bei jeweiliger Übereinstimmung von Last, Reizumfang und Reizdichte)

erzielt werden. Im ersten Fall beruht die Leistungssteigerung stärker auf der Kraftkomponente, im zweiten Fall – vermutlich aufgrund der längeren Kontraktions- und

Tab. 4.9 Reizkonfiguration der Trainingsmethoden zur Steigerung der Kraftausdauer (Kraftausdauermethode)

Parameter	Ausprägung
Intensität (Last in % des EWM)	60 %
Wiederholungen pro Serie	20
Serien pro Trainingseinheit (pro Muskelgruppe)	3–4
Serienpause	0,5–1 min
Kontraktionsgeschwindigkeit	langsam bis zügig

der kürzeren intraseriellen Restitutionszeiten – auf der Komponente der Ermüdungsresistenz. Die höchste Ausschöpfung anaerob-laktazider Energiebereitstellung wird bei 50–60 submaximalen Drop Jumps mit rund 85 % der individuell maximalen Sprunghöhe bei geringer Fallhöhe (20–30 cm) und 3 sec Pause zwischen den Sprüngen erreicht. Zur Schulung der anaerob-alaktaziden Sprungkraftausdauer empfehlen sich Serien von 30 maximalen Drop Jumps aus der individuell optimalen Fallhöhe und mit 4 sec Pause zwischen den Sprüngen.

Mischmethoden

Aus den bisherigen Darstellungen wurde deutlich, dass die einzelnen Trainingsmethoden jeweils spezifische Einflüsse auf bestimmte Komponenten des Kraftverhaltens haben. Im Training zahlreicher Sportarten, aber auch im fitness- und gesundheitsorientierten Training, wird häufig die Verbesserung verschiedener Kraftfähigkeiten angestrebt. In der Praxis und teilweise auch in der Lehre sind hin und wieder Ansätze anzutreffen, die mit gemischten Methoden „mehrere Fliegen mit einer Klappe schlagen“ wollen. Dazu zählen beispielsweise die „Pyramidenmethode“ mit ihren verschiedenen Varianten (z. B. 12 × 70 %, 10 × 80 %, 5 × 85 %, 3 × 90 %, 2 × 95 %, 1 × 100 %), die so bezeichnete „Schnellkraftmethode“ (z. B. 4–6 Serien à 6–20 Wiederholungen in schneller Ausführung mit 30–70 %) oder auch Serien von Hock-Streck-Sprüngen, Liegestützen, Klimmzügen etc., die auch bei schneller Ausführung durch relativ lange Kontraktionszeiten (über 300 msec) charakterisiert sind, umso mehr, wenn sie mit Zusatzlasten wie beispielsweise einer Gewichtsweste durchgeführt werden (z. B. 15 oder mehr Countermovement Jumps in Folge).

Diesen Strategien ist gemein, dass sie Trainingsreize kombinieren, die vorrangig muskuläre Anpassungen auslösen, und solche, denen vorrangig neuronale Adaptationen zuzuschreiben wären. In verschiedenen Studien hat sich gezeigt, dass die Anpassungen sich weitestgehend auf die muskulären Komponenten beschränken, wenn das neuromuskuläre System gleichzeitig mit vorrangig neuronal und muskulär ausgerichteten Trainingsreizen konfrontiert wird. Insofern dürften von den oben genannten Mischmethoden ebenfalls nur Effekte im muskulären Bereich – Hypertrophie, gegebenenfalls Kraftausdauer – zu erwarten sein.

Die Anpassungen dürften geringer ausfallen, als wenn gezielt die für diese Dimension ausgewiesenen Methoden eingesetzt würden. Neuronale Adaptationen erfordern wiederum eigene, spezifische, zeitlich getrennte Trainingsreize.

Übersicht der Methoden und Adaptationen

Im Folgenden haben wir in **Tab. 4.10** die vorgestellten Trainingsmethoden zusammengefasst und in **Tab. 4.11** eine Übersicht der Adaptationen zusammengestellt, die

Tab. 4.10 Reizkonfiguration verschiedener Methoden zur Entwicklung unterschiedlicher Kraftfähigkeiten

	Kraftausdauer (KA)	Methoden der submaximalen Kontraktionen bis zur Erschöpfung (HYP)	Methoden der maximalen Kontraktionen (IMK)	Mischmethoden (MISCH)	Reaktive Methoden k-DVZ/l-DVZ (REAKTIV)
Intensität in % des EWM	60 %	70–75 %	90–100 % (130 %)	80–100 %	
Intensität in % der maximalen Sprungleistung					>100 %/100 %
WDH/Serie	20	12–8	1–3	7–1	10–12
Pause zw. den Sprüngen					> 6 sec/> 8 sec
Serien/TE/MG	4	5	3	bis 7	3–5
Serienpause	0,5–1’	2–3’	≥ 5’	3–5’	≥ 10’
Tempo	langsam	langsam bis zügig	explosiv	zügig bis explosiv	explosiv
Sättigung	4 Wo.	10–12 Wo.	6–8 Wo.	10–12 Wo.	4 Wo.

TE = Trainingseinheit, EWM = Einwiederholungsmaximum, k-DVZ = kurzer DVZ, l-DVZ langer DVZ, WDH = Wiederholung, MG = Muskelgruppe

Tab. 4.11 Übersicht der mit den verschiedenen Trainingsmethoden zu erzielenden Anpassungen

Kraftfähigkeiten	KA	HYP	IMK	MISCH	REAKTIV
Maximalkraft	+	+++	++	+	
Schnellkraft					
▪ Dyn. Kraftmaximum		+	++	+	
▪ Explosivkraft			+++	+	+
▪ Reaktivkraft			+		+++
Kraftausdauer	+++	+	+	+	
Einflussgrößen der Kraftfähigkeiten					
Tendomuskulär					
Muskelmasse	++	+++	+	+	
FT-Massenanteil			+	+	
Elastizität Muskel, Sehne			+		+++
Enzymaktivität	++	++		+	
Kapillarisierung	+	+			
Neuronale Faktoren					
Willkürliche Aktivierung			+++	+	+
Voraktivierung, Reflexaktivierung, Inhibitionsabbau		+	++	+	++++

mit der jeweiligen Trainingsmethode ausgelöst werden können.

Krafttraining in der Rehabilitation

Nach Verletzungen und operativen Eingriffen ist das Kraftverhalten der Muskeln sowohl der betroffenen als auch auf der nicht betroffenen Extremität (Laube 2009) häufig verändert. Diese erste Phase ist gekennzeichnet durch eine Verringerung der Muskelaktivität infolge einer reflektorischen Hemmung, einer Schonhaltung oder einer erfolgten partiellen oder kompletten Ruhigstellung. Eine reflektorische Hemmung ist dabei nicht nur auf den Schmerz und die Entzündung zurückzuführen, sondern kann auch durch benachbarte Gelenkrezeptoren, angrenzende Strukturen und kleinste Gelenkergüsse ausgelöst werden (Grimby u. Thomeé 1989). Besteht die reduzierte Muskelaktivität fort, führt sie schließlich in einer zweiten Phase – trotz bereits einsetzender Proliferation – zu einer Atrophie des Muskels. Bereits nach 8 Tagen ist durch Immobilisation mit einer Reduktion der isometrischen Maximalkraft um 20 % zu rechnen. Nach 14 Tagen hat sich dieser Wert auf 24 % erhöht (Hettinger u. Müller 1953). In einer dritten Phase können – trotz bereits bestehender Umbauprozesse im Gewebe – selbst nach erfolgter Therapie und Rehabilitation funktionelle Defizite fortbestehen, die vom Patienten subjektiv nicht wahrgenommen werden. Nachweisbar sind Unterschiede in den Kraftqualitäten der verletzten zur unverletzten Extremität sowie zwischen Agonist und Antagonist.

Ursachen. Mehrere Ursachen können für die genannten Defizite in Betracht gezogen werden:

- reflektorische Hemmung, verursacht durch Gelenkergüsse und/oder Schmerz
- herabgesetzte propriozeptive Kontrolle durch eine durch die Verletzung oder einen operativen Eingriff hervorgerufene Schädigung von Rezeptoren und/oder afferenten Nervenbahnen (Grimby u. Thomeé 1989, Schmidtbleicher 1994)
- Schädigung efferenter und afferenter Nervenbahnen durch operationsbegleitende Ischämie; die Folge sind Störungen der kinästhetischen Wahrnehmung und der Motorik (Schmidtbleicher 1994)
- gestörter Kraftaufbau bei vorhandener Schädigung efferenter Bahnen
- unangepasstes Training (die gewählte Reizkonfiguration hinsichtlich Intensität, Dauer, Umfang und Trainingshäufigkeit kann keine ausreichende Stimuli für eine verstärkte Proteinsynthese zur Auslösung einer muskulären Hypertrophie setzen; hierbei können die einwirkenden Trainingsreize sowohl zu hoch als auch zu niedrig sein

Neben den Unterschieden in der Maximalkraft bestehen Defizite im Schnellkraft- und im Reaktivkraftverhalten (Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus) häufig auch nach der Therapie fort. Das Bewusstsein, dass es sich bei diesen beiden Erscheinungsformen des Kraftverhaltens um notwendige und wichtige Komponenten der Alltagsmotorik handelt, hat sich noch nicht durchgesetzt. Folglich wird der Patient aus dem Rehabilitationstraining entlassen, wenn die Maximalkraftwerte dem gewünschten Niveau

entsprechen. Eine Training der Schnellkraftfähigkeiten und der reaktiven Kraftfähigkeiten wird oft – nicht zuletzt aus Zeitgründen – vernachlässigt. Neben Zeitgründen spielt hier die Sorge vor einer erneuten Traumatisierung eine Rolle. Gelegentlich werden auch die Voraussetzungen für ein solches Training noch gar nicht erreicht. Neuronale und tendomuskuläre Einflussgrößen für das Kraftverhalten eines Muskels werden damit in der Rehabilitation oft nicht berücksichtigt.

Merke Bestehen die funktionellen Defizite weiter, ist das Risiko für neue Verletzungen, Schonhaltungen der verletzten Extremität sowie resultierende Überbeanspruchungen gesunder Körperabschnitte hoch.

Ziele eines Krafttrainings in der Rehabilitation

Zum einen sollen negative Veränderungen im Kraftverhalten möglichst vermieden oder zumindest so gering wie möglich gehalten werden. Zum anderen muss das ursprüngliche Niveau erreicht bzw. zur Vermeidung erneuter Verletzungen sogar überstiegen werden. Folgende Ziele stehen im Vordergrund:

- Vermeiden bzw. Minimieren muskulärer Atrophien
- Wiederaufbau der Muskelmasse (Hypertrophie)
- Wiederherstellen/Steigern der Fähigkeit zur schnellen Kraftentfaltung (Schnellkraft)
- Verbesserung der Arbeit im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (Reaktivkraft)
- Erreichen einer optimalen Belastbarkeit
- sportartspezifisch uneingeschränkte Belastbarkeit beim Sportler (erfordert ein sportartspezifisches Krafttraining)
- Belastbarkeit im Alltag beim Patienten (beinhaltet auch Kraftausdauer und Reaktivkraftausdauer)

Voraussetzungen für den Beginn des Krafttrainings

Bevor das Krafttraining in der Rehabilitation begonnen werden kann, müssen einige Voraussetzungen erfüllt sein, die insbesondere den verletzten Körperabschnitt betreffen:

- Eine reflektorische Hemmung, akute Entzündungszeichen und Schmerz müssen durch geeignete therapeutische Maßnahmen reduziert oder vollständig beseitigt sein.
- Die sensomototische Steuerung und die intermuskuläre Koordination müssen noch vorhanden oder durch vorbereitende Übungen wiederhergestellt sein.
- Die lokale Muskelausdauer muss so weit vorhanden sein oder durch ein vorbereitendes Training aufgebaut werden, dass die notwendigen Belastungsreize toleriert werden (damit ausreichende Wiederholungen der Trainingssätze möglich sind).
- Die psychophysische Belastungsverträglichkeit muss die erforderlichen Trainingsbelastungen zur Auslösung der gewünschten Anpassungen zulassen; hier sind vor allem die Motivation und die Fähigkeit, muskuläre Ermüdung und Erschöpfung (Muskelkater und -schmerzen) zu tolerieren, von Bedeutung.
- Der Gewebezustand sollte so sein, dass der erhöhte Bedarf an Sauerstoff, Baustoffen, Nährstoffen und Kofaktoren der Kollagensynthese nicht durch eine Mangeldurchblutung und anaerob-laktazide Stoffwechselvorgänge gestört wird.
- Eine ausreichende Festigkeit des heilenden Gewebes, insbesondere von kraftübertragenden Strukturen (Sehne, Insertion, tendomuskulärer Übergangsbereich) oder der einwirkenden Kraft ausgesetzten Strukturen (Knochen, Knorpel, gelenkstabilisierende Bänder, Meniskus, Diskus intervertebralis, Bursa und intramuskuläres Bindegewebe); die Festigkeit beträgt selbst 21 Tage nach einer schweren Verletzung oder einem operativen Eingriff nur einen Bruchteil der ursprünglichen (Daly 1995). Hier sollte zumindest bis zur Wiederherstellung einer ausreichenden Gewebefestigkeit die Belastung vorsichtig dosiert werden.

Unabhängig von der Belastbarkeit der verletzten Region können selbstverständlich alle nicht betroffenen Muskeln, Muskelgruppen und an der Bewegung beteiligten Strukturen schon früh (Proliferationsphase) mit den Methoden der differenzierten Kraftentwicklung zur Verbesserung der unterschiedlichen Kraftqualitäten belastet und trainiert werden. Kontraindikationen für das Krafttraining müssen vorher ausgeschlossen worden sein.

Phasenmodell für das Krafttraining in der Rehabilitation

Verschiedene Modelle für einen systematischen Aufbau eines Krafttrainings wurden in der Vergangenheit vorgestellt (u. a. Grimby u. Thomeé 1989, Froböse u. Lagerström 1991, Radlinger et al. 1998, Schmidtbleicher 1994). Das hier vorgestellte Phasenmodell orientiert die einzelnen Rehabilitationsphasen an wichtigen Voraussetzungen für ein differenziertes Krafttraining (Vorbereitungsphasen) und an einem systematischen Aufbau aller notwendigen Kraftqualitäten für die Alltags-, Berufs- und Sportmotorik (s. **Tab. 4.12**). Es legt die zeitliche Folge der einzelnen Inhalte fest und berücksichtigt den hierarchischen Aufbau der einzelnen Kraftqualitäten.

Umfassen die Defizite das gesamte Spektrum des Kraftverhaltens, also Koordination, Kraftausdauer, Maximalkraft, Schnellkraft und ihre Komponenten sowie die Reaktivkraft, müssen alle Stufen dieses Modells sukzessive durchlaufen werden. Die nächsthöhere Phase und das Training der damit verbundenen Kraftqualität finden dann Einzug in das Rehabilitationsprogramm, wenn die Trainingsziele der vorhergehenden Phase erreicht sind.

Tab. 4.12 Phasen der muskulären Rehabilitation – systematische Folge eines differenzierten Kraftaufbaus in der Rehabilitation (angelehnt an: Schmidtbleicher 1994)

Phase	Zielsetzung/Aktivität	Aktivität
Immobilisation/Ruhigstellung	▪ Förderung der Wundheilung ▪ Atrophievermeidung durch	▪ willkürliche isometrische Muskelaktionen ▪ Elektrostimulation
Vorbereitungsphase I	▪ Wiederaufbau des afferenten Sets/der sensomotorischen Integration	▪ Koordination ▪ Propriozeption
Vorbereitungsphase II	▪ Verbesserung der Muskelausdauer (Muskelausdauermethoden) ▪ Belastungsgewöhnung/Gewebeadaptation/mentale Verträglichkeit ▪ Förderung der Beweglichkeit	
Krafttraining I	▪ Aufbau von Muskelmasse/Hypertrophie*	▪ Methoden der submaximalen Kontraktionen bis zur Erschöpfung: – Bodybuildingmethoden – Hypertrophietraining – Maximalkrafttraining – Muskelmassentraining
Krafttraining II	▪ Verbesserung der intramuskulären Koordination – Rekrutierung – Frequenzierung – Synchronisation	▪ Methode der maximalen Kontraktionen: – IMK- oder IK-Training – Maximalkrafttraining – Neuronales Training – Schnellkraft- bzw. Explosivkrafttraining
Krafttraining III	▪ Verbesserung der reaktiven Fähigkeiten mit Reaktivkraftmethoden	▪ Arbeit im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (DVZ) ohne Ermüdung: – Stretch-Shortening-Cycle – Plyometrie – Sprungkraft – Wurf- oder Schlagkraft (Wurf ABC) – Tiefsprungtraining
Krafttraining IV	▪ Verbesserung der Kraftausdauer bei reaktiven Bewegungsabläufen	▪ Arbeit im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (DVZ) unter Ermüdung
Alltagsmotorik	▪ vollständige Wiederherstellung der Alltagsmotorik	▪ uneingeschränkte (freie) Bewegung auch in kritischen Situationen
Training und Wettkampf	▪ Erhöhung der Beanspruchungstoleranz und Leistungsfähigkeit	▪ systematisches Training

* *Cave! Vorsicht bei großen Wunden. Hohe Azidosen (Laktatkonzentrationen) sollen durch längere Pausen zwischen den Serien vermieden werden*

Ist die Muskelmasse (Krafttraining I) wieder ausreichend vorhanden, wird mit einem Wechsel zur nächsten Trainingsphase (Krafttraining II) reagiert. Diese dient der Verbesserung neuronaler Kraftkomponenten im Sinne einer Steigerung der intramuskulären Koordination.

Andererseits können natürlich Phasen übersprungen oder nur kurz in das Training aufgenommen werden, wenn Propriorezeption, intermuskuläre Koordination und die entsprechende Kraftqualität ausreichend vorhanden sind. Dies kann z. B. bei Sportlern der Fall sein, die nur einige Tage von einer leichten Verletzung oder einem Schmerzzustand betroffen waren.

Veränderungen der Kraft können, wie eingangs dargestellt, über Kraft-Zeit-Kurven erfasst werden. Das erwartete Kraft-Zeit-Verhalten nach den verschiedenen Rehabilitationsphasen ist schematisch in **Abb. 4.21** zu sehen. Die grüne Linie markiert das ursprüngliche Niveau, die rote Linie die Kraftabnahme durch Verletzung und gegebenenfalls Ruhigstellung. Blau zeigt das Verhalten der Kraft nach einem Hypertrophietraining. Die Maximalkraft ist angestiegen, das Kraftanstiegsverhalten ist unverändert geblieben. Erst ein Training nach den Methoden der maximalen, explosiven Kontraktionen führt als Ausdruck einer Verbesserung neuronaler Kraftqualitäten zu einer Linksverschiebung im Kraftanstieg (lila) und zu besseren Start- und Explosivkraftwerten.

Erholungszeiten, Trainingshäufigkeit und Sättigungstrend

Um optimale Anpassungen zu erreichen, müssen zwischen den Trainingseinheiten je nach verwendeter Trainingsmethode unterschiedliche Erholungszeiten für die beanspruchte Muskulatur eingehalten werden. Die

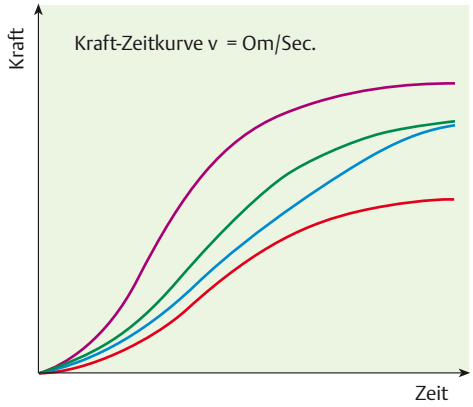


Abb. 4.21 Schematische Darstellung zum erwarteten Verhalten von Kraft-Zeit-Kurven nach unterschiedlichen Rehabilitationsphasen und den damit verbundenen Methoden des Krafttrainings (Haas 2007).

Tab. 4.13 Erholungsdauer, Trainingseinheiten/Woche und Sättigungstrend

	Erholungsdauer	Trainingseinheiten/Woche/Muskel	Sättigungstrend nach
Kraftausdauermethoden	24–48 h	3–4	6–8 Wo.
Methoden der submaximalen Kontraktion bis zur Erschöpfung	48 h	3	10–12 Wo.
Methoden der maximalen explosiven Kontraktionen	72 h	2–3	6–8 Wo.
Reaktivkraftmethoden	72 h	2–3	6 Wo.

angegebenen Erholungszeiten setzen eine muskuläre, energetische oder/und neuronale Erschöpfung durch das absolvierte Training voraus. War die Belastung geringer, reichen kürzere Erholungszeiträume aus. In **Tab. 4.13** sind die entsprechenden Werte zusammengefasst.

Merke In der Erholungszeit einer Muskelgruppe kann eine andere Muskelgruppe beansprucht werden. Wurden z. B. zuerst die unteren Extremitäten trainiert, können in deren Erholungszeit die oberen Extremitäten belastet werden.

Bei bisher untrainierten Patienten ist in der Rehabilitation unter Umständen mit längeren Erholungszeiten zu rechnen, was auch die Trainingshäufigkeit pro Woche um eine Trainingseinheit reduziert. Die höchsten Zuwachsraten bei bisher untrainierten Personen können mit 2–3 Trainingseinheiten pro Woche für die jeweilige Muskelgruppe erzielt werden. Weniger oder mehr Trainingseinheiten pro Woche reduzieren den Kraftgewinn. Hier können durch Training verursachte katabole Vorgänge, wie z. B. der Verschleiß von Muskelproteinen, nicht mehr vollständig durch entsprechend schnelle anabole Vorgänge, z. B. Neusynthese von Muskelproteinen, kompensiert werden.

Die Wirksamkeit der einzelnen Trainingsmethoden zur Verbesserung der angestrebten Kraftqualität wird mit zunehmender Trainingsdauer geringer und steht nach einigen Wochen nicht mehr im Verhältnis zum Trainingsaufwand. Die adaptiven Kapazitäten des Organismus sind vorübergehend erschöpft. Ein Methodenwechsel führt zur Regeneration der adaptiven Reserven, sodass nach einem Methodenwechsel und einer Wiederaufnahme des Trainings nach der vorherigen Methode mit weiteren Anpassungen gerechnet werden kann.

4.2.3 Training der Ausdauer

Definition

Unter Ausdauer wird die Fähigkeit verstanden, eine gegebene Leistung über einen möglichst langen Zeitraum durchhalten zu können. Ausdauer kann daher mit der Ermüdungswiderstandsfähigkeit gleichgesetzt werden (Hollmann u. Strüder 2009).

Typische Ausdauersportarten sind z. B. Langstreckenlauf, Triathlon, Radrennen, Sportgehen, Biathlon und Skilanglauf. Dort ist die Wettkampfleistung in entscheidendem Maße von einer optimal entwickelten Ausdauer abhängig. Spiel- und Kampfsportarten profitieren in dem Sinne von einer zweckmäßig entwickelten Ausdauer, als sich damit ihre Erholungsfähigkeit in Training und Wettkampf und zwischen einzelnen Trainingseinheiten verbessert. Eine gute Ausdauer verkürzt die Erholungszeiten, die Bewegungsqualität kann über längere Zeit hochgehalten werden, sie reduziert das Verletzungsrisiko, führt zu besserer Konzentration, richtigen Entscheidungen, schnellerer Antizipation und besserer Reaktion. In der Rehabilitation nach Sportverletzungen unterstützt eine gut entwickelte aerobe Ausdauer die Wundheilung. Außerdem wirkt sie präventiv in Bezug auf Zivilisationskrankheiten und Sterblichkeit.

Erscheinungsformen und Struktur der Ausdauer

Lokale und allgemeine Ausdauer. Man unterscheidet die allgemeine von der lokalen Ausdauer. Die lokale Ausdauer kommt bei Beanspruchungen von weniger als einem Sechstel bis ein Siebtel der gesamten Muskelmasse zum Tragen. Sie wird von lokalen Faktoren wie Kapillarisie-

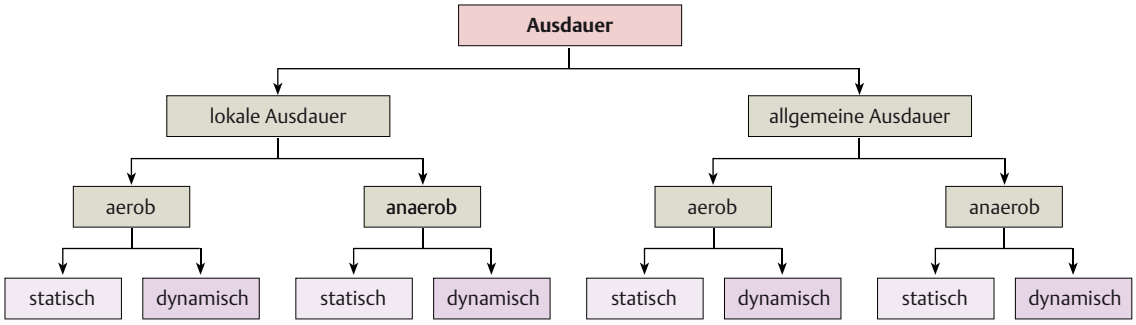


Abb. 4.22 Erscheinungsformen der Ausdauer (nach Hollmann u. Strüder 2009).

rung, Mitochondriendichte und -größe, enzymatischer Ausstattung und dem Myoglobingehalt beeinflusst. Belastungen auf allgemeine Ausdauer liegen dann vor, wenn mehr als ein Sechstel bis ein Siebtel der gesamten Muskelmasse beteiligt ist. Neben lokalen Faktoren sind es vor allem das Herz-Kreislauf- und Atmungssystem, die die allgemeine Ausdauer limitieren. Herz-Kreislauf- und Atmungssystem werden auch als Zubringer der lokalen Muskelausdauer betrachtet. Je nach Art der Muskeltätigkeit kann die Ausdauerleistung statisch oder dynamisch erbracht werden (Hollmann u. Strüder 2009). Eine Zusammenfassung der verschiedenen Erscheinungsformen der Ausdauer gibt **Abb. 4.22**.

Aerobe und anaerobe Ausdauer. In Abhängigkeit von der Art der Energiebereitstellung wird weiter unterschieden in eine aerobe und anaerobe Ausdauer. Von trainingsmethodischer Bedeutung ist bei der aeroben Energiebereitstellung, ob die Energie aus Kohlenhydraten oder Fetten bereitgestellt wird und welche Stoffwechselwege dann wie durch Training zu optimieren sind. In Bezug auf die anaerobe Ausdauer wird unterschieden, ob die Energie in Form von Adenosintriphosphat aus Kreatinphosphat oder aus den Kohlenhydraten gewonnen wird. Im ersten Fall handelt es sich um den anaeroben alaktaziden Stoffwechsel, der bei sehr kurzen und hochintensiven Belastungen in Anspruch genommen wird. Es entsteht keine Azidose und es fällt kein Laktat an. Wird die Energie anaerob aus den Kohlenhydraten gewonnen und fällt infolge der einsetzenden Azidose Laktat an, sprechen wir von der anaeroben laktaziden Energiebereitstellung. Sie dominiert immer dann, wenn die hochintensiven Belastungen länger als ein paar Sekunden aufrechterhalten werden müssen.

Energetische Prozesse bei sportlichen Belastungen bis etwa 6 sec Dauer bei höchster Intensität, z. B. maximale Sprints, werden vom anaeroben alaktaziden Stoffwechsel dominiert. Sportarten mit hohen isometrischen Anspannungen (z. B. Kampfsportarten wie Judo und Ringen) und zyklische Disziplinen von 40–120 sec Dauer erreichen als Ausdruck einer dominanten anaeroben laktaziden Energiebereitstellung mit etwa 25 mmol pro Liter Blut die höchsten Laktatkonzentrationen. Zyklische Disziplinen bis zu einer Dauer von 30–40 min stehen ebenfalls noch unter dem Einfluss einer anaeroben laktaziden Energiebereitstellung, wobei der Einfluss aerober Stoffwechselvorgänge stetig zunimmt. Alle Belastungen jenseits von 30–40 min unterliegen dann dominant der aeroben Energiebereitstellung. Immer dann, wenn die zeitliche Dauer der Ausdauerbeanspruchung die Kapazität der Kohlenhydrate übersteigt, gewinnt die ATP-Restitution aus Triglyzeriden an Bedeutung. Für ausdaueruntrainierte Personen reichen die Kohlenhydratspeicher für etwa 45 min, für ausdauertrainierte für etwa 90 min. In **Tab. 4.14** sind die verschiedenen energieliefernden Substrate, der zugehörige Stoffwechselweg, die gespeicherten Mengen und die ATP-Bildungsrate angegeben.

Die in **Tab. 4.14** angegebenen Mengen schwanken bei verschiedenen Autoren. Dies ist auf unterschiedliche Probandenkollektive und verschiedenen Untersuchungsmethoden zurückzuführen (s. Hollmann u. Strüder 2009, Weineck 2007, Neumann et al. 2001, Zintl 1994). Sowohl die gespeicherte Menge als auch die ATP-Bildungsrate können in bestimmten Grenzen durch ein entsprechendes Training (s. u.) positiv beeinflusst werden.

Grundlagenausdauer und spezifische Ausdauer. Weitere Unterscheidungen der Ausdauer betreffen die Grundlagenausdauer und die wettkampfspezifische oder spezielle Ausdauer. Ein adaptiertes Herz-Kreislauf- und Atmungssystem sowie eine gute Kapillarisierung sichern die Grundlagenausdauer. Sie kann relativ sportartunabhängig entwickelt und auf verschiedene Sportarten übertragen werden. Die wettkampfspezifische Ausdauer ist mehr von lokalen Einflussfaktoren (s. o.) limitiert und muss demnach auch spezifisch trainiert werden. Ein guter Läufer ist nicht zwangsläufig ein guter Radrennfahrer und umgekehrt.

Kapazität und Leistungsfähigkeit. Im Hinblick auf die spezielle Ausdauer werden 2 Trainingsschwerpunkte gesehen. Zum einen geht es um eine Verbesserung der anaeroben und aeroben Kapazität, zum anderen um eine

Tab. 4.14 Verschiedene Wege der Energiebereitstellung, der energieliefernden Substrate, die gespeicherten Mengen und die ATP-Bildungsrate

Stoffwechselweg	Substrat	Endprodukt	Verfügbare Menge in kcal (kJ)	Dauer	Maximale ATP-Bildungsrate (µmol/gxs)	Sportarten (exemplarisch)
anaerob alaktazid	ATP KP	ADP, AMP Kr	5,0 kcal (21 kJ)	sofortige Energielieferung bis 10 s	1,6–3,0	Sprints Sprünge Würfe Stöße
anaerob laktazid	KH	Laktat	70 kcal (300 kJ)	kurzzeitige Energielieferung (45–90 s)	1,0	400–800-m-Lauf Kampfsportarten 100–200-m-Schwimmstrecken
aerob	KH	CO_2, H_2O	1200 kcal (5000 kJ)	langzeitige Energielieferung (45–90 min)	0,5	Skilanglauf Biathlon Langstreckenlauf bis 25 km
	Fett	CO_2, H_2O	50000 kcal (210000 kJ)	langzeitige Energielieferung (mehrere Stunden)	0,25	Marathon Triathlon Straßenradrennen Skilanglauf

ATP = Adenosintriphosphat, ADP = Adenosindiphosphat, AMP = Adenosinmonophosphat, KP = Kreatinphosphat, KH = Kohlenhydrat, CO_2= Kohlendioxid, H_2O = Wasser, kcal = Kilokalorien, kJ = Kilojoule

Verbesserung der anaeroben und aeroben Leistungsfähigkeit. Die aerobe Kapazität ist durch die Menge der für die Energiebereitstellung verfügbaren Glykogen- und intramuskulären Triglyzeridspeicher limitiert. Die gespeicherten Mengen entscheiden mit darüber, wie lange eine bestimmte Intensität z. B. in Beziehung zur anaeroben Schwelle, zur maximalen Sauerstoffaufnahme oder zur angestrebten Wettkampfgeschwindigkeit durchgehalten werden kann.

Die anaerobe Kapazität wird auch mit Stehvermögen oder Laktattoleranz assoziiert. Sie beschreibt die Fähigkeit, eine sehr hohe Intensität lange aufrechterhalten zu können. Zumindest für die anaerobe alaktazide Kapazität sind die intramuskulär gespeicherten Mengen an Kreatinphosphat von entscheidender Bedeutung. Sie kommt bei Belastungen bis etwa 10 sec (z. B. Sprint) zum Tragen. Für die anaerobe laktazide Kapazität scheint neben der gespeicherten Glykogenmenge auch die Toleranz gegenüber hohen Azidosen und der eingegangenen Sauerstoffschuld eine wichtige Rolle zu spielen. Sie kommt z. B. zum Tragen bei Schwimmstrecken über 100 und 400 m, beim Bahnradsprint, bei Ruderwettbewerben und auch bei Laufstrecken über 200–1500 m.

Vereinfacht ausgedrückt ist die Kapazität ein Maß, *wie lange* eine bestimmte Belastung durchgehalten werden kann. Der physiologische Reiz zur Vergrößerung der Substratspeicher liegt in der vorangehenden gezielten Entleerung dieser Speicher durch entsprechende Trainingsmaßnahmen (Jakowlew 1976, Wilmore u. Costill 2004, Weineck 2007). Praktisch gelöst wird diese Aufgabe für die aerobe Energiebereitstellung mit einer Anreicherung der intramuskulären Triglyzeridspeicher durch eine stundenlange extensive Ausdauerbelastung und für die intramuskulären Glykogenspeicher durch intensive Dauerbelastungen im Bereich von etwa 45 (für Untrainierte) bis 90 min (für Trainierte). Für die anaerobe alaktazide (Kreatinphosphatspeicher) und für die anaerobe laktazide (Glykogenspeicher) Energiebereitstellung erfolgt dies in der Trainingspraxis durch die wiederholte Entleerung der Speicher nach der intensiven Intervallmethode und der Wiederholungsmethode (s. u.).

Im Unterschied zur aeroben und anaeroben Kapazität beantwortet die Frage nach der aeroben und anaeroben Leistungsfähigkeit, *wie schnell und mit welcher Leistung* (Arbeit pro Zeiteinheit) die Belastung absolviert werden kann. Verantwortlich ist dafür die Bildungsrate von Adenosintriphosphat (ATP). Können die stoffwechselrelevanten Enzyme für die Energiebereitstellung aus Kreatinphosphat, Kohlenhydraten oder freien Fettsäuren in Menge und Aktivität erhöht werden, verbessert sich auch die Rate der ATP-Bildung aus diesen Substraten und damit die Leistungsfähigkeit z. B. in Form einer höheren Geschwindigkeit. Als physiologischer Reiz für eine Zunahme von Menge und Aktivität der den jeweiligen Stoffwechselweg limitierenden Enzyme sind Belastungen im Grenzbereich deren aktueller ATP-Bildungsrate zu wählen. In der Trainingspraxis werden dazu sportart- und disziplinspezifische Distanzen im Bereich der maximal möglichen Geschwindigkeiten zurückgelegt (s. u. unter Wettkampfspezifische Ausdauer – WSA – und Wiederholungsmethode).

Tab. 4.15 Differenzierung der Ausdauer in Anhängigkeit von der Dauer

Art	Dauer	Energiebereitstellung	Beispiele
Schnelligkeitsausdauer (SA)	4–30 s	Kreatinphosphat und Glykolyse	Sprintstrecken im Laufen, Schwimmen, Bahnradsport
Kurzzeitausdauer (KZA)	30 s–2 min	Glykolyse und Oxidation	400-m-Lauf, 100 und 200 m Schwimmen
Mittelzeitausdauer (MZA)	2–10 min	Glykolyse und Oxidation	Mittelstreckenlauf 800–3000 m, 400 m Schwimmen, Rudern, Kanu, Rennkanadier
Langzeitausdauer 1 (LZA1)	10–30 min	Oxidation und Glykolyse	Langstreckenlauf, Skilanglauf, Biathlon, Langstreckenschwimmen
Langzeitausdauer 2–4 (LZA2–4)	länger als 30 min bis zu mehreren Stunden	Oxidation	Marathon, Triathlon, Straßenradrennen, Langstreckenschwimmen

Trainingsmethodische Differenzierung. Neben den bisher genannten Differenzierungen wird trainingsmethodisch noch in Bezug auf unterschiedlich lange Wettkampfstrecken in Schnelligkeitsausdauer, Kurzzeitausdauer, Mittelzeitausdauer und Langzeitausdauer 1–4 differenziert. **Tab. 4.15** gibt dazu den zeitlichen Rahmen und einige Beispiele wieder.

Leistungsbegrenzende Faktoren der Ausdauer

Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über wichtige und die Leistung bestimmende Faktoren der Ausdauer gegeben. Wir unterscheiden hierbei in Faktoren, die die lokale oder die allgemeine Ausdauer limitieren.

Leistungslimitierende Faktoren für die lokale Ausdauer

Lokale aerobe dynamische Ausdauer. Für die lokale aerobe dynamische Muskelausdauer sind die Faktoren leistungslimitierend, die in erster Linie in der Körperperipherie, sprich in der Muskulatur, anzutreffen sind:

- Quantität der ST-Fasern (genetisch vorgegeben und beschränkt trainierbar)
- Qualität der ST-Fasern in Bezug auf deren Mitochondriengehalt, Mitochondriengröße sowie die Menge und Aktivität der mitochondrialen Enzyme (trainierbar)
- das intrazelluläre Sauerstoffangebot pro Zeiteinheit (bedingt durch Myoglobingehalt, Kapillarisierung und Sauerstoffdiffusion in die Muskelzelle bzw. die Mitochondrien, trainierbar)
- die intrazellulären Glykogen- und Triglyzeridspeicher (trainierbar)
- die Bewegungsökonomie (intermuskuläre Koordination, trainierbar)

Nach Hollmann u. Strüder (2009) stellt die lokale aerobe dynamische Muskelausdauer die am stärksten trainierbare motorische Beanspruchungsform dar, die bei untrainierten und gesunden Personen um mehrere Hundert bis mehrere Tausend Prozent verbessert werden kann. Selbst bei einer unveränderten Kapazität des kardiopulmonalen Systems bewirken Anpassungen in diesem Bereich eine vergrößerte Leistungsfähigkeit.

Lokale anaerobe dynamische Muskelausdauer. Leistungslimitierend für die lokale anaerobe dynamische Muskelausdauer ist die anaerob zu entwickelnde Energiemenge in Abhängigkeit von

- der Menge energiereicher Substrate in Form von Kreatinphosphat (anaerob alaktazider Stoffwechsel) und Glykogen (anaerob laktazider Stoffwechsel) und
- dem Enzymbesatz für den jeweiligen Stoffwechselweg

Lokale anaerobe statische Muskelausdauer. Die lokale anaerobe statische Muskelausdauer kommt dann zum Tragen, wenn eine Gewichtslast ab 15 %, eher noch ab 50 % der maximalen statischen Kraft gehalten (z. B. Haltearbeit im Turnen) werden muss. Leistungslimitierend sind neben der anaerob zu entwickelnden Energiemenge (s. o.):

- zentrale und lokale Ermüdungsvorgänge
- eine Vergrößerung der maximalen statischen Kraft

Lokale aerobe statische Muskelausdauer. Eine Belastung auf lokale aerobe statische Muskelausdauer kommt in der Realität kaum vor. Die Belastungsintensität müsste unter 15 % der maximalen isometrischen Kraft liegen. Sollte dies für bestimmte Belastungen zutreffen, geben Hollmann u. Strüder (2009) die gleichen leistungslimitierenden Faktoren wie unter der lokalen aeroben dynamischen Ausdauer an.

Leistungslimitierende Faktoren für die allgemeine Ausdauer

Allgemeine aerobe Ausdauer. Für die allgemeine aerobe Ausdauer wirken leistungslimitierend:

- maximale O_2-Aufnahme bzw. relative maximale O_2-Aufnahme in Bezug zum Körpergewicht (ml O_2-Aufnahme pro kg Körpergewicht)
- Höhe der aerob-anaeroben Schwelle

- Kapazität und Leistungsfähigkeit der intramuskulären Glykogen- und Triglyzeridspeicher (Wilmore u. Costill 2004, Hollmann u. Strüder 2009)

Die maximale Sauerstoffaufnahme bzw. die relative maximale Sauerstoffaufnahme hängt wiederum ab von:

- Ventilation
- Lungendiffusion
- Herzzeitvolumen (Produkt aus Herzfrequenz und Herzschlagvolumen)
- arterio-venöser Sauerstoffdifferenz (Kapillarisierung, Myoglobingehalt der Zelle, Mitochondrienmenge, -größe und -enzymbesatz für aerobe Verstoffwechselung aus Kohlenhydraten und Fetten)
- Blutverteilung zwischen Peripherie, Eingeweide und Arbeitsmuskulatur
- Blutvolumen und Zusammensetzung (Verteilung Plasma zu festen Bestandteilen = Hämatokritwert)
- Total-Hämoglobingehalt
- Ernährungszustand
- Ausprägung der lokalen Merkmale

(s. unter leistungslimitierende Faktoren der lokalen Ausdauer weiter oben; Wilmore u. Costill 2004, Hollmann u. Strüder 2009).

Allgemeine anaerobe dynamische Ausdauer. Für die allgemeine anaerobe dynamischen Ausdauer (Schnelligkeitsausdauer, Stehvermögen) wirken leistungslimitierend:

- dynamische Kraft (Maximal- und Schnellkraft) der eingesetzten Muskulatur
- intermuskuläre und intramuskuläre Koordination (auch unter Ermüdung)
- Nervenleit- und Kontraktionsgeschwindigkeit
- Viskosität des Gewebes
- anthropometrische Merkmale
- Flexibilität
- Kapazität (z. B die Menge der gespeicherten Substrate)
- Leistungsfähigkeit (Enzymmenge und -aktivität, gegebenenfalls neuromuskuläre Signalübertragung) des anaeroben alaktaziden und laktaziden Stoffwechselgeschehens
- Azidose- und Laktattoleranz

(s. Hollmann u. Strüder 2009, Weineck 2007, Wilmore u. Costill 2004).

Methoden des Ausdauertrainings

In den Lehrbüchern der Sportmedizin (Hollmann u. Strüder 2009, Wilmore u. Costill 2004, McArdle et al. 1991) und der Trainingslehre (Schnabel et al. 2008, Weineck 2007, Martin et al. 1993, Harre et al. 1979) werden als Grundmethoden des Ausdauertrainings die Dauermethode, die Intervallmethode, die Wiederholungsmethode und die Wettkampf- und Kontrollmethode angeführt.

Dauermethode

Die Dauermethode ist durch eine kontinuierliche Belastung von 20–60 min (im Sport durchaus bis zu mehreren Stunden) gekennzeichnet. Eine Verbesserung der Durchblutung setzt in den belasteten Geweben nach wenigen Minuten ein. Zur Erzielung von Trainingseffekten sollte die Belastungszeit mindestens 20 min betragen. Bezüglich der empfohlenen Belastungsdauer von 20 min könnte dies für untrainierte Personen bereits eine Überforderung darstellen. Sie reagieren möglicherweise nach wenigen Minuten mit einem Abbruch der Belastung oder erreichen so hohe Herzfrequenzen, dass die Energiebereitstellung anaerob dominiert wird. Die Intensität muss dann reduziert werden. Dazu kann der Widerstand auf dem Ergometer durch Veränderung der Wattvorgabe oder die Geschwindigkeit auf dem Laufband reduziert oder die Art der Bewegung verändert werden, z. B. Gehen statt Laufen. Reichen diese Veränderungen nicht aus, muss die Belastungsgestaltung von einer kontinuierlichen Belastung ohne Pausen in eine intervallartige Belastung (s. Intervalltraining) so verändert werden, dass die angestrebte Dauer erreicht wird.

Fahrtspiele und Wechselmethode. Als Varianten der kontinuierlichen Dauermethode gibt es das Fahrtspiel und die Wechselmethode. Im klassischen Fahrtspiel wird die Geschwindigkeit dem Gelände angepasst. Also mal schneller und mal langsamer gelaufen, je nach Geländeprofil. Mit der Wechselmethode erfolgt ein systematischer Wechsel von schnellen und langsamen Abschnitten. Zum Beispiel kann nach dem Aufwärmen 10-mal 3 min schnell, unterbrochen von je 2 min langsam, gelaufen werden. Beendet wird das Training mit einem ruhigen Auslaufen.

Belastungsintensität. Die Belastungsintensität bei der Dauermethode kann unterschieden werden in gering (extensive Dauermethode), mittel und hoch (intensive Dauermethode). Diese Einteilung zu den Intensitäten kann durch verschiedene Belastungskriterien, z. B. in Prozent der maximalen O_2-Aufnahme, in Prozent von der Bestleistung, in Laktatwerten oder der Herzfrequenz objektiviert werden (s. **Tab. 4.16**).

Die Steuerung der Belastungsintensität in Prozentangaben einer Bestleistung oder der maximalen Sauerstoffaufnahme ist unter Umständen schwierig. Praktikabel ist die Einteilung der Intensität nach der angestrebten Herzfrequenz, weil diese relativ einfach zu kontrollieren ist. Die Festlegung einer trainingswirksamen Herzfrequenz beruht auf der linearen Beziehung von Herzfrequenz und Sauerstoffaufnahme bei zunehmender Belastungsintensität. Die trainingswirksame Herzfrequenz repräsentiert einen bestimmten Prozentsatz der maximalen Sauerstoffaufnahme (Wilmore u. Costill 2004).

Tab. 4.16 Ziele, Intensitäten, Umfang und zugehörige Methoden im Ausdauertraining mit Beispielen für die Dauer aus dem Laufsport (in Anlehnung an Neumann et al. 2001, Hegner 2007)

Bezeichnung	subjektives Empfinden	Ziel	Intensität	Dauer/Umfang	Methode(n)
Reg/Komp	sehr locker, Singen oder Sprechen ist leicht möglich	Regeneration, Erholung	HF 60–70 % von Hfmax, Laktat unter 2,0 mmol/l bis 50 % der VO_2max	20–60 min oder 4–12 km	Dauermethode
GA 1	locker, Sprechen in zusammenhängenden Sätzen ist leicht möglich	Grundlagenausdauer, aerobe Kapazität und Leistungsfähigkeit, Fettstoffwechsel	Hf 65–80 % von Hfmax Laktat 1,5–2,5 mmol/l 50–60 % VO_2max	20 min bis zu mehreren Stunden oder 4–45 km	Dauermethode Fahrtspiel
GA 2	mittel bis hart, Sprechen in kurzen Sätzen ist gerade noch möglich	Grundlagenausdauer, aerob/anaerobe Kapazität und Leistungsfähigkeit, Kohlenhydratstoffwechsel	Hf 80–90 % von Hfmax Laktat 2,5–3/6 mmol/l 70–80 % VO_2max	20–45/90 min oder 4–10/20 km	Dauermethode Wechselmethode Fahrtspiel extensive Intervallmethode
WSA	sehr hart, stark beschleunigte Atmung und Schweregefühl in der Antriebsmuskulatur	wettkampfspezifische Ausdauerleistungsfähigkeit	HF wettkampfspezifisch Laktat 1,5–25 mmol/l 90–100 % VO_2max	wettkampfspezifisch Unterdistanzen und Überdistanzen	Wettkampf- und Kontrollmethode extensive und intensive Intervallmethode Wiederholungsmethode Dauermethode

Reg = Regeneration, Komp = Kompensation, GA = Grundlagenausdauer, WSA = Wettkampfspezifische Ausdauer, Hf = Herzfrequenz

Trainingshäufigkeit. Im Ausdauertraining des Sportlers sollen Erholungszeiten zwischen den Trainingseinheiten nach aeroben Ausdauerbelastungen niedriger bis mittlerer Intensität zwischen 12 und 24 h eingehalten werden. Bei entsprechend langen Belastungszeiten zwischen 45 und 90 min können aber auch hierbei die Glykogenvorräte ausgeschöpft werden. In diesem Fall muss zur Wiederauffüllung der Glykogenspeicher selbst bei kohlenhydratreicher Ernährung mit Erholungszeiten zwischen 48 und 72 h gerechnet werden.

Niedrige bis mittlere Intensitäten von entsprechend kurzer Dauer zwischen 20 und 40 min werden die Glykogenspeicher kaum entleeren. Daher ist ein tägliches Training theoretisch möglich. Untrainierte Patienten, die erstmals mit einem Ausdauertraining beginnen, sollten zu Beginn längere Erholungszeiten von etwa 24–48 h einhalten. Damit sind 3 Ausdauereinheiten pro Woche möglich. Mit einer Verbesserung des Trainingszustandes und der Leistungsfähigkeit können die Erholungszeiten dann verkürzt und die Trainingshäufigkeit pro Woche erhöht werden.

Trainingswirkung. Ein Training im Bereich der Grundlagenausdauer 1 (GA 1) bzw. der extensiven Dauermethode ökonomisiert die Arbeit des Herz-Kreislauf-Systems, verbessert die Kapillarisierung und reduziert die Diffusionsstrecke für Sauerstoff- und Nährstoffe. Es verbessert damit die Versorgung und Regenerationsfähigkeit der Arbeitsmuskulatur, verbessert im besonderen Maße – bei entsprechender Belastungsdauer – die Energiebereitstellung aus Fetten und wirkt protektiv in Hinblick auf durch Bewegungsmangel ausgelöste Erkrankungen. In einem Laktatstufentest erhöht sich insbesondere die Leistungsfähigkeit im Bereich des Fettstoffwechsels (um 2 mmol/l Blut).

Ein Training im Bereich der Grundlagenausdauer 2 (GA 2) bzw. der intensiven Dauermethode verstärkt die mit GA 1 eingeleiteten Anpassungen teilweise (**Abb. 4.23**) und führt darüber hinaus speziell zu einer stärkeren Erhöhung der maximalen Sauerstoffaufnahme und Verbesserung der Energiegewinnung aus Kohlenhydraten (Hollmann u. Strüder 2009, Neumann et al. 2001). In einem Laktatstufentest wird sich die Leistungsfähigkeit im Bereich der anaeroben Schwelle (um 4 mmol/l) positiv entwickeln.

Verstärkt wird die Trainingswirkung von GA 1 und 2, wenn beide Intensitätsbereiche Berücksichtigung finden (s. **Abb. 4.23**). In den ersten 5 Wochen erfolgte ein Training im Bereich der GA 1, anschließend für weitere 5 Wochen im Bereich der GA 2. Der Wechsel von Trainingseinheiten mit geringer und hoher Intensität wird auch als *polarisiertes Training* bezeichnet.

Zusätzlich zum Grundlagenausdauertraining empfehlen Neumann et al. (2001) ein Kraftausdauertraining. Das hierbei empfohlene Kraftausdauertraining entspricht in der Reizkonfiguration nicht dem Kraftausdauertraining in Kapitel 3. Der von Neumann et al. (2001) verwendete Kraftausdauerbegriff wird in der aktuellen Literatur als Ausdauertraining mit Zusatzlast bezeichnet. Es erfolgt als Grundlagenausdauertraining gegen einen erhöhten

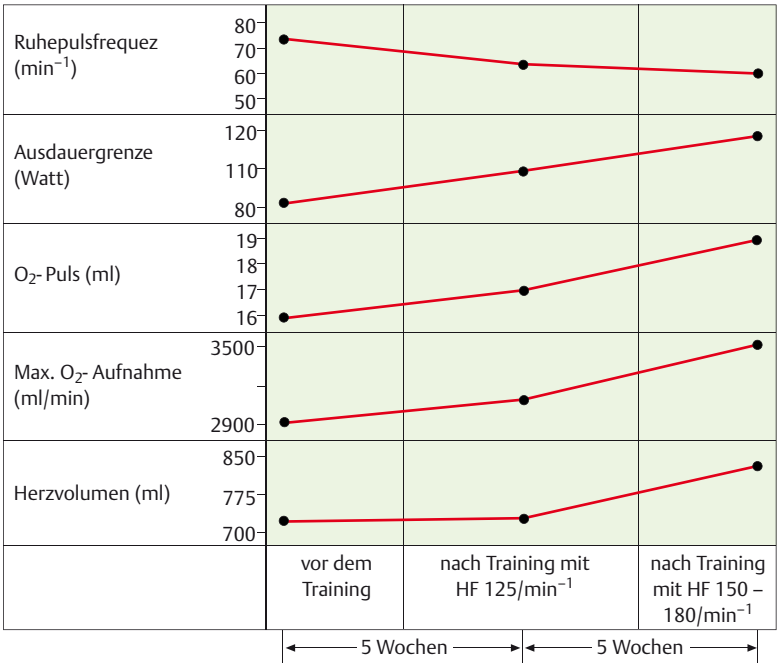


Abb. 4.23 Trainingswirkung von isoliertem GA-1-Training und einer Kombination aus GA-1- und GA-2-Training (Hollmann und Hettinger 2000).

Widerstand. Die Trainingswirkung beruht in einem stärkeren Hypertrophiereiz auf die Muskulatur und verstärkt somit das Kraftpotenzial der sportartspezifischen Muskulatur. Dies ist die Grundlage für eine Erhöhung des Vortriebs. Für den Läufer ergibt sich ein höherer Widerstand durch Laufen im hügeligen Gelände oder Zugwiderstandstraining, der Radrennfahrer wählt höhere Gänge. Je nach Sportart kann das widerstandsbetonte Ausdauertraining bis zu 50% des Grundlagenausdauertrainings ausmachen (Neumann et al. 2001).

Intervallmethode

Ein Ausdauertraining nach der Intervallmethode ist gekennzeichnet durch den systematischen Wechsel von Belastung und Erholung, wobei die Erholungsphase nicht zu einer vollständigen Regeneration ausreicht. Die nächste Belastungsphase trifft somit auf einen nicht vollständig erholten Organismus. Es wird eine extensive Intervallmethode von der intensiven Intervallmethode unterschieden.

Trainingswirkung. Im Sport wird das Intervalltraining eingesetzt, um mit relativ hohen Intensitäten den aeroben und anaeroben Stoffwechsel zu verbessern, einen Trainingsreiz vor allem für die FT-Fasern zu erzielen und die Erholungsfähigkeit zu beschleunigen. Extensives Intervalltraining im Bereich der anaeroben Schwelle führt zu deren Anhebung (Verschiebung nach rechts). Damit sind höhere Intensitäten im aerob-anaeroben Grenzbereich möglich. Speziell die intensive Intervallmethode optimiert im Kurz- und Mittelzeitintervall die anaerobalaktaziden und laktaziden Fähigkeiten, wirkt günstig auf die Anhebung der Laktattoleranz und -elimintation und wird zur Verbesserung der Schnelligkeitsausdauer eingesetzt. In Bezug auf die Veränderungen in einem Laktatstufentest ist nach einer Trainingsphase mit dem intensiven Intervalltraining mit einem Abflachen des Laktatanstiegsverhaltens oberhalb der anaeroben Schwelle zu rechnen.

Die Belastungsparameter für ein Training nach der extensiven Intervallmethode sind in **Abb. 4.24** und für die intensive Intervallmethode in **Abb. 4.25** dargestellt. Die Angaben zur Belastungsintensität beziehen sich auf die Bestleistung über die im Intervall zurückzulegende Strecke. Für die extensive Intervallarbeit liegen diese Intensitäten zwischen 60 und 80%, die intensive Intervallarbeit verlangt eine leicht höhere Intensität im Bereich von 70–90%. Zwischen den Belastungen wird eine lohnende Pause eingehalten.

Lohnende Pause. Der Begriff der lohnenden Pause geht auf Graf (1930), einen Dortmunder Arbeitsphysiologen, zurück. Im ersten Drittel der gesamten Erholungsphase, also bis die Herzfrequenz auf das Vorbelastungsniveau abgesunken ist, findet die größte Erholung (etwa 50%) statt (**Abb. 4.26**). Das Verhältnis von Erholung zum Zeitaufwand liegt hier sehr günstig, obwohl mit 50% Erholung keine vollständige Pause eingetreten ist. In der Trainingspraxis wird eine lohnende Pause im Intervalltraining dann beendet und die nächste Belastungsphase begonnen, wenn die Herzfrequenz auf 120–130 Schläge

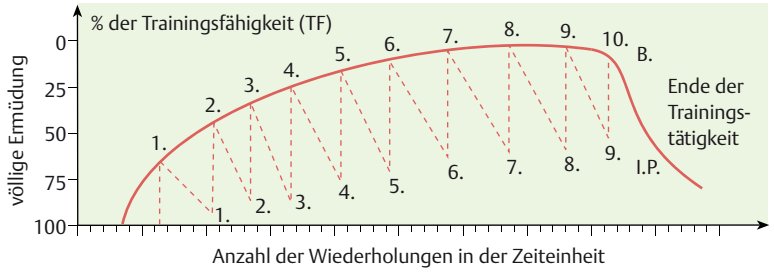


Abb. 4.24 Belastungsparameter der extensiven Intervallmethode.
KZI = Kurzzeitintervalle
MZI = Mittelzeitintervalle
LZI = Langzeitintervalle.

Belastungsintensität	Pause	Belastungsumfang	Belastungsdauer
60–80% von Bestleistung	lohnende Pause	5–40 Wiederholungen	KZI 15–60 s MZI 1–8 min LZI 8–15 min

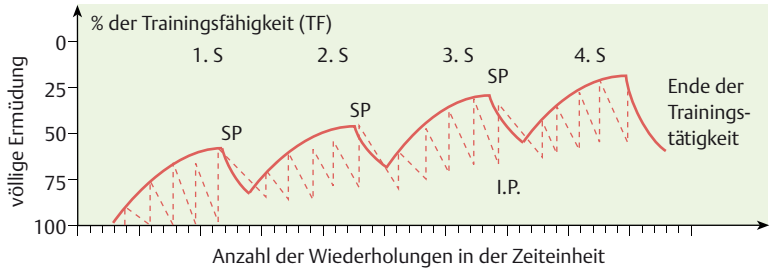


Abb. 4.25 Belastungsparameter der intensiven Intervallmethode.

Belastungsintensität	Pause	Belastungsumfang	Belastungsdauer
70–90% von Bestleistung	lohnende Pause Serienpause (3–10 min)	5–20 Wiederholungen meist in Serien	KZI 15–60 s MZI 1–3 min

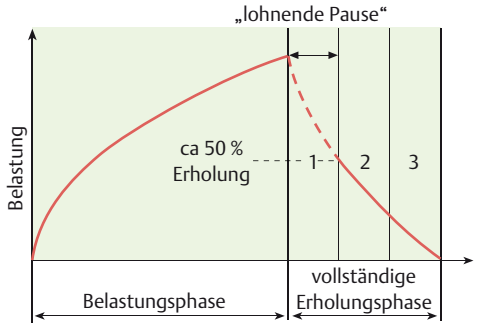


Abb. 4.26 Lohnende Pause.

pro Min (bei trainierten Personen zwischen dem 20. und 30. Lebensjahr) abgesunken ist.

Bezogen auf die Erholung des Herz-Kreislauf-Systems ist diese Vorgehensweise geeignet. Mit der Erholung der Herzfrequenz können aber nur eingeschränkte Aussagen zur Erholung metabolischer Vorgänge in der Muskulatur gemacht werden. Wird die Belastungsintensität zu hoch gewählt und ist die Belastungsdauer zu lang, kann selbst nach einem Absinken der Herzfrequenz auf die angestrebten Erholungswerte die metabolische Erholung noch nicht erfolgt sein und der Laktatspiegel als Ausdruck einer starken Beteiligung anaerober Stoffwechselvorgänge ansteigen. Verhindert werden kann dies durch die *Einhaltung definierter Belastungen*. Hollmann u. Strüder (2009) führen dazu die Untersuchungen von Åstrand et al. (1960) an. Selbst bei relativ hohen Arbeitsintensitäten stieg durch ein Wechsel von 10 sec Belastung und 20 sec Pause über einen Zeitraum von 30 min der Laktatwert nicht über 2 mmol/l an. Interessant wird dies trainingsmethodisch immer dann, wenn z. B. Sportler in Spielsportarten mit hohen Anforderungen an ihre FT-Fasern ihre spezifische Ausdauer und Erholungsfähigkeit verbessern wollen. Ein Training nach der Intervallmethode kommt den sportartspezifischen Merkmalen von Belastung und Erholung deutlich näher als ein Training nach der Dauermethode, belastet eher die FT-Fasern und wirkt damit einer unerwünschten Faserverschiebung in Richtung Fast Twitch oxidativ (FT_O) entgegen.

Merke Die Dauer einer lohnenden Pause (bis eine Erholungspulsfrequenz von 120–130 Schlägen pro min erreicht ist) ist zu Beginn eines Ausdauertrainings nach der Intervallmethode deutlich länger als die eigentliche Belastungsphase. Mit zunehmender Ökonomisierung der Bewegung (inter- und intramuskuläre Koordination) und der Arbeit des Atmungs-Herz-Kreislauf-Systems wird sich die Erholungsphase verkürzen.

Serienpause. In der intensiven Intervallmethode sind die Intensitäten mit 70–90% gegenüber der extensiven Variante leicht erhöht und die Wiederholungszahlen reduziert. Insbesondere wenn mit 90% der maximal möglichen Intensität gearbeitet wird, muss in der Regel nach wenigen Wiederholungen (2–5), die mit einer lohnenden Pause unterbrochen werden, eine längere Serienpause eingelegt werden. Die Dauer der Serienpause richtet sich nach der Art der vorangegangenen Belastung: Lag diese im Kurzzeitintervall bis zu einer Dauer von 6–10 sec, erfolgte die Energiebereitstellung vorwiegend anaerob alaktazid über Adenosintriphosphat und Kreatinphosphat. Wegen der kurzen Restitutionszeiten von Kreatinphosphat – die Halbwertzeit zur Wiederauffüllung der intramuskulären Speicher beträgt etwa 20–30 sec (Wilmore u. Costill 2004) – ist eine Serienpause von 2–3 min ausreichend. Muss eine neuronale Ermüdung in der Serienpause kompensiert werden, sollten diese mit mindestens 6 min angesetzt werden. Für längere Belastungszeiten mit begleitender Azidose durch die Beteiligung glykolytischer Stoffwechselvorgänge wird die Halbwertszeit für den Laktatabbau zur Pausenplanung herangezogen. Diese beträgt in Abhängigkeit von der Laktatkonzentration, dem Trainingszustand und der Pausengestaltung (aktiv oder passiv) zwischen 10 und 20 min (Heck 1990). In der Trainingspraxis für das Ausdauertraining haben sich Serienpausen von 10–40 min etabliert. Letztlich entscheidet über die Länge der Serienpause die geforderte Intensität. Demnach kann die Pause kürzer oder länger ausfallen, damit diese eingehalten werden kann.

Das extensive Intervalltraining wird in Abhängigkeit von der Intervalldauer in ein Kurzzeitintervall, Mittelzeitintervall und Langzeitintervall eingeteilt. Das intensive Intervalltraining erfolgt wegen der erhöhten Intensität nur noch im Kurzzeitintervall für die Dauer von 15–60 sec und im Mittelzeitintervall bis etwa 3 min Belastungsdauer. Mit zunehmender Streckendauer und -länge nimmt die Anzahl der Wiederholungen vom Kurzzeitintervall bis zum Langzeitintervall kontinuierlich ab. Einige exemplarische Strecken aus dem Laufen sind in **Tab. 4.17** angegeben.

Für Anfänger werden die Wiederholungszahlen deutlich geringer als in den Beispielen angegeben ausfallen. Und für weitere Sportarten (z. B. Schwimmen, Rudern, Spielsportarten) sind die in den genannten zeitlichen Rahmen passenden Strecken und sportarttypischen Bewegungsmuster zu wählen.

Tab. 4.17 Intervallstrecken und Wiederholungszahlen für ausdauertrainierte Läufer

Intervall	Dauer	Beispiele für Laufstrecken
Kurzzeitintervall (KZI)	5–60 sec	10–20 × 100 m 15–40 × 200 m 10–30 × 300 m
Mittelzeitintervall (MZI)	1–8 min	10–20 × 500 m 5–10 × 1000 m 2–6 × 2000 m
Langzeitintervall (LZI)	8–5 min	2–4 × 3000 m 2–3 × 4000 m

Wiederholungsmethode

Eine weitere Steigerung der Intensität erlaubt ein Training nach der Wiederholungsmethode. Die Belastungskonfiguration ist in **Abb. 4.27** zu sehen. Bei 90–100% der Bestleistung über die in jeder Wiederholung zurückzulegenden Strecke können nur noch etwa 3–5 Wiederholungen erfolgen. Mehr Wiederholungen würden durch die einsetzende Ermüdung nicht mehr im angestrebten Intensitätsbereich wirken. Die Pausendauer muss eine nahezu vollständige Erholung ermöglichen. Wie bereits oben in der Intervallmethode unter der Dauer für die Serienpause dargestellt bedeutet dies nach alaktaziden hochintensiven Belastungen eine Pause von 3–6 min und nach anaeroben laktaziden Belastungen Pausen von 10–40 min.

Trainingswirkung. Mit der Wiederholungsmethode werden über die Intensitätsvorgaben von 90–100% wettkampfnahe bzw. wettkampfspezifische Belastungen angestrebt, die insbesondere die vorhandene Leistungsfähigkeit in den aktuellen Grenzbereich bringt. Grundgedanke hinter dieser Methode ist, muskuläre Belastung, neuronale Erregungsleitung und die metabolische Leistungsfähigkeit der stoffwechselrelevanten Enzyme in den Grenzbereich der aktuellen Leistungsfähigkeit zu bringen und damit eine Adaptation auf ein höheres Niveau auszulösen. Die Wiederholungsmethode kommt zur Verbesserung der aeroben sowie anaeroben alaktaziden und laktaziden Kapazität und Leistungsfähigkeit zum Einsatz. Eine Verbesserung der Leistungsfähigkeit besagt, dass mehr Arbeit pro Zeit möglich ist. Im Normalfall ist dies mit einer besseren sportlichen Leistung verbunden. Ein Training nach der Wiederholungsmethode ist geeignet, die maximale Laktatbildungsrate und die Toleranz gegenüber hohen Laktatwerten zu erhöhen.

Einige Beispiele für ein Training nach der Wiederholungsmethode für die Entwicklung der aeroben sowie anaeroben alaktaziden und anaeroben laktaziden Kapazität

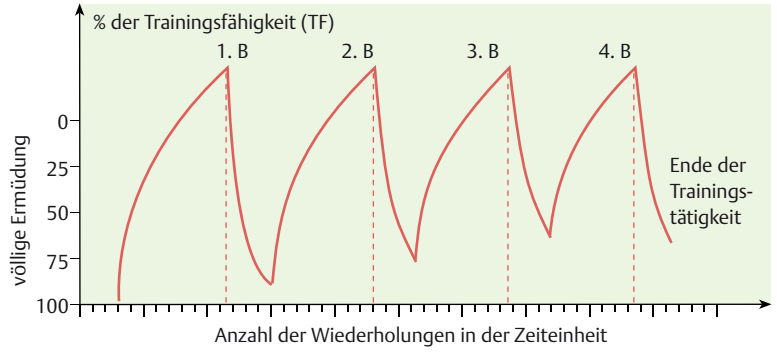


Abb. 4.27 Belastungskonfiguration der Wiederholungsmethode.

Belastungsintensität	Pause	Belastungsumfang	Belastungsdauer
70–100%	vollständige Pause (3–30 min)	gering 3–5 Wiederholungen	je nach Streckenlänge wenige Sek. bis mehrere Min.

Tab. 4.18 Streckenlänge und Wiederholungszahlen für ein Training nach der Wiederholungsmethode am Beispiel Laufen

Wiederholungsmethode	Dauer	Beispiele für Laufstrecken
Kurzzeitbereich	5–60 sec	4–8 × 40/50/60 m 3–5 × 100 m 3–5 × 200 m 2–4 × 300 m
Mittelzeitbereich	1–3 min	2–5 × 400 m 2–5 × 600 m 2–3 × 1000 m
Langzeitbereich	3–8 min	2–3 × 1200 m 2–3 × 2000 m

und Ausdauerleistungsfähigkeit sind in **Tab. 4.18** wiedergegeben.

Je untrainierter der Sportler und je länger und intensiver die Belastung ist, desto weniger Wiederholungen werden erfolgen. Die Pausenlänge richtet sich immer nach der geplanten Intensität für die Folgewiederholung. Wird diese nicht erreicht, ist die Pause zu verlängern oder trotz verlängerter Pause das Training zu beenden oder in einen anderen Schwerpunkt zu verlagern.

Wettkampf- und Kontrollmethode

Die Wettkampf- und Kontrollmethode wird zielgerichtet im normalen Training und in der Rehabilitation zur Standortbestimmung eingesetzt. Es wird im Training eine wettkampfnahe Situation geschaffen, um unter möglichst realistischen Bedingungen den Leistungsstand bzw. die Belastbarkeit zu erfassen. Darüber hinaus beruht die Trainingswirkung dieser Methode auf einer Verbesserung der wettkampfspezifischen Leistungsfähigkeit und je nach Sportart auch des taktischen Verhaltens unter Wettkampfbedingungen. Aus physiologischen und psychologischen Gründen werden Strecken gewählt, die nahe an der eigentlichen Wettkampfstrecke liegen. Ein 400-m-Läufer wird diese Kontrolle z. B. über die Distanz von 300 oder 500 m absolvieren, ein 800-m-Läufer über 600 oder 1000 m und ein Marathonläufer wählt einen Halbmarathon unter Wettkampfbedingungen aus. In Spielsportarten werden dazu Freundschaftsspiele angesetzt und im Kampfsport Trainingswettkämpfe. Die Belastungsintensität ist bei Unterdistanzstrecken (kürzer als die Wettkampfstrecke) höher als bei der Wettkampfstrecke und bei Überdistanzstrecken (länger als die Wettkampfstrecke) etwas geringer. In **Abb. 4.28** sind die Belastungsparameter zusammengefasst. Im Ausdauerbereich fällt keine Pause an, da es in der Regel nur einen Versuch gibt. Anhand der Ergebnisse dieser Kontrolle können die weiteren Trainingsschritte geplant werden.

Leistungsdiagnostik und Trainingsempfehlungen

Zur Bestimmung der aktuellen Ausdauerleistungsfähigkeit und der weiteren Gestaltung eines Trainings zur Verbesserung der Ausdauer kann ein Laktatstufentest oder der Conconi-Test durchgeführt werden. In Kapitel 2 werden zur Durchführung dieser Diagnosemöglichkeit weitere Einzelheiten dargestellt. Abbildung 2.16 (Kap. 2) beinhaltet die Auswertung eines Laktatstufentests mit je einer Laktat-Leistungskurve und einer Herzfrequenz-Leistungskurve. Die individuelle Trainingsintensität für einen angestrebten Trainingsbereich (Reg/Komp, GA 1, GA 2, WSA) kann aus diesen Laktat- und Herzfrequenz-Leistungskurven in Form von Geschwindigkeiten und Herzfrequenzen abgelesen werden. Exemplarisch sind diese für die GA 1 eingezeichnet. Die Festlegung von Trainingsintensitäten erfolgt über die Leistungsdiagnostik genau und individuell. Sie sind damit den eher auf statistischen Mittelwerten beruhenden Angaben in **Tab. 4.16** vorzuziehen.

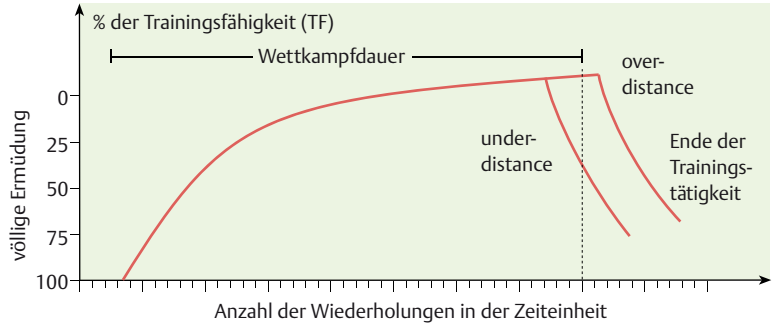


Abb. 4.28 Belastungsparameter der Wettkampf- und Kontrollmethode.

Belastungsintensität	Pause	Belastungsumfang	Belastungsdauer
95–105% von Bestleistung	ohne	spezifische - an Wettkampf orientiert underdistance/ overdistance	spezifische - an Wettkampf orientiert underdistance/ overdistance

Ausdauertraining in der Rehabilitation

Training in der Rehabilitation und im Besonderen in der frühen Proliferationsphase ist eine Gratwanderung zwischen notwendiger Belastung und Schutz der verletzten Struktur.

Zum einen dient eine durch aerobes Ausdauertraining induzierte Durchblutungsverbesserung der Wundheilung und verhindert oder reduziert zumindest immobilisationsbedingte Atrophien. Dazu können grundsätzlich alle Trainingsinhalte genutzt werden, die für eine aerobe Ausdauerbelastung geeignet sind: Wandern, Walken, Joggen, Laufen, Schwimmen, Radfahren oder Rudern sowie deren Varianten auf einem Ergometer.

Zum anderen dürfen die verletzten und noch heilenden Gewebe nicht durch übermäßige äußere Belastungen und innere Beanspruchung gestresst werden (z. B. durch Distraktion der Wundränder oder Elongation des heilenden Gewebes). Wie in der Therapie, wo für die Heilung stimulierende Reize notwendig sind und gleichzeitig das verletzte Gewebe zu schützen ist, muss auch im Training diesem Prinzip Rechnung getragen werden. In der Proliferationsphase mit einem – gegenüber einwirkenden Belastungen – schwachen Kollagen vom Typ III müssen die Trainingsinhalte so gewählt werden, dass das Bewegungsausmaß lediglich Belastungen im Matrixbereich verursacht und ein Stress der sich neu bildenden kollagenen Fasern unterbleibt. Erst gegen Ende der Proliferationsphase (16.–21. Tag), wenn bereits der Ersatz von Kollagen Typ III durch den Kollagen Typ I stattfindet, können dosierte Belastungen auf Kollagen einen positiven Stimulus für Faserausrichtung und Querbrückenbildung (intra- und intermolekulare Crosslinks) darstellen.

Je nach Ort und Schweregrad der Verletzung kann das Training der aeroben Ausdauer unter Vollbelastung (nichtverletzter Strukturen), Teilbelastung oder Entlastung der verletzten Struktur stattfinden. Für die untere Extremität bietet sich ein Training unter Teilentlastung oder Entlastung z. B. auf dem Radergometer an. Eine Veränderung der Sattelhöhe oder des Tretkurbelradius kann ein Training im erlaubten Bewegungsausmaß ermöglichen. Auch der Einfluss des Körpergewichts, das bei Geh- und Laufbewegungen in vollem Maße wirksam wird, kann hier reduziert werden. Ein ähnlich positiver Effekt wird durch ein Training im Wasser erreicht (z. B. Aquajogging). Von einer Entlastung (ohne Bodenkontakt) über eine Teilentlastung (mit Bodenkontakt) bis zur schrittweise gesteigerten Belastung (mit Bodenkontakt und gleichzeitiger Verringerung der Eintauchtiefe des Körpers) kann hier variiert werden.

Positive Auswirkungen eines aeroben Ausdauertrainings auf die Wundheilung

Unabhängig von den Anpassungen, die ein regelmäßiges und systematisches Ausdauertraining auslösen kann, hat aerobes Ausdauertraining mehrere sofortige positive Wirkungen auf die Wundheilung:

- Verbesserung der Durchblutung in den belasteten Strukturen und damit eine gute Versorgung des Wundgebietes mit Sauerstoff, Baustoffen (Aminosäuren) und Kofaktoren der Wundheilung (Fe^{2+}, Vitamin C und α-Ketoglutarat)
- Erhöhung der Stoffwechselrate z. B. durch Temperaturanstieg als Folge von körperlicher Aktivität und Training (eine leicht erhöhte Gewebetemperatur erhöht die Stoffwechselaktivität)
- neuronale Anpassungen (inter- und intramuskuläre Koordination), oft innerhalb von Sekunden und Minuten (die Bewegung wird ökonomisiert, der Energiebedarf für eine gegebene Belastung sinkt)
- einer durch Inaktivität bedingten Atrophie von Muskulatur und Sehnen, des Kapsel-Bandapparates, von Knochen und Knorpel, aber auch z. B. von Enzymen des Energiestoffwechsels, wird vorgebeugt

- der hyaline Knorpel erfährt eine funktionelle Belastung und reagiert sofort mit einer Flüssigkeitsaufnahme (Proteoglykane binden mehr Wasser, van den Berg 1999); damit kann der Knorpel seiner Funktion, Stöße zu absorbieren und das Gleiten der Gelenkpartner zu ermöglichen, besser nachkommen
- intensive muskuläre Arbeit von kurzer Dauer und geringintensive Arbeit von 45–60 min Dauer (Schwarz u. Kindermann 1989) lassen den Endorphinspiegel im Plasma ansteigen (Endorphine wirken als Neurotransmitter, reduzieren die Schmerzwahrnehmung und steigern das geistige Wohlbefinden)
- bei niedrigen Belastungsintensitäten (etwa 50 % der maximalen Sauerstoffaufnahme) bleibt ein Anstieg des Kortisolspiegels aus (Hollmann u. Hettinger 2000), Kortisol hat eine negative Wirkung auf die Neubildung und Regeneration von Bindegewebe

Training verändert die Plasmakonzentration verschiedener Hormone. Als ein möglicher Mechanismus, die Festigkeit von z. B. verletzten Bandstrukturen durch körperliches Training positiv zu beeinflussen, nennen Tipton et al. (1975) die bei Bewegung und Training gesteigerte Blutzirkulation. Die Mehrdurchblutung könnte auch die Verfügbarkeit von Hormonen für die Heilung bindegewebiger Strukturen verbessern.

Eine Fortführung des aeroben Ausdauertrainings über die Proliferationsphase hinaus führt weiter zu den beschriebenen Verbesserungen der Wundheilung. Nach einer Verletzung über mehrere Wochen durchgeführtes Training führt – im Vergleich zu nichttrainierten Kontrollgruppen – zu einer deutlichen Zunahme der Gelenkstabilität und der Zugfestigkeit von kollagenem Gewebe (Tipton et al. 1975, Vailas et al. 1981, Tipton et al. 1986, Burroughs u. Dahners 1990). In Bezug auf Sehnengewebe ist mit einer Hypertrophie der kollagenen Fasern, einer Vergrößerung des Sehnenquerschnitts, einer Zunahme der Sehnenfestigkeit und einer Verbesserung der Kapillarisierung zu rechnen (Tipton et al. 1986).

In Bezug auf eine Stimulation der Wundheilung verändern sich Trainingsinhalte und -methoden nicht. Veränderungen ergeben sich jedoch im erlaubten Bewegungsausmaß – kollagene Fasern dürfen zunehmend auf Zug belastet werden – und hinsichtlich der Gewichtsbelastung, die langsam zur Vollbelastung gesteigert werden kann.

Gesundheitsorientierte Anpassungen durch Ausdauertraining

Ein systematisches und regelmäßiges Ausdauertraining bewirkt weitere gesundheitlich relevante Anpassungen, die neben einer Erhöhung der Belastbarkeit aktiver und passiver Strukturen des Bewegungsapparates auch Herz, Kreislauf, Atmung und Stoffwechsel betreffen.

Allgemein gelten heute für ein gesundheitlich orientiertes Trainingsprogramm für Untrainierte unter dem 50. Lebensjahr folgende Empfehlungen: mit einer Herzfrequenz von 130 Schlägen pro min soll täglich 20–30 min trainiert werden. Alternativ, wenn ein tägliches Training nicht möglich ist, kann das Training auch mindestens 3-mal pro Woche 30–60 min oder 2-mal pro Woche 60 min durchgeführt werden (Hollmann u. Strüder 2009, Pollock et al. 1998, Sesso et al. 2000).

Prävention. Mit diesem Programm kann degenerativ verursachten Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems, verschiedenen Stoffwechselkrankheiten und einigen Krebserkrankungen vorgebeugt werden. Auch die Ausdauerleistungsfähigkeit wird verbessert: das Atemminutenvolumen für eine vergleichbare Belastungsstufe sinkt. Die Pulsfrequenz im Bereich der Ausdauergrenze reduziert sich bereits nach 2 bis 3 Wochen deutlich. Abnahmen der Pulsfrequenz in den ersten Tagen deuten auf eine Verbesserung der Bewegungskoordination und eine Ökonomisierung der intramuskulären Blutverteilung hin. Auch die maximale Sauerstoffaufnahme wird bereits in den ersten Wochen eines Ausdauertrainings vergrößert.

Ausdauergrenze

Die Ausdauergrenze ist definiert als die Belastungsstufe, die mit einer Pulsfrequenz von 130 Schlägen pro min absolviert werden kann (auch Arbeitskapazität 130 genannt).

Soll neben den gesundheitsorientierten Zielen eine weitere Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit erfolgen, gewinnen auch intensivere Dauerbelastungen an Bedeutung. Ein über 5 Wochen durchgeführtes aerobes Ausdauertraining im Bereich der GA 1, 5-mal pro Woche über 30 min mit einer Herzfrequenz unter 130 Schlägen pro min und Laktatwerten im Bereich der aeroben Schwelle bei 2 mmol/l, führt zu einer Verbesserung der Ruhepulsfrequenz, der Ausdauergrenze, des O_2-Puls und der maximalen Sauerstoffaufnahme. Eine Herzvolumenzunahme konnte jedoch erst in weiteren 5 Wochen Ausdauertraining erreicht werden, wenn die Belastungsintensität in den Bereich der GA 2 bei etwa 4 mmol Laktat/l Blut und einer daraus resultierenden individuell unterschiedlichen Herzfrequenz zwischen 150 und 180 Schlägen/Min gesteigert wurde. Gleichzeitig konnte in der zweiten, intensiven Trainingsphase über 5 Wochen die Ruhefrequenz weiter gesenkt sowie Ausdauergrenze, O_2-Puls und maximale Sauerstoffaufnahme weiter erhöht werden (s. **Abb. 4.23**). In der Planung solcher Belastungswechsel sind unterschiedliche Erholungszeiten für niedrige bis mittlere und für hohe Intensitäten zu berücksichtigen. Auch sollte der Anteil hoher Intensitäten 10–15 % nicht überschreiten (Hollmann u. Strüder 2009).

Muskuläre Adaptationen. In der trainierten Muskulatur können zusammenfassend folgende Adaptationen festgestellt werden:

- Anzahl und damit die Aktivität der oxidativen Enzyme nehmen zu.
- Der prozentuale Anteil freier Fettsäuren an der Energiebereitstellung steigt.
- Zahl und Größe der Mitochondrien, als Ort der aeroben Energiegewinnung, nehmen zu.
- Vergrößerung der intramuskulären und der Leberglykogenmenge.
- Der Myoglobingehalt, kurzzeitiger Sauerstoffspeicher in der Muskelzelle, nimmt zu.
- Vaskularisierung, Kapillarisierung und Gefäßquerschnitt nehmen zu.

Geringe bis mittlere Intensitäten bewirken Anpassungen vor allem in den ST-Fasern. Hohe Dauerintensitäten und intermittierende Belastungen nach der Intervallmethode führen eher zu Anpassungen in den FT-Fasern. Letztlich bewirken diese Adaptationen eine Verbesserung der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit. Praktisch äußert sich dies in der Fähigkeit, eine gegebene Belastungsstufe länger durchzuhalten oder aber bei vergleichbarer innerer Beanspruchung (gemessen an der Pulsfrequenz oder der Belastungsintensität an der aeroben Laktatschwelle von 2 mmol/l oder an der anaeroben Schwelle von 4 mmol/l) eine höhere Leistung (z. B. Geschwindigkeit oder Leistung in Watt) abzugeben.

Adaptationen des kardiopulmonalen Systems. Neben den Adaptationen auf muskulärer Ebene finden weitere Anpassungen im kardiopulmonalen System statt. Diese tragen unter anderem dazu bei, die Arbeitsmuskulatur besser mit Sauerstoff für die aerobe Energiebereitstellung zu versorgen. Einige durch aerobes Ausdauertraining beeinflusste Kriterien des kardiopulmonalen Systems sind in der **Tab. 4.19** zusammengefasst:

Stabile Adaptationen können mit einem regelmäßigen Ausdauertraining nach 8–10 Wochen erwartet werden und äußern sich in einer Steigerung der maximalen Sauerstoffaufnahme von etwa 12–15 %. Um stabile Anpassungen aufrechtzuerhalten, muss das Ausdauertraining kontinuierlich fortgesetzt werden. Ein verbessertes Ausgangsniveau wird aber zu geringeren Steigerungsraten führen. Sollen weitere Verbesserungen erreicht werden, muss die einwirkende Belastung in Umfang und/oder Intensität erhöht werden. Dies kann dadurch erreicht werden, dass die Zahl der wöchentlichen Trainingseinheiten erhöht, die Belastungsdauer in der Trainingseinheit verlängert wird oder aber die Belastungsintensität zunimmt.

Tab. 4.19 Ausgewählte Adaptationen des kardiopulmonalen Systems (nach Hollmann u. Strüder 2009, S. 431)

Kriterium	Wirkung
Schlag- und Herzvolumen	größeres Schlagvolumen in Ruhe und bei Arbeit bzw. größeres Herz mit größerem Schlagvolumen
maximales Herzzeitvolumen	vergrößert
Ruhe-Schlagfrequenz	vermindert
maximale Schlagfrequenz	unverändert oder leicht vermindert
systolischer Druck	gleich oder vermindert
Vaskularisierung (Herz)	verbesserte Kapillarisierung und Kollateralenentwicklung
O_2-Bedarf des Herzens für eine gegebene Herzleistung	vermindert
Koronarreserve	vergrößert
Endothelfunktion	verbessert
Arterien	Durchmesser vergrößert
Blutstromgeschwindigkeit	verringert
ventilatorische Lungenkapazität	vergrößert
Diffusionskapzität der Lunge	gleich oder vergrößert
Perfusionskapazität der Lunge	vergrößert
Atmungsökomonie (Atemäquivalent) auf gegebenen Belastungsstufen	verbessert
Gesamt-Hämoglobingehalt	gleich oder vergrößert
maximaler O_2-Puls	vergrößert
maximale O_2-Aufnahme	vergrößert
aerob-anaerobe Schwelle	erhöht
Zentralnervensystem	Synapsenhypertrophie u. Gehirnstrukturveränderungen

4.2.4 Training der Schnelligkeit

Schnelligkeit spielt in vielen Sportarten und sportlichen Disziplinen die entscheidende Rolle. Der Schnellere gewinnt meistens! Schnelligkeit sollte nicht nur mit dem leichtathletischen Sprint in Verbindung gebracht werden. Schnelligkeit wird ebenfalls in Ball- und Spielsportarten für Reaktionen, Sprints, Sprünge, Würfe und Schüsse benötigt. In kompositorischen Sportarten wir beispielsweise Turnen, Turmspringen, rhythmischer Sportgymnastik oder dem Eiskunstlauf entscheidet unter anderem die Geschwindigkeit der Drehungen um die eigenen Körperachsen über eine einfache, doppelte oder 3-fache Darstellung einer bestimmten Figur. Hierbei kommt Schnelligkeit selten in einer reinen Form vor, sondern meist in Kombination mit anderen motorischen Eigenschaften wie Kraft, Ausdauer und Koordination.

Schnelligkeit wird als Fähigkeit verstanden, Wahrnehmung, Entscheidungen, Reaktionen und Bewegungen in sehr kurzer Zeit schnellstmöglich auszuführen. Hierbei wird eine kognitive Schnelligkeit von einer motorischen Schnelligkeit und die Reaktions- von der Aktionsschnelligkeit unterschieden.

Leistungsbegrenzende Faktoren der Schnelligkeit

Die Fähigkeit, schnell zu sein, wird von neuronalen, muskulären, biomechanischen und mentalen Faktoren beeinflusst.

Neuronale Faktoren

Bei den neuronalen Faktoren bestimmt die *Nervenleitgeschwindigkeit* afferenter und efferenter Bahnen die individuelle Minimalreaktionszeit. Die schnellsten Reaktionszeiten weisen speziell trainierte Sportler auf, die langsamsten Reaktionszeiten Ausdauer- und Ballsportler (Jungmann u. Markworth 1976). Da die Leitungsgeschwindigkeit genetisch festgelegt und relativ fixiert ist, übt sie einen hohen Einfluss auf die Schnelligkeit von Bewegungen aus. Es besteht allerdings keine Beziehung zwischen Reaktionszeit und Bewegungsgeschwindigkeit. Reaktionslangsame Menschen können über eine relativ hohe Bewegungsgeschwindigkeit verfügen und umgekehrt (Hollmann u. Strüder 2009).

Auch die *intra-* und *intermuskuläre* Koordination nehmen hohen Einfluss auf die Schnelligkeit motorischer Aktionen. So bedingen eine gute Rekrutierung, Frequenzierung und Synchronisation eine schnelle Kraftentwicklung (Schnellkraft), wie sie bei Schnelligkeitsleistungen erforderlich ist. Mit zunehmenden zu überwindenden Widerständen bei schnellen Bewegungen gewinnen diese neuronalen Merkmale mit ihrer Bedeutung für die Schnellkraft und die Maximalkraft an Gewicht (Martin et al. 1993, Schnabel et al. 2008).

Insbesondere bei Anforderungen an die zyklische Bewegungsschnelligkeit übt die intermuskuläre Koordination ihren Einfluss aus. Erst das fein abgestimmte Zusammenspiel von Agonist, Antagonist und gegebenenfalls den Synergisten in Bezug auf Kraftentwicklung und Entspannung macht zyklisch schnelle Bewegungen möglich. Beteiligt sind an diesem Vorgang Muskelspindeln und Golgi-Sehnenorgane. Für das koordinierte Zusammenspiel beider Extremitäten liefert die Flexor-Reflex-Afferenz, ein gekreuzter Beuge-Streck-Reflex, die spinale Voraussetzung (Martin et al. 1993). Ein weiterer wichtiger Aspekt der intermuskulären Koordination liegt in ihrer Bedeutung für die Gelenksicherung und damit in der Prävention bei schnellen Bewegungen. So werden z. B. bei Wurf-, Stoß- und Schussbewegungen nicht nur Speere, Disken, Kugeln oder Bälle beschleunigt, sondern auch die sie beschleunigenden Extremitäten. Der Abbremsvorgang der Extremitäten (Schussbein oder Wurfarm) am Bewegungsende und damit die Gelenksicherung und iintegrität wird erst durch das koordinierte Zusammenspiel von Agonist, Antagonist und Synergist ermöglicht (Baratta et al. 1988).

Muskuläre Faktoren

Ein wichtiger Einflussfaktor auf die Kontraktionsgeschwindigkeit der Muskulatur liegt in der Muskelfaserzusammensetzung, also dem Anteil schneller Fasern (FT-Faser) im Vergleich zu langsamen Fasern (ST-Faser). FT-Fasern verfügen über schnelle Motoneurone und entwickeln die Kraft schneller. International erfolgreiche Sprinter verfügen in der Antriebsmuskulatur über mindestens 70 % FT-Fasern, meistens liegt der Anteil deutlich darüber. Weiter spielt die Ausstattung der einzelnen Fasern mit den kontraktilen Proteinen Myosin und Aktin eine wichtige Rolle. Je mehr Querbrücken zwischen diesen Proteinen in der Muskelkontraktion gebildet werden können, desto größer ist die entwickelte Kraft. Auch eine hohe ATP-ase-Aktivität im Kontraktionsvorgang unterstützt eine explosive und schnelle Kraftentwicklung. Allerdings ist ihre Aktivität weitestgehend genetisch bedingt und durch Training wenig beeinflussbar (Edman et al. 1988).

Auch die Stiffness der bindegewebigen Anteile in der Muskel-Sehnen-Einheit (Sehnen, Insertionsstellen, Peri-, Epi- und Endomysium, Kollagenfasern zwischen FT-Fasern) fördern schnelle, explosive Kontraktionsvorgänge.

In Hinblick auf die Sarkomerlänge fördert ein optimaler Überlappungsgrad von Aktion- und Myosinfilamenten am Bewegungsbeginn eine schnelle Kontraktion.

Die Ausstattung der Muskulatur an energiereichen Substraten wie dem Adenosintriphosphat, dem Kreatinphosphat und den Glykogenspeichern neben den stoffwechselrelevanten Enzymen ermöglichen und limitieren Schnelligkeitsleistungen. Nur über Kreatinphosphat kann das im Kontraktionsvorgang verbrauchte Adenosintriphosphat schnellstens wiederaufgebaut werden. Da die im Muskel vorhandenen Mengen nur für wenige Sekunden die Energie liefern können, sind auch maximal schnelle Bewegungen nur für diesen Zeitraum möglich. Diese sollte im Training der maximalen Schnelligkeit Berücksichtigung finden. Wird die benötigte Energie nach wenigen Sekunden auf glykolytischem Weg durch die anaerobe Verstoffwechselung von Glykogen geliefert, führt die begleitende metabolische Azidose zu einem Anstieg der Gewebeviskosität und zu einer Reduzierung der Kontraktionsgeschwindigkeit (Hollmann u. Strüder 2009). Dies sollte als Hinweis darauf angesehen werden, dass Azidosen in der Entwicklung der maximalen Schnelligkeit einen negativen Einfluss haben und im Training zu verhindern sind bzw. bei einsetzender Azidose der Trainingsschwerpunkt zu verschieben oder das Training ganz zu beenden ist.

Einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die Kontraktionsgeschwindigkeit hat die Muskeltemperatur. Eine Temperaturerhöhung um 2 °C erhöht die maximale Kontraktionsgeschwindigkeit um mehr als 20 % (Hill 1956). Dies betont die Bedeutung eines sorgfältigen Aufwärmens vor explosiven und schnellen Bewegungen.

Biomechanische Faktoren

Anthropometrische Merkmale wie Arm- und Beinhebel oder die biomechanischen Einflüsse wie die Entfernung der zu beschleunigenden Masse vom Drehpunkt spielen ebenfalls eine Rolle.

Beispiel

Durch Annäherung der Massenteile (z. B. Arme und Beine) an den Drehpunkt (hier vertikale Körperachse) kann die Drehgeschwindigkeit einer Pirouette im Eiskunstlauf erhöht werden. Entfernen sich Arme oder Beine vom Drehpunkt, nimmt die Drehgeschwindigkeit ab.

Mentale Faktoren

Erhöhte Anspannung vor einem Wettkampf, Angst und Nervosität wirken sich auf den Spannungszustand der Muskulatur ungünstig aus und beeinflussen die Kontraktionsgeschwindigkeit negativ (Hollmann u. Strüder 2009). Hingegen begünstigen eine schnelle Wahrnehmung, eine hohe Antizipationsfähigkeit und richtige Entscheidungen in vielen Fällen die Schnelligkeit.

Schnelligkeit im Sport

Schnelligkeit, gleich welcher Erscheinungsform, spielt heute in fast allen Sportarten eine entscheidende Rolle und häufig entscheidet der schnellere Sportler den Wettbewerb für sich.

Schnelligkeit als „reine“ Fähigkeit besteht im Sport nicht. Vielmehr tritt sie immer nur als eine Komponente der komplexen sportlichen Leistung auf (Grosser 1991). Auch Schnelligkeit allein auf den Sprint zu beziehen, wie es häufig noch erfolgt, bedeutet eine einseitige und sehr eingeschränkte Betrachtungsweise. Dies bedeutet auch, dass nicht jede Art von Schnelligkeit durch leichtathletischen Sprint als Trainingsmittel zu verbessern ist. Vielmehr müssen sportart- und disziplinspezifsche Schnelligkeitsmerkmale in das Training aufgenommen werden.

Das Maß für die motorische Schnelligkeit wird oft in der Geschwindigkeit ausgedrückt. Entweder erfolgen die Angaben dann in m pro sec (m/s), in km pro Stunde (km/h) oder in Winkelgraden pro sec (°/s). In einigen Fällen erfolgt die Messung hochfrequenter Bewegungen in Herz (Wiederholungen pro sec).

Schnelligkeit im Alltag und in der Rehabilitation

Schnelligkeit wird in der Rehabilitation oder nach operativen Eingriffen häufig vernachlässigt, obwohl auch in Situationen des täglichen Lebens ein schnelles Reagieren und Agieren notwendig ist. Als Beispiele können Stolpern, Straucheln und Ausrutschen oder Sprinten genannt werden. In Schnellkraft- und Schnelligkeitssportarten muss ein Training der Schnelligkeit nach Verletzungen und operativen Eingriffen in den Rehabilitationsprozess integriert sein. Anderenfalls würde der Sportler unvorbereitet in den normalen Trainingsalltag entlassen.

Aufgrund der hohen biomechanischen und metabolischen Belastung im motorischen Schnelligkeitstraining wird dieses im Rehabilitationsprozess niemals am Anfang stehen, sondern sukzessive und systematisch (von leicht nach schwer, von kognitiv nach motorisch) in das Rehabilitationstraining integriert. Teilaspekte der Schnelligkeit wie z. B. die kognitiven Schnelligkeitsmerkmale und allgemeine Übungen zur Aufrechterhaltung der Reaktionsschnelligkeit können bereits sehr früh (z. T. direkt in der postoperativen Phase) integriert werden.

Für die Aufnahme eines motorischen Schnelligkeitstrainings lassen sich keine festen Schemata festlegen. Letztlich ist die subjektive Belastbarkeit (z. B. Schmerzempfinden) des Sportlers in der jeweiligen Rehabilitationsphase das Maß für die Belastung im Rehabilitationstraining. Allgemein kann davon ausgegangen werden, dass sensomotorische Leistungsfähigkeit, Gelenkbeweglichkeit, Kraft und Ausdauer vor dem Schnelligkeitstraining wiederhergestellt sein müssen. Auch muss das verletzte Gewebe voll belastbar sein.

Erscheinungsformen und Differenzierung der Schnelligkeit

Grundsätzlich lassen sich kognitive Schnelligkeit und motorische Schnelligkeit unterscheiden. Zu den kognitiven Schnelligkeitsmerkmalen zählen Wahrnehmung, Antizipation und Entscheidung. Motorische Schnelligkeitsmerkmale können übergeordnet in Reaktions- und Aktionsschnelligkeit differenziert werden. Die Aktionsschnelligkeit kann weiter in zyklische und azyklische Bewegungsformen unterschieden werden. Eine Beanspruchung auf zyklische Aktionsschnelligkeit liegt z. B. bei einem 100-m-Sprint vor oder einem Wettbewerb über 50 m Freistilschwimmen. Azyklische Aktionsschnelligkeit kommt beispielsweise bei Sprüngen und Würfen zum Tragen. Hier muss das eigene Körpergewicht oder das Sportgerät (z. B. Ball, Speer, Kugel) am Ende der Bewegung eine möglichst hohe Geschwindigkeit für eine weite oder hohe Flugbahn aufweisen.

Kognitive Schnelligkeit

Die kognitive Schnelligkeit beruht auf der Fähigkeit von Extero- und Propriorezeptoren, Signale wahrzunehmen und so zu verarbeiten, dass sie zu einer effektiven motorischen Reaktion und Aktion führen. Die Geschwindigkeit vom Eintreffen eines Signals/eines Reizes von außen bis zur ersten messbaren motorischen Reaktion ist dabei unter anderem von der Reizweiterleitung des Nervensystems (efferente und afferente Nervenfasern) abhängig. Als Reiz von außen können ein Startschuss oder die Aktion eines Mitspielers oder Gegners angesehen werden. Unter motorischer Reaktion kann die erste messbare Reaktion am Startblock oder auf die Aktion von Mitspieler und Gegner gelten.

Wahrnehmungsschnelligkeit. Unter *Wahrnehmungsschnelligkeit* wird die Informationsaufnahme, -verarbeitung- und -bewertung verstanden. Akustische (Ohr), optische (Auge), taktile (Haut) und propriorezeptive Reize sprechen die Sinne an, werden verarbeitet und bewertet. Die Bedeutung der Informationsaufnahme aus verschiedenen Rezptoren für die anschließende Aktion wird dann z. B. deutlich, wenn ein Tennisspieler seine akustische Wahrnehmung durch Ohrenpfropfen verhindert und er allein auf seine visuelle Informationsaufnahme angewiesen ist. Seine Aktionsschnelligkeit ist dann deutlich beeinträchtigt, weil ihm die akustischen Informationen aus dem Ballgeräusch auf dem Schlägerkopf des Gegners oder auf dem Spielfeld fehlen.

Antizipationsschnelligkeit. Die *Antizipationsschnelligkeit* beruht auf der aktuellen Wahrnehmung und dem Erfahrungsschatz des Athleten aus vorherigen Situationen mit ähnlicher und/oder gleicher Wahrnehmung. Sie wird immer dann zu einer entscheidenden Fähigkeit, wenn die Reaktion unter Zeitdruck erfolgen muss. Als Beispiel kann die Situation eines Torhüters im Handball angeführt werden. Würde dieser Torhüter mit seiner Reaktion bis zu dem Zeitpunkt warten, wo der Ball die Hand des Angreifers Richtung Tor verlassen hat, hätte er keine Chance, den Wurf zu halten. Die Flugdauer von der Hand des Angreifers bis zum Tor liegt unter der Nervenleitgeschwindigkeit für Wahrnehmung, Entscheidung und Reaktion. Nur seine Antizipationsfähigkeit, also die geistige Vorwegnahme dessen, was der Angreifer mit dem Ball machen wird, ermöglicht es ihm, seine Reaktion einzuleiten, bevor der Ball die Hand des Angreifers verlassen hat. Anhand von Körperhaltung und Bewegung des Wurfarms antizipiert er die geplante Aktion des Angreifers. Ähnlich sieht sich ein Tennisspieler unter Zeitdruck, wenn er den Ball zurückspielen will. Auch hier ist eine gute Antizipationsschnelligkeit wichtige Voraussetzung für den Erfolg.

Entscheidungsschnelligkeit. Die *Entscheidungsschnelligkeit* betrifft die Entscheidung für eine effektive Handlung aufgrund der erfolgten Wahrnehmung. Die Entscheidungsschnelligkeit wird durch die Antizipationsfähigkeit, also den Erfahrungsschatz des Athleten beeinflusst. Eine einmal getroffene Entscheidung ist in vielen Fällen nicht mehr zu korrigieren, weil die Zeit für eine neue Entscheidung zu kurz ist.

Zusammenhang zwischen kognitiver und motorischer Schnelligkeit. Ein Zusammenhang zwischen kognitiver und motorischer Schnelligkeit besteht darin, dass für eine komplexe sportliche Leistung eine Überlegenheit der kognitiven Schnelligkeit gegenüber der motorischen Schnelligkeit (innerhalb gewisser Grenzen) festgestellt werden kann. Motorische Schwächen können durch starke kognitive Leistungen zum Teil ausgeglichen werden. Kognitive Schwächen können weniger gut durch motorische Stärken ausgeglichen werden.

Motorische Schnelligkeit

Die motorische Schnelligkeit wird von der Reaktionsschnelligkeit und der Bewegungsschnelligkeit getragen. Die folgende Übersicht (**Abb. 4.29**) verdeutlicht die weitere Differenzierung von motorischer Reaktionsschnelligkeit und motorischer Aktionsschnelligkeit.

Reaktionsschnelligkeit. Die motorische *Reaktionsschnelligkeit* wird unterschieden in eine Einfachreaktion und eine Auswahlreaktion. Die Einfachreaktion kommt dann zum Tragen, wenn auf ein Signal mit einer einfachen und feststehenden Aktion reagiert wird. Dies ist z. B. bei einem Startschuss im Schwimmen oder in der Leichtathletik der Fall. Das Merkmal Auswahlreaktionsschnelligkeit kommt dann zum Tragen, wenn auf erwartete und nichterwartete Signale mit einer Auswahl von Aktionen reagiert werden kann. Es bestehen mehrere Entscheidungsmöglichkeiten. Die Reaktionszeit verkürzt sich bei einer guten Antizipationsfähigkeit. Hier kommt für die Erfahrung des Athleten ein zunehmendes Trainings- und Wettkampfalter zum Tragen. Als Beispiel können die Reaktionen in Kampf- und Ballsportarten herangezogen werden. Dort muss der Sportler auf Aktionen von Gegnern und Mitspielern adäquat reagieren. Meist steht ihm dazu eine Auswahl an möglichen Reaktionen zur Verfügung (Grosser 1991, Martin et al. 1993). Während die Reaktion auf einfache Signale wie z. B. den Startschuss eine Trainierbarkeit im Bereich von 10–15 % aufweist, lassen sich die Reaktionen bei Auswahlreaktionen durch wachsende Erfahrung in der Sportart um 30–40 % verbessern (Hollmann u. Strüder 2009).

Motorische Bewegungsschnelligkeit. Die motorische *Bewegungsschnelligkeit* findet weitere Differenzierungen in zyklische und azyklische Schnelligkeit. Synonyma für die zyklische Bewegungsschnelligkeit sind Frequenzschnelligkeit, Schnellkoordination, Grundschnelligkeit, maxi-

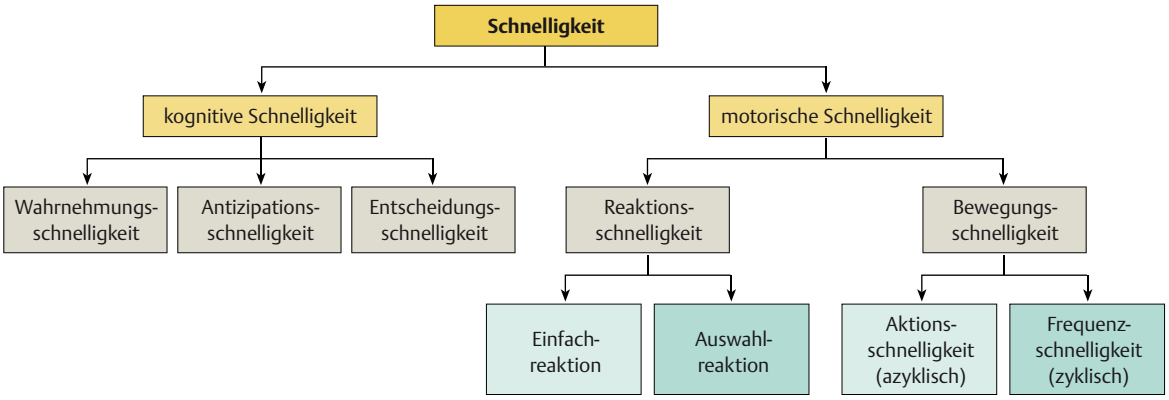


Abb. 4.29 Struktur der motorischen Eigenschaft Schnelligkeit.

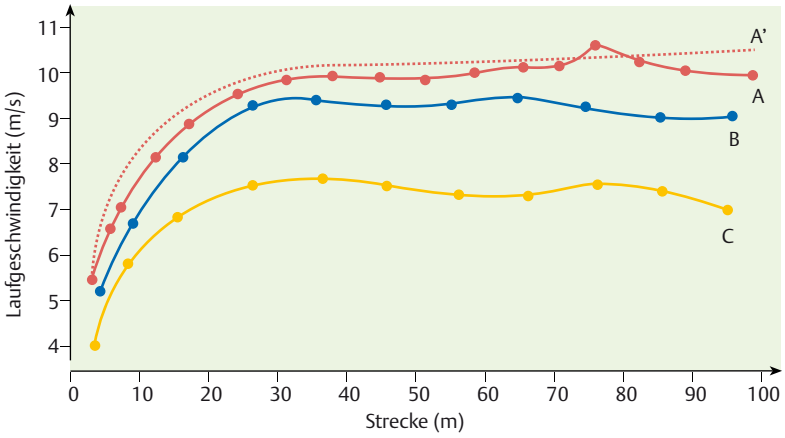


Abb. 4.30 Geschwindigkeitsverlauf im 100-m-Sprint: Reaktion, Beschleunigung, maximale Schnelligkeit, negative Beschleunigung (Schnelligkeitsausdauer)
A' = idealisierter Kurvenverlauf
A = nationale Spitze
B = Nachwuchssprinter
C = Sportstudent

male Sprintschnelligkeit und Fortbewegungsschnelligkeit. Die azyklische Bewegungsschnelligkeit wird auch als Aktionsschnelligkeit im Unterschied zur Frequenzschnelligkeit bei zyklischen Schnelligkeitsformen bezeichnet (Grosser 1991).

Trainingsmethodische Einteilung der Schnelligkeit

Eine trainingsmethodische Einteilung macht aufgrund der Untersuchungsergebnisse von Ballreich (1969) und Osolin (1972) Sinn: Danach können Leistungen in den verschiedenen Phasen des 100-m-Sprints nur dann optimal verbessert werden, wenn individuell ganz gezielt eine optimale Übung oder ein optimales Training für die betreffende Phase angewendet wird (Hollmann u. Strüder 2009). Daraus hat sich die getrennte Betrachtungsweise und gegebenenfalls das gezielte Training von 4 typischen Phasen entwickelt:

- Reaktion
- (positive) Beschleunigung
- Phase der maximalen Schnelligkeit und die
- negative Beschleunigung (Schnelligkeitsausdauer).

Diese 4 Phasen treten nur in einigen Sportarten und Disziplinen im Verbund auf. Analysiert man die Erscheinungsformen der Schnelligkeit in verschiedenen Sportarten lassen sich 2 Verlaufsformen mit hohem Allgemeinheitsgrad beschreiben. Die erste Verlaufsform besteht aus einer Reaktionsleistung, an die sich die Beschleunigung und weiter die maximale Schnelligkeit übergangslos anschließen (Martin et al. 1993). In wenigen Sportarten- und -disziplinen folgt auf die Phase der maximalen Schnelligkeit noch eine vierte Phase, die der negativen Beschleunigung, die auch als Schnelligkeitsausdauer beschrieben wird. Als Beispiel für diesen 3- bzw. 4-Phasen-Verlauf kann **Abb. 4.30** herangezogen werden. Die Verlaufsform ist charakteristisch für den leichtathletischen Sprint und für kurze Sprintstrecken in einigen anderen Sportarten. Die ersten 3 Phasen lassen sich immer dann finden, wenn auf äußere Signale hin schnell reagiert, beschleunigt und mit höchster Geschwindigkeit agiert werden soll. Dies ist z. B. in Kampf- und Ballsportarten der Fall. Einschränkend wird angeführt, dass die Laufstrecken in vielen Ballsportarten allein schon wegen der Spielfeldgröße und der sportartspezifischen Laufwege so kurz sind, dass die Phasen der maximalen zyklischen Schnelligkeit und der

zyklischen Schnelligkeitsausdauer (Phase der negativen Beschleunigung) nie erreicht werden. Dieser Sachverhalt ist für die methodische Gestaltung des Trainings zu beachten.

Die zweite Verlaufsform mit hohem Allgemeinheitsgrad trifft für Sportarten und -disziplinen zu, die den Zeitpunkt des Beschleunigungsbeginns selbst wählen können und bei denen damit die Reaktion auf einen von außen wirkenden Reiz entfällt (Martin et al. 1993). In diesem Fall können wir in der Regel von einem 2- und in seltenen Fällen von einem 3-phasigen Verlauf der Schnelligkeitsleistung ausgehen: Beschleunigungsfähigkeit, maximale Schnelligkeit und unter Umständen noch als dritte Phase die Schnelligkeitsausdauer (Phase der negativen Beschleunigung). Als Beispiel können der Anlauf zum Weit-, Hoch-, Drei- und Stabhochsprung in der Leichtathletik oder auch der Anlauf zum Pferdsprung im Turnen angeführt werden. In diesen Beispielen geht die Beschleunigung nahtlos in die eigentliche Schnelligkeitsleistung über.

Für beide Verlaufsformen gilt, dass die Beschleunigungsphase umso länger dauert, je größer die zu überwindenden äußeren Widerstände in Form eines Gerätes, Gegners, des eigenen Körpers oder Teilen davon sind.

Training der motorischen Schnelligkeit

Nachfolgend werden trainingsmethodische Vorschläge zur Verbesserung der Reaktionsschnelligkeit, Beschleunigungsfähigkeit, maximalen Schnelligkeit und Schnelligkeitsausdauer gemacht. Neben einem sorgfältigen Aufwärmen zur Erhöhung der Körpertemperatur und damit zur Verbesserung der Kontraktionsgeschwindigkeit verdient die technische Beherrschung der anschließenden Bewegungsaufgabe besondere Beachtung. Die maximale Bewegungsschnelligkeit lässt sich nur dann verbessern, wenn die Bewegungsabläufe technisch mit großer Präzision beherrscht werden. Für die praktische Trainingsgestaltung bedeutet dies: zuerst die Bewegungsabläufe bei mittleren bis submaximalen Intensitäten (Geschwindigkeiten) technisch erlernen und erst bei stabiler Technik mit maximal schnellen Bewegungen arbeiten (Martin et al. 1993).

Training der Reaktionsschnelligkeit

Für die *Einfachreaktion* besteht das Trainingsziel in einer Verbesserung der psychophysischen Voraussetzungen, um auf einen von außen einwirkenden Reiz schnellstens mit einer einfachen und feststehenden Aktion zu reagieren. Bei *Auswahlreaktionen* soll die Fähigkeit verbessert werden, auf wechselnde ähnliche und auch neue Reize schnell und erfolgreich zu reagieren.

Verbessert werden diese Trainingsziele durch ein abwechslungsreiches Üben. Dabei sollen die Rahmenbedingungen immer wieder verändert werden: Reaktionsübungen aus dem Stand, dem Sitz oder einer liegenden Position. Auch können Art (akustisch, visuell, taktil) und Stärke (schwach, stark, laut, leise, hell, dunkel) des Signals variiert werden. Neck- und Fangspiele jedweder Couleur sind nicht nur für Kinder und Jugendliche geeignet. Die Wiederholungen liegen bei etwa 3–5 mit Pausen zwischen 1 und 3 min.

Spezifisch lässt sich die einfache Reaktionsschnelligkeit natürlich durch Startübungen aus der sportartspezifischen Startsituation am effektivsten verbessern. Also z. B. in der Leichtathletik aus dem und im Schwimmen vom Startblock. Für die Verbesserung der Auswahlreaktion bedeutet ein spezifisches Training, immer wieder neue und ungewohnte Situationen in der jeweiligen Sportart zu schaffen, die mit einer aus einer Auswahl zur Verfügung stehender und beherrschter Techniken adäquat, schnell und erfolgreich beantwortet werden müssen. Wettkämpfe und wettkampfnahe Trainingsformen sind wirksame Mittel. Auch eine jahrelange Erfahrung des Sportlers wirkt sich günstig auf die Antizipationsfähigkeit aus. Im Leistungssport werden Spielanalysen und Videoaufnahmen der gegnerischen Mannschaft oder des direkten Gegenspielers vorgenommen, um typische und meist sich oft wiederholende Merkmale herauszufiltern und die eigene Antizipationsfähigkeit daraufhin zu trainieren.

Beeinflusst wird die Reaktionszeit durch den Trainingszustand, die Konzentration, Motivation, Ermüdung und Lärm aus der Umgebung. Bei einsetzender Ermüdung ist das Training der Reaktionsschnelligkeit zu beenden, Lärm aus der Umgebung sollte im Training vor wichtigen Entscheidungen einbezogen und simuliert werden.

Training der Beschleunigungsfähigkeit

Die *Beschleunigungsfähigkeit* gewinnt immer dann am Bedeutung, wenn der eigene Körper, Teilkörper, Gegner oder ein Sportgerät in kurzer Zeit eine möglichst hohe Endgeschwindigkeit erreichen muss. Beschleunigungsfähigkeit beinhaltet die Fähigkeit einer maximalen Zunahme an Geschwindigkeit pro Zeit. Physikalisch bedeutet Beschleunigung (a) demnach Geschwindigkeitsdifferenz (Δv) durch Zeitdifferenz (Δt). Eine hohe Beschleunigung ist stark von der spezifischen Bewegungskoordination und der Schnellkraft abhängig. Müssen hohe äußere Widerstände (z. B. das Körpergewicht, Speere, Kugeln oder Bälle) überwunden werden, gewinnt zusätzlich die Höhe der Maximalkraft an Bedeutung. Sind die äußeren Widerstände eher gering, tritt die intermuskuläre Koordination in den Vordergrund.

Beispiel für die Notwendigkeit einer hohen Beschleunigungsfähigkeit ist der Sprintlauf. Hier versucht der Sportler nach der Reaktion und dem Start, bereits auf den ersten Schritten des Laufs eine möglichst hohe Geschwindigkeit zu erreichen. Je nach Leistungsfähigkeit kann die Beschleunigung über 25–60 m aufrechterhalten

Tab. 4.20 Exemplarische Übungsfolgen für ein Komplextraining der unteren bzw. oberen Extremitäten

Übung	Untere Extremitäten	Obere Extremitäten	Intensität	Wdh.	Ausführung
allgemein	Kniebeuge oder Legpress	Bankdrücken oder Überzüge	90–95 %	2	explosiv
vielseitig-zielgerichtet	Sprünge, z. B. Hürdensprünge oder Tiefsprünge	Würfe oder Stöße, z. B. mit Medizinball	(1–3 kg)	3–5	explosiv
spezifisch	wettkampfnah bzw. Wettkampfbewegung (z. B. Sprint oder Sprung)	wettkampfnah bzw. Wettkampfbewegung (z. B. Würfe, Schläge, Stöße)	maximal	2–3 (1 bei Sprint)	explosiv

2–3 Serien, Wiederholungspause: keine, Serienpause: mindestens 6 min; Wdh. = Wiederholungen

werden, wobei die besseren Sprinter auch höher und länger beschleunigen.

Für die Beschleunigungsfähigkeit steht als Trainingsziel im Vordergrund, möglichst schnell und gegebenenfalls zum optimalen Zeitpunkt eine maximale Geschwindigkeit zu erreichen. Möglichst schnell die maximale Geschwindigkeit zu erreichen gilt vor allem für zyklische Schnelligkeit wie Laufen oder Schwimmen. Die maximale Geschwindigkeit zum optimalen Zeitpunkt (in der Regel am Bewegungsende) zu erreichen gilt insbesondere für Würfe, Stöße, Schüsse und kompositorische Sportarten und -disziplinen (Drehungen um die eigenen Körperachsen).

Allgemein verbessert werden diese Trainingsziele durch eine gute intermuskuläre Koordination, eine möglichst hohe Schnellkraft und bei hohen zu überwindenden Widerständen zusätzlich zu einer hohen Maximalkraft. Trainingsmethodisch stehen zur Verbesserung der Maximalkraft die Methoden der submaximalen Kontraktionen bis zur Erschöpfung und die Methoden der maximalen und supramaximalen Kontraktionen zur Verfügung, zur Verbesserung der Schnellkraft die Methoden der maximalen und supramaximalen Kontraktionen und die Reaktivkraftmethoden (s. Kap 4).

Komplexmethode. Als Übergangstraining von einem allgemeinen zu einem spezifischen Training oder als Variation zu diesen wird gern die Komplexmethode oder das Komplextraining eingesetzt. In der Komplexmethode werden 2–3 Übungen zu einer Serie oder zu chronologisch aufeinander aufbauenden Serien in einer Trainingseinheit vereint. Die Zusammensetzung einer Serie oder einer Trainingseinheit erfolgt aus einer allgemeinen Übung, einer vielseitig-zielgerichteten Übung und einer spezifischen Übung. Grundgedanke hinter dieser Vorgehensweise ist die Schaffung eines Transfers (eine positive Übertragung, Martin et al. 1993) von allgemeinen Übungen in die spezifische Bewegung der Wettkampfsituation. Zweiter Gedanke hinter der Komplexmethode ist die Schaffung guter neuronaler Erregungszustände durch die allgemeine oder vielseitig-zielgerichtete Übung (tonisierende muskuläre Arbeit), um in der anschließenden spezifischen (wettkampf- oder wettkampfnahen) Übung auf der Basis eines hohen neuromuskulären Erregungsniveaus (positive Nachwirkung der vorhergehenden tonisierenden Arbeit) schnellstmöglich und explosiv zu agieren (Werchoschanski 1988, 1995).

Die Qualität im Sinne höchstmöglicher Bewegungspräzision und Kraftentwicklung jeder einzelnen Übung steht im Vordergrund. Ein Ermüdungseffekt während der Durchführung soll demnach vermieden werden. Um diesen Effekt zu erreichen, sollen für die allgemeine Übung (Kraftübung mit Gerät oder Hantel) mit maximalen Kontraktionen (90–95 % vom EWM) nur wenige, maximal 2–3 Kontraktionen durchgeführt werden. Bei der vielseitig-zielgerichteten Übung (z. B. Sprünge und Würfe) und der spezifischen Übung bleiben die Wiederholungszahlen in einem Bereich, der nicht ermüdet (4–6 Wiederholungen). Die Serienzahl liegt bei 2–6. Die Serienpause ist so lange zu wählen, dass eine vollständige Erholung stattfinden kann. Das sind bei Beanspruchungen auf neuronal hochgradige Belastungen im Minimum 6 min (Werchoschanski 1988, 1995). Entscheidend für das Trainingsende in der Komplexmethode ist die Qualität der Bewegungsausführung. Lässt diese nach, wird das Training beendet bzw. in einen ergänzenden Schwerpunkt verlagert. Exemplarische Übungsfolgen für die untere und obere Extremität sind in der Tabelle 4.14, S. 209 wiedergegeben. Es müssen nicht 3 Übungen kombiniert werden, oft werden auch nur 2 miteinander verbunden.

Wettkampfnahes Training. Speziell erfolgt das Training der Beschleunigungsfähigkeit durch disziplin- und wettkampfnahe Intensitäten und Bewegungsformen, bei denen häufig auch gegen einen höheren Widerstand gearbeitet werden muss. Durch den höheren Widerstand soll die Kraftkomponente der Bewegung betont werden. Das Ziel besteht nicht in einer Erschöpfung des Sportlers, sondern vielmehr in einer Stimulierung des neuromuskulären Systems (Werchoschanski 1992). Für das Laufen wird der Widerstand durch Bergauflaufen, Gegenwindläufe, das Ziehen von Autoreifen oder speziellen Trainingsfallschirmen, Gummibändern, Seilbremssystemen nach dem Flaschenzugprinzip als Widerstand etc. erhöht. Bei Wurfbewegungen kommen schwerere Wettkampfgeräte zum Einsatz. In allen Fällen eines Trainings mit höheren

Widerständen sollen diese so gewählt werden, dass das neuromuskuläre Innervationsverhalten (intra- und intermuskuläre Koordination) nicht oder nur minimal von dem unter Wettkampfbedingungen abweicht (Schnabel et al. 2007). Dazu dürfen die erhöhten Widerstände nur leicht (etwa 10%) über den spezifischen Widerständen liegen. Zum Beispiel liegt beim Kugelstoßwettkampf der Männer das Gewicht der Kugel bei 7,25 kg. Soll mit erhöhtem äußerem Widerstand trainiert werden, wird dies mit der 8-kg-Kugel erfolgen.

Die Länge der Beschleunigungsstrecke soll sich an den Wettkampfbegebenheiten orientieren. Für den leichtathletischen Sprint können Beschleunigungsläufe – je nach Leistungsfähigkeit – durchaus 30–50 M lang sein, in den Spielsportarten sind die Strecken erheblich kürzer und bei Wurfbewegungen und Sprüngen ist die zur Verfügung stehende Strecke und damit die Möglichkeit zur Beschleunigung noch einmal deutlich kürzer.

Als Trainingsmethoden stehen die Wiederholungsmethode und seltener die Wettkampf- und Kontrollmethode zur Verfügung. Beide Methoden zeichnen sich durch submaximale bis maximale Intensitäten, vollständige Erholungspausen und wenige Wiederholungen aus. Kriterium für die nächste Wiederholung ist die vollständige Erholung. Bei Verlust der Bewegungsqualität oder der -intensität durch Ermüdung wird das Training beendet.

Training der maximalen Schnelligkeit

Der *maximalen Schnelligkeit* oder auch der *Frequenzschnelligkeit* kommt insbesondere bei zyklisch schnellen Bewegungen eine wichtige Rolle als leistungsbestimmender Faktor zu. Sie wird erfasst in der Anzahl der Bewegungen pro Zeiteinheit. Meist wird als Zeiteinheit eine Sekunde gewählt und die Anzahl pro Sec wird dann in Hertz (Hz) wiedergegeben. Oft wird die maximale Schnelligkeit auch als Geschwindigkeit in m pro sec (m/s) oder km pro Stunde (km/h) angegeben. Im Boxen ist die Schlagfrequenz ein Leistungsmerkmal, im Bahnradsprint kommt der Trittfrequenz eine große Bedeutung zu, ebenfalls im Sprintlauf. Dort resultiert die erreichte Laufgeschwindigkeit aus Schrittlänge und Schrittfrequenz. Ball- und Spielsportler versuchen eher mit kleinräumigen Schritten und einer hohen Schrittfrequenz die Reaktionsfähigkeit auf Gegner und Mitspieler zu erhalten. Eine große Schrittlänge mit langer Flugphase ist dafür ungeeignet. Neben Kraft und Schnellkraft gewinnt für das Erreichen einer maximalen Schnelligkeit die intermuskuläre Koordination an Bedeutung. Der wohlkoordinierte Wechsel von Anspannung und Entspannung der Antriebsmuskulatur ist für Leistungen im Bereich der zyklischen maximalen Schnelligkeit von entscheidender Bedeutung. Die maximale zyklische Schnelligkeit wird meist komplex in Verbindung mit einer vorangegangenen Beschleunigungsphase trainiert. Am Ende der Beschleunigungsphase geht diese nahtlos in den Bereich der maximalen Schnelligkeit über (Schnabel et al. 2007).

Probleme. In einer schlecht abgestimmten Koordination von Agonist und Antagonist wird nicht nur die Ursache für submaximale Leistungen, sondern auch für häufig auftretende Verletzungen an tendomuskulären Strukturen gesehen.

Weitere Probleme mit dem Training der maximalen Schnelligkeit treten dann auf, wenn sich eine „Geschwindigkeitsbarriere“ aufgebaut hat (Osolin 1970). Trotz eines forcierten Trainings erfolgt keine Progression in der Leistungsentwicklung. Als Ursache für diese Barriere werden entweder eine fehlerhafte oder einseitige und monotone Trainingsgestaltung gesehen. Die Erregungsmuster im zentralen Nervensystem sind in Bezug auf das Bewegungsmuster und räumliche – (z. B. die Schrittlänge) sowie zeitliche (z. B. die Schrittfrequenz) Merkmale eingeschliffen und lassen ohne gravierende Maßnahmen keine Leistungssteigerung mehr zu. Als methodische Konsequenz soll das Training variabel gestaltet werden (Prinzip der variablen Trainingsgestaltung). Als Methoden werden dann die Variable Methode oder die Kontrastmethode eingesetzt.

Trainingsmethode. Als Trainingsmethode kommt wie schon beim Training der Beschleunigungsfähigkeit die Wiederholungsmethode und seltener die Wettkampf- und Kontrollmethode zum Einsatz. Als spezielle Varianten werden variable Methode und Kontrastmethode verwendet. Die Intensitäten liegen bei 90% (submaximal), 100% (maximal) und über 100% (supramaximal). Es empfiehlt sich, die Belastungsdauer pro Wiederholung auf 5–6 sec zu beschränken. In diesem Zeitfenster kann die benötigte Energie auf anaerob alaktazidem Weg über das Kreatinphosphat bereitgestellt werden, das schnellstmögliche Bewegungen erlaubt. Aus energetischer Sicht wäre eine Pausendauer von 3 min ausreichend; wird eine mögliche neuronale Ermüdung mit berücksichtigt, sollte die Pause zwischen den Wiederholungen mindestens auf 6 min angesetzt werden. Anzeichen einer beginnenden Ermüdung, die durch eine verlängerte Pause nicht erfolgreich aufgelöst werden kann, führen auch dann zur Beendigung des Trainings, wenn in der Trainingsplanung mehr Wiederholungen vorgesehen waren.

Allgemeine Trainingsformen sind unspezifische Bewegungen mit kleiner Amplitude und höchster Frequenz. Dazu zählen z. B. Arm- und Beintappings in stehender, sitzender oder liegender Position, Trittfrequenztraining auf dem ungebremsten Radergometer, schnellstmögliche und präzise Ballwechsel im Tischtennis und das „Leitertraining“ in Spielsportarten. Alle Übungen aus dem leichtathletischen Lauf- und Sprung-Abc wie z. B. Tripplings, Skippings, Anfersen, Kniehebeläufe, Steps, Übersprünge und Tiefsprünge können hier unter der Prämisse maximaler Frequenzen

und kürzester Bodenkontaktzeiten zum Einsatz kommen. Für die Sportspiele werden die Bewegungsabläufe angepasst. Im Unterschied zum leichtathletischen geradlinigem Lauf-Abc werden dann insbesondere rechts – links, vorwärts – rückwärts und diagonale Bewegungsrichtungen gewählt. Eine umfassende Übersicht von Übungsbeispielen findet sich z. B. bei Voss et al. 2007, Schöllhorn 2003, Brown et al. 2005 und Dintiman u. Ward 2003.

Die Entwicklung der sportartspezifischen Schnelligkeit erfolgt über sportartspezifische Trainingsformen. Spezielle Trainingsformen erfolgen dann in wettkampfnahen und sportartspezifischen Bewegungsabläufen. In diesen Fällen ist das Training der maximalen Schnelligkeit im Sinne der Frequenzschnelligkeit immer mit einer vorangehenden Beschleunigungsphase gekoppelt. Die maximale Schnelligkeit geht nahtlos aus der Beschleunigungsphase hervor. Für den leichtathletischen Sprint werden Steigerungsläufe über 60–120 m und fliegende Sprints (s. Kap. 2) über 20–40 m nach vorangegangener Beschleunigungsphase gewählt. „Ins and Outs" im Wechsel von 10 oder 20 m (Gesamtlänge 60–120 m) sollen dem Athleten das Gefühl für den Wechsel von angespanntem und entspanntem Laufen vermitteln. In der „In-Phase" wird mit höchster willkürlichen Anstrengung versucht, die Schnelligkeit zu erhöhen. In der „Out-Phase" soll ein „entspanntes" Laufen die erreichte Schnelligkeit erhalten bzw. in letzter Konsequenz weiter erhöhen. Dieser scheinbare Widerspruch lässt sich immer dann realisieren, wenn die intermuskuläre Koordination von Agonist und Antagonist auf höchstem Niveau entwickelt ist. Topsprinter erreichen ihr Niveau nur durch ständiges Koordinationstraining. Es gehört dort in fast jede Trainingseinheit.

Training unter erleichterten Bedingungen. Eine weitere wichtige Trainingsform stellt das Training unter erleichterten Bedingungen dar. Grundgedanke hinter dieser Vorgehensweise ist der Wunsch, damit höhere Bewegungsgeschwindigkeiten und Frequenzsteigerungen im Vergleich mit Normalbedingungen zu erreichen (Werchoschanski 1992). Für Würfe und Stöße werden dazu leichtere Gewichte benutzt. Ein Kugelstoßer wählt dann ein Kugelgewicht, das etwa 10 % unter dem Wettkampfgewicht liegt. Speerwerfer wählen leichtere Speere und Handballspieler leichtere Handbälle.

Erleichterte Bedingungen im Laufen mit supramaximalen Geschwindigkeiten schaffen Bergabsprints, Läufe mit Rückenwind, Sprints unter Zugbedingungen. Supramaximale Geschwindigkeiten sind ohne unterstützende Maßnahmen willkürlich nicht erreichbar. Das heißt also, dass mit den unterstützenden Maßnahmen in Geschwindigkeitsbereiche vorgedrungen werden kann, die einen hohen Neuigkeitswert haben und damit Adaptationen auf neuronaler Ebene auslösen. Im Ergebnis verbessern sich Schrittlänge und Schrittfrequenz mit resultierender Laufzeitverkürzung im Bereich mehrerer Zehntelsekunden innerhalb von 8–12 Wochen (Dintiman u. Ward 2003). Bei allen Trainingsformen unter erleichterten Bedingungen und mit supramaximalen Geschwindigkeiten müssen die Rahmenbedingungen so gewählt werden, dass das neuromuskuläre Innervationsverhalten (intra- und intermuskuläre Koordination) nicht oder nur minimal von dem unter Wettkampfbedingungen abweicht (Dintiman u. Ward 2003, Schnabel et al. 2007). Wird z. B. die Zugunterstützung im Sprintlauf zu stark forciert, führt dies in der vorderen Stützphase zu erhöhten Bremsimpulsen (Mero u. Komi 1990). Dies würde dem Grundgedanken, supramaximale Geschwindigkeiten zu erzielen, widersprechen. Daher dürfen die leichteren Gewichte und unterstützenden Maßnahmen nur geringfügig von den sportartspezifischen Bedingungen abweichen.

Variable Methode. Die variable Methode verbindet erleichterte, normale und leicht erschwerte Bedingungen und versucht mit diesen Kontrasten eine Anpassung des neuromuskulären Systems an monotone und sich ständig wiederholende (meist maximale) Reize zu verhindern. Für den Lauf können z. B. Bergaufläufe, Läufe in der Ebene und Bergabläufe in einer Trainingseinheit kombiniert werden. Die Neigung bei Bergauf- und Bergabläufen ist aus Sicht einer optimalen wettkampfnahen intermuskulären Koordination gering zu halten (Werchoschanski 1992). Osolin (1970) empfiehlt für Bergabläufe ein Gefälle von 2–5 % und für Bergaufläufe eine Steigung von etwa 10 %. Dintiman u. Ward (2003) geben als ideales Gefälle 1–2,5 % und als Steigung für ein Starttraining 8 % und für die Beschleunigung etwa 3 % an. Alternativ könnte der Sportler Sprints gegen einen Widerstand (Fallschirm, Autoreifen, Seilzug) machen, dann mit Unterstützung (Zugsysteme) sprinten und schließlich einen normalen Sprint folgen lassen. Häufig erhält der Sportler die Aufgabe, nach einem Bergablauf nahtlos die erzielte supramaximale Geschwindigkeit in der Ebene über 20 oder 30 m fortzuführen. Die Laufstrecken werden zwischen 20 und 40 m gewählt, die Anzahl der Wiederholungen liegt je nach Trainingszustand pro Variante zwischen 3 und 5. Die Bewegungsgeschwindigkeit ist maximal bzw. bei den Bergabläufen supramaximal. Die Pausenzeiten zwischen den Wiederholungen sollen zur vollständigen Erholung mindestens 6 min betragen.

Für Wurf, Sprung und Stoßbewegungen können erschwerte, normale und erleichterte Bedingungen miteinander kombiniert werden. Zum Beispiel 3 Würfe mit einem schwereren, 3 Würfe mit einem leichteren Ball und 3 Würfe mit dem Normalgewicht.

Training der Schnelligkeitsausdauer

Die *Schnelligkeitsausdauer* gewinnt immer dann an Bedeutung, wenn eine einmal erreichte maximale Geschwindigkeit möglichst lange aufrechterhalten werden soll. Genau genommen zielt ein Training zur Verbesse-

rung der Schnelligkeitsausdauer auf eine zeitliche Verlängerung des Bereichs der maximalen Schnelligkeit. Die Aufrechterhaltung maximaler Geschwindigkeiten ist energetisch von der Verfügbarkeit energiereicher Phosphate Adenosintriphosphat und Kreatinphosphat, einer hohen Laktatbildungsrate und neurophysiologisch von der neuromuskulären Signalübertragung und den dafür zuständigen Transmittersubstanzen abhängig. Selbst die schnellsten Sprinter schaffen es nicht, die 100-m-Distanz ohne Geschwindigkeitsverlust zu durchlaufen. Nach etwa 7–9 sec maximale Geschwindigkeit nimmt diese ab. Siehe dazu auch die Tabelle 2.24 im Kapitel 2.3.4 (Leistungsdiagnostische Testverfahren).

Maximale Geschwindigkeiten und Schnelligkeitsausdauer, wie sie im leichtathletischen Sprint und im Bahnradsport von Bedeutung sind, spielen in den meisten Sportspielen wie Handball, Fußball und Basketball keine Rolle. Spielfeldgröße, Spieltaktik, Mitspieler und Gegnereinwirkung begrenzen zyklische Sprints meist auf wenige Meter. Und auf diesen ersten Metern ist es ausschließlich die Beschleunigungsschnelligkeit, die schnelle von weniger schnellen Spielern trennt (Schlumberger 2006) und damit in diesen Sportarten schwerpunktmäßig trainiert werden muss. Als eine besondere Form der Schnelligkeitsausdauer kann man aber in den Sportspielen wegen der dominant azyklischen Bewegungsstruktur von einer Beschleunigungsausdauer sprechen (Grosser 1991). Sie tritt immer dann auf, wenn in Spiel- oder Kampfsportarten wiederholend hintereinander mit mehr oder weniger kurzen Pausen über die gesamte Spielzeit Beschleunigungsaktionen im Sinne von Sprints, Richtungswechseln, Würfen und Sprüngen zu erbringen sind.

Die Abnahme der zyklischen maximalen Schnelligkeit ist eng korreliert mit der Speicherentleerung energiereicher Phosphate und der kompensatorisch verstärkt einsetzenden glykolytischen Energiebereitstellung (Hollmann u. Strüder 2009). Ein wichtiges Trainingsziel zur Verbesserung der Schnelligkeitsausdauer in zyklischen Bewegungsformen besteht in einer Vergrößerung der Speicherkapazität von Kreatinphosphat. Für die Verbesserung der Schnelligkeitsausdauer in Kampf- und Spielsportarten (Beschleunigungsausdauer) steht eine Verkürzung der Erholungszeit nach vorangegangener Beschleunigung im Vordergrund.

Den physiologischen Reiz zur Vergrößerung dieser Speicher erfährt die Zelle durch eine tiefe und sich wiederholende Entleerung dieser Speicher. Umgangssprachlich wird dieses Training auch Speichertraining oder Kapazitätstraining genannt. Zur Verkürzung der Erholungszeiten hat sich eine gute Grundlagenausdauer (s. Kap. 4) bewährt, die zusätzlich sportartspezifisch durch den systematischen Wechsel von Belastung und Erholung (Intervalltraining) gesteigert werden kann.

Als Trainingsmethoden bieten sich die intensive Intervallmethode sowie die Wiederholungsmethode an. Da es sich um eine Verbesserung der Schnelligkeitsausdauer handelt soll die Intensität bei 90–100 % von der maximal möglichen Geschwindigkeit liegen. Für eine Belastung bei 90 % wird die intensive Intervallmethode als Kurzzeitintervall gewählt. Im Kurzzeitintervall liegen die Belastungszeiten bei 4–20 (maximal 30) sec. Letztlich sollen die Belastungszeiten sportart- bzw. disziplinspezifisch gewählt werden. Die Energiebereitsstellung erfolgt bei Belastungszeiten bis etwa 6 sec in erster Linie anaerob alaktazid über Adenosintriphosphat und Kreatinhosphat, bei darüber hinausgehenden Belastungszeiten zusätzlich über die Glykolyse (anaerobe laktazide Energiebereitstellung). Die Wiederholungszahlen sind wegen der hohen Intensität eher gering und liegen bei 8–12 Wiederholungen. Zwischen den Wiederholungen wird eine lohnende Pause eingelegt. Damit die hohe Intensität über alle Wiederholungen aufrechterhalten werden kann, wird nach einigen Wiederholungen (z. B. nach 3–5 Wiederholungen) eine längere Serienpause eingeschoben. Kann trotz längerer Pausen durch den Einfluss einsetzender Ermüdung die Intensität nicht auf dem notwendigen Niveau beibehalten werden, ist das Training auch dann zu beenden oder in einen anderen Schwerpunkt zu verlagern, wenn die geplanten Wiederholungszahlen noch nicht vollständig absolviert wurden. Als Serienpause eignen sich bei Belastungszeiten von 6–10 sec wegen der schnellen Restitution des Kreatinphosphats 3 min. Soll auch eine eingetretene neuronale Ermüdung ausgeglichen werden, müssen 6 min Pause eingeplant werden.

Beispiel

3 Serien à 3–4 Sprints über 40–60 m mit 90 % der maximalen Geschwindigkeit. Die Pause zwischen den Wiederholungen ist eine lohnende Pause und die Pause zwischen den Serien beträgt 3-6 min.

Ist bei längeren Belastungszeiten (bis 30 sec) und höchsten Intensitäten (Wiederholungsmethode) mit einer hohen Beteiligung der anaeroben laktaziden Energiebereitstellung zu rechnen und ist infolgedessen eine hohe metabolische Azidose entstanden, wird zur Einschätzung der Pausendauer die Halbwertszeit für den Laktatabbau zugrunde gelegt. Diese beträgt in Abhängigkeit vom Trainingszustand, Laktatkonzentration und aktiver oder passiver Pausengestaltung im Mittel etwa 10–20 min (Heck 1990). In der Trainingspraxis resultieren daraus Pausenzeiten von 15–40 min.

Beispiel

3–5 Wiederholungen über 120 m mit annähernd 100 % Intensität. Die Pause zwischen den Wiederholungen muss eine vollständige Pause sein, damit die Intensität auf höchstem Niveau gehalten werden kann. Individuell wählen Sprinter dann Pausen zwischen 15 und 60 min.

In Spielsportarten kann mit der intensiven Intervallmethode und der Wiederholungsmethode ein spezifisches Schnelligkeitsausdauertraining (Beschleunigungsausdauer) trainiert werden. Dazu können Intensität, Wiederholungs- und Serienzahlen sowie die Pausendauer methodenspezifisch eingesetzt werden. Die Laufwege sollten dann aber sportartspezifisch gestaltet werden. Es werden Beschleunigungs- und Abbremsvorgänge, Richtungsänderungen, Seitbewegungen und unter Umständen eine abschließende Sprung-, Schuss- oder Wurfbewegung integriert.

Auch wenn Kampf- und Spielsportler zur Verbesserung der Erholungsfähigkeit von einem Grundlagenausdauertraining nach der Dauermethode profitieren werden, muss eine strukturelle und metabolische Differenzierung der Muskelfasern in Richtung FT_O verhindert werden. Dies würde bei einer starken Betonung des Grundlagenausdauertrainings mittels der Dauermethode eintreten und die Schnelligkeit negativ beeinflussen. Ein intensives Intervalltraining zur Verbesserung der sportartspezifischen Schnelligkeitsausdauer stellt in diesem Zusammenhang sicher eine sinnvolle Alternative bzw. Ergänzung dar.

Konzeptionelle Überlegungen zum systematischen Aufbau der Schnelligkeit nach Verletzungen

In der Rehabilitation nach Sportverletzungen kann die systematische Reihe in **Abb. 4.31** zur Entwicklung der Schnelligkeit eine Hilfe sein. Dabei haben wir versucht, dem vielseitigen Einfluss auf die Schnelligkeit durch Kraft, Ausdauer und Koordination Rechnung zu tragen. In der frühen Rehabilitationsphase stehen Atrophievermeidung, Sensomotorik und Wahrnehmung sowie die aerobe Ausdauer im Vordergrund. Sukzessive werden im weiteren Verlauf der Rehabilitation die motorischen Grundeigenschaften von geringen zu mittleren und zu höchsten Belastungen hin aufgebaut. Dabei verlangt es die Komplexität der Schnelligkeit, dass im gleichen Zeitraum Koordinations-, Kraft-, Ausdauer- und Schnelligkeitsmerkmale trainiert werden. Hierbei ist auf mehrere Zusammenhänge zu achten:

- Es sollte nach Möglichkeit nur das in einer Trainingseinheit oder im gleichen Zeitraum trainiert werden, was zusammenpasst. Wir haben versucht, dies auf den Rehabilitationsstufen 1–8 zu berücksichtigen. Es ist z. B. nicht möglich, nach einem Ausdauertraining mit den begleitenden Ermüdungserscheinungen noch die maximale Beschleunigungsfähigkeit oder die maximale Frequenzschnelligkeit zu trainieren. Auch vertragen sich Trainingsreize zur Verbesserung der anaeroben laktaziden Ausdauer nicht mit Trainingsreizen zur Verbesserung der Schnell- und Explosivkraft. Diese Trainingsinhalte sollen daher zeitlich voneinander getrennt geschult werden.
- Bevor mit hohen und höchsten Intensitäten trainiert wird, muss die Bewegung präzise beherrscht werden. Die intermuskuläre Koordination ist neben der intramuskulären Koordination von überragender Bedeutung zur Verbesserung der Schnelligkeit und sollte immer vor dem Training maximal schneller Bewegungen präzise beherrscht werden.
- Die aufgeführte Reihenfolge muss nicht in allen Fällen eingehalten werden. Hat keine Atrophie stattgefunden oder ist die Muskelmasse ausreichend vorhanden, kann unter Umständen auf ein Hypertrophietraining verzichtet und mit dem Training zur Verbesserung von Schnellkraft und Explosivkraft fortgefahren werden. Dies unter der Vorgabe, dass die beteiligten Gewebe eine ausreichende Verträglichkeit für höchste Gewichte, wie sie im Schnell- und Explosivkrafttraining zum Einsatz kommen, aufweisen.

Regeln und Grundsätze für das Training der Schnelligkeit

Einige Regeln und Grundsätze müssen im Training der Schnelligkeit bedacht werden:

- Der Sportler muss körperlich und geistig eine optimale Leistungsbereitschaft zeigen (nur voll konzentriert arbeiten).
- Die Intensitäten während der Belastung liegen selten unter 90%. Die meisten Trainingseinheiten erfolgen bei einer Intensität von 90–110% (110% sind nur mit Unterstützung, z. B. mit Zugunterstützung, zu erreichen).
- Die Übungsausführung orientiert sich an der Sportart und vor allem an der Zielbewegung.
- Schnelligkeitstraining findet in der Regel nach einem sorgfältigen Aufwärmen im ausgeruhten Zustand zu Beginn einer Trainingseinheit statt.
- Bei einsetzender Ermüdung, die sich auch in den Pausen nicht regeneriert, ist ein Training der Schnelligkeit nicht mehr möglich (Schnelligkeitsausdauer oder Ausprägung eines motorisch-dynamischen Stereotyps – Schnelligkeitsbarriere – auf einem niedrigen Leistungsniveau).
- Sensitive Entwicklungsphasen im Kindes- und Jugendalter sind zu berücksichtigen. Die Ausbildung elementarer Schnelligkeitsfähigkeiten wie hohe Bewegungsfrequenz und kurze Kontaktzeiten sollen vor der Ausbildung komplexer Schnelligkeitsfähigkeiten erfolgen.

Die spezifische Verbindung der Schnelligkeit zur Kraft, Schnellkraft, Koordination, Technik und Ausdauer in den jeweiligen Sportarten ist zu berücksichtigen.

Phasen der Rehabilitation	Reha-stufen	Koordination	Schnelligkeit	Kraft	Ausdauer
Umbau bzw. Organisations-phase	8	Sportartspezifische bzw. alltagsspezifische komplexe Erscheinungsformen verschiedener motorischer Fähigkeiten und Fertigkeiten Je nach Anforderung mit den unten genannten Methoden, zusätzlich die variable und die komplexe Methode			
	7	Spezielles Techniktraining unter erschwerten Bedingungen Wiederholungsmethode, Intervallmethode Sportartspezifisch	Supramaximale Schnelligkeit Wiederholungsmethode mit Unterstützung Sprints mit Zugunterstützung oder bergab, Würfe und Stöße mit leichteren Gewichten	Sportartspezifisch	Sportartspezifisch
	6	Spezielles Techniktraining sportart- und disziplinspezifisch Wiederholungsmethode, Intervallmethode Sportartspezifisch	Maximale Schnelligkeit, Wiederholungsmethode „Fliegende Sprints“, „Ins and Outs“	Explosivkraft und Reaktivkraft unter Ermüdung Reaktivkraftmethoden auf Zeit Seriensprünge über 20, 30, 40, 50 Sekunden	Sportartspezifisch
	5	Komplexe Lauf-, Sprung- und Wurfformen Wiederholungsmethode mit hoher Intensität Gehen / Laufen / Hüpfen / Springen / Stossen / Fangen / Werfen in Verbindung mit weiteren Merkmalen der Sportart	Reaktion und Beschleunigungsfähigkeit Wiederholungsmethode mit und ohne Widerstand Bergauflaüfe, Würfe und Stöße mit schwereren Bällen und Geräten	Explosivkraft und Reaktivkraft Reaktivkraftmethoden Tiefsprünge, Übersprünge, maximal reaktive Würfe und Sprünge	Anaerobe alaktazide Leistungsfähigkeit Wiederholungsmethode je nach Sportart Laufen, Schwimmen, Radfahren, etc. (erst zyklisch, später azyklisch)
	4	Spezifische Bewegungskoordination Wiederholungen mit mittlerer Intensität Gehen / Laufen / Hüpfen / Springen (Lauf ABC) Stossen / Fangen / Werfen (Wurf ABC)	Submaximale Geschwindigkeit, submaximale Beschleunigung Wiederholungen mit mittlerer Intensität Steigerungsläufe (zyklisch) von geringer bis hoher Intensität, später rechts-links, vor- und zurück, Richtungs-änderungen (azyklisch)	Schnellkraft, Explosivkraft und Maximalkraftsteigerung Methoden der maximalen Kontraktionen Krafttraining an Geräten und mit freien Gewichten	Anaerobe alaktazide Kapazität, Kreatinphosphatspeicher intensive Intervallmethode je nach Sportart Laufen, Schwimmen, Radfahren, etc. (erst zyklisch, später azyklisch)
	3	Spezifische Bewegungskoordination Wiederholungen mit mittlerer Intensität Gehen / Laufen / Hüpfen (Lauf ABC) Stossen / Fangen / Werfen (Wurf ABC)	Vorbereitung Schnelligkeit Wiederholungen mit mittlerer Intensität, extensive Intervallmethode Lauf und Sprung ABC, Wurf ABC	Maximalkraftsteigerung durch Hpertrophie* Methoden der submaximalen Kontraktionen bis zur Erschöpfung Krafttraining an Geräten und mit freien Gewichten	Anaerobe laktazide Leistungsfähigkeit Intensive Intervallmethode, Wiederholungsmethode Anaerobe laktazide Kapazität (Kohlenhydratspeicher) Dauermethode intensiv (GA2), Intervallmethode extensiv und intensiv je nach Sportart Laufen, Schwimmen, Rad-fahren, etc. (erst zyklisch, später azyklisch)
	2	Allgemeine Bewegungskoordination Wiederholungen mit geringer Intensität Gehen / Laufen (Geh- und Lauf ABC) Stossen / Fangen (Wurf ABC)		Gewebeadaptation, Belastungsverträglichkeit Kraftausdauermethoden ggf. auch mit Gewichten unter 60% von Fmax Krafttraining an Geräten und mit freien Gewichten	Grundlagenausdauer 1 und 2 Aerobe Kapazität und Leistungsfähigkeit Dauermethode GA1, GA2 z.B. Aquajogging, Radfahren, Laufen, Schwimmen
Proliferations-phase	1	Sensomotorik, Wahrnehmung		Sensomotorik Methoden zur Verbesserung der Sensomotorik Athrophievermeidung isometrische Muskelspannung, Elektrostimulation	Hohe Durchblutung für eine gute Sauerstoffversorgung und ein hohes Nährstoffangebot Dauermethode extensiv (GA1) z.B. Aquajogging

Schmerzfreiheit und uneingeschränkte Beweglichkeit sowie das Nicht Vorhandensein von Entzündungszeichen sind Voraussetzungen für die Aufnahme eines Rehabilitationstrainings.
Cave! Vorsicht bei grossen Wunden. Hohe Azidosen (Laktatkonzentrationen) können durch längere Pausenzeiten vermieden werden
Zusammengestellt von Hans-Josef Haas, Bernhard Wolf, Gerald Mitterbauer und Dietmar Schmidtbleicher (2009)
Ziele sind in roter Schrift dargestellt, Trainingsmethoden in blauer Schrift und Übungsbeispiele in grüner Schrift.

Abb. 4.31 Ein systematischer Aufbau der Rehabilitation in 8 Stufen für die motorischen Grundeigenschaften Ausdauer, Kraft, Schnelligkeit und Koordination. Zusammengestellt von Hans-Josef Haas, Bernhard Wolf, Gerald Mitterbauer und Dietmar Schmidtbleicher (2009).

Literatur

Ballreich R. Weg- und Zeit-Merkmale von Sprintbewegungen. München: Bartels u. Wernitz; 1969.

Bauersfeld M, Voß G. Neue Wege im Schnelligkeitstraining. Münster: Philipka; 1992.

Billeter R, Hoppeler H. Muscular basis of strength. In: Komi PV (ed.). Strength and power in sport. The encyclopaedia of sportsmedicine III. Oxford: Blackwell Scientific; 2003: 50–72.

Bringmann W. Zu einigen Aspekten der regelmäßigen sportlichen Tätigkeit im mittleren Lebensalter im Zusammenhang mit Gesundheit und Leistungsfähigkeit. Medizin und Sport 1980; 20: 134–138.

Brückner JP, Wilhelm A. Modellierung von individuellen Anpassungsprozessen. Leistungssport 2008; (38)2: 21–26.

Diekmann W, Letzelter M. Stabilität und Wiederholbarkeit von Trainingszuwachs durch Schnellkrafttraining im Grundschulalter. Sportwissenschaft 1987; 17: 280–293.

Dintiman G, Ward B. Sports Speed, 3th edition. Champaign (USA): Human Kinetics; 2003.

Di Prampero PE. Metabolic and circulatory limitations to $VO_{2\,max}$ at the whole animal level. Journal of Experimental Biology 1985; 115: 319–332.

Duchateau J. Effects of strength training on motor unit firing behaviour – implications for rate of force development. In: Aagaard P, Madsen K, Magnusson P, Bojsen-Møller J (ed.). Strength training for sport, health, aging and rehabilitation. 5th International Conference on Strength Training. Odense: University of Southern Denmark; 2006: 51–55.

Edman KAP, Regiani C, Schiaffino S, Te Kronnie G. Maximum velocity of shortening related to myosin isoform composition in frog skeletal muscle fibers. J Physiol 1988; 395: 679.

Faigenbaum A. Strength training in children and adolescents: Adaptive responses, performance and safety aspects. In: Aagaard P, Madsen K, Magnusson P, Bojsen-Møller J (ed.). Strength training for sport, health, aging and rehabilitation. 5th International Conference on Strength Training. Odense: University of Southern Denmark; 2006: 70–73.

Fiatarone M, Marks M, Ryan N, Meredith C, Lipschitz L, Evans W. High-intensity strength training in nonagenarians. Journal of the American Medical Association 1990; 263: 3039–3034.

Fleck S. Strength training in explosive-type sports: Sprinting. In: Aagaard P, Madsen K, Magnusson P, Bojsen-Møller J (ed.). Strength training for sport, health, aging, and rehabilitation. 5th International Conference on Strength Training. Odense: University of Southern Denmark; 2006: 27–31.

Frick U, Wirth K, Schlumberger A, Schmidtbleicher D. Recovery following muscle hypertrophy strength training session with different training regiments – eccentric versus concentric muscle action. In: Avela J, Komi PV, Komulainen J. (eds.). Proceeding of the 5th annual congress of the european college of sport science. Jyväskylä, Finnland: 2000; 270.

Gollhofer A. Proprioceptive Training: Considerations for strength and power production. In: Komi P (ed.). Strength and power in sport. The encyclopaedia of sportsmedicine III. Oxford: Blackwell Scientific; 2003: 331–342.

Gollhofer A. Komponenten der Schnellkraftleistungen im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus. Erlensee: SFT-Verlag; 1987.

Granacher U. Neuromuskuläre Leistungsfähigkeit im Alter: Auswirkungen von Kraft- und sensomotorischem Training. Geislingen: Maurer; 2003.

Grosser M. Schnelligkeitstraining. München: BLV Sportwissen; 1991.

Grosser M., Renner T. Schnelligkeitstraining. München: BLV Sportwissen; 2007.

Gruber M, Bruhn S, Gollhofer A. Specific adaption of neuromuscular control and knee joint stiffness following sensormotor training. Int J Sportsmed 2006; 27: 636–641.

Güllich A, Schmidtbleicher D. Struktur der Kraftfähigkeiten und ihrer Trainingsmethoden. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 1999; 50(7 + 8): 223–234.

Häkkinen K. Aging and neuromuscular adaption to strength training. In: Komi PV (ed.). Strength and power in sport. The encyclopaedia of sportsmedicine III. Oxford: Blackwell Scientific; 2003: 409–425.

Heck H. Laktat in der Leistungsdiagnostik. In: Grupe O, Heinemann K, Lenk F, Weickert H (Hrsg.). Wissenschaftliche Schriftenreihe des Sportbundes – Band 22. Schorndorf: Hofmann; 1990.

Hemmling G. Anpassungen des neuromuskulären Systems an eine neu entwickelte Trainingsmethode. Köln: Sport und Buch Strauß; 1994.

Hill AV. The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. Proceedings of the physical Society 1938; 126: 136–195.

Hill AV. The design of muscles. Br Med Bull 1956; 12: 165.

Hollmann W, Hettinger T. Sportmedizin – Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin. 4. Auflage. Stuttgart, New York: Schattauer; 2000.

Hollmann W, Strüder H. Sportmedizin. 5., völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart, New York: Schattauer; 2009.

Howald H. Veränderungen der Muskelfasern durch Training. Leistungssport 1989; 19: 18–24.

Huxley AF. Muscle structure and theories of contraction. Progress in Biophysics and Chemistry 1957; 7: 255–318.

Huxley AF, Taylor RE. Local activation of striated muscle fibres. Journal of Physiology 1958; 144: 426–441.

Huxley AF. The Croonian Lecture 1967. The activation of striated muscle and its mechanical response. Proceeding of the R. Soc. London, Sec. B 1971; 178: 1–27.

Israel S. Age-related changes in strength and special groups. In: Komi PV (ed.). Strength and power in sport. The encyclopaedia of sportsmedicine III. Oxford: Blackwell Scientific; 1992: 319–328.

Jakowlew NN. Erweiterung des Regulationsbereichs des Stoffwechsels bei Anpassung an verstärkte Muskeltätigkeit. Medizin und Sport 1976; 16: 66–70.

Jungmann H, Markworth GP. Untersuchungen der Reaktionszeiten bei Sportlern verschiedener Disziplinen. In: Jungmann H (Hrsg.). Sportwissenschaftliche Untersuchungen während der XX. Olympischen Spiele München 1972. Gräfelfing: Demeter; 1976.

Korhonen M, Mero A, Suominen H. Age-related-differences in 100-m-sprint performance in male and female master runners. Medicine & Science in Sport and Exercise 2003; 1419–1428.

Knuttgen HG, Komi PV. Basic considerations for exercise. In: Komi PV (ed.). Strength and Power in Sport. 2nd edition. Malden (USA): Blackwell Science; 2003: 3–7.

Laube W. Das Sensomotorische System. Stuttgart: Thieme; 2009.

Lehmann F. Schnelligkeitstraining im Sprint, Problemanalyse, neueste wissenschaftliche Erkenntnisse, Konsequenzen für das Kinder- und Jugendtraining. Leichtathletiktraining 1993; 4(5/6): 9–16.

Lexell J, Taylor C, Sjörstöm M. What is the cause of the aging athrophy? Total number, size and proportion of different fibre types studied in whole vastus lateralis muscle from 15 to 83-years old men. Journal of the Neurological Sciences 1988; 84: 75–294.

Lühnenschloß D, Dierks B. Schnelligkeit. Praxis Ideen, Band 16. Schorndorf: Hofmann; 2005.

Macek M. Alter und allgemeine Entwicklung bei Kindern und Jugendlichen. In: Dirix A., Knuttgen H., Tittel K. (Hrsg.). Olympiabuch der Sportmedizin. Köln: Deutscher Ärzte Verlag; 1989: 257–261.
Martin D, Carl K, Lehnertz K. Handbuch Trainingslehre. Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport. Schorndorf: Hofmann; 1993.
Mero A, Komi PV. Auswirkungen stimulierter supramaximaler Sprints auf die neuromuskuläre und anaerobe Leistung. Leistungssport 1990; 1: 33–35.
Moritani T. Motor unit and motoneurone excitability during explosive movement. In: Komi P (ed.). Strength and Power in Sport. 2nd edition. Malden (USA): Blackwell Science; 2003: 27–49.
Neumann G, Pfützner A, Berbalk A. Optimiertes Ausdauertraining. Aachen: Meyer & Meyer; 2001.
Nielsen L. Strength training in explosive-type sports: Athletics-jumping. In: Aagaard P, Madsen K, Magnusson P, Bojsen-Møller J (ed.). Strength training for sport, health, aging, and rehabilitation. 5th International Conference on Strength Training. Odense: University of Southern Denmark, 2006: 32–37.
Noth J. Entwicklung neurophysiologischer Parameter der Motorik. In: Baur J, Bös K, Singer R (Hrsg.). Motorische Entwicklung – ein Handbuch. Schorndorf: Hofmann; 1994: 93–105.
Oberbeck H. Eine Längsschnittstudie zum Schnellkrafttraining mit einem Minimalprogramm im Seniorenalter. In: Becker U (Hrsg.). Leichtathletik im Lebenslauf. Aachen: Meyer & Meyer; 1994: 416–418.
Osolin NG. Wie wird man schneller? Die Überwindung der Schnelligkeitsbarriere. Lehre der Leichtathletik 1970; 25: 881.
Osolin NG. Sprint und Schnelligkeitsausdauer. Lehre der Leichtathletik 1972; 12: 416.
Pollock ML et al. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness and flexibility in health adults – Position Stand of the American College of Sports Medicine. Med Sci Sports Exerc 1998; 30: 975–991.
Platanov W. Warum die „Superkompensation“ nicht Grundlage der Strukturierung des Trainings sein kann. Leistungssport 2008; (38)2: 15–20.
Schiffer J (Hrsg.). Schnelligkeit – trainingsmethodische, biomechanische, leistungsphysiologische und leistungsdiagnostische Aspekte. Bibliografie. Köln: Strauß; 1993.
Schlumberger A. Sprint und Sprungkrafttrainig bei Fußballspielern. Dtsch Z Sportmed 2006; 5: 125–131.
Schmidtbleicher D. Maximalkraft und Bewegungsschnelligkeit. Bad Homburg: Limpert; 1980.
Schmidtbleicher D. Training of power events. In: Komi PV (ed.). Strength and power in Sports. Encyclopaedia of sportsmedicine III. Oxford: Blackwell Scientific; 1992: 381–395.
Schmidtbleicher D, Reis E. Untersuchungen zur Periodisierung des Krafttrainings im Sport bei Frauen. In: Carl K, Mechling H, Quade K, Stehle P (Hrsg.). Krafttraining in der sportwissenschaftlichen Forschung. Köln: Strauß; 1992: 297–307.
Schmidtbleicher D. Training in Schnellkraftsportarten. In: Komi PV (Hrsg). Kraft und Schnellkraft im Sport. Köln: Deutscher Ärzte-Verlag; 1994: 374–387.
Schmidtbleicher D. Konzeptionelle Überlegungen zur muskulären Rehabilitation. Medizinisch Orthopädische Technik, 1994; 114(4): 170–173.
Schmidtbleicher D, Gollhofer A. Einflussgrößen und Leistungsdiagnostik des reaktiven Bewegungsverhaltens. In: Thorwesten L, Jeroschm J, Nicol K (Hrsg.). Biokinetische Messverfahren. 1997; 209–222.
Schmidtbleicher D. Motorische Eigenschaft Kraft: Struktur, Komponenten, Anpassungserscheinungen, Trainingsmethoden und Periodisierung. In: Fritsch W (Hrsg.). Rudern – erfahren – erkunden – erforschen. Gießen: Wirth; 2003: 15–40.
Schnabel G, Thieß G (Hrsg.). Lexikon Sportwissenschaft: Leistung – Training – Wettkampf, Bd. 2. Berlin: Sport und Gesundheit; 1993.
Schöllhorn W. Differenzielles Lernen – Eine Sprint & Laufschule für alle Sportarten. Aachen: Meyer & Meyer; 2003.
Schwarz L, Kindermann W. Beta-Endorphin, Cortisol und Katecholamine während fahrradergometrischer Ausdauerbelastungen und Feldtestuntersuchungen. Dtsch Z Sportmed 1989; 40: 160.
Sesso HD, Paffenbarger RS, Lee IM. Physical activity and coronary heart disease in men. The Harvard alumni health study. Circulation 2000; 102: 975–980.
Simon Ch, Kramer R. Leichtathletik – Technikvariationstraining beim Laufen. Praxis Ideen Band 10. Schorndorf: Hofmann; 2004.
Steinmann W. Krafttraining im Sportunterricht. Sportunterricht 1990; 39: 326–339.
Tabachnik B. Neue effektive Mittel zur Entwicklung der Sprintschnelligkeit. Leistungssport 1991; 3: 51–53.
van den Berg F. Angewandte Physiologie Band 1 – Das Bindegewebe des Bewegungsapparates verstehen und beeinflussen. Stuttgart: Thieme; 1999.
Viidik A. Elastomechanik histologischer Gewebe. In: Cotta H, Krahl H, Steinbrück K (Hrsg.). Die Belastungstoleranz des Bewegungsapparates. Stuttgart: Cotta; 1980: 124–136.
Vilkner HH. Untersuchungen zu den Beziehungen zwischen verschiedenen Arten der motorischen Reaktionsfähigkeit bei Schülern und Studenten. Theorie und Praxis der Körperkultur 1987; 36: 35–43.
Voss G. Laufschnelligkeit – grundlegende Komponente leichtathletischer Leistung. Leichtathletiktraining 1993; 4(5/6): 4–6.
Voss G, Witt M, Werthner R. Herausforderung Schnelligkeitstraining. Aachen: Meyer & Meyer; 2007.
Weineck J. Sportbiologie. Balingen: Spitta; 2004.
Weineck J. Optimales Training. Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings. Balingen: Spitta; 2007.
Werchoschanski J. Effektiv trainieren. Berlin: Sportverlag; 1988.
Werchoschanski J. Ein neues Trainingssystem für zyklische Sportarten. Münster: Philippka; 1992.
Werchoschanski J. Ein neues Trainingssystem für azyklische Sportarten. Münster: Philippka; 1995.
Wilmore J, Costill D. Physiology of sport and exercise. Hong Kong: Humans Kinetics; 2004.

4.3 Rehakreise

Harald Bant, Martin Ophey, Robert van den Berg

4.3.1 Hintergrundinformationen

In Kapitel 1 wird beschrieben, über welche Kompetenzen der Sportphysiotherapeut verfügen muss, um Sportler auf ihrem Weg zurück zu optimaler Gesundheit und Bewegungsfunktion bestmöglich begleiten zu können. Eine der beschriebenen Kompetenzen betrifft die Rehabilitation.

Definition

Sportphysiotherapeuten setzen Clinical Reasoning und ihre therapeutischen Fertigkeiten ein, um Sportverletzungen zu bewerten und zu diagnostizieren und um evidenzbasierte Interventionen, die dem Sportler eine sichere Rückkehr zu optimaler Leistungsfähigkeit bei seiner spezifischen sportlichen oder körperlichen Aktivität ermöglichen sollen, zu gestalten, zu implementieren, zu evaluieren und zu modifizieren.

Kontext

Heutzutage findet die Begleitung von Sportlern häufig im Rahmen eines multidisziplinären Settings statt. Der Sportphysiotherapeut ist in der Lage, von einer Einzel- oder Gruppensitzung ausgehend mit verwandten Disziplinen gut zusammenzuarbeiten, um die Gesundheit des Sportlers zu fördern, Rückfällen vorzubeugen, die angegriffene Struktur optimal zu belasten und die ideale Belastbarkeit der übrigen Teile der kinetischen Kette zu erhalten, damit bestmögliche sportliche Leistungen wieder im Bereich des Möglichen liegen. Neben den sportphysiotherapeutischen Maßnahmen sind fachkundige Beratung und sehr gute Zusammenarbeit mit unmittelbar betroffenen Personen im Umfeld des Sportlers (Familie, Trainer, Sportvereine) wichtige Voraussetzungen für dessen Genesungsprozess (Hullegie et al. 2007).

Aus diesem Kontext geht hervor, dass der Sportphysiotherapeut im Rahmen eines multi- oder interdisziplinären Settings (s. Kap. 1.3) den Sportler begleitet, bis ein aktives Ausüben der jeweiligen Sportart wieder möglich ist. Zuvor müssen unter anderem die angegriffene Struktur optimal belastet, die Belastbarkeit der übrigen Teile der kinetischen Kette erhalten und die Regeneration des Sportlers gefördert werden. Die Begriffe „Belastung“ und „Belastbarkeit“ werden in Kapitel 1.2 durch Einführung des mehrdimensionalen Belastungs- und Belastbarkeitsmodells ausführlich behandelt (Hagenaars 2006). Dieses Modell beschreibt 4 Ebenen:

- fachphilosophische Ebene
- fachwissenschaftliche Ebene
- klinische Ebene
- Ebene des Alltags (Hullegie 1995)

Auf der Ebene des Alltags wird das methodische Handeln des Physiotherapeuten beschrieben – ein bewusster Prozess, der durch 3 Elemente gekennzeichnet ist: Zielstrebigkeit, Systematik und Prozessmäßigkeit (Brouwen 1995). Für den Sportphysiotherapeuten besteht das methodische, berufsspezifische Handeln aus den folgenden Schritten:

- Screening
- Anamnese
- physiotherapeutische Untersuchung
- Analyse
- physiotherapeutische Diagnose
- Erstellung eines Behandlungsplans
- physiotherapeutische Behandlung
- Evaluation

Zwei besonders wichtige Aspekte des methodischen Handelns sind die Erstellung eines Behandlungsplans und die (sport-)physiotherapeutische Behandlung. Für die Erstellung eines Behandlungsplans ist die Definition der Behandlungsziele von großer Bedeutung. Die sportphysiotherapeutische Behandlung eines Sportlers kann sowohl aktive als auch passive Interventionen beinhalten. Bei der Beschreibung und Umsetzung der aktiven sportphysiotherapeutischen Maßnahmen macht der Sportphysiotherapeut häufig Gebrauch von den verschiedenen motorischen Grundeigenschaften: Mobilität, Koordination, Kraft, Ausdauer und Schnelligkeit (**Abb. 4.32**).

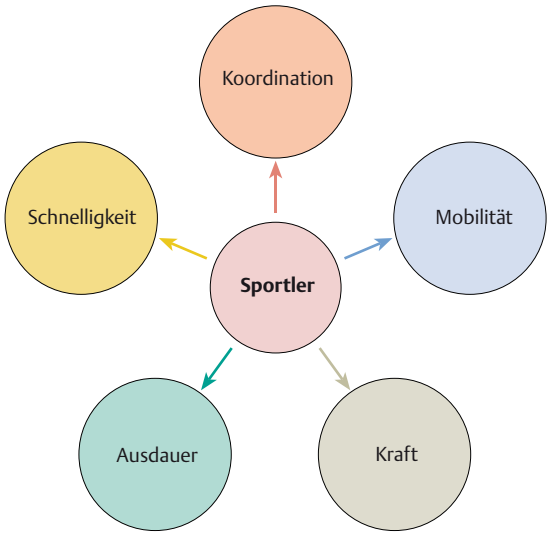


Abb. 4.32 Motorische Grundeigenschaften.

Prinzipien der Rehakreise

Die ESP Education Network hat eine Methodik entwickelt, die dem Sportphysiotherapeuten als Leitfaden dienen kann, wenn er einen Sportler bis zur Wiederaufnahme seiner sportlichen Aktivitäten begleitet. In dieser Methodik wird jede motorische Grundeigenschaft als ein Reha(bilitations)kreis betrachtet. Alle Rehakreise basieren auf 2 wichtigen Prinzipien:

Wundheilungsprozess

Ein natürlicher, dynamisch-biologischer Prozess, dessen Ziel die Wiederherstellung der anatomischen Kontinuität des Bindegewebes ist (Martinez-Hernandez 1990). Während des Wundheilungsprozesses finden 2 Arten von Genesungsprozessen statt: Regenerations- und Reparaturprozesse. Regeneration ist eine Form der Genesung, die zur Bildung von in struktureller und funktioneller Hinsicht identischem Gewebe führt (Lazarus 1992). Bei einer Reparatur hingegen wird das angegriffene Gewebe durch Narbengewebe ersetzt. Aus dem „Wettkampf" zwischen Regeneration und Reparatur gehen leider meistens die Reparaturprozesse als Sieger hervor (Schurman 1990). Wie viel Narbengewebe gebildet wird, hängt auch vom Verlauf des Wundheilungsprozesses ab und davon, welchen mechanischen Reizen der angegriffene Bereich während dieses Prozesses ausgesetzt ist. Hierbei spielt der Sportphysiotherapeut eine wichtige Rolle. Während der verschiedenen Phasen der Wundgenesung übt der Sportphysiotherapeut physische Reize aus, die zu einer verminderten Narbenbildung, einer besseren Ausrichtung des Bindegewebes in der Belastungsrichtung (Lazarus 1992) und damit zu einer höheren Belastbarkeit des Bindegewebes führen sollen. Weitere Informationen über den Wundheilungsprozess finden sich in Kapitel 1.4.

Von Rehakreisen spricht man vor allem im Zusammenhang mit akuten Verletzungen bei Sportlern. Die Rehakreise und der Aufbau der Rehabilitationsmethoden innerhalb der Rehakreise bieten dem Sportphysiotherapeuten während der sportphysiotherapeutischen Behandlung einen Anhaltspunkt. Neben Klienten mit akuten Verletzungen können auch Klienten mit Überbelastungssyndromen mithilfe der Methodik der Rehakreise begleitet werden. Es ist die Aufgabe des Sportphysiotherapeuten herauszufinden, welche Faktoren zur Überbelastung des Gewebes geführt haben. Die Rehabilitation verfolgt dann 3 Ziele: die Verbesserung der Belastbarkeit der überbelasteten Struktur, die Reduzierung der Faktoren, welche die Überbelastung verursacht haben, und das Erhalten der Belastbarkeit im Rest der kinetischen Kette.

Im Mittelpunkt der Therapie steht der Patient bzw. Sportler

Dies wird auch „sportlerzentriertes" oder „patientenzentriertes" Arbeiten genannt (Michie 2003). In der frühen Literatur zu diesem Thema wird gern das Zitat von McWhinney angeführt: Beim patientenzentrierten Ansatz „versucht der Arzt, in die Welt des Patienten einzutreten, um die Krankheit mit den Augen des Patienten zu sehen" (McWhinney 2000, S. 1087).

Mead u. Bower (2000) unterscheiden verschiedene Dimensionen des „patientenzentrierten Arbeitens":

- Die Behandlung wird aus einer biopsychosozialen Perspektive durchgeführt.
- Sportler und Sportphysiotherapeut werden als Menschen mit Qualitäten und Einschränkungen betrachtet, die durch ihre Interaktion das Ergebnis der Therapie positiv oder negativ beeinflussen können.
- Man spricht von geteilter Macht und Verantwortung, wenn Sportler und Sportphysiotherapeut gemeinsam die Richtung der sportphysiotherapeutischen Behandlung bestimmen.
- Beim therapeutischen Bündnis versuchen Sportler und Sportphysiotherapeut, mit gegenseitigem Respekt, Empathie und positiver Unterstützung ein optimales Therapieergebnis zu erzielen.

Für weitere Informationen zur patientenzentrierten Therapie verweisen wir auf Kapitel 1.3.

4.3.2 Rehakreis Mobilität

Einführung

Der Leitfaden für den Rehakreis Mobilität basiert auf den mechanischen und physikalischen Eigenschaften des Bindegewebes.

Bei der Reaktion des Bindegewebes während und nach einer physischen Belastung unterscheidet man zwischen elastischen, viskoelastischen und plastischen Eigenschaften (Viidik 1973). Die Elastizität beschreibt die schnelle Rückkehr des Bindegewebes zu seiner ursprünglichen Länge nach einer Belastung (Chaffin 1991). Von Viskoelastizität spricht man, wenn das Bindegewebe nach einer Belastung nur langsam zu seiner normalen Länge zurückkehrt (Bogduk 1997), und von Plastizität, wenn das Bindegewebe seine ursprüngliche Länge gar nicht mehr erreicht (Brinckmann 2000).

Die physikalischen Eigenschaften des Bindegewebes beschreiben die verschiedenen physiologischen Prozesse, die während einer Belastung im Bindegewebe ablaufen. Vier verschiedene physikalische Eigenschaften werden beschrieben: Hysterese, Kriechen (Creep), Stress-Relaxation und Dehnungsgeschwindigkeitsabhängigkeit (Strain Rate Dependence). Hysterese beschreibt das Ausmaß des Energieverlustes im Bindegewebe nach einer Belastung,

der zu einem „Dehnungsrückstand“ nach der Belastung führt (Wright u. Lee 2000). Mit Kriechen ist der adaptive Prozess gemeint, der stattfindet, wenn das Bindegewebe einer konstanten Belastung ausgesetzt wird (Woo 1994, Neumann 2002). Stress-Relaxation bedeutet, dass das Bindegewebe während einer Belastung versucht, die Höhe der Belastung (Stress) zu verringern, ohne sich zu verlängern (Matthijs 2003). Die Dehnungsgeschwindigkeitsabhängigkeit beschreibt, wie das Bindegewebe auf eine schnelle Belastung durch eine proportionale Erhöhung seines Widerstands reagiert, wodurch die Verformung des Gewebes reduziert wird (Taylor 1990, Wingerden 1998).

Die mechanischen und physikalischen Eigenschaften des Bindegewebes werden gemeinsam als Belastungsverformungskurve dargestellt (Matthijs 2003), die das Ausmaß der Belastung des Bindegewebes in Relation zum Ausmaß seiner Verformung angibt. Die Belastung wird ausgedrückt in Newton pro Quadratmillimeter (N/mm^2), die Verformung entweder in mm Bewegungsausschlag oder als prozentuale Zunahme der ursprünglichen Länge einer Kollagenfaser. Die Belastungsverformungskurve (**Abb. 4.33**) wird in 4 Bereiche unterteilt:

- Fußbereich
- lineare Phase
- passiver Dehnungsbereich
- Verletzungsbereich

Der Fußbereich beschreibt eine relativ große Verformung bei geringer Belastung der Kollagenfasern. In dieser Phase spricht man vor allem von einer Grundsubstanzbelastung. In der linearen Phase findet eine proportionale Zunahme von Länge und Belastung des Bindegewebes statt (Viidik 1982). Hier ereignet sich eine Verschiebung von der Grundsubstanzbelastung zur überwiegenden Kollagenbelastung. Der passive Dehnungsbereich ist der Bereich, in dem die strukturelle Integrität des Bindegewebes angegriffen wird – es entstehen Mikrotraumata. Im Verletzungsbereich ist die Belastung des Bindegewebes dann so hoch, dass es durch viele entstehende Mikrotraumata schließlich zu einem Makrotrauma kommt.

Auch wenn die Belastungsverformungskurve nur das Verhalten einer einzigen, in die übrigen Bestandteile des Bindegewebes (elastische Fasern, Grundsubstanz, Glykoproteine, Wasser) eingebetteten Kollagenfaser beschreibt, können die zugrunde liegenden mechanischen und physikalischen Eigenschaften des Bindegewebes einen ausgezeichneten Leitfaden abgeben, um eine Methodik für die motorische Grundeigenschaft Mobilität zu beschreiben. Der Rehakreis Mobilität basiert vor allem auf den periartikulären Strukturen und den kontraktilen und nichtkontraktilen Strukturen der Muskulatur. Die Arthrokinematik wird hier außer Betracht gelassen.

Der Rehakreis Mobilität (**Abb. 4.34**) hat – wie alle Rehakreise – 2 wichtige Ausgangspunkte: Der Patient steht im Mittelpunkt und die Rehakreise finden Anwendung bei akuten Sportverletzungen samt den Einschränkungen, welche die einzelnen Phasen der Wundheilung in Bezug auf die Rehabilitation mit sich bringen. Nach der Entzündungsphase kann mit der ersten Rehabilitationsmethode begonnen werden: der elastischen Verformung im Fußbereich. Am Ende der Rehabilitation muss der

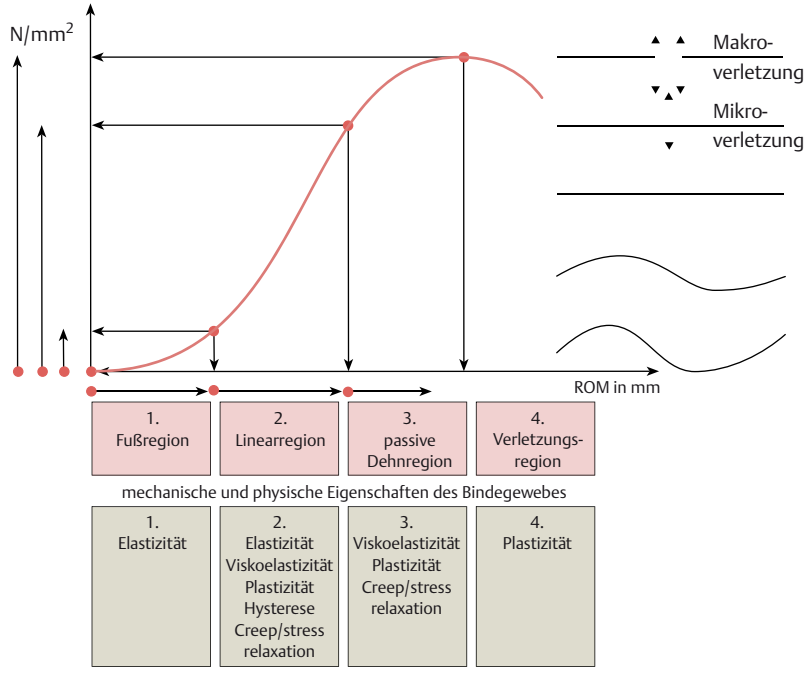


Abb. 4.33 Belastungsverformungskurve.

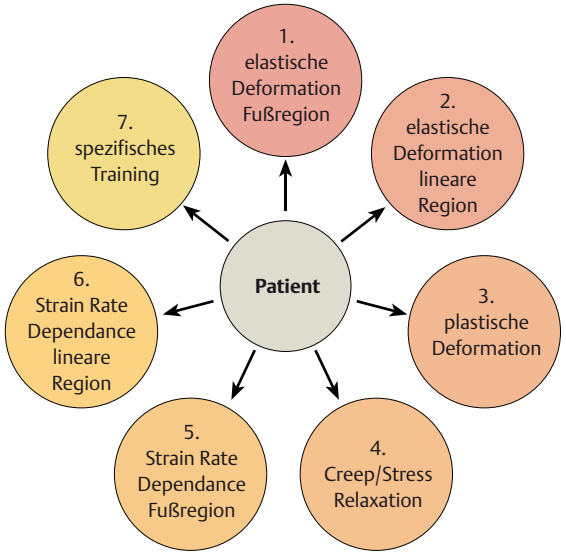


Abb. 4.34 Rehabilitationskreis Mobilität.

Sportler in der Lage sein, die Art von Mobilität anzuwenden, die für seine Sportart erforderlich ist: Hierfür ist die Rehabilitationsmethode des spezifischen Trainings geeignet. Die Inhalte der verschiedenen Rehabilitationsmethoden werden im folgenden Abschnitt beschrieben.

Rehabilitationsmethoden des Rehakreises Mobilität

Bevor wir uns der detaillierten Beschreibung der verschiedenen Rehabilitationsmethoden widmen (**Tab. 4.21**), wollen wir erst noch auf die Faktoren eingehen, die einen Einfluss auf das Ausmaß der Verformung des Bindegewebes haben. Dies sind Temperatur, Intensität der Belastung und Dauer der Belastung (Magee 2007). Die letzten beiden Faktoren werden im Zusammenhang mit den Rehabilitationsmethoden, die im Rehakreis Mobilität angewendet werden, beschrieben. Die Temperatur des Bindegewebes ist mit ausschlaggebend für das Ausmaß seiner Verformung. Wenn die Temperatur des Bindegewebes auf 39–42 °C erhöht werden kann, kann eine schnellere und größere Verformung erreicht werden (Lehmann 1971). Durch aktive Bewegung kann die Temperatur im Bindegewebe auf ungefähr 39 °C angehoben werden. Durch passive sportphysiotherapeutische Maßnahmen wie Hitzepackungen und Paraffin kann die Oberflächentemperatur auf 42 °C erhöht werden. Für die Erwärmung des tiefer liegenden Gewebes sind Ultraschall- oder Hochfrequenztherapien geeignet. Sowohl aktive als auch passive sportphysiotherapeutische Maßnahmen, deren primäres Ziel die Erhöhung der Temperatur des Bindegewebes ist, können unterstützend eingesetzt werden, um die Verbesserung der Mobilität zu beschleunigen.

Tab. 4.21 Rehabilitationsmethoden im Rehakreis Mobilität

Schritte	Rehabilitationsmethode
1	elastische Verformung im Fußbereich
2	elastische Verformung im linearen Bereich
3	plastische Verformung
4	Creep/Stress-Relaxation
5	Dehnungsgeschwindigkeitsabhängigkeit im Fußbereich
6	Dehnungsgeschwindigkeitsabhängigkeit im linearen Bereich
7	spezifisches Training

Rehabilitationsmethode der elastischen Verformung im Fußbereich

Die Rehabilitationsmethode der elastischen Verformung im Fußbereich ist die erste Rehabilitationsmethode im Bereich Mobilität, die bei einer akuten Verletzung angewendet werden kann. Unter einer elastischen Verformung versteht man die mechanische Eigenschaft des Bindegewebes, unmittelbar nach einer mechanischen Belastung wieder zur ursprünglichen Länge zurückzukehren. Der Fußbereich ist der erste Bereich der Belastungsverformungskurve. In diesem Bereich kommt es schon bei einer geringen Zunahme der Belastung zu einer relativ großen Verformung des Bindegewebes, wobei es sich vor allem um eine Grundsubstanzbelastung handelt. Auf eine akute Verletzung folgt eine Entzündungsphase, die vor allem durch katabole Prozesse gekennzeichnet ist, deren wichtigstes Ziel die Reinigung des Wundbereiches ist (Morree 2003). Nach der Entzündungsphase kommt die Analyse der Verletzung und die Proliferationsphase, in der Granulationsgewebe gebildet wird, das vor allem aus Kollagen Typ III besteht (van den Berg 2000). Diese Kollagenart ist in mechanischer Hinsicht weniger stark belastbar. Die Rehabilitationsmethode der elastischen Verformung im Fußbereich wird zu Beginn der Proliferationsphase angewendet. Durch das Vorhandensein von Kollagen Typ III wird der Bewegungsumfang, in dem belastet wird, beschränkt, wobei vor allem die Grundsubstanzbelastung im Vordergrund steht: der Fußbereich. Für die Rehabilitation eines Sportlers bedeutet Trainieren bei dieser Methode, dass vor allem dynamische Übungen mit einem geringen Bewegungsumfang praktiziert werden.

Durch die funktionelle Belastung des neu gebildeten Bindegewebes steigt die Syntheseaktivität der Zellen (Zernicke u. Loitz 1994). Dies führt zu einer erhöhten Produktion von extrazellulären Bestandteilen, wobei vor allem mehr Glukosaminoglykane (GAG) produziert werden (Leadbetter 1990). Durch die quantitative und qualitative Zunahme der GAG nimmt die negative Ladung im Bindegewebe zu, die in diesem Fall Wasser anzieht. Wasser nimmt Raum ein, wodurch der interfibrilläre Abstand größer und die Reibung geringer wird. Durch die Vergrö-

Tab. 4.22 Belastungsvariablen bei der Rehabilitationsmethode der elastischen Verformung im Fußbereich

Belastungsvariablen	Elastische Verformung im linearen Bereich
Gewicht	Unterlast (Underloaded Weight)
Übungsreihen	3–5
Wiederholungen	10–15
Bewegungsrhythmus	1–0–1
Pause	30–60 sec
Anzahl Übungen	1–4
Superkompensationszeit	12–24 h

ßerung des interfibrillären Abstands nimmt die Anzahl der Kreuzverbindungen (Cross Links) in Form von Wasserstoffbrücken stark ab. Dies wiederum führt zu einer Verbesserung der Mobilität.

Diese Rehabilitationsmethode wird an die Bedürfnisse aller Zielgruppen angepasst, mit denen der Sportphysiotherapeut zu tun hat (inaktive Menschen, Menschen mit chronischen Krankheiten, Freizeit-, Leistungs- und Spitzensportler), vor allem, wenn es sich um eine Verletzung des Bindegewebes handelt. Handelt es sich hingegen nicht um eine Verletzung, was bei inaktiven Menschen und Menschen mit chronischen Krankheiten vorkommen kann, ist diese Rehabilitationsmethode nicht indiziert. Meistens wird direkt in der zweiten Rehabilitationsmethode begonnen: der elastischen Verformung im linearen Bereich.

Richtlinien für die Belastungsvariablen der ersten Rehabilitationsmethode sind in **Tab. 4.22** aufgeführt.

Viele dieser Belastungsvariablen sind unmittelbar verständlich – z. B. Reihen, Wiederholungen –, andere hingegen bedürfen einer genaueren Erklärung.

Mit Unterlast (Underloaded Weight) ist ein Gewicht gemeint, mit dem theoretisch 25–30 qualitative Wiederholungen ausgeführt werden können; tatsächlich werden nur 10–15 Wiederholungen ausgeführt. Der Grund dafür ist, dass die Ausführung einer Übung niemals durch den Faktor Ermüdung bestimmt oder eingeschränkt werden darf. Ermüdung während des Ausführens einer Übung kann zu einer Verringerung des Bewegungsumfangs führen, wohingegen das Ziel der Rehabilitationsmethode der elastischen Verformung im Fußbereich darin besteht, die Mobilität zu erhöhen.

Rhythmus 1–0–1 meint, dass die exzentrische Phase genauso langsam ist wie die konzentrische Phase. Die 0 bedeutet, dass es zwischen den Phasen keine Pause gibt. Die 1 kann nicht als Dauer (in Sekunden) ausgedrückt werden, weil jede Übung einen anderen Bewegungsumfang hat. Übungen mit kleinem Bewegungsausschlag – z. B. Wrist Curls – entsprechen dem 1-sec-Rhythmus. Flys erreichen dies bei Weitem nicht.

Bei der Ausführung der Übungen steht die Qualität der Übung im Vordergrund. Wie im Zusammenhang mit dem Rehakreis Koordination beschrieben, kontrollieren wir während der Übung die subjektiven und objektiven Qualitätskriterien. Bei den subjektiven Qualitätskriterien ist vor allem auf Schmerzen, Ermüdung und Bewegungsangst zu achten, bei den objektiven Qualitätskriterien geht es vor allem um den optimalen Bewegungsumfang (**Abb. 4.35**).



Abb. 4.35 Trainieren der Mobilität des Knies in eingeschränktem Bewegungsumfang bei gleichzeitiger Flexion.



Abb. 4.36 Elastische Verformung im Fußbereich.

Zusammenfassung

Die Rehabilitationsmethode der elastischen Verformung im Fußbereich ist die erste Rehabilitationsmethode, die nach einer akuten Verletzung angewendet werden kann. Die Methode besteht aus dem Ausführen von Übungen mit einem eingeschränkten Bewegungsumfang, damit das neu gebildete Bindegewebe nicht zu stark belastet wird. Der Bewegungsumfang wird vor allem durch die subjektiven und objektiven Qualitätskriterien bestimmt.

Rehabilitationsmethode der elastischen Verformung im linearen Bereich

Diese Methode basiert auf denselben Prinzipien wie die Rehabilitationsmethode der elastischen Verformung im Fußbereich. Elastische Verformung ist eine mechanische Eigenschaft und bedeutet, dass das Bindegewebe nach einer Belastung wieder zu seiner ursprünglichen Länge zurückkehrt. Im linearen Bereich deutet sich eine Verschiebung von Grundsubstanzbelastung zu Kollagenbelastung an. Für die Rehabilitation bedeutet dies, dass Übungen mit dem Ziel ausgeführt werden, einen vollen aktiven Bewegungsumfang zu erreichen. Diese Form der Belastung ist möglich in der Proliferationsphase, der Produktionsphase und der Organisations- oder Remodellierungsphase. Es wird vor allem Kollagen Typ III produziert; in einem späteren Stadium findet möglicherweise eine Remodellierung des Gewebes zu Kollagen Typ I statt. Diese Kollagenart ist in mechanischer Hinsicht stärker belastbar. Das Ausmaß der Verformung kann und darf dann auch zunehmen (Belastung im linearen Bereich). Die Grenze des vollen aktiven Bewegungsumfangs liegt direkt vor dem Ende des linearen Bereichs. In der Fachliteratur wird sie auch als physiologische Barriere bezeichnet (Magee 2007). Am Anfang des linearen Bereichs findet vor allem eine schnelle elastische Verformung statt, in der Mitte und kurz vor dem Ende des Bereichs vor allem eine langsame elastische Verformung. Aufgrund der Viskoelastizität des Bindegewebes entsteht nach der Belastung ein Dehnungsrückstand. Dieser Dehnungsrückstand ist auf einen Energieverlust während der mechanischen Belastung zurückzuführen. Damit das Gewebe wieder zu seiner ursprünglichen Länge zurückkehren kann, muss diese Energie aufgefüllt werden. Dieser Prozess wird als Hysterese bezeichnet (Diemer u. Sutor 2007).

Die Belastung des Bindegewebes bewirkt, dass sich die neuen Kollagenfasern in der Belastungsrichtung ausrichten (Matheson 1989). Dies führt zu einer Abnahme von willkürlich ausgerichtetem Bindegewebe (Narbengewebe), das vor allem durch strukturorientierte Reize entsteht. Weniger Narbengewebe führt zu besserer Mobilität. Durch das Trainieren in einem vollen aktiven Bewegungsumfang werden nicht nur die passiven periartikulären Strukturen belastet, sondern auch die nichtkontraktilen Strukturen der Muskeln (Endomysium, Epimysium, Perimysium), die auf beiden Seiten in eine Sehne auslaufen. Die nichtkontraktilen Strukturen reagieren – vor allem aufgrund einer besseren Ausrichtung der Kollagenfasern in der Belastungsrichtung – mit einer effektiven Erhöhung der Mobilität beim Training in vollem aktivem Bewegungsumfang. Die kontraktilen Bestandteile der Muskeln, die Sarkomere, werden beim Training nach der Rehabilitationsmethode der elastischen Verformung im linearen Bereich belastet. Das Training der Muskulatur in vollem aktivem Bewegungsumfang bewirkt eine Zunahme der in Reihe geschalteten Sarkomere, wodurch das Kraft-Längen-Verhältnis erhalten bleibt oder sich verbessert (Magee 2007). Das Resultat ist ein größerer Bewegungsumfang und eine Zunahme der Kraft (**Abb. 4.37**, **Abb. 4.38**). Vor allem der Prozess in der Muskulatur läuft relativ schnell ab. Schon 12 h nach der Belastung findet bereits eine Modellierung des Gewebes statt (Tabary et al. 1981).

Diese Form des Trainings ist für alle Zielgruppen geeignet, vorausgesetzt, die Mobilität ist ein einschränkender Faktor beim Ausüben von Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL), Beruf, Hobby oder Sport.

Die Belastungsvariablen dieser Rehabilitationsmethode sind dieselben wie bei der ersten Rehabilitationsmethode (**Tab. 4.22**).

Zusammenfassung

Das Training bei der Rehabilitationsmethode der elastischen Verformung im linearen Bereich beinhaltet das Ausführen von Übungen mit dem Ziel, einen vollen aktiven Bewegungsumfang zu erreichen. Im linearen Bereich finden sowohl schnelle als auch langsame Verformungen statt. Die Verbesserung der Mobilität wird durch verschiedene physiologische Effekte sowohl in den passiven periartikulären Strukturen als auch in den kontraktilen und nichtkontraktilen Bestandteilen der Muskulatur bewirkt.

Rehabilitationsmethode der plastischen Verformung

Bei der Rehabilitationsmethode der plastischen Verformung geht es vor allem darum, das Bindegewebe durch Belastung so zu dehnen, dass es nicht zu seiner ursprünglichen Länge zurückkehren kann (Brinckmann 2000). Diese Form der Belastung wird vor allem am Ende des linearen Bereichs und am Anfang des Dehnungsbereichs durchgeführt. Diese Rehabilitationsmethode kann nur passiv durchgeführt werden, da wir nicht den vollen aktiven Bewegungsumfang eines Gelenks nutzen. Der Bewegungsumfang hört auf, wenn der volle passive Bewegungsumfang erreicht ist. Dies wird auch als anatomische Barriere bezeichnet (Magee 2007). In dieser Phase findet nicht nur plastische, sondern auch langsame elastische Verformung statt. Der große Unterschied zur langsamen elastischen Verformung im linearen Bereich ist, dass



Abb. 4.37 Training der Mobilität der rotierten Wirbelsäule, bis der volle aktive Bewegungsumfang erreicht ist.



Abb. 4.38 Elastische Verformung im linearen Bereich.

hier Mikrotraumata im Gewebe entstehen; die Integrität des Bindegewebes wird angegriffen; es kommt zu einer Störung der Homöostase, die zu kleinen Entzündungsprozessen führt. Der chemische Prozess der Entzündung hat den Vorteil, dass er die Anzahl der pathologischen Crosslinks in Form von Sulfatbrücken reduzieren kann; die Gewebemobilität nimmt zu (Leadbetter 1990). Diese Form des Trainings wird nur angewendet bei einer Mobilitätseinschränkung im passiven Bewegungsumfang und vor allem in der Produktions-, Remodellierungs- und der Integrations-/Maturationsphase. Die Einschränkung des passiven Bewegungsumfangs kann durch die passiven periartikulären Strukturen oder die nichtkontraktilen Strukturen der Muskulatur verursacht werden. Gerade am Ende des Bewegungsumfangs spielen vor allem die nichtkontraktilen Strukturen der Muskeln eine wichtige Rolle bei der Einschränkung des Bewegungsumfangs (Johns u. Wright 1962).

Das Verabreichen eines Reizes wird bei dieser Rehabilitationsmethode als therapeutisches Dehnen bezeichnet. Eine Voraussetzung für das Dehnen der nichtkontraktilen Bestandteile der Muskulatur ist, dass die Sarkomere entspannt sind. Bei erhöhtem Muskeltonus führt diese Form des Dehnens zu exzentrischen Kontraktionen des Muskels, die den allseitsbekannten Muskelkater zur Folge haben. Der Sportphysiotherapeut muss vor dem Dehnen für eine optimale Temperatur (39–42 °C; Lehmann 1970) und einen niedrigen Tonus sorgen. Dies kann durch verschiedene passive sportphysiotherapeutische Maßnahmen erreicht werden. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel 3.2. Wenn die Voraussetzungen erfüllt sind, kann mit dem therapeutischen Dehnen begonnen werden (**Abb. 4.39**).

In der Fachliteratur herrscht erhebliche Uneinigkeit darüber, welche Belastungsvariablen ausgeführt werden



Abb. 4.39 Therapeutisches Dehnen der ischiosakralen Muskulatur.

müssen, um durch therapeutisches Dehnen eine langsame elastische oder plastische Verformung zu bewirken. Madding et al. untersuchten die Wirkung eines einmaligen Dehnungsreizes auf das Bindegewebe während einer Abduktionsbewegung der Hüfte. Die Dauer dieses Reizes wurde unterteilt in 15, 45 und 120 sec. Madding gab zu Protokoll, dass ein einmaliger Reiz von 15 sec dieselbe Wirkung hatte wie ein Reiz von 45 oder 120 sec. Bandy et al. führten eine ähnliche Untersuchung durch, allerdings mit Dauern von 15, 30 und 60 sec und über einen Zeitraum von 6 Wochen. Sie kamen zu dem Schluss, dass eine Dauer von 30 sec am effektivsten ist, um eine Verlängerung zu bewirken. Taylor (1990) führte eine Untersuchung durch, bei der sowohl die Dauer des Reizes als auch die Anzahl der Wiederholungen und die Häufigkeit pro Tag berücksichtigt wurden. Er kam zu dem Schluss, dass eine Reizdauer von 40 sec bei 4 Wiederholungen 3-

Tab. 4.23 Belastungsvariablen der Rehabilitationsmethode des therapeutischen Dehnens

Belastungsvariablen	Plastische Verformung
Gewicht	nicht geeignet
Wiederholungen	3–5
Bewegungsdauer	15–40 sec
Pause	30–60 sec
Anzahl Übungen	1–2
Häufigkeit pro Tag	2–5

bis 5-mal pro Tag die größte Wirkung hatte. Magnusson (2000) stellte fest, dass die Wirkung des therapeutischen Dehnens 30–60 min anhält. Die Wirkung kann noch viel länger anhalten und sogar zu einer plastischen Verformung führen, wenn der neue Bewegungsumfang, der erreicht wurde, aktiv stabilisiert und in ADL, Berufs-, Hobby- und Sportaktivitäten integriert wird (Magee 2007). Letzteres trifft allerdings nur zu, wenn die Einschränkung des Bewegungsumfangs in dem Teil liegt, wo Muskelaktivität möglich ist.

Aus den oben genannten Untersuchungen lässt sich eine Richtlinie für die Belastungsvariablen beim therapeutischen Dehnen ableiten. Abhängig vom Resultat des therapeutischen Dehnens kann der Sportphysiotherapeut die Dauer des Dehnungsreizes innerhalb der beschriebenen Bandbreite variieren (**Tab. 4.23**).

Beim therapeutischen Dehnen kann der Reiz je nach Stärke ein angenehmes Gefühl auslösen, darf aber nicht zu einer Schmerzzunahme führen, da stärkere Schmerzen den Muskeltonus erhöhen können. Nach dem therapeutischen Dehnen sind Schmerzen allerdings durchaus „erlaubt", solange sie nicht länger als maximal 3 h nach dem Dehnen anhalten (Hepburn 1987). So viel Zeit benötigen die molekularen Verbindungen in den Kollagenfasern, um sich zu regenerieren (Matthijs 2003).

Diese Form der Rehabilitation kann in allen Zielgruppen angewendet werden, wenn durch die ersten beiden Rehabilitationsmethoden – die elastische Verformung im Fußbereich und im linearen Bereich – die Mobilität nicht in ausreichendem Maß verbessert werden konnte.

Rehabilitationsmethode Creep/Stress-Relaxation

Die folgende Rehabilitationsmethode basiert auf den physikalischen Eigenschaften Creep (Kriechen) und Stress-Relaxation. Creep bedeutet, dass das Bindegewebe sich bei konstanter Belastung immer weiter verformt, bis ein Gleichgewicht zwischen Belastung und Verformung erreicht wird. Das Resultat ist eine Zunahme der Länge des Gewebes, die mit einer Abnahme der Elastizität und der Belastbarkeit einhergeht (Neumann 2002). Gleichzeitig mit dem „Kriechen" findet auch eine Stress-Relaxation des Gewebes statt. Diese physikalische Eigenschaft des Bindegewebes kommt darin zum Ausdruck, dass bei



Abb. 4.40 Bekanntes Beispiel für Creep: Tragen einer Zahnspange.

mechanischer Belastung das Ausmaß der Bindegewebsbelastung (Stress) verringert wird, ohne dass seine Länge zunimmt (Matthijs 2003). Diese Form der Belastung führt zu plastischer Verformung und findet in der Mitte und am Ende des passiven Dehnungsbereichs der Belastungsverformungskurve statt. Die Belastungsverformungskurve zeigt, dass diese Form der Belastung zu einer größeren Verformung als der im linearen Bereich führt, weil die maximale Belastbarkeit der Kollagenfasern im Bindegewebe erreicht wird. Es entstehen sehr viele Mikrotraumata, was zwar zu einer Verlängerung des Gewebes führt, aber auch zu einer geringeren Belastbarkeit.

Für den Sportphysiotherapeuten stellt diese statische Rehabilitationsmethode im Rahmen seiner Behandlung keine realistische Option dar. Creep entsteht nämlich nur, wenn das Gewebe mindestens eine Stunde oder besser noch länger konstant belastet wird; in der Fachliteratur ist sogar von mehreren Stunden oder sogar Tagen die Rede (Hepburn 1987). Dennoch kann der Sportphysiotherapeut gezwungen sein, sich mit diesem Phänomen auseinanderzusetzen, z. B. wenn er einen Sportler behandelt, der an einer seit Langem bestehenden Einschränkung der Extension leidet und eine Schiene oder Orthese trägt, um eine Extension zu bewirken, oder bei der Behandlung von Kindern, die eine Zahnspange tragen (**Abb. 4.40**). Durch die konstante und progressive (durch ständiges Nachspannen der Spange) Belastung der Zähne verändert sich ihre Position im Lauf von Monaten. Häufig verursacht das erste Einsetzen der Zahnspange Schmerzen, die nach einigen Stunden bis Tagen zurückgehen: Eine Stress-Relaxation hat stattgefunden. Dies geschieht vor allem während der ersten 6–8 h nach dem Einsetzen der Spange (Carlstedt 1989). Leider ist der Kieferorthopäde gezwungen, seinen Patienten „die Suppe zu versalzen", da er, wann immer möglich, die konstante Belastung erhöhen muss, was jedes Mal zu neuen Schmerzen führt.

Wenn bei einem Sportler eine Schiene oder Orthese angelegt wird, um die Mobilität zu verbessern, muss darauf geachtet werden, dass die Dehnung zu Beginn eine Verlängerung von 1–2° nicht überschreitet. Bei Überschreitung dieser Grenze kommt es im Bindegewebe zu



Abb. 4.41 Speedleitertraining – eine Form des Dehnungsgeschwindigkeitsabhängigkeitstrainings.

Tab. 4.24 Belastungsvariablen der Rehabilitationsmethode der Dehnungsgeschwindigkeitsabhängigkeit im Fußbereich

Belastungsvariablen	Dehnungsgeschwindigkeits-abhängigkeit im Fußbereich
Gewicht	geringes Gewicht
Übungsreihen	1–3
Wiederholungen	5–10
Bewegungsrhythmus	so schnell wie möglich
Pause	2–4 min
Anzahl Übungen	1–3
Superkompensationszeit	48–72 h

ischämischen Veränderungen und einer starken Zunahme von Entzündungserscheinungen; beide Prozesse verursachen Schmerzen (Hepburn 1987). Das Entstehen von Entzündungsprozessen und die anschließende Wundheilung führen zu einer entgegengesetzten Reaktion: In der Proliferationsphase entsteht eine Wundkontraktion und die Mobilität nimmt ab.

Wenn bei einem Sportler durch eine Schiene oder Orthese eine Verbesserung der Mobilität erreicht wurde, ist es wichtig, diese höhere Mobilität langfristig zu erhalten, und zwar einerseits durch regelmäßiges therapeutisches Dehnen und andererseits durch das Training der Muskulatur im vollen aktiven Bewegungsumfang mit anschließendem aktiven Training der Muskulatur im neuen Bewegungsumfang.

Rehabilitationsmethode der Dehnungsgeschwindigkeitsabhängigkeit im Fußbereich

Diese Rehabilitationsmethode basiert auf dem Verhalten des Bindegewebes bei zunehmender Belastungsgeschwindigkeit (Taylor 1990). Auf eine schnelle Belastung reagiert das Bindegewebe mit einer proportionalen Zunahme seines Widerstands, die Belastungsverformungskurve verschiebt sich nach links. Der Bewegungsumfang der Kollagenfasern nimmt ab. Diese Reaktion findet vor allem in Bindegeweben statt, in denen die viskoelastischen Eigenschaften vorherrschen. Der Sportphysiotherapeut hat vor allem mit solchen Bindegeweben zu tun: den passiven periartikulären Strukturen und den nichtkontraktilen Strukturen der Muskulatur. Diese Bindegewebsstrukturen bestehen in erster Linie aus Kollagenfasern und haben nur einen geringen Anteil an elastischen Fasern. Elastische Fasern können auf schnelle Belastungen sofort durch Entspannung reagieren. Andere Fasern – vor allem Kollagenfasern in Kombination mit anderen extrazellulären Bestandteilen – benötigen dafür eine gewisse Zeit (Stress-Relaxation). In diesem Fall bleibt die starke Belastung des Bindegewebes bestehen. Diese Reaktion, zusammen mit einer Verringerung des Bewegungsumfangs, führt zu einem erhöhten Verletzungsrisiko bei schnellen Bewegungen. Der Fußbereich zeigt, dass schnelle Bewegungen vor allem in dem Bereich ausgeführt werden, in dem die Grundsubstanzbelastung vorherrscht. Klinisch relevant ist dies insofern, als schnelle Bewegungen mit eingeschränktem Bewegungsumfang ausgeführt werden. Diese Form des Trainings wird vor allem während der Organisations-/Remodellierungsphase und zu Beginn der Integrations-/Maturationsphase praktiziert (**Abb. 4.41**). In dieser Phase der Wundheilung steht die Remodellierung der Kollagenfasern im Vordergrund: die Abnahme von Kollagen Typ III und die Zunahme von Kollagen Typ I. Die Integrations-/Maturationsphase ist die Phase, in der das neu gebildete Bindegewebe mechanische Erfahrungen machen muss, um „erwachsen“ zu werden.

Diese Rehabilitationsmethode ist der erste Schritt auf dem Weg zum Training schneller Bewegungen und wird vor allem bei Freizeit-, Leistungs- und Spitzensportlern angewendet, die eine explosive Sportart ausüben.

Die Bewegungsgeschwindigkeit ist ein wichtiger Aspekt vieler motorischer Grundeigenschaften und sportphysiotherapeutischer Rehabilitationsmethoden. Für die motorische Grundeigenschaft Kraft kennen wir Rehabilitationsmethoden wie Schnellkraft, Explosivkraft, konzentrisches Beschleunigen, exzentrisches Abbremsen, Vordehnen (Prestretch) und Plyometrie. Das Training des alaktischen Energiesystems geht einher mit schnellen Bewegungen, die motorische Grundeigenschaft Schnelligkeit basiert vollständig auf dem Ausführen solcher schnellen Bewegungen. Im Rehakreis Koordination gibt es die Rehabilitationsmethoden des spinalen Fußbereichs und des spinalen linearen Bereichs. Im Unterschied zu anderen motorischen Grundeigenschaften liegt beim Training nach der Rehabilitationsmethode der Dehnungsgeschwindigkeitsabhängigkeit im Fußbereich der Schwerpunkt auf dem optimalen Bewegungsverlauf.

Zu den verschiedenen Rehabilitationsmethoden gehören ganz unterschiedliche Belastungsvariablen. Die Belastungsvariablen der Rehabilitationsmethode der

Dehnungsgeschwindigkeitsabhängigkeit im Fußbereich (**Tab. 4.24**) geben eine allgemeine Richtlinie für das Ausführen schneller Bewegungen wieder.

Rehabilitationsmethode der Dehnungsgeschwindigkeitsabhängigkeit im linearen Bereich

Für die Rehabilitationsmethode der Dehnungsgeschwindigkeitsabhängigkeit im linearen Bereich gelten dieselben Prinzipien wie für die im Fußbereich. Ein großer Unterschied ist jedoch, dass bei dieser Rehabilitationsmethode versucht wird, bei schnellen Bewegungen einen vollen aktiven Bewegungsumfang zu erreichen.

Die Vergrößerung des Bewegungsumfangs führt zu einer höheren Zugbelastung des Bindegewebes. In der Belastungsverformungskurve verschiebt sich die Belastung von der überwiegenden Grundsubstanzbelastung zur vorherrschenden Kollagenfaserbelastung (Belastung im linearen Bereich der Belastungsverformungskurve). Wichtig bei dieser Form des Trainings ist, dass der Bewegungsumfang nur nach und nach erweitert wird, da eine (zu) schnelle Erweiterung ein Verletzungsrisiko darstellen würde.

Diese Rehabilitationsmethode wird vor allem während der Integrations-/Maturationsphase der Wundheilung und in erster Linie bei den Explosivsportlern praktiziert, die einen vollen aktiven Bewegungsumfang brauchen, um ihre Sportart optimal ausüben zu können. Die Belastungsvariablen sind dieselben wie bei der Rehabilitationsmethode der Dehnungsgeschwindigkeitsabhängigkeit im Fußbereich.

Rehabilitationsmethode des spezifischen Trainings

Die letzte Rehabilitationsmethode im Rehakreis, das spezifische Training, ist eine der wichtigsten, weil das spezifische Training dasselbe ist wie funktionelles Training. Die wichtigste Eigenschaft des spezifischen Trainings ist, dass Ziel, Aufgabe, Umgebung, Bewegungsverlauf, Bewegungsumfang, Kontraktionsmechanismus und Energiesystem den sportspezifischen Bewegungshandlungen entsprechen (**Abb. 4.42**). Anders ausgedrückt: Ein Fußballer führt auf dem Fußballplatz sportspezifische Bewegungshandlungen aus. Bei dieser Rehabilitationsmethode sind während der sportphysiotherapeutischen Behandlung Bewegungsverlauf (Koordination) und Bewegungsumfang (Mobilität) die wichtigsten Aspekte. Der Kontraktionsmechanismus repräsentiert die motorische Grundeigenschaft Kraft, das Energiesystem die Ausdauer. Die Bewegungshandlungen repräsentieren alle sportspezifischen Aktivitäten, die der Fußballer beim Ausüben seines Sports ausführt. In den Bewegungshandlungen kommen Relation zum Ziel der Bewegungen und Bedeutung der Interaktion mit der Umgebung zum Ausdruck. Ausgedrückt in ICF-Begriffen heißt das, dass der Sportler in 3 Ebenen trainiert: der Funktions-, Aktivitäts- und Partizipationsebene. Das Ziel der Rehabilitation besteht darin, dem Sportler wieder das zu ermöglichen, was seine Leidenschaft ist: das Ausüben eines Sports. Das wird bei dieser Trainingsform in Bezug auf die Mobilität verwirklicht. Alle anderen bisher beschriebenen Rehabilitationsmethoden – von der elastischen Verformung im Fußbereich bis zur Dehnungsgeschwindigkeitsabhängigkeit im linearen Bereich – dienen letztendlich der Vorbereitung auf die Rehabilitationsmethode des spezifischen Trainings.



Abb. 4.42 Beispiel für spezifisches Training.

Zusammenfassung

Der Rehakreis Mobilität basiert auf den mechanischen und physikalischen Eigenschaften des Bindegewebes. Die mechanischen Eigenschaften beschreiben die Reaktion des Bindegewebes während und nach einer Belastung; man unterscheidet elastische, viskoelastische und plastische Eigenschaften. Die physikalischen Eigenschaften des Bindegewebes sind Hysterese, Creep, Stress-Relaxation und Dehnungsgeschwindigkeitsabhängigkeit. Mechanische und physikalische Eigenschaften werden gemeinsam als Belastungsverformungskurve dargestellt, die das Ausmaß der Belastung in Relation zum Ausmaß der Verformung beschreibt. Die Belastungsverformungskurve wird in 4 Bereiche unterteilt: Fußbereich, linearer Bereich, passiver Dehnungsbereich und Verletzungsbereich. Der Rehakreis Mobilität entsteht durch die Integration der mechanischen und physikalischen Eigenschaften und der Belastungsverformungskurve. Er ist ein Denkmodell, das eine Methodik beschreibt, die dem Sportphysiotherapeuten als Leitfaden für die Begleitung der verschiedenen Zielgruppen dienen kann, bei denen die Mobilität verbessert werden soll. Der Rehakreis basiert auf 2 wichtigen Ausgangspunkten:

- Der Patient steht im Mittelpunkt.
- Der Rehakreis findet Anwendung bei akuten Sportverletzungen.

In den Proliferations-, Produktions- und Organisations-/Remodellierungsphasen werden vor allem die Rehabilitationsmethoden der elastischen Verformung im Fußbereich, der elastischen Verformung im linearen Bereich, der plastischen Verformung und des spezifischen Trainings angewendet. Zentrale Aspekte der Rehabilitation während der Integrations-/Maturationsphase sind vor allem Creep/Stress-Relaxation, Dehnungsgeschwindigkeitsabhängigkeit im Fußbereich, Dehnungsgeschwindigkeitsabhängigkeit im linearen Bereich und spezifisches Training. Die Zielgruppen der inaktiven Menschen, Menschen mit chronischen Krankheiten und Dauerleistungssportler trainieren vor allem nach den ersten 3 Rehabilitationsmethoden und am Ende der Behandlung in Form des spezifischen Trainings (**Tab. 4.25**).

Explosivsportler durchlaufen sämtliche Rehabilitationsmethoden, bevor sie mit dem spezifischen Training (Sportpartizipation) beginnen (**Tab. 4.26**).

Die Rehabilitationsmethoden Creep und Stress-Relaxation wurden in beide Richtlinien nicht aufgenommen, da es sich bei ihnen um Behandlungsmethoden handelt, die in einem klinischen Setting nicht praktiziert werden können.

Tab. 4.25 Richtlinie für die Rehabilitation von inaktiven Menschen, Menschen mit chronischen Krankheiten und Ausdauersportlern

Schritte	Rehabilitationsmethode
1	elastische Verformung im Fußbereich
2	elastische Verformung im linearen Bereich
3	plastische Verformung
7	spezifisches Training

Tab. 4.26 Richtlinie für die Rehabilitation von Explosivsportlern

Schritte	Rehabilitationsmethode
1	elastische Verformung im Fußbereich
2	elastische Verformung im linearen Bereich
3	plastische Verformung
5	Dehnungsgeschwindigkeitsabhängigkeit im Fußbereich
6	Dehnungsgeschwindigkeitsabhängigkeit im linearen Bereich
7	spezifisches Training

Literatur

Bogduk N. Klinische Anatomie von Lendenwirbelsäule und Sakrum. Berlin: Springer; 1997.

Brinckmann P, Frobin W, Leivseth G. Ortopädische Biomechanik. Stuttgart: Thieme; 2000.

Carlstedt C, Nordin M. Biomechanics of tendons and ligaments. In: Nordin M, Frankel V (eds.). Basic biomechanics of the musculoskeletal system. 2nd Edition. Philadelphia: Lea & Febiger; 1989.

de Morree JJ. Dynamiek van het menselijk bindweefsel. Houten/Diegem: Bohn Stafleu van Loghum; 2003.

Diemer F, Sutor V. Praxis der medizinischen Trainingstherapie. Stuttgart: Thieme; 2007.

Hepburn GR. Case studies: Contracture and stiff joint management with dynasplint. J Orthop Sports Phys Therapy 1987; 8: 498–504.

Lazarus G, Cooper D, Knighton D. Definitions and guidelines for assessment of wounds and evaluation of healing. Newsletter of the Wound Healing Society 1992; 7–14.

Leadbetter WB, Buckwalter JA, Gordon SL. Sports-induced inflammation: Clinical and basic science concepts. Park Ridge: American Academy of Orthopedic Surgeons; 1990.

Lehmann JF, Masock AJ, Warren CG, Koblanski JN. Effect of therapeutic temperatures on tendon extensibility. Arch Phys Med Rehab 1970; 51: 481–487.

Magee DJ, Zachazewski JE, Quillen WS. Scientific Foundations and Principles of Practice in musculoskeletal Rehabilitation. Chapter 1; 1–23. Oxford: Saunders; 2007.

Magnusson SP, Aagaard P, Larsson B, Kjaer M. Passive energy absorption by human muscle-tendon unit is unaffected by increase in intramuscular temperature. J Appl Physiol 2000; 88(4): 1215–1220.

Martinez-Hernandez A, Amenta P: Basic concepts in wound healing. In: Leadbetter WB, Buckwalter JA, Gordon SL (eds.). Sports-induced inflammation: Clinical and basic science concepts. Park Ridge, IL: American Academy of Orthopedic Surgeons; 1990.

Matheson GO, MacIntyre JG, Taunton JE et al. Musculoskeletal injuries associated with physical activity in older adults. Med Sci Sports Exerc 1989; 21: 379–385.

Matthijs O et al. Manuelle Therapie der peripheren Gelenke, Teil 1. München: Urban u. Fischer; 2003.

McWhinney I. The need for a transformed clinical method. In: Stewart M, Roter D (eds.). Communicating with medical patients. London: Sage; 1998.

Mead N, Bower P. Patient-centredness: A conceptual framework and review of the empirical literature. Social Science and Medicine 2000; 51: 1087–1110.

Michie S, Miles J, Weinman J. Patient-centredness in chronic illness: What is it and does it matter? Patient Education and Counselling 2003; 51(3): 197–206.

Neumann DA. Kinesiology of the musculoskeletal system. St. Louis: CV Mosby; 2002.

Schurman D, Goodman S, Smith R. Inflammation and tissue repair. In: Leadbetter WB, Buckwalter JA, Gordon SL (eds.). Sports-induced inflammation: Clinical and basic science concepts. Park Ridge, IL: American Academy of Orthopedic Surgeons; 1990.

Tabary JC, Tardieu C, Tardieu G et al. Experimental rapid sarcomere loss with concomittent hypoextensibility. Muscle Nerv 1981; 4: 198–203.

Taylor DC, Dalton JD Jr., Seaber AV, Garrett WE Jr. Viscoelastic properties of muscle-tendon units. The biomechanical effects of stretching. Am J Sports Med 1990; 18(3): 300–309.

van den Berg F. To egepaste fysiologie, deel 1: Bindweefsel van het bewegingsapparaat. Den Haag: Lemma BV; 2000: 1–51.
van Wingerden B. Bindegewebe in der Rehabilitation. Schaan/Liechtenstein: Scripoverlag; 1998.
Viidik A, Danielsen CC, Oxlund H. Fundamental and phenomenological models, structure and mechanical properties of collagen, elastin and glycosaminoglycan complexes. Biorheol 1982; 19: 437–51.
Viidik A. Functional properties of collageneous tissues. Rev Connect Tissue Res 1973; 6: 144–149.
Woo SL-Y, An K-N, Arnoczky SP et al. Anatomy, biology and biomechanics of tendon, ligament and meniscus. In: Simon SR (ed.). Orthopedic basic science. Rosemont, IL: American Academy of Orthopedic Surgeons; 1994.
Wright T, Li S. Biomaterials. In: Buckwater J, Einhorn T, Simon S (eds.). Orthopedic basic science. Rosemont, IL: American Academy of Orthopedic Surgeons; 2000.
Zernicke RF, Loitz BJ. Reiningseinflüsse auf das Bindegewebe. In: Komi PV (Hrsg.). Kraft und Schnellkraft im Sport. Köln: Deutscher Ärzte Verlag; 1994.

4.3.3 Rehakreis Koordination

Einführung

Das neuromuskuläre System ist verantwortlich für das Erlernen, Steuern und Anpassen von Bewegungen (Häfelinger 2002). Jede von einem Menschen ausgeführte Bewegung ist eine komplexe Interaktion zwischen der Aufgabe, dem Ziel der Bewegung, den physiologischen Prozessen im Körper selbst und der Umgebung. Das neuromuskuläre System ist ein Zusammenspiel von sensorischen, neuralen und motorischen, physiologischen Mechanismen. Dieses Zusammenspiel soll letzten Endes zu einem guten dynamischen Gleichgewicht des Gelenks, zu posturaler Kontrolle und zum Ausführen der korrekten Bewegungsmuster führen (Magee 2007).

Die 3 wichtigsten Hirnzentren, in denen die motorische Kontrolle stattfindet, sind Kortex, Hirnstamm und spinales Rückenmark. Diese Zentren erhalten auf direktem oder indirektem Weg Informationen aus dem afferenten System, d. h. von den Mechanorezeptoren der Haut, der Muskeln und der Gelenke. Hier kommen auch Informationen anderer an der neuromuskulären Kontrolle beteiligter Hirnzentren an. Vor allem das Zerebellum und die Basalganglien spielen hierbei eine wichtige Rolle. Zuletzt werden sowohl sensorische als auch motorische Informationen durch Reize aus den visuellen und vestibulären Systemen beeinflusst (**Abb. 4.43**).

Für die Rehabilitation stehen dem Sportphysiotherapeuten 2 verschiedene Strategien der motorischen Kontrolle zur Verfügung: die Closed-Loop-Strategie und die Open-Loop-Strategie (Hodges 2003). Die Closed-Loop-Strategie ist eine Form der motorischen Kontrolle, bei der sowohl interne als auch externe Feedbackmechanismen Informationen darüber vermitteln, wie sich die tatsächlich ausgeführte Bewegung zur ursprünglich geplanten Bewegung verhält. Die Open-Loop-Strategie beschreibt die Form der motorischen Kontrolle, bei der Feedbackmechanismen keine wichtige Rolle für die Ausführung der Bewegung spielen können.

Für die Anwendung des Koordinationstrainings in der Behandlung eines Sportlers wurde ein Denkmodell entwickelt, das als Leitfaden für die methodische Anwendung des Koordinationstrainings dienen kann: der Rehakreis Koordination.

In diesem Kapitel werden die verschiedenen Varianten des Koordinationstrainings mit ihren Zielen und Belastungsvariablen im Zusammenhang mit dem Rehakreis Koordination erklärt. Wie bestimmt man das koordinative Anfangs- und Endniveau eines Sportlers im Rahmen einer sportphysiotherapeutischen Behandlung? Das Kapitel schließt mit einem klinischen Beispiel für den Aufbau der Rehabilitation der Koordinationsfähigkeit.

Der Rehakreis Koordination bietet dem Sportphysiotherapeuten viele Möglichkeiten für die sportphysiotherapeutische Behandlung. Durch die Anwendung der Rehabilitationsmethoden kann er den Sportler ab dem Tag nach der Verletzung bis zur Wiederaufnahme seiner sportlichen Aktivitäten begleiten (**Abb. 4.44**).

Wenn ein Sportler 5 Tage nach einer akuten Verletzung in die sportphysiotherapeutische Praxis kommt, beginnt man mit der Rehabilitationsmethode des kortikalen Fußbereichs. Die Therapie endet, wenn der Sportler auch im Ermüdungszustand seinen Sport in koordinativer Hin-

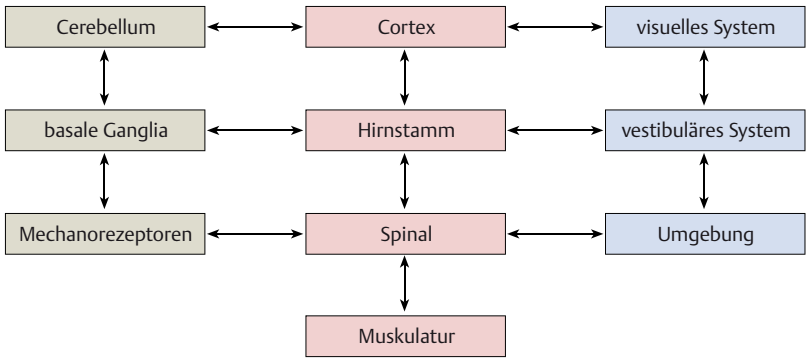


Abb. 4.43 Neuromuskuläre Kontrolle: Die sensorischen, neuralen und motorischen Systeme und die Umgebung beeinflussen sich ständig gegenseitig.

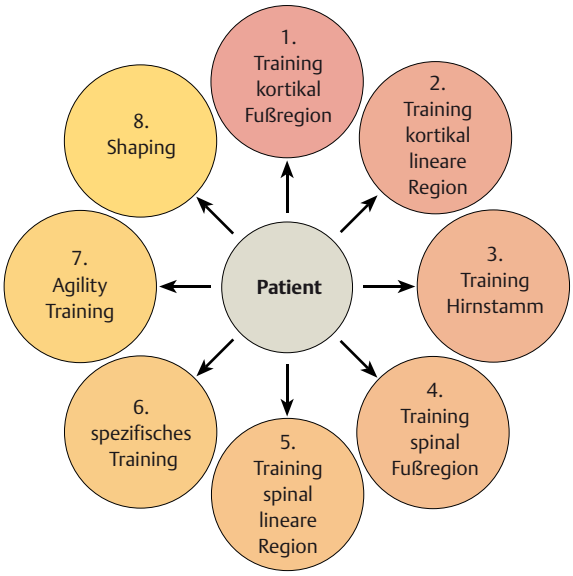


Abb. 4.44 Rehakreis Koordination.

sicht optimal ausüben kann: Rehabilitationsmethode Shaping (Formung).

Die Zahlen, die bei jeder Rehabilitationsmethode angegeben werden, bezeichnen die chronologische Reihenfolge der methodischen Schritte während der Rehabilitation. Dies bedeutet jedoch nicht, dass in jedem Fall sämtliche Schritte durchlaufen werden müssen. Abhängig von den Behandlungszielen, die Sportphysiotherapeut und Sportler gemeinsam festlegen, und den Änderungen dieser Ziele, die im Verlauf der Behandlung eventuell erforderlich werden können, werden die zu trainierenden Schritte ausgewählt. Im folgenden Abschnitt werden die verschiedenen Methoden besprochen.

Rehabilitationsmethoden des Rehakreises Koordination

Der Rehakreis Koordination umfasst acht verschiedene Rehabilitationsmethoden.

Schritt 1: Rehabilitationsmethode kortikaler Fußbereich

Die Rehabilitationsmethode kortikaler Bereich ist die Methode, die in Bezug auf die motorische Grundeigenschaft Koordination als erste trainiert werden kann, wenn ein Sportler mit einer akuten Verletzung in die Praxis kommt.

Kortikal

Wie es der Name dieser Rehabilitationsmethode bereits andeutet, liegt hier der Trainingsschwerpunkt auf der Beeinflussung von Funktionen, die vor allem im Kortex stattfinden. Dort befinden sich die 2 für die Informationsverarbeitung wichtigsten Zentren: der somatosensorische und der motorische Kortex. Die Funktion des sensomotorischen Kortex besteht darin, dass wir uns der Position unseres Körpers im Raum und der Stellung der einzelnen Körperteile zueinander bewusst werden (Kandel 2000).

Tab. 4.27 Unterschiedliche Rehabilitationsmethoden im Rehakreis Koordination

Schritte	Rehabilitationsmethode
1	Training im kortikalen Fußbereich
2	Training im kortikalen linearen Bereich
3	Stammhirntraining
4	Training im spinalen Fußbereich
5	Training im spinalen linearen Bereich
6	spezifisches Training
7	Agilitätstraining
8	Shaping

Für die Rehabilitation bedeutet dies, dass der Sportler sich erst einmal seiner Körperhaltungen und -bewegungen bewusst werden muss. Wenn die Behandlung auf den sensomotorischen Kortex ausgerichtet sein soll, muss das Propriozeptionstraining im Vordergrund stehen. Propriozeption wird definiert als die Gesamtheit aller afferenten Informationen aus den peripheren Bereichen des Körpers, die einen Beitrag zur posturalen Kontrolle, zur Gelenkstabilität und zur Bewusstwerdung der körperlichen Empfindungen liefern (Lephart 2000). Die körperlichen Empfindungen können von den Hautrezeptoren stammen, z. B. die Wahrnehmung von Wärme, Kälte oder Druck. Die Mechanorezeptoren der Gelenke sorgen für die bewusste Wahrnehmung vor allem passiver Bewegungen. Die Mechanorezeptoren der Muskeln, die Muskelspindeln, tragen zur bewussten Wahrnehmung aktiver Bewegungen und des Widerstands gegen Bewegungen bei.

Zu Beginn der Rehabilitation dient das Propriozeptionstraining dazu, günstige Voraussetzungen für den weiteren Verlauf der Rehabilitation zu schaffen. Jeder Sportler passt nach einer Verletzung sein Verhalten an; er bewegt sich weniger und anders, um die angegriffene Struktur zu entlasten. Diese motorische Verhaltensanpassung kann – je nach den Umständen – sowohl eine gute als auch eine schlechte Strategie sein. Wenn sich die Anpassung als inadäquate Strategie erweist, spricht man von einer Bewegungsbeeinträchtigung oder einer Beeinträchtigung der motorischen Kontrolle (O'Sullivan 2005). Bei beiden Strategien kann eine Einschränkung der Propriozeption vorliegen. Wenn dem Sportler nicht bewusst ist, dass seine Haltungs- und Bewegungsstrategien ungeeignet sind, kann er sich auch nicht selbst korrigieren. In diesem Fall ist es Aufgabe des Sportphysiotherapeuten, den Sportler über sein motorisches Fehlverhalten aufzuklären, um eine Selbstkorrektur zu ermöglichen. Bei dieser Form des Koordinationstrainings liegt der Schwer-

Tab. 4.28 Subjektive Qualitätskriterien des Sportlers

1	Schmerzen (während und/oder nach der Übung)
2	Ermüdung
3	Vertrauen oder Unsicherheit (Bewegungsangst)
4	Reaktion nach dem Training
5	nonverbale Kommunikation

Tab. 4.29 Objektive Qualitätskriterien des Sportlers

1	optimale Startposition – Ausgangsstellung
2	optimaler Bewegungsumfang
3	optimaler Bewegungsrhythmus
4	optimaler Bewegungsverlauf

punkt auf dem aus dem afferenten System stammenden Input und dessen Verarbeitung im neuralen System.

Die wichtigste Funktion des motorischen Kortex besteht darin festzulegen, welche(n) Körperteil(e) wir bewegen wollen, einen Plan für die Bewegung(en) aufzustellen und schließlich die Bewegung(en) auszuführen (Krakauer u. Ghez 2000). Hier liegt der Schwerpunkt auf der Verarbeitung der neuralen Prozesse und dem motorischen Output, d. h. der Reaktion des motorischen Systems, der Muskulatur. Eine funktionelle Klassifizierung, die seit einigen Jahren häufig angewendet wird, ist die Unterteilung der Muskeln in Stabilisatoren und Mobilisatoren (O'Sullivan 2000). Die Stabilisatoren sind die Muskeln, die in erster Linie eine stabilisierende Funktion haben, also ein Punctum fixum erzeugen. Die Mobilisatoren sind die Muskeln, die vorrangig für das Ausführen von Bewegungen zuständig sind, also ein Punctum mobile erzeugen. Für den Ablauf der Rehabilitation bedeutet das, dass die Stabilisatoren vor den Mobilisatoren an die Reihe kommen.

Fußbereich

Der Ausdruck Fußbereich bezieht sich auf die Belastungsverformungskurve, die das Verhalten von Kollagenfasern in verschiedenen Belastungssituationen beschreibt (weitere Informationen s. Kap. 4.3.2). Der Fußbereich der Belastungsverformungskurve zeigt einen Bewegungsumfang, in dem die Kollagenfasern des Bindegewebes noch relativ wenig belastet werden. Relativ gesehen ist dies die Phase der Grundsubstanzbelastung. Die Grundsubstanz ist einer der Bestandteile des Bindegewebes. Für die Rehabilitation nach der Methode kortikaler Fußbereich bedeutet dies, dass zunächst isometrisch trainiert wird. Der Trainingsschwerpunkt liegt hier sowohl auf dem Trainieren der lokalen Muskulatur als auch auf dem Trainieren der statischen Positionen des Gelenks. Wenn hier gewisse Fortschritte erreicht wurden, wird aus diesen Positionen heraus langsam der Bewegungsumfang erweitert (Mobilisatoren). Trainiert wird in dem (eingeschränkten) Bewegungsumfang, in dem vor allem eine Grundsubstanzbelastung stattfindet.

Aber wie wird dieser Bewegungsumfang ermittelt? Dies erreicht man, indem man an jede Übung subjektive und objektive Qualitätskriterien anlegt.

Die subjektiven und objektiven Qualitätskriterien

Beim Trainieren von Übungen in allen motorischen Grundeigenschaften muss vor allem auf die Qualität geachtet werden. Die Anwendung der subjektiven und objektiven Kriterien ist eine wichtige Voraussetzung, um die Qualität aller im Verlauf der Rehabilitation praktizierten Übungen zu gewährleisten, vor allem während der ersten Phase der Rehabilitation. Die subjektiven Qualitätskriterien beschreiben, was der Sportler fühlt, d. h. was er fühlen „darf" und was nicht. Damit ist z. B. gemeint, ob sich die Übung gut oder schlecht „anfühlt", ob sie dem Sportler Vertrauen einflößt oder ein Gefühl der Angst auslöst (**Tab. 4.28**). Wichtig ist auch das nonverbale Verhalten des Sportlers während der Übungen und auf welche Weise er dies äußert. Was der Sportler fühlt oder nicht fühlt ist ein wichtiger Aspekt der Rehabilitation der motorischen Grundeigenschaft Koordination. Schmerzen und Ermüdungserscheinungen sind wichtige subjektive Kriterien, da sie sich negativ auf die Qualität der Bewegungen auswirken. Schmerzen haben vor allem auf die lokale Muskulatur eine inhibierende Wirkung. Dies kann man nachweisen, indem man eine hypertone Salzlösung in die lokale spinale Muskulatur injiziert (Hodges 2001). Zugleich können Schmerzen zu Atrophie der lokalen Muskulatur führen, z. B. M. multifidus und M. psoas major (Barker 2004). Für das Koordinationstraining kann dies bedeuten, dass das Reaktivieren der Stabilisatoren nicht oder nur bedingt möglich ist, solange die Schmerzen im Vordergrund stehen. Schmerzreduzierung ist in diesem Fall eine Voraussetzung, um mit dem Stabilitätstraining beginnen zu können.

Lokale Muskelermüdung führt zu einer verminderten Aktivierung der motorischen Einheiten der Muskulatur, was eine Abnahme der intramuskulären Koordination und damit der Bewegungsqualität bewirkt.

Die objektiven Qualitätskriterien sind die Aspekte, auf die der Sportphysiotherapeut beim Ausführen der Übungen achtet (**Tab. 4.29**).

Für viele der in der Rehabilitation praktizierten Übungen gibt es Kriterien sowohl für die Ausgangsstellung als auch für den Bewegungsverlauf und den Bewegungsumfang. Diese Kriterien dienen dem Sportphysiotherapeuten als Leitfaden, während er den Sportler beim Ausführen der Übungen beobachtet. Der Bewegungsrhythmus wird bestimmt durch die Rehabilitationsmethode, nach der trainiert wird.

Sowohl die subjektiven als auch die objektiven Qualitätskriterien bestimmen letztendlich die Quantitätskriterien einer Übung.

Die Quantitätskriterien sind die Belastungsvariablen, also das Gewicht, die Anzahl der Übungsreihen, die Anzahl der Wiederholungen, der Bewegungsrhythmus, die Pausen, die Anzahl der Übungen, die Superkompensationsdauer etc. Für jede Rehabilitationsmethode der verschiedenen motorischen Grundeigenschaften gibt es Richtlinien für die Belastungsvariablen. Für den kortikalen Fußbereich sind diese in **Tab. 4.30** dargestellt.

Viele dieser Belastungsvariablen sind unmittelbar verständlich, z. B. Reihen und Wiederholungen, andere hingegen bedürfen einer genaueren Erklärung.

Mit Unterlast (Underloaded Weight) ist ein Gewicht gemeint, mit dem theoretisch 25–30 qualitative Wiederholungen ausgeführt werden können; tatsächlich werden nur 10–15 Wiederholungen ausgeführt. Der Grund dafür ist, dass die Ausführung einer Übung niemals durch den Faktor Ermüdung bestimmt oder eingeschränkt werden darf.

Mit Bewegungsrhythmus 1–0–1 ist gemeint, dass die exzentrische Phase genauso langsam ist wie die konzentrische Phase. Die 0 bedeutet, dass es zwischen den Phasen keine Pause gibt. Die 1 kann nicht als Dauer (in Sekunden) ausgedrückt werden, weil jede Übung einen anderen Bewegungsumfang hat. Übungen mit kleinem Bewegungsausschlag, z. B. Wrist Curls, entsprechen dem 1-sec-Rhythmus. Die Flys erreichen dies bei Weitem nicht.

Diese Rehabilitationsmethode ist für alle Zielgruppen geeignet, mit denen der Sportphysiotherapeut zu tun hat. Sowohl inaktive Menschen und Menschen mit chronischen Krankheiten als auch Sportler im weitesten Sinn des Wortes können von dieser Rehabilitationsmethode zu Beginn der Rehabilitation, d. h. während der Proliferationsphase, Gebrauch machen.

Zusammenfassung

Die Rehabilitationsmethode kortikaler Fußbereich ist die Methode, die nach einer akuten Verletzung als erste angewendet werden kann. Diese Rehabilitationsmethode beinhaltet das Trainieren des propriozeptiven Inputs und des motorischen Outputs während der verschiedenen Übungen. Es werden zuerst die Stabilisatoren, dann die Mobilisatoren trainiert, wobei der Bewegungsumfang auf den Bereich beschränkt ist, in dem vor allem eine Grundsubstanzbelastung stattfindet.

Rehabilitationsmethode kortikaler linearer Bereich

Die Rehabilitationsmethode kortikaler linearer Bereich erfüllt dieselben Bedingungen wie die Rehabilitationsmethode kortikaler Fußbereich. Die beiden Trainingsformen unterscheiden sich vor allem im Bewegungsumfang der auszuführenden Übungen (**Tab. 4.31**). Während der verschiedenen Phasen der Wundheilung wird neues Bindegewebe gebildet (weitere Informationen s. Kap. 1.4). In der Proliferationsphase wird zunächst Kollagen Typ III gebildet, das weniger stark belastbar ist als Kollagen Typ I (van den Berg 2000). Im Verlauf der Rehabilitation wird die Belastung des Bindegewebes langsam, aber progressiv erhöht. Dies kann durch eine Erhöhung der Druck- oder Zugbelastung des Bindegewebes erreicht werden. Die Druckbelastung kann erhöht werden, indem man die Intensität (mehr Gewicht) oder den Umfang (mehr Wiederholungen und Übungsreihen) der Übungen steigert. Eine wichtige Voraussetzung für das Koordinationstraining ist das Trainieren mit Unterlast (Underloaded Weight). Eine Erhöhung des Gewichts ist in diesem Fall nicht möglich. Der Trainingsumfang kann erhöht werden, indem man mehr Übungen – bis maximal 4 – in das Rehabilitationsprogramm implementiert. Die Zunahme der Zugbelastung wird durch die Erweiterung des Bewegungsumfangs der einzelnen Übungen erreicht. Die Belastung des Bindegewebes verschiebt sich in der Belastungsverformungskurve von überwiegender Grundsubstanzbelastung zur vorherrschenden Kollagenfaserbelastung (Belastung im

Tab. 4.30 Belastungsvariablen der Rehabilitationsmethode kortikaler Fußbereich

Belastungsvariablen	Kortikaler Fußbereich
Gewicht	Unterlast (Underloaded Weight)
Übungsreihen	3–5
Wiederholungen	10–15
Bewegungsrhythmus	1–0–1
Pause	30–60 sec
Anzahl Übungen	1–4
Superkompensationszeit	12–24 h

Tab. 4.31 Belastungsvariablen der Rehabilitationsmethode kortikaler linearer Bereich

Belastungsvariablen	Kortikaler linearer Bereich
Gewicht	Unterlast (Underloaded Weight)
Übungsreihen	3–5
Wiederholungen	10–15
Bewegungsrhythmus	1–0–1
Pause	30–60 sec
Anzahl Übungen	1–4
Superkompensationszeit	12–24 h

linearen Bereich der Belastungsverformungskurve). Das Ziel dieser Rehabilitationsmethode besteht darin, eine gute Bewegungsqualität im vollen aktiven Bewegungsumfang zu erreichen. Auch diese Methode ist für alle Zielgruppen geeignet – von inaktiven Menschen bis zu Spitzensportlern. Sowohl in der Proliferationsphase als auch in den Produktions- und Organisations-/Remodellierungsphasen kann diese Rehabilitationsmethode problemlos angewendet werden.

Zusammenfassung

Die Rehabilitationsmethode kortikaler linearer Bereich ist die Methode, die nach einer akuten Verletzung als Zweites angewendet werden kann. Wie die erste Rehabilitationsmethode beinhaltet auch diese Methode das Trainieren des propriozeptiven Inputs und des motorischen Outputs während der verschiedenen Übungen. Es werden vor allem die Mobilisatoren trainiert, wobei der Bewegungsumfang erweitert wird, bis ein voller aktiver Bewegungsumfang erreicht ist.

Training auf der Ebene des Stammhirns

Das Training auf der Ebene des Stammhirns ist die dritte Rehabilitationsmethode im Rehakreis Koordination. Das Stammhirn ist das Hirnzentrum, das alle Informationen aus dem motorischen Kortex, dem Zerebellum und den Basalganglien verarbeitet, moduliert und weitergibt. Im Kontext der Rehabilitation der Koordinationsfähigkeit sind die wichtigsten Funktionen des Stammhirns das Ausführen der richtigen Bewegungsmuster, das Erzeugen von automatischen Bewegungen, die Kontrolle von Long-Loop-Reflexen sowie seine Beteiligung an posturaler Kontrolle und Gleichgewicht durch Regulation des Tonus der posturalen Muskeln (Magee 2007, Delforge 2002).

Beim Training auf der Ebene des Stammhirns liegt der Schwerpunkt des Koordinationstrainings vor allem auf dem bewussten (Wieder-)Erlernen von Bewegungen, die vor der Verletzung automatisch verliefen, und der Erhaltung von posturaler Kontrolle und Gleichgewicht. Bei Letzterem spielen die vestibulären und visuellen Systeme eine wichtige Rolle.

Durch die Zusammenführung von exterozeptiver Information aus der Umgebung und somatosensorischer Information ist das visuelle System beteiligt an der Bewusstwerdung der Position unseres Körpers im Raum, der Stellung der einzelnen Körperteile zueinander und den Körperbewegungen selbst (Shumway-Cook 2007).

Das vestibuläre System spielt eine wichtige Rolle bei der posturalen Kontrolle, der Kopfhaltung (sowohl in rotatorischer als auch in linearer Richtung) und der Erhaltung des Gleichgewichts (Shumway-Cook 2007, Delforge 2002).

Für die Rehabilitation bedeutet dies, dass die Übungen, die schon bei den Rehabilitationsmethoden kortikaler Fußbereich und kortikaler linearer Bereich praktiziert wurden, nun mit dem Schwerpunkt auf posturaler Kontrolle und Erhaltung des Gleichgewichts ausgeführt werden können.

Tab. 4.32 Für die Rehabilitationsmethode Stammhirntraining geeignete Variationen verschiedener Faktoren

Variation unterschiedlicher Faktoren	
Augen offen	Augen geschlossen
stabile Unterstützungsfläche	labile Unterstützungsfläche
kleiner Lastarm	großer Lastarm
mit Spiegel	ohne Spiegel
ohne Kopfbewegungen	mit Kopfbewegungen
eingelenkig	mehrgelenkig
in einer Ebene	in mehreren Ebenen
in einer ruhigen Umgebung	in einer unruhigen Umgebung

Tab. 4.33 Belastungsvariablen der Rehabilitationsmethode Stammhirntraining

Belastungsvariablen	**Stammhirn**
Gewicht	Unterlast (Underloaded Weight)
Übungsreihen	3–5
Wiederholungen	10–15
Bewegungsrhythmus	1–0–1
Pause	30–60 sec
Anzahl Übungen	1–4
Superkompensationszeit	12–24 h

Das Ausführen der Übungen kann durch Variation unterschiedlicher Faktoren erschwert werden, um das visuelle und vestibuläre System in die Rehabilitation mit einzubeziehen (**Tab. 4.32**).

Die Belastungsvariablen dieser Rehabilitationsmethode sind dieselben wie bei der Rehabilitationsmethode kortikaler Fußbereich (**Tab. 4.33**) und linearer Bereich.

Diese Übungen sind für alle Zielgruppen geeignet. Sportler sehen sich, wenn sie bei diesen Übungen die Augen geschlossen halten, häufig konfrontiert mit Beeinträchtigungen ihrer koordinativen Fähigkeiten – ein Grund mehr, eine Zeit lang bei dieser Rehabilitationsmethode zu bleiben, um ein gutes Gleichgewicht und eine gute Körperhaltung zu trainieren.

Zusammenfassung

Beim Training auf der Ebene des Stammhirns liegt der Schwerpunkt auf der posturalen Kontrolle, der Erhaltung des Gleichgewichts bei Übungen, die schon bei den ersten beiden Rehabilitationsmethoden praktiziert wurden, und dem bewussten Erlernen automatischer Bewegungen. Um dies zu erreichen, werden gezielt Variationen verschiedener Faktoren in die Rehabilitation „eingebaut".

Übungen, die bei allen 3 bisher besprochenen Rehabilitationsmethoden (kortikaler Fußbereich, kortikaler linearer Bereich, Training auf der Ebene des Stammhirns) gemacht werden können, sind beispielsweise alle Übungen mit freien Gewichten für die unteren und oberen Extremitäten und die Wirbelsäule.

Beispiele für Übungen

Untere Extremitäten: Good Morning; Wirbelsäule: Russian Twist; obere Extremitäten: Flys. Es gibt mehrere Möglichkeiten, den Schwerpunkt bei den einzelnen Übungen auf das Gleichgewicht zu legen (**Abb. 4.45**, **Abb. 4.46**, **Abb. 4.47**).

Weitere Fertigkeiten finden sich in den Fallbeispielen, die im spezifischen Teil des Buches beschrieben werden.

Training im spinalen Fußbereich

Die vierte Rehabilitationsmethode im Rehakreis Koordination ist das Training im spinalen Fußbereich. Spinal bedeutet hier, dass der Schwerpunkt auf der untersten hierarchischen Ebene der motorischen Kontrolle liegt, dem Rückenmark oder, wie Sherrington diese Ebene nennt, „the final common pathway" (Sherrington 1947). Das Rückenmark koordiniert vor allem einfache willkürliche Körperhaltungen und -bewegungen, indem es die Information aus den Motoneuronen moduliert. Auf diese Weise beeinflusste Aktivitäten sind unter anderen die Flexions- und Extensionsmuster der Beine, z. B. beim Treten eines Balls (Amaral 2000). Daneben ist die spinale Ebene dafür zuständig, eine Beschädigung des Bindegewebes durch mechanische Belastung zu verhindern. Die spinale Ebene ist reflexhaft, z. B. in Form eines Dehnungsreflexes der Muskulatur. Vor allem bei schnellen, unkoordinierten Bewegungen können Reflexe aktiviert werden.

Reflexe können nicht bewusst reproduziert werden; ein Reflex ist schließlich eine *unbewusste* Reaktion des Körpers auf eine drohende Gefahr. In der Rehabilitation ist es unter allen Umständen ein absolutes Muss, nichtphysiologische Beschädigungen in Form eines Traumas zu verhindern. Um eine „Reflexsituation" so gut wie möglich zu reproduzieren, können – soweit vertretbar – schnelle mechanische Reize ausgeübt werden, die eine reale Situation annähernd simulieren, also Schnelligkeitstraining, bei dem der Schwerpunkt auf dem Bewegungsverlauf und der Bewegungsqualität liegt.

Bei der Rehabilitationsmethode spinaler Fußbereich liegt der Schwerpunkt einerseits auf dem Bewegungsverlauf schneller Bewegungen, bis schließlich maximal schnelle Bewegungen erreicht werden, und andererseits auf einfachen Bewegungen wie den Flexions- und Extensionsmustern der unteren Extremitäten. Oft werden diese Muster schon bei den vorangehenden koordinativen Rehabilitationsmethoden geübt.

Die Bezeichnung dieser Rehabilitationsmethode – spinaler Fußbereich – deutet bereits an, dass hierbei schnel-



Abb. 4.45 Good Morning auf labilem Untergrund; die „Airex"-Matte.



Abb. 4.46 Russian Twist auf einer MFT-Scheibe.



Abb. 4.47 Flys mit 2 unterschiedlichen Gewichten.



Abb. 4.48 Koordinatives Sprung-Abc.

Tab. 4.34 Belastungsvariablen der Rehabilitationsmethode spinaler Fußbereich

Belastungsvariablen	Spinaler Fußbereich
Gewicht	geringe Gewichte
Übungsreihen	2–3
Wiederholungen	5–10
Bewegungsrhythmus	so schnell wie möglich
Pause	2–4 min
Anzahl Übungen	2–3
Superkompensationszeit	48–72 h

Tab. 4.35 Für die Rehabilitationsmethode spinaler Fußbereich geeignete Variation unterschiedlicher Faktoren

Variation unterschiedlicher Faktoren	
schnell	schneller
mit Kommando	ohne Kommando
erwartet	unerwartet
tonisiert	nichttonisiert
beidhändig	einhändig
ohne Doppelaufgaben	mit Doppelaufgaben

le Bewegungen in einem eingeschränkten Bewegungsumfang ausgeführt werden. In diesem Fall wird der Bewegungsumfang eingeschränkt, weil das Bindegewebe immer noch nur eingeschränkt belastbar ist (es dauert durchschnittlich 300–500 Tage, bis die Kollagenfasern in Bindegewebe umgewandelt sind; van den Berg 2000). Außerdem verändert sich das Verhalten des Bindegewebes bei schneller Belastung. Dabei handelt es sich um die viskoelastische Eigenschaft „Strain Rate Dependance". Diese Eigenschaft zeichnet sich dadurch aus, dass es zu einer zur Schnelligkeit der Belastung proportionalen Zunahme der mechanischen Belastung kommt. Kurzum, je schneller die Belastung, desto höher die Belastung des Bindegewebes (Matthijs 2003).

Diese Form des Trainings ist vor allem für Explosivsportler geeignet. Bei inaktiven Menschen und Menschen mit chronischen Krankheiten wird diese Trainingsform nur angewendet, wenn sie ausdrücklich beabsichtigen, einen Explosivsport auszuüben.

Die Bewegungen, die bei dieser Rehabilitationsmethode ausgeführt werden, sind noch keine sportspezifischen Bewegungen. Übungen, die hierfür infrage kommen, sind unter anderen alle Übungen mit freien Gewichten, aber auch das Lauf-, Sprung- und Wurf-Abc. Diese „Alphabete" können geübt werden, um Kraft, Schnelligkeit oder Technik zu verbessern. Wenn die Verbesserung der Technik das Trainingsziel ist, spricht man von Koordinationstraining im spinalen Fußbereich oder im spinalen linearen Bereich. Der Schwerpunkt liegt dabei vor allem auf dem Bewegungsverlauf (**Abb. 4.48**).

Die Richtlinien für die Belastungsvariablen der Rehabilitationsmethode spinaler Fußbereich sind in **Tab. 4.34** dargestellt.

Ab diesem Niveau können verschiedene andere Erschwerungsprinzipien in das Rehabilitationstraining eingebaut werden, um die koordinativen Fähigkeiten des Sportlers zu verbessern (**Tab. 4.35**). Entscheidend ist nach wie vor die Qualität des Trainings, die durch Anwendung der subjektiven und objektiven Qualitätskriterien gewährleistet werden kann.

Zusammenfassung

Bei der Rehabilitationsmethode spinaler Fußbereich liegt der Schwerpunkt auf den verschiedenen Formen des nichtsportspezifischen Schnelligkeitstrainings in einem beschränkten Bewegungsumfang, wobei das primäre Ziel die Verbesserung der Technik ist.

Training im spinalen linearen Bereich

Die Schwerpunkte der Rehabilitationsmethode spinaler linearer Bereich sind dieselben wie bei der vorigen Rehabilitationsmethode: die verschiedenen Formen des nichtsportspezifischen Schnelligkeitstrainings mit dem primären Ziel der Verbesserung der Technik und des Bewegungsverlaufs. Im Unterschied zur vorigen Rehabilitationsmethode wird hier jedoch versucht, einen vollen

Tab. 4.36 Belastungsvariablen der Rehabilitationsmethode spinaler linearer Bereich

Belastungsvariablen	Spinaler linearer Bereich
Gewicht	geringe Gewichte
Übungsreihen	2–3
Wiederholungen	5–10
Bewegungsrhythmus	so schnell wie möglich
Pause	2–4 min
Anzahl Übungen	2–3
Superkompensationszeit	48–72 h

aktiven Bewegungsumfang zu erreichen. Der Bewegungsumfang der einzelnen Übungen nimmt zu.

Die Erweiterung des Bewegungsumfangs hat eine Zunahme der Zugbelastung des Bindegewebes zur Folge. Die Belastung des Bindegewebes verschiebt sich in der Belastungsverformungskurve von der vorherrschenden Grundsubstanzbelastung zur überwiegenden Kollagenfaserbelastung (Belastung im linearen Bereich der Belastungsverformungskurve).

Durch den größeren Bewegungsumfang erhöht sich die Schnelligkeit der Bewegungen. Bei dieser Trainingsform geht es nicht um maximale Schnelligkeit; der Schwerpunkt liegt nach wie vor auf einem sauberen Bewegungsverlauf. Vor allem Sportler, die ihre koordinativen, nichtsportspezifischen Fähigkeiten bei höheren Geschwindigkeiten verbessern wollen, machen von dieser Rehabilitationsmethode Gebrauch.

Die auszuführenden Übungen und die Belastungsvariablen dieser Rehabilitationsmethode sind dieselben wie bei der Rehabilitationsmethode spinaler Fußbereich (**Tab. 4.36**).

Wichtig bei dieser Trainingsform ist, dass der Bewegungsumfang im Verlauf des Trainings nur nach und nach erweitert wird, da eine (zu) schnelle Erweiterung ein Verletzungsrisiko darstellen würde. Auf Schnelligkeit abzielende Übungen führen dazu, dass die motorische Kontrolle immer stärker auf einer Open-Loop-Strategie basiert; die Schnelligkeit der Bewegungen hat zur Folge, dass Feedbackmechanismen keine wichtige Rolle mehr spielen. Dies bedeutet auch, dass das Feedback des Sportlers – das subjektive Feedback – immer wichtiger wird. Der Sportphysiotherapeut muss dem Sportler unmissverständlich das Trainingsziel verdeutlichen und auch, was er beim Absolvieren des Übungsprogramms fühlen „soll“ und was er nicht fühlen „darf“.

Spezifisches Training

Die sechste Rehabilitationsmethode im Rehakreis Koordination ist die wichtigste: das spezifische Training. „Spezifisches“ Training bedeutet dasselbe wie „funktionelles“ Training. Das hervorstechende Merkmal des spezifischen Trainings ist, dass Trainingsziel, Aufgabe, Umgebung, Bewegungsverlauf, Bewegungsumfang, Kontraktionsmechanismus und Energiesystem den sportspezifischen Bewegungshandlungen entsprechen. Anders ausgedrückt: Ein Fußballer führt auf dem Fußballplatz sportspezifische Bewegungshandlungen aus. Die Eigenschaften des spezifischen Trainings repräsentieren die verschiedenen motorischen Grundeigenschaften: Der Bewegungsverlauf entspricht der Koordination, der Bewegungsumfang der Mobilität, der Kontraktionsmechanismus der Kraft und das Energiesystem der Ausdauer. Die Bewegungshandlungen repräsentieren alle sportspezifischen Aktivitäten, die der Fußballer beim Ausüben seines Sports ausführt. In den Bewegungshandlungen kommen die Relation zum Ziel der Bewegungen und die Bedeutung der Interaktion mit der Umgebung zum Ausdruck. Ausgedrückt in ICF-Begriffen trainiert der Sportler auf 3 Ebenen: den Funktions-, Aktivitäts- und Partizipationsebenen. Das Ziel der Rehabilitation besteht darin, dem Sportler wieder das zu ermöglichen, was seine Leidenschaft ist: seinen Sport auszuüben. Dies wird bei dieser Trainingsform in Bezug auf die Koordination verwirklicht. Alle vorangegangenen Rehabilitationsmethoden – vom kortikalen Fußbereich bis zum spinalen linearen Bereich – dienen letztendlich der Vorbereitung auf das spezifische Training.

Zwei interessante Trainingsformen, die hier angewendet werden können, bevor die Sportspezifikation Gestalt annimmt, sind Imitationsübungen und Kraft-Imitationsübungen (Cingel 2008).

Unter Imitationsübungen versteht man den gesamten spezifischen Übungsstoff, der die Bewegungsstruktur betrifft, wobei die Übungen mit geringerem Kraftaufwand und langsamer ausgeführt werden. Wenn der Sportler das Gefühl hat, die sportspezifischen Bewegungen sicher ausführen zu können, können Elemente der Schnelligkeit oder der Kraft implementiert werden, ohne dass Ermüdungserscheinungen auftreten.

Kraft-Imitationsübungen sind Übungen, deren Bewegungsverlauf und Bewegungsumfang mit denen von Wettkampfbewegungen identisch sind. Durch die Verwendung schwererer Materialien verlagert sich der Schwerpunkt von der Schnelligkeit auf die Kraft; ein Schnelligkeitsverlust von bis zu 20% gilt dabei als akzeptabel.

Bei dieser Trainingsform liegt der Schwerpunkt nicht mehr auf einer bestimmten Form des Koordinationstrainings. Die verschiedenen Ebenen der motorischen Kontrolle werden durchlaufen: kortikal, Stammhirn und spinal. Der Schwerpunkt des spezifischen Trainings liegt auf der Technik der einzelnen sportspezifischen Bewegungshandlungen in Relation zum Ziel und zur Umgebung (weitere Informationen über Bewegungshandlungen s. Kap. 1.2).

Beispiel

In Kapitel 1.2 haben wir bereits Rik kennen gelernt, einen 12-jährigen talentierten Fußballer, der seit Kurzem in der Jugendmannschaft des NEC (professioneller niederländischer Fußballverein) trainiert. Nach einem Inversionstrauma hat Rik die verschiedenen Trainingsformen des Rehakreises Koordination durchlaufen. Nun beginnt er mit der Rehabilitationsmethode des spezifischen Trainings. Der Sportphysiotherapeut hat auf dem Spielfeld einen Parcours aus Fahnenstangen aufgebaut. Rik soll nun, mit dem Ball nahe am Fuß, so schnell wie möglich wie beim Skislalom um die Stangen herumdribbeln und anschließend dem Sportphysiotherapeuten den Ball zuspielen. Dann spielt der Therapeut den Ball wieder zurück zu Rik, der sich nun am 16-m-Raum befindet und nach der Ballannahme aufs Tor schießt, wobei er versuchen soll, die linke oder obere Torecke zu treffen. Der Torwart versucht, so viele Bälle wie möglich zu halten.

In diesem Beispiel hat das spezifische Training 2 Ziele: Der Ball soll beim Dribbeln um die Fahnenstangen möglichst nahe am Fuß bleiben und Rik soll aufs Tor schießen, wobei er sich für die linke oder die rechte obere Ecke entscheiden kann. Dabei interagiert Rik sowohl mit der Umgebung (dem Spielfeld) als auch mit 2 Personen (dem Sportphysiotherapeuten und dem Torwart) (**Abb. 4.49**).

Beim spezifischen Training gibt es eine Reihe unterschiedlicher Belastungsvariablen. Bei spezifischen Übungen, bei denen es nicht um Schnelligkeit geht, können die Belastungsvariablen so ausgewählt werden, wie es für die ersten 3 Rehabilitationsmethoden des Rehakreises Koordination beschrieben wurde. Wenn Schnelligkeit ein wichtiger Aspekt der Übungen ist, kommen die Belastungsvariablen der spinalen Trainingsformen infrage. Außerdem können die Belastungsvariablen auch in Relation zu Zeit, Höhe oder Abstand gesetzt werden. Im oben beschriebenen Beispiel könnten die Bedingungen des spezifischen Trainings beispielsweise so unterteilt werden: Rik soll 3 Übungsreihen mit jeweils 10 Wiederholungen ausführen, zwischen den einzelnen Reihen soll er eine Pause von 1 min und zwischen den Wiederholungen eine Pause von 5 min einlegen. Der Slalom um die Fahnenstangen sollte maximal 5 sec dauern. Für weitere Formen des spezifischen Trainings und die entsprechenden Belastungsvariablen verweise ich auf die Fallbeispiele im entsprechenden Teil des Buches. Ein interessantes Beispiel, in dem die Eigenschaften des spezifischen Trainings leicht nachvollziehbar zum Ausdruck kommen, ist der Fall des Hürdenläufers mit einer Verletzung der ischiokruralen Muskulatur/Kniebeugesehne (Hamstrings).

Agilitätstraining

Häufig ist es so, dass Sportler unter nichtoptimalen Umständen optimale Leistungen erbringen sollen. Nichtoptimal kann in diesem Zusammenhang vieles bedeuten, z. B.



Abb. 4.49 Spezifisches Training.

der Stress, den die Erwartungen des Vereins und der Fans bei einem wichtigen Wettkampf mit sich bringen, oder die Art und Weise, wie der Sportler mit diesem Stress umgeht. Weitere Informationen zu diesem Thema finden sich in Kapitel 8. Nichtoptimale Umstände können auch dadurch entstehen, dass der Sportler „den Kopf nicht frei hat“ von privaten Angelegenheiten, z. B. wenn sein Kind krank ist oder er Streit mit einem guten Freund hatte. Im Zusammenhang mit der folgenden Rehabilitationsmethode, dem Agilitätstraining, verstehen wir unter nichtoptimalen Umständen allerdings körperliche Belastungen wie Ermüdungserscheinungen. Beim Agilitätstraining soll der Sportler trotz allgemeiner Ermüdung oder Erschöpfung sportspezifische Leistungen erbringen. Allgemeine Ermüdung oder Erschöpfung bedeutet, dass der Sportler im nichtsportspezifischen Energiesystem müde wird.

Das spezifische Energiesystem, das dem Fußballer optimale sportliche Leistungen ermöglicht, ist das anaerobe alaktische Energiesystem. Die Grundlage für die Ausdauer bildet bei jedem Explosivsportler jedoch das aerobe Energiesystem. Es ist zwar nicht das spezifische Energiesystem der Sportart Fußball, ist aber ebenfalls wichtig für das Ausüben dieses Sports.

Das Agilitätstraining beinhaltet in diesem Fall, dass der Fußballer zunächst durch Verabreichung eines aeroben Trainingsreizes gezielt müde gemacht wird. Auf dieses Training folgen unmittelbar sportspezifische koordinative Übungen; im oben genannten Beispiel könnte Rik beispielsweise vor dem spezifischen Training einen schnellen Dauerlauf von 30 min machen.

Shaping

Die letzte Rehabilitationsmethode im Rehakreis Koordination ist das Shaping. Darunter versteht man das Trainieren sportspezifischer koordinativer Fähigkeiten im Zustand der sportspezifischen Erschöpfung. Der Sportler wird vor dem Koordinationstraining in dem Energiesystem, das in seiner Sportart leistungsbestimmend ist, mü-

de gemacht. Beim Fußballer ist das das anaerobe alaktische System, das unter anderem die Energie für die vielen Formen des Sprintens liefert, die beim Fußball eine wichtige Rolle spielen. Für das Training bedeutet dies, dass Rik zunächst sportartspezifische Sprintformen praktiziert, bis Erschöpfungserscheinungen auftreten. Erst dann werden seine koordinativen Fähigkeiten trainiert.

Sowohl beim Agilitätstraining als auch beim Shaping ist entscheidend, wie das Training aufgebaut wird. Weitere Informationen hierzu siehe **S. 293**, **Tab. 4.77**.

Zusammenfassung

Die Aufgabe des Sportphysiotherapeuten besteht unter anderem darin, einen Sportler/Klienten nach einer akuten Bindegewebsverletzung zu begleiten. Im Verlauf der Rehabilitation ergreift der Sportphysiotherapeut verschiedene passive und aktive physiotherapeutische Maßnahmen. Auf der Skala der aktiven physiotherapeutischen Interventionen kann bis hin zum Training der motorischen Grundeigenschaft Koordination gewählt werden. Der Rehakreis Koordination kann dem Sportphysiotherapeuten als methodischer Leitfaden für die Rehabilitation dienen. Er repräsentiert ein Denkmodell, das dem Sportphysiotherapeuten helfen kann, bei der Behandlung eines Sportlers methodisch vorzugehen. Der Rehakreis Koordination basiert auf den physiologischen Prozessen, die nach einer akuten Verletzung im Bindegewebe ablaufen (Wundheilung), und denen, die eine wichtige Rolle bei der neuromuskulären Kontrolle spielen. Nicht zuletzt ist die Interaktion mit dem Sportler ein besonders wichtiger Aspekt der Rehabilitation, das Stichwort hierzu lautet „patientenzentrierte Therapie“. Die Interaktion bestimmt den Verlauf der koordinativen „Reise“, deren Ziel das optimale Ausüben der jeweiligen Sportart ist.

Für inaktive Menschen und Menschen mit chronischen Krankheiten sind vor allem die ersten 3 Rehabilitationsmethoden von Bedeutung. Das spezifische Training steht am Ende der Therapie. Das Ziel der Bewegungen und die Interaktion mit der Umgebung sind mitbestimmend für den Bewegungsverlauf des Klienten (**Tab. 4.37**).

Freizeit-, Leistungs- und Spitzensportler können den ganzen Rehabilitationszyklus durchlaufen. Ausdauersportler und Explosivsportler legen unterschiedliche Wege zurück, bis sie zum Shaping kommen. Beim Ausdauersportler verläuft die „Reise“ vom kortikalen und Stammhirntraining zum spezifischen Training. Gerade Ausdauersportler müssen in der Lage sein, trotz Erschöpfung ihre optimalen koordinativen Fähigkeiten zu behalten. Agilitätstraining und Shaping sind daher wichtige Rehabilitationsmethoden, die am Ende der Therapie stehen (**Tab. 4.38**).

Bei Explosivsportlern wie Kugelstoßern, Speerwerfern und Hochspringern, für die der Aspekt der Ermüdung keine wichtige Rolle spielt, besteht das Rehabilitationsziel im Erreichen optimaler koordinativer Fähigkeiten bei der Ausführung sportspezifischer Bewegungen (spezifisches Training; **Tab. 4.39**).

Bei Explosivsportarten wie Fußball, Hockey, Basketball etc. spielt der Aspekt der Ermüdung eine wichtige Rolle bei der Ausführung sportspezifischer Bewegungen. Agilitätstraining und Shaping sind hier die richtigen Rehabili-

Tab. 4.37 Richtlinie für die Rehabilitation von inaktiven Menschen und Menschen mit chronischen Krankheiten

Schritte	Rehabilitationsmethode
1	Training im kortikalen Fußbereich
2	Training im kortikalen linearen Bereich
3	Stammhirntraining
4	Training im spinalen Fußbereich
6	spezifisches Training

Tab. 4.38 Richtlinie für die Rehabilitation der Zielgruppe Sportler mit Schwerpunkt auf Ausdauersport

Schritte	Rehabilitationsmethode
1	Training im kortikalen Fußbereich
2	Training im kortikalen linearen Bereich
3	Stammhirntraining
6	spezifisches Training
7	Agilitätstraining
8	Shaping

Tab. 4.39 Richtlinie für die Rehabilitation von Explosivsportlern, für die Ermüdung *keine* wichtige Rolle spielt

Schritte	Rehabilitationsmethode
1	Training im kortikalen Fußbereich
2	Training im kortikalen linearen Bereich
3	Stammhirntraining
4	Training im spinalen Fußbereich
5	Training im spinalen linearen Bereich
6	spezifisches Training

Tab. 4.40 Richtlinie für die Rehabilitation von Explosivsportlern, für die Ermüdung eine wichtige Rolle spielt

Schritte	Rehabilitationsmethode
1	Training im kortikalen Fußbereich
2	Training im kortikalen linearen Bereich
3	Stammhirntraining
4	Training im spinalen Fußbereich
5	Training im spinalen linearen Bereich
6	spezifisches Training
7	Agilitätstraining
8	Shaping

tationsmethoden, um die sportspezifischen Bewegungen auch bei Ermüdung „in den Griff zu kriegen“ (**Tab. 4.40**).

Literatur

Amaral D. The anatomical organisation oft the central nervous system. In: Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM (eds.). Principle of neuroscience. 4th Edition. New York: McGraw-Hill.

Barker KL, Shamley R, Jackson D. Changes in the cross-sectional area of multifidus and psoas in patients with unilateral back pain. Spine 2004; 29: E515–E519.

Cingel R, Hullegie W, Witvrouw E. Musculoskeletale aandoeningen in de sport: De schouder. Maarssen: Elsevier; 2008.

de Morree JJ. Dynamiek van het menselijk bindweefsel. Houten: Bohn Stafleu van Loghum; 2003.

Delforge G. Musculoskeletal trauma: Implications for sports injury management. Human Kinetics 2002; 155–185.

Hafelinger U, Scuba V. Koordinationstherapie. Propriozeptives Training. 2., völlig überarbeitete Auflage. Aachen: Meyer & Meyer Sport; 2003.

Hodges PW, Modeley GL, Gabrielsson A et al. Experimental muscle pain changes the feedforward postural responses of the trunk muscles. Exp Brain Res 2003; 151: 262–70.

Kandel ER. The brain and behavior. In: Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM (eds.). Principles of neuroscience. 4th Edition. New York: McGraw-Hill; 2000.

Krakauer J, Ghez C. Voluntary movement. In: Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM (eds.). Principles of neuroscience. 4th Edition. New York: McGraw-Hill; 2000.

Lephart SM, Riemann BL, Fu FH. Introduction to the sensory motor system. Proprioception and Neuromuscular Control in Joint Stability. Human Kinetics 2000; 37–51.

Magee DJ, Zachazewski JE, Quillen WS. Scientific Foundations and Principles of Practice in musculoskeletal Rehabilitation. Philadelphia: Saunders; 2007.

Matthijs O, van Paridon-Edauw D, Winkel D. Manuelle Therapie der peripheren Gelenke 1: Biomechanik, Bindegewebe, Schultergurtel. München: Urban und Fischer; 2003.

O’Sullivan P. Diagnosis and classification of chronic low back disorders: Maladaptive movement and motor control impairments as underlying mechanism. Journal of Manual Therapy 2005; 10: 242–255.

O’Sullivan PB. Lumbar segmental instability: Clinical presentation and specific stabilizing exercise management. Man Ther 2000; 5: 2–12.

Sherrington C. The integrative action of the nervous system. 2nd Edition. New Haven: Yale University; 1947.

Shumway-Cook A, Woollacott M. Motor control, translating research into clinical practice. 3rd Edition. London: Lippincott Williams and Wilkins; 2007.

Tagil M, Aspenberg P. Cartilage induction by controlled mechanical stimulation in vivo. Journal of Orthopedic Research 1999; 17: 200.

van de Berg F. To egepaste fysiologie, deel 1: Bindweefsel van het bewegingsapparaat. Den Haag: Lemma BV; 2000.

4.3.4 Rehakreis Ausdauer

Einführung

In der Praxis hat der Sportphysiotherapeut mit vielen unterschiedlichen Zielgruppen zu tun; neben Freizeit-, Leistungs- und Spitzensportlern zählen immer öfter auch inaktive Menschen und Menschen mit chronischen Krankheiten zu seinen Klienten (Bulley 2005). Bei diesen Zielgruppen ist das Training der motorischen Grundeigenschaft Ausdauer ein wichtiger Teil der Rehabilitation bzw. der sportphysiotherapeutischen Behandlung. Vor allem die Grundlagenausdauer bildet die Basis für das Training aller anderen motorischen Grundeigenschaften (Weineck 2007). Das Training der Grundlagenausdauer bewirkt:

- Erhöhung der physischen Belastbarkeit
- Zunahme der Regenerationskapazität
- Verringerung des Verletzungsrisikos
- Erhöhung der mentalen Belastbarkeit
- konstant hohe Reaktions- und Handlungsgeschwindigkeit beim Sport
- Reduzierung der technischen Fehler beim Sport
- stabilere Gesundheit

Vor allem die Verbesserung der physischen Belastbarkeit und der Regenerationskapazität sind wichtige Schritte auf dem Weg zu einer besseren Gesundheit. Weitere Informationen hierzu finden sich in Kapitel 3. Für die Rehabilitation bedeutet dies, dass mit dem Training der Grundlagenausdauer möglichst früh begonnen werden sollte.

Nach einer akuten Verletzung werden die verschiedenen Phasen der Wundheilung durchlaufen. Die erste Phase, in der eine physische Belastung durchaus möglich ist, ist die Proliferationsphase. Die Belastung darf in dieser Phase allerdings nicht zu hoch sein, da die Belastbarkeit des Bindegewebes noch eingeschränkt ist (Kollagen Typ III; van den Berg 2000). Die Grundlagenausdauer kann aber auch mit geringer Belastung trainiert werden. Bei ADL-Patienten, inaktiven Menschen und Menschen mit chronischen Krankheiten reicht das Training der Grundlagenausdauer häufig aus, um im täglichen Leben optimal funktionieren zu können. Bei Sportlern bildet es die Basis für die Anwendung der anderen zur motorischen Grundeigenschaft Ausdauer gehörenden Rehabilitationsmethoden. Für die Begleitung der verschiedenen Zielgruppen kann – soweit die Ausdauer betroffen ist – vom Rehakreis Ausdauer Gebrauch gemacht werden.

Der Rehakreis Ausdauer basiert auf einer Reihe von Ausgangspunkten:

Unter Ausdauer versteht man die psychophysische Ermüdungswiderstandsfähigkeit des Sportlers. Die psychische Ausdauer ist die Fähigkeit, einem Reiz, der zum Abbruch einer Belastung „auffordert“, möglichst lange

Tab. 4.41 Übersicht über die verschiedenen Energiesysteme

System	Substrat	Produkt	Aktivierungsintensität	Aktivierungsdauer
CP	CP	CP = Cr + Pi + Energie	90–100 % max. Intensität	bis 10 sec
anaerobe Glykolyse	Glukose Glykogen	Laktat ATP	80–90 % max. Intensität	bis 3–5 min
aerobes System	O_2 Glukose Glykogen FFA	CO_2 H_2O ATP	bis ca. 50–80 % max. Intensität (AS)	mind. 3 min bis ?

CP = Creatinphosphokinase Cr = Creatine Pi = Phosphat ATP = Andenosinetriphosphat CO^2 = Kohlensäure H_20 = Wasser FFA = freie Fettsäuren AS = anaerobe Schwelle

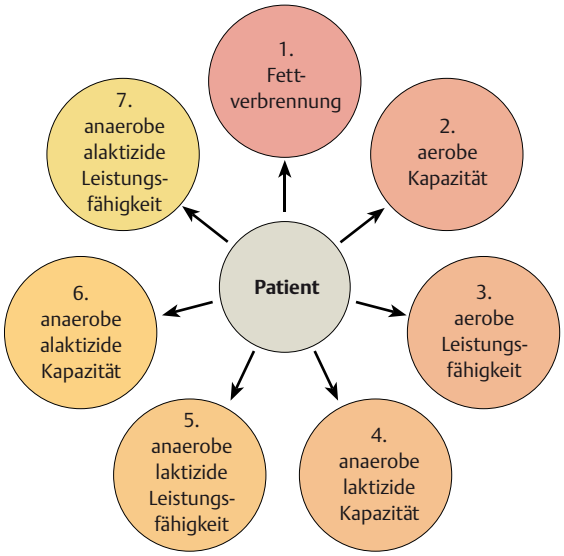


Abb. 4.50 Rehakreis Ausdauer.

nicht nachzugeben. Die physische Ausdauer ist die Ermüdungswiderstandsfähigkeit eines Organismus bzw. seiner einzelnen Teilsysteme (Weineck 2007).

Es gibt verschiedene Formen der Ausdauer (Zintl u. Eisenhut 2001). Wenn weniger als ein Sechstel der Muskulatur aktiv ist, spricht man von lokaler Ausdauer, bei mehr als einem Sechstel von allgemeiner Ausdauer. Die verschiedenen Formen der Ausdauer können auch nach den Energiesystemen klassifiziert werden: aerobes oder anaerobes Energiesystem, wobei das anaerobe Energiesystem noch einmal in alaktische und laktische Systeme unterteilt wird. Diese Unterteilung basiert auf der Dauer der Belastung. Bei der Kurzzeitausdauer beträgt die Belastungsdauer zwischen 2 sec und 2 min, bei der Mittelzeitausdauer 2–10 min und bei der Langzeitausdauer mehr als 10 min.

Schließlich kann die Ausdauer auch noch nach der Sportspezifikation unterteilt werden; die allgemeine Ausdauer ist die in der Einleitung besprochene Grundlagenausdauer, die für jeden Sportler/Klienten die Basis bildet. Die spezielle Ausdauer ist die spezifische Manifestationsform der für die jeweilige Sportart benötigten Ausdauer. Bei einem Fußballer betrifft die spezifische Ausdauer vor allem das anaerobe Energiesystem, bei einem Marathonläufer vor allem das aerobe System. Ausdauer kann in die Aspekte Kapazität und Leistungsfähigkeit unterteilt werden, wobei man unter Kapazität die Gesamtenergiemenge versteht, die in den verschiedenen Energiesystemen vorhanden ist, und unter Fähigkeit die Geschwindigkeit, mit der das Energiesystem „angezapft" werden kann.

Der Rehakreis Ausdauer basiert vor allem auf der Muskeltätigkeit von mehr als einem Sechstel der Muskulatur (allgemeine Ausdauer). Der Leitfaden für die verschiedenen Trainingsmethoden richtet sich nach den verschiedenen Energiesystemen, also den aeroben und den alaktischen und laktischen anaeroben Energiesystemen, wobei sowohl Kapazität als auch Leistungsfähigkeit ausschlaggebend für die Wahl der Rehabilitations-/Trainingsmethode sind (**Tab. 4.41**). Das letztliche Ziel des Rehakreises besteht darin, die spezielle Ausdauer des Klienten/Sportlers zu trainieren, damit er seinen Sport wieder optimal ausüben bzw. ADL wieder optimal ausführen kann.

Die physiologischen Grundlagen der einzelnen Energiesysteme werden in Kapitel 4.2 „Test und Training motorischer Grundeigenschaften" beschrieben.

Wie bei jedem anderen Rehakreis steht auch hier der Patient im Mittelpunkt; man spricht von „patientenzentrierter Therapie" (Michie 2003). Das hervorstechende Merkmal der patientenzentrierten Therapie ist, dass sowohl der Sportler/Klient als auch der Sportphysiotherapeut aus einer biopsychosozialen Perspektive betrachtet werden. Auf der Grundlage von Dialog und gegenseitigem Respekt werden im Rahmen des sportphysiotherapeutischen Prozesses die Entscheidungen getroffen, die notwendig sind, um das gemeinsame Ziel zu erreichen: dem Sportler die Wiederaufnahme seiner sportlichen Aktivitäten zu ermöglichen. Weitere Informationen hierzu finden sich in Kapitel 1.

Tab. 4.42 Verschiedene Rehabilitationsmethoden des Rehakreises Ausdauer

Nummer	Rehabilitationsmethode	Energiesystem	Belastungsintensität	Belastungsdauer
1	Fettverbrennung	aerob	85 % AS	100–120 min
2	aerobe Kapazität	aerob	90–95 % AS	60–90 min
3	aerobe Leistungsfähigkeit	aerob	95–100 % AS	30–45 min
4	anaerobe laktische Kapazität	anaerob	85–90 % PB/Distanz	3–5 min
5	anaerobe laktische Leistungsfähigkeit	anaerob	uneingeschränkt (Top-down) 95–100 % PB/Distanz (Bottom-up)	40–45 sec 3–5 min
6	anaerobe alaktische Kapazität	anaerob	95–90 % V_{max}	10–13 sec
7	anaerobe alaktische Leistungsfähigkeit	anaerob	100–95 % V_{max}	5–7 sec

AS = anaerobe Schwelle; die Schwelle, an der sich Laktatproduktion und Laktatelimination gerade noch gegenseitig ausgleichen (Weineck 2007)
V_{max} = maximale Geschwindigkeit
PB = persönliche Bestzeit über eine bestimmte Strecke (oft bezogen auf 1000 m)

Die Reihenfolge der verschiedenen Rehabilitationsmethoden beruht auf der (sport-)physiotherapeutischen Behandlung einer Person mit einer akuten Verletzung, wobei die verschiedenen Phasen der Wundheilung ausschlaggebend sind für die Höhe der physischen Belastung, die im Verlauf der Rehabilitation ausgeübt werden kann. In den Proliferations-, Produktions- und Organisations-/Remodellierungsphasen stehen vor allem aerobe Rehabilitationsmethoden im Vordergrund, in der Integrations-/Maturationsphase vor allem anaerobe Methoden. Bis zu welchem Punkt des Rehakreises trainiert wird, hängt vom Ziel der Rehabilitation ab. Ein inaktiver Klient wird in erster Linie das Ziel haben, seine Basiskondition zu verbessern, was bedeutet, dass er vor allem im aeroben Energiesystem trainieren wird. Ein Explosivsportler, der nach der Rehabilitation seinen Sport wieder ohne Einschränkungen ausüben können will, wird nach den verschiedenen Trainingsmethoden trainieren, die das anaerobe alaktische Energiesystem betreffen.

Wenn Sie mehr zum Thema Muskelphysiologie und Typologie lesen möchten, empfehlen wir Kapitel 12 in „Optimales Training“ von J. Weineck (2007).

Wie bei den anderen Rehakreisen steht auch beim Rehakreis Ausdauer der Patient im Mittelpunkt (**Abb. 4.50**). Die Rehamethoden sind wieder im Uhrzeigersinn angeordnet. Die erste Rehamethode – Fettverbrennung – steht auf der 12-Uhr-Position. Sie bildet die Basis für jedes Ausdauertraining in der Rehabilitation. Abhängig von den Wünschen und Anforderungen, die an den Patienten in Arbeit, Sport und Hobby gestellt werden, durchläuft er die verschiedenen Methoden des Rehakreises Ausdauer. Die Methoden werden in diesem Kapitel beschrieben.

Rehabilitationsmethoden des Rehakreises Ausdauer

Der Rehakreis Ausdauer umfasst 7 Rehabilitationsmethoden, die auf den verschiedenen Energiesystemen basieren, dem aeroben und den alaktischen und laktischen anaeroben Systemen. Sobald eine körperliche Anstrengung beginnt, werden alle 3 Energiesysteme mehr oder weniger aktiv. Abhängig von Dauer und Intensität der Belastung werden bei der Rehabilitation die Schwerpunkte auf die verschiedenen Energiesysteme gelegt. Bei kurzfristigen Belastungen (maximal 10 sec) mit hoher Intensität (90–100 %) wird vor allem das anaerobe alaktische System belastet. Je geringer die Intensität, desto länger kann die physische Belastung ausgehalten werden (Dauer). Bei einer geringen Belastung (niedrige Intensität) von mehr als 1,5 h wird in erster Linie das aerobe System belastet und es wird vor allem die Fettverbrennung stimuliert.

Das Ziel des Kapazitätstrainings ist, das Energiesystem in struktureller Hinsicht zu vergrößern. Dadurch kann einerseits das System länger belastet werden, aber andererseits wird diese Vergrößerung auch als Voraussetzung für die Vergrößerung des Vermögens des Energiesystems betrachtet. Das Kapazitätstraining ist gekennzeichnet durch einen großen Umfang, eine geringe Intensität und kurze Pausen (in Relation zu dem zu trainierenden Energiesystem).

Das Vermögenstraining hat zum Ziel, das Energiesystem in funktioneller Hinsicht zu verbessern, d. h. es kann schneller in diesem System belastet werden. Das Vermögenstraining ist gekennzeichnet durch eine hohe Intensität, einen geringen Umfang und lange Pausen (in Relation zu dem zu trainierenden Energiesystem).

Um ein optimales Resultat bei mindestens einer der 7 Rehabilitationsmethoden zu gewährleisten, ist es wichtig, mit der richtigen Intensität zu trainieren. Die richtige Belastungsintensität wird durch geeignete Ausdauertests

ermittelt. Die wichtigsten der bei diesen Tests ermittelten Werte sind die Strecke (persönliche Bestzeit), die Zeit (aber auch die Herzfrequenz), die maximale Sauerstoffaufnahmekapazität und die Laktatwerte (aerobe und anaerobe Schwellen). Anhand dieser Werte wird die Belastungsintensität für die Rehabilitation bzw. das Training festgelegt. Bei Sportlern werden außerdem sehr viele unterschiedliche leistungsdiagnostische Tests durchgeführt, um ihren „Status Praesens", ihren augenblicklichen Zustand, zu ermitteln. Neben der Festlegung der Belastungsintensität ist die Ermittlung des Status Praesens ein wichtiges Mittel, um zu überprüfen, ob sich der Sportler „auf dem richtigen Weg" befindet: dem Weg zur Wiederaufnahme seines Sports. Regelmäßige Konditionstests sind hierfür unverzichtbar. Weitere Informationen über Konditionstests finden sich in Kapitel 4.2 „Test und Training der motorischen Grundeigenschaften".

Rehabilitationsform 1: Fettverbrennung

Bei der ersten Rehabilitationsform steht die Stimulation der Fettverbrennung im Vordergrund. Durch lange Trainingseinheiten (100–120 min) mit geringer Intensität (85 % der anaeroben Schwelle) werden enzymatische Prozesse stimuliert, die zum Abbau von Fetten führen (β-Oxidation, Weineck 2007). Diese Form des Trainings hat viele positive Auswirkungen (Liesen 1983):

- Eine gut funktionierende Fettverbrennung führt zu einer schnelleren Wiederherstellung der energiereichen Phosphate im ATP/CP-Pool.
- Eine gute Fettverbrennung führt zu einer schnelleren Regeneration nach einer Belastung. Vor allem Abfallstoffe wie Laktat und Ammoniak werden schneller abgebaut.
- Durch eine gut funktionierende Fettverbrennung kann der Kohlenhydratvorrat bei Dauerbelastungen geschont und – falls erforderlich – bei Beschleunigungen eingesetzt werden.

Zu Beginn der Rehabilitation werden Intensität und Dauer der Belastung an die Belastbarkeit des Klienten angepasst. Die Intensität wird dabei in Relation zu einem Prozentsatz der anaeroben Schwelle gesetzt. Eine D-1-Intensität steht für einen Dauerlauf der Intensität 1, was 85 % der anaeroben Schwelle entspricht. Bei der Anpassung der Trainingsdauer wird versucht, eine Belastungszeit zu wählen, die mit dem Trainieren rund um die anaerobe Schwelle übereinstimmt, das sind etwa 30–45 min. Bei der Anpassung der Trainingsparameter hat die Dauer Vorrang vor der Intensität. Das Ziel der Rehabilitation besteht darin, eine Belastungsintensität zu erreichen, die nahe an der anaeroben Schwelle liegt (90–100 % der AS). Das Trainieren nahe dieser Schwelle sorgt für ein gutes aerobes Konditionsvermögen und ist ausgesprochen förderlich für die Gesundheit (Senkung des Blutdrucks, Verringerung des Körpergewichts und des Fettanteils; ACSM 2009). Ein regelmäßiges Konditionstraining sorgt gleichzeitig für primäre und tertiäre Prävention. Primäre Prävention bedeutet, dass einer Erkrankung vorgebeugt wird, bevor gesundheitliche Probleme auftreten (Senten 2003). Die Wahrscheinlichkeit einer chronischen Erkrankung, z. B. bei Herzproblemen und Diabetes mellitus Typ II, nimmt stark ab (Blair 2009). Unter tertiärer Prävention versteht man das Verhindern weiterer Gesundheitsschäden, wenn bereits Beschwerden auftreten. Der Verlauf von chronischen Erkrankungen wie Diabetes, Osteoporose und Asthma wird durch die regelmäßige Verabreichung konditioneller Reize positiv beeinflusst (Stiggelhout 1998). Das Ziel ist, dass der Klient wenigstens eine der Fitnessnormen des ACSM (2009) erfüllt.

> Zur Verbesserung und Erhaltung der Gesundheit brauchen alle gesunden Erwachsenen (18–65 Jahre) eine mäßig intensive (aerobe) körperliche Aktivität von mindestens 30 min an mindestens 5 Tagen pro Woche oder eine stark intensive aerobe körperliche Aktivität von mindestens 20 min an mindestens 3 Tagen pro Woche.

Training der Fettverbrennung im Sport bzw. der Sportrehabilitation ist vor allem wichtig für Ausdauersportler wie Marathonläufer oder Radfahrer. Sie bildet die Basis für die anderen Trainingsformen der motorischen Grundeigenschaft Ausdauer. Die hierfür am besten geeignete Trainingsmethode ist der lange Dauerlauf (D-1). Die Intensität der Dauerläufe im aeroben Bereich steht in direktem Zusammenhang mit der anaeroben Schwelle.

Die anaerobe Schwelle ist die Schwelle, an der Laktatproduktion und Laktatelimination sich gerade noch gegenseitig ausgleichen (Weineck 2007). Sie kann durch verschiedene Tests ermittelt werden; weitere Informationen über diese Tests finden sich in Kapitel 2. Die anaerobe Schwelle wird auf der Grundlage externer Belastungswerte bestimmt, das sind in diesem Fall die Laufgeschwindigkeit oder die Wattleistung beim Radfahren. Die Intensitäten der verschiedenen Trainingsmethoden im aeroben System basieren auf diesen externen Belastungswerten.

Beispiel

Wenn der Conconi-Test bei einem Läufer ergibt, dass die anaerobe Schwelle bei 4 min/km liegt, wird diese Geschwindigkeit als 100 %-Grenze festgelegt. Eine Intensität des Dauerlaufs von 1 entspricht 85 % der anaeroben Schwelle. Für den Läufer bedeutet dies, dass für die Stimulation der Fettverbrennung die Belastungsdauer zwischen 100 und 120 min und die Laufgeschwindigkeit ungefähr 1,15 × 4 min/km = 4 min 36 sec betragen muss.

In der Sportphysiotherapie wird häufig der Fehler gemacht, die anaerobe Schwelle an die Herzfrequenz oder einen Prozentsatz der maximalen Herzfrequenz zu kop-

peln, was nur eingeschränkt möglich ist. Die Herzfrequenz ist ein ausgesprochen variabler Parameter und somit nur sehr bedingt für die Bestimmung der Trainingsintensität geeignet. Die Herzfrequenz wird durch interne und externe Faktoren stark beeinflusst. Interne Faktoren bestimmen die physische Belastbarkeit eines Sportlers und haben eine direkte Rückwirkung auf die Herzfrequenz, das Alter ist beispielsweise ein solcher Faktor (mit zunehmendem Alter nimmt die maximale Herzfrequenz ab). Auch die Ernährung kann einen Einfluss auf die Herzfrequenz haben: Fettreiche Nahrung verringert die submaximale Herzfrequenz, wohingegen kohlenhydratreiche diese erhöht. Ein weiterer wichtiger Einfluss auf die Herzfrequenz sind Krankheiten. Bei Krankheit nimmt die Herzfrequenz zu, unter anderem durch die Aktivierung des sympathischen Nervensystems. Ein Sportler muss wissen, dass er nach einer durch eine Virusinfektion verursachten Krankheit das Training erst 7 Tage nach Abklingen des Fiebers wiederaufnehmen darf, da sonst ein erhöhtes Risiko einer Kardiomyopathie besteht.

Externe Faktoren, die einen Einfluss auf die Herzfrequenz haben, sind vor allem Umgebungsfaktoren, z. B. Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Vor allem Temperaturerhöhungen beeinflussen die Herzfrequenz: Ausgehend von einer Temperatur von 20 °C nimmt die Herzfrequenz pro 10 °C Temperaturerhöhung um 7–10 Schläge pro min zu. Die Kombination aus hoher Temperatur und hoher Luftfeuchtigkeit führt schnell zu Dehydration, was wiederum eine Zunahme der submaximalen Herzfrequenz bewirkt (R. van den Berg 2005).

Dauerlauf 1 ist die Trainingsmethode, die den Fettstoffwechsel optimal stimuliert.

Rehabilitationsform 2: aerobe Kapazität

Das primäre Ziel dieser Rehabilitationsform besteht darin, den Vorrat an Glykogen in den Muskeln und der Leber zu vergrößern. Die leistungseinschränkenden Faktoren der aeroben Kapazität eines Sportlers beruhen auf (Weineck 2007)

- dem Vorrat an Glykogen, der zu diesem Zeitpunkt in den Muskeln und der Leber vorhanden ist
- dem optimalen Vorhandensein von Enzymen, die Kohlenhydrate abbauen können
- optimalen Voraussetzungen im kardiopulmonalen System, also optimaler Herzfunktion
- ausreichender Kapillarisierung der Muskulatur, die mit ausschlaggebend ist für die Bestimmung der aeroben Kapazität. Ein gutes Kraftausdauervermögen der Muskulatur ist unverzichtbar (Zintl u. Eisenhut 2001).

Bei Rehabilitation und Training von Freizeit-, Leistungs- und Spitzenausdauersportlern muss in diesem Fall das Training des lokalen Kraftausdauervermögens mit dem Training der aeroben Kapazität kombiniert werden. Das lokale Kraftausdauervermögen kann durch das Trainieren von KRS (= Kraft Rehabilitation System, s. Rehakreis Kraft) 2 und 3 gestärkt werden. In diesem Zusammenhang sprechen wir vom Training des extensiven und intensiven Kraftausdauervermögens (s. „Rehakreis Kraft“ und Kapitel 2.).

Tab. 4.43 Die verschiedenen Trainingsmethoden des aeroben Systems in Relation zur anaeroben Schwelle

Methode	Intensität	Umfang
D-1	85 % der AS	120 min
D-2	90 % der AS	90 min
D-3	95 % der AS	60 min
TD (Tempodauerlauf)	100 % der AS	30 min

Die aerobe Kapazität lässt sich am besten durch das Training von DL-2 und DL-3 verbessern, das sind Dauerläufe von 60–90 min und einer Intensität von 90–95 % der anaeroben Schwelle. Neben einfachen klassischen Dauerläufen kann die aerobe Kapazität auch durch die Kombination mehrerer klassischer Dauerläufe trainiert werden.

Variationen der klassischen Trainingsmethoden

Klimaxtraining: Bei dieser Form des Trainings werden die verschiedenen Dauerläufe miteinander kombiniert und gesteigert: von geringer zu hoher Intensität. Man beginnt mit einer Intensität auf DL-1-Niveau und steigert die Intensität auf DL-3-Niveau, z. B. 30 min D-1, 30 min D-2, 30 min D-3.

Pyramidentraining: Auch bei dieser Form des Trainings werden die verschiedenen Dauerläufe miteinander kombiniert. Die Intensität wird von gering nach hoch gesteigert und dann wieder zu geringer Intensität reduziert, z. B. 20 min D-1, 20 min D-2, 20 min D-3, 20 min D-2, 20 min D-1.

Fartlek-Training: Diese Variation ist bei Ausdauersportlern sehr beliebt. Hier wird die Intensität im aeroben Bereich willkürlich verändert. Die Struktur dieser Trainingsmethode wird in erster Linie bestimmt durch die Eigenschaften des Geländes, in dem trainiert wird. Vor allem Wälder und hügelige Landschaften sind für diese Form des Trainings geeignet, da sie viel Abwechslung bieten (Sand- oder Kieselwege, Hügel, Trampelpfade, bergauf und bergab etc.).

Rehabilitationsform 3: aerobe Leistungsfähigkeit

Das Ziel des Trainings der aeroben Leistungsfähigkeit ist die Verbesserung des Kohlenhydratstoffwechsels während der körperlichen Anstrengung. Dies kann vor allem dadurch erreicht werden, dass man mit einer Intensität trainiert, die kurz vor der anaeroben Schwelle liegt oder genau dem Schwellenwert entspricht. Die anaerobe Schwelle ist die Schwelle, an der sich Laktatproduktion und Laktatelimination gerade noch gegenseitig ausgleichen. Mader et al. (1976) haben versucht, Normwerte

zu ermitteln, anhand derer Vergleiche aufgestellt werden können. Die aerobe Schwelle lag bei ihren Untersuchungen bei 2 mmol Laktat pro Liter Blut, die anaerobe Schwelle bei 4 mmol. Aus Untersuchungen der Fachliteratur ergab sich jedoch, dass diese Werte aufgrund zu großer individueller Unterschiede kaum brauchbar sind (Heck 1990). Im Allgemeinen geht man davon aus, dass bei Sportlern, die in erster Linie Dauersportarten betreiben, und Menschen mit einem hohen Anteil an langsam oxidativen Fasern (Typ-I-Fasern) die anaerobe Schwelle zwischen 2 und 3 mmol Laktat pro Liter Blut liegt. Bei Sprintern und Sportlern, die Mannschaftssportarten betreiben, sowie bei Menschen mit einem hohen Anteil an schnell oxidativen glykolytischen Fasern (Typ-II-Fasern) liegt die anaerobe Schwelle zwischen 4 und 6 mmol Laktat pro Liter Blut.

Diese Form des Trainings ist für alle Sportler relevant: Ausdauersportler, die ihre Leistung verbessern wollen, bevorzugen häufig Trainingsmethoden, die die aerobe Leistungsfähigkeit verbessern; Explosivsportler, für die diese Trainingsmethode besonders gut geeignet ist, trainieren die aerobe Leistungsfähigkeit als „Grundausdauer" für ihren Sport. Die Intensität der Trainingsmethoden führt zu einer Zunahme der Aktivität der Typ-IIa-Fasern. Diese Muskelfasern nutzen den glykolytischen Stoffwechsel effektiv aus und setzen viel ATP frei. Durch das Trainieren der Typ-II-Muskelfasern erhält sich ein Explosivsportler seine Schnelligkeit.

Die Trainingsmethoden, die hier praktiziert werden, sind die schnellen Dauerläufe (DL-3) und der Tempodauerlauf. Der schnelle Dauerlauf hat eine Intensität von 95 % der anaeroben Schwelle. Die Trainingsdauer des Ausdauersportlers unterscheidet sich von der des Explosivsportlers; beim Ausdauersportler beträgt sie 45–60 min, beim Explosivsportler 20–30 min. Die Intensität des Tempodauerlaufs entspricht dem Wert der anaeroben Schwelle (100 %). Die Dauer dieser Trainingsform beträgt maximal 30 min. Der Ausdauersportler versucht, die 30 min am Stück „abzureißen", während der Explosivsportler die Belastungsdauer in einzelne „Etappen" unterteilt, z. B. 3 × 10 min Tempodauerlauf mit einer kurzen Dribbelpause von 1–3 min.

Gerade diese intensiveren Trainingsformen erfordern eine längere Regenerationszeit. Der Körper eines durchtrainierten Sportlers braucht rund 48 h, um den Glykogenvorrat wieder aufzufüllen, bei weniger „fitten" Sportlern dauert es 48–72 h. Das bedeutet, dass diese Form des Trainings nur 2- bis 3-mal pro Woche praktiziert werden kann.

Rehabilitationsform 4: anaerobe laktische Kapazität

Das Ziel des Trainings der anaeroben laktischen Kapazität ist die Verbesserung der Stoffwechselprozesse der anaeroben Glykolyse in der Muskulatur. Durch Abbau von Glukose und Glykogen ohne vollständige Sauerstoffverbrennung entstehen am Ende dieses physiologischen Prozesses ATP und Laktat. Durch das Training der laktischen Kapazität wird mehr ATP freigesetzt, mehr ATP bedeutet mehr Energie. Für den Sportler heißt das, dass intensivere Belastungen (Belastungen von 85–90 % der persönlichen Bestzeit) länger durchgehalten werden können. Neben der Erhöhung der Energiemenge sorgt diese Trainingsform auch für eine gute Regulation der Herzdurchblutung: Während des Intervalltrainings nimmt die Belastung des Herzens zu, was zu Hypertrophie des Herzmuskels führt. In der Pause fällt die Herzfrequenz stärker ab als die Durchblutung, wodurch das Herzvolumen zunimmt (Weineck 2007). Zusätzlich wird das Durchhaltevermögen des Sportlers bei diesen Trainingsformen auf eine harte Probe gestellt und dadurch ebenfalls trainiert (z. B. Laktattoleranz). Alle Trainingsformen, sowohl für Ausdauer- als auch für Explosivsportler, bei denen die Belastungsintensität oberhalb der anaeroben Schwelle liegt, werden nach der Intervallmethode durchgeführt.

Es gibt verschiedene Arten von Intervallmethoden: die extensive Methode, die intensive und die Wettkampfmethode. Die extensive Methode ist gekennzeichnet durch einen relativ großen Umfang und eine geringe Intensität. Bei der intensiven Methode ist es genau umgekehrt: ein relativ geringer Umfang und eine hohe Intensität. Die Wettkampfmethode repräsentiert die höchste Intensitätsstufe (Wettkampftempo) und hat dementsprechend den geringsten Umfang. Die Methoden des Intervalltrainings können auf ähnliche Weise auch nach der Belastungsdauer klassifiziert werden. Es gibt Kurzzeitintervalle mit einer Belastungsdauer von 15–60 sec, Mittelzeitintervalle mit einer Belastungsdauer von 1–8 min und Langzeitintervalle mit einer Belastungsdauer von 8–15 min (Harre 1979). Da die Belastungsdauer bei Mittel- und Langzeitintervallen mehr als 5 min beträgt, handelt es sich dabei eigentlich um Mischformen des Intervalltrainings: Es werden sowohl die anaerobe laktische Kapazität als auch das aerobe Vermögen trainiert. Ausdauersportler wenden diese Trainingsmethoden an, um ihre Schnelligkeit zu verbessern. In Bezug auf Explosivsportarten verfolgt diese Trainingsform 2 Ziele: zum einen die Schaffung eines guten Basisausdauervermögens durch das Training des aeroben Vermögens, zum anderen die Verbesserung des Energieoutputs bei der anaeroben Glykolyse. Die beiden Methoden des Intervalltrainings, die hier besprochen werden sollen – das Kurzzeit- und das Mittelzeitintervalltraining –, konzentrieren sich in erster Linie auf das anaerobe laktische System. Vor allem das Intervalltraining mit einer Dauer zwischen 3 und 5 min hat eine starke Wirkung auf die anaerobe laktische Kapazität.

Neben den Unterschieden in Bezug auf Intensität und Belastung spielt auch die Pause beim Intervalltraining eine wichtige Rolle; die Pausen bei dieser Form des Intervalltrainings werden auch als „nichtlohnende Pausen" bezeichnet, womit gemeint ist, dass das Energiesystem nicht in der Lage ist, sich während dieser Pausen vollständig zu regenerieren. Die Pause dauert jedoch so lan-

Tab. 4.44 Verschiedene Intervallmethoden (Ausdauersport)

	Extensive Intervallmethode	Intensive Intervallmethode
Intensität	85 % der PB/Distanz	90 % der PB/Distanz
Umfang	10–15 × 1000 m	5–8 × 1000 m
Pause	ca. 2 min	ca. 4 min
Planung	Integrations-/Maturationsphase VP-1	Integrations-/Maturationsphase VP-2
Regenerationszeit	48 h	48 h

PB = persönliche Bestzeit
Die Integrations-/Maturationsphase ist die letzte Phase der Wundheilung; in dieser Phase kann und soll immer spezifischer mit dem Sportler trainiert werden.
VP = Vorbereitungsperiode. Auf VP-3 folgt die Wettkampfperiode.

Tab. 4.45 Trainingsmethode für die anaerobe laktische Leistungsfähigkeit

Sport	Wettkampfmethode Ausdauersport	Ins and Outs Explosivsport
Intensität	95 % PB/Distanz	100–85 % V_{max}
Umfang	3–5 × 1000 m	1–3 × ? m ca. 45 sec
Pause	8–10 min	SP 30–45 min
Planung	Integrations-/Maturationsphase VP-3	Integrations-/Maturationsphase VP-3 + WP

V_{max} = maximale Schnelligkeit
VP = Vorbereitungsperiode
WP = Wettkampfperiode
SP = Serienpause

ge, dass die Herzfrequenz auf 120–140 Schläge pro min fallen kann. Dann folgt der nächste Belastungsreiz. Üblich sind – je nach Intervalllänge – Pausen von 30 sec bis 5 min (Hoff et al. 2006). Außerdem legen durchtrainierte und weniger gut trainierte Sportler unterschiedlich lange Pausen ein. Weineck (2007) gibt eine allgemeine Faustregel an: Bei weniger gut trainierten Sportlern sollte die Pause genauso lange dauern wie die Belastung. In dem Maß, wie sich der Trainingszustand des Sportlers verbessert, wird die Dauer der Pause bis auf die Hälfte der Belastungsdauer verkürzt, beim Langzeitintervalltraining sogar bis auf ein Zehntel der Belastungsdauer.

Ein Beispiel für sowohl extensives und intensives Intervalltraining wie auch die Wettkampfmethode mit einem Belastungsumfang von 1000 m finden Sie in **Tab. 4.44**.

Aus dem Beispiel wird deutlich, dass diese Formen des Ausdauertrainings sowohl in der letzten Phase der Rehabilitation (Integrations-/Maturationsphase) als auch während der Vorbereitung auf die Wettkampfsaison angewendet werden können. Bei Anwendung der extensiven und intensiven Trainingsmethoden auf ein Rehabilitations-Setting mit einer Distanz von 1000 m kann die Intensität auch als Prozentsatz der anaeroben Schwelle (AS) ausgedrückt werden, wobei das extensive Training 105 % der AS und das intensive Training 110 % der AS entspricht. Zumindest für Freizeit- und leistungsorientierte Sportler ist dies eine gute Alternative. Die Intensitätsbelastung ist allerdings so hoch, dass diese Trainingsformen höchsten 2- bis 3-mal pro Woche praktiziert werden können.

Rehabilitationsform 5: anaerobe laktische Leistungsfähigkeit

Beim Training der anaeroben laktischen Leistungsfähigkeit nimmt die Belastungsintensität zu. Der Sportler versucht, beim Training eine (sub-)maximale Leistung zu erbringen. Aufgrund der hohen Intensität steigt die Laktatproduktion innerhalb kurzer Zeit stark an, was schwere Ermüdungserscheinungen zur Folge hat. Das Training der laktischen Leistungsfähigkeit soll daher vor allem die Laktattoleranz des Sportlers verbessern. Im Bereich der Leichtathletik sind es beispielsweise die 200- und 400-m-Läufer, die diese Trainingsform massiv in ihr Rehabilitations-/Trainingsprogramm integrieren. Aber auch Explosivsportler wie Fußballer, Handballer und Basketballer können auf diese Form des Trainings bzw. der Rehabilitation nicht verzichten. Neben der Laktattoleranz werden auch andere Ziele angestrebt:

- Verbesserung der Stoffwechselprozesse des anaeroben laktischen Energiesystems
- Verbesserung der neuromuskulären Kontrolle sportspezifischer Bewegungen
- Erhöhung der Leitungsgeschwindigkeit und Aktivierung der Typ-IIa-Fasern (Hoff et al. 2006)

Letztlich hat diese Trainingsform zum Ziel, die Leistungsfähigkeit des Sportlers bei Wettkämpfen zu erhöhen.

Ebenso wie die anaerobe laktische Leistungsfähigkeit lässt sich auch das anaerobe laktische Vermögen am besten durch die Methode des Intervalltrainings verbessern. Bei maximaler Belastung (100–85 % V_{max}) beträgt die Belastungsdauer maximal 40–45 sec. Diese Ins- and Outs-Trainingsformen werden vor allem bei Explosivsportlern und Ausdauersportlern angewendet, wobei die zurückzulegenden Strecken zwischen 100 und 400 m liegen. Bei Belastungen von 95 % Bestzeit auf z. B. 1000 m Distanz kann die Belastungsdauer auf 3–5 min erhöht werden. Dies gilt vor allem für Ausdauersportler, die bei Wettkämpfen zwischen 1500 m und 10 km laufen.

Ein wichtiger Aspekt dieser Trainingsform sind die „lohnenden" Pausen. Da der Schwerpunkt auf der Erhöhung der Schnelligkeit liegt, muss sich der Sportler zwischen den einzelnen Belastungsreizen in energetischer und pulmonaler Hinsicht vollständig regenerieren können. Die Bandbreite der Pausendauer hängt ab von der Belastungsdauer und -intensität, dem Trainingszustand des Sportlers, der Sportart und davon, wie lange es dauert,

Tab. 4.46 Beispiel für das Training eines Fußballers, der seine laktische Leistungsfähigkeit verbessern will

Training der laktischen Leistungsfähigkeit bei einem Fußballer	Wettkampfmethode
Intensität	95 % PB/Distanz
Umfang	15–20 × 10 m Gesamtbelastungszeit: 45 sec
Übungsreihen	2–4
Pause	mindestens 15–20 min
Struktur	Parcours mit variierenden Aufgaben

bis Ermüdungserscheinungen auftreten. Im Allgemeinen liegt die Pausendauer zwischen 2 und 45 min. Wichtig ist – und dies gilt für alle Formen des Intervalltrainings – dass der Sportler auch in den Pausen aktiv bleiben muss. Zwei Trainingsmethoden, die für die Verbesserung des anaeroben laktischen Vermögens geeignet sind, sind die Wettkampfmethode (für Ausdauersportler) und die Ins and Outs (für laktische Explosivsportler, **Tab. 4.45**).

Wenn beispielsweise ein Fußballer sein laktisches Vermögen trainiert, wird das Training möglichst genau auf die Strecken abgestimmt, die er während eines Spiels zurücklegt, d. h. üblicherweise auf Strecken zwischen 10 und 40 m. Ein Trainingsprogramm am Ende der Rehabilitation kann dann aussehen wie in **Tab. 4.46** gezeigt.

Rehabilitationsform 6: die anaerobe alaktische Kapazität

Das Training der anaeroben alaktischen Kapazität verfolgt das Ziel, die Energiemenge, die in diesem System freigesetzt wird, zu erhöhen. Der ATP/CP-Pool ist die Energie, die direkt in der Muskulatur verfügbar ist, um Energie während des Verrichtens von Arbeit, in diesem Fall Sport, zu liefern. CP steht für Kreatinphosphokinase. Bei Aktivität wird das energiereiche Phosphat vom Kreatin abgespalten, wodurch ATP, also Energie, freigesetzt wird. Der Energievorrat, der in der Muskulatur vorhanden ist, reicht im Allgemeinen für 10–13 sec. Neben der Erhöhung des ATP/CP-Vorrats führt diese Trainingsform auch zu einer Verbesserung der sportspezifischen neuromuskulären Kontrolle; vor allem die verbesserte Aktivierung der Typ-IIa- und Typ-IIx-Fasern und die Zusammenarbeit der verschiedenen Muskelgruppen erhöhen die sportliche Leistungsfähigkeit.

Diese Trainingsmethode wird bei Explosivsportarten angewendet; für Ausdauersportler ist sie nicht geeignet. Ein Ausdauersportler wird bei Wettkämpfen niemals seinen ATP/CP-Pool belasten. Darüber hinaus verfügt ein Ausdauersportler nicht über eine ausreichende Schnellkraft, um dieses System einem optimalen Belastungsreiz auszusetzen.

Tab. 4.47 Trainingsmethode für die anaerobe alaktische Kapazität

	CP-Pool-Läufe (1); alaktische Kapazität
Intensität	100–90 % V_{max}
Umfang	1–3 × (? × ? m) ca. 10–14 sec
Pause	Wiederholungspause 90–120 sec Reihenpause 8–10 min
Planung	Integrations-/Maturationsphase VP-2 bis WP

Die für das Training der anaeroben alaktischen Kapazität am besten geeigneten Methoden sind die CP-Pool-Läufe und die CP-Pool-Läufe (**Tab. 4.47**).

Bei den CP-Pool-Läufen stehen hinter dem Umfang 2 Fragezeichen. Die Übungsreihen liegen zwischen 1 und 3, aber wie oft eine bestimmte Strecke gelaufen wird, hängt wie beim anaeroben laktischen Vermögen von der Sportart und den Distanzen ab, die am häufigsten zurückgelegt werden müssen. Die maximale Belastungsdauer liegt in diesem Fall zwischen 10 und 14 sec. Je mehr Übungsreihen und Wiederholungen mit maximaler Schnelligkeit absolviert werden, desto stärker ermüdet der Sportler. Der Sportler darf in diesem Fall höchstens 10 % seiner Schnelligkeit verlieren (100–90 % V_{max}). Bei einem höheren Schnelligkeitsverlust verschiebt sich das Training von der anaeroben alaktischen Kapazität zum anaeroben laktischen Vermögen.

Das Training eines 100-m-Sprinters oder eines Hockeyspielers, die ihre anaerobe alaktische Kapazität verbessern wollen, sieht hingegen ganz anders aus: ein 100-m-Läufer sprintet lang und zyklisch, während ein Fußballer oder Hockeyspieler kurz und azyklisch sprintet. Trainingsprogramme können entsprechend wie folgt aussehen:

Training eines 100-m-Läufers

Angenommen, ein 100-m-Läufer hat einen ATP/CP-Pool für 10 sec. Diese Grenze erreicht der Läufer nach 90 m in 10,26 sec. Das Training sieht wie folgt aus:

Beispiel für das Training eines 100-m-Läufers

Intensität	100–90 % V_{max}
Umfang	1–3 Übungsserien ? Wiederholungen à 90 m (koordinativ bedingt)
Pause	Wiederholungspause: 90–120 sec Reihenpause: 8–10 min

Beim Training darf der Sportler maximal 10 % langsamer werden. Das bedeutet, dass die 90 m, die gelaufen werden, immer in zwischen 10,26 und 11,29 sec zurückgelegt werden müssen. Wenn der Sportler schneller als 11,29 sec ist, ist das Trainingsziel erreicht. Neben diesem objektiven Wert ist auch die Bewegungsqualität ein wichtiger Maßstab für die Festlegung der Anzahl der Übungsserien und der Wiederholungen. Meistens besteht ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen Bewegungsqualität und Zeitverlust: Wenn der Sportler ermüdet und seine Technik schlechter wird, nimmt seine Schnelligkeit ab.

Training eines Hockeyspielers

Die anaerobe alaktische Kapazität eines Hockeyspielers liegt bei ungefähr 10 sec. Angenommen, ein Sportphysiotherapeut will die Laufdistanz und die Richtzeit eines Hockeyspielers ermitteln, um anhand der Ergebnisse ein Trainingsprogramm aufzustellen. Es werden 10 m als „Schlüsseldistanz" dieses Hockeyspielers festgelegt; beim Test läuft der Spieler die 7×10 m, wobei die folgenden Zeiten (in Sekunden) gemessen werden:

(1) 1,75, (2) 1,45, (3) 1,45, (4) 1,47, (5) 1,52, (6) 1,55, (7) 1,62, (8) 1,69, (9) 1,73, (10) 1,78

Die Bestzeit des Spielers bei diesem Test beträgt 1,45 sec. Er darf maximal 10 % langsamer werden, als höchste Zeit 1,60 sec (= 90 %) benötigen. Diesen Wert überschreitet der Spieler ab dem 7. Durchgang.

Die Addition der Zeiten der ersten 6 Durchgänge ergibt eine Gesamtzeit von 10,81 sec. Die Richtzeit für das Training des anaeroben alaktischen Vermögens liegt also zwischen 10,81 (100 %) und 11,90 sec (90 %).

Rehabilitationsform 7: Anaerobe alaktische Leistungsfähigkeit

Das Ziel des Trainings des anaeroben alaktischen Vermögens besteht darin, in einem möglichst kurzen Zeitraum so viel Energie wie möglich aus dem Energiesystem zu rekrutieren, das unmittelbar zur Verfügung steht: dem ATP/CP-Pool. Diese Trainingsform verlangt dem Sportler eine maximale Anstrengung ab, es wird auf maximale Schnelligkeit trainiert, wobei ein Schnelligkeitsverlust von höchstens 5 % erlaubt ist (100 bzw. 95 % von V_{max}). Die Belastungsdauer beträgt üblicherweise die Hälfte des gesamten Phosphat-Pools. Wie bereits im Zusammenhang mit der anaeroben alaktischen Kapazität angegeben, liegt die Größe des Phosphat-Pools zwischen 10 und 14 sec. Das Training der anaeroben alaktischen Leistungsfähigkeit liegt zwischen 5 und 7 sec, die Pausen sind „lohnende" Pausen. Aufgrund der relativ geringen Belastungsdauer betragen die Pausen zwischen den Wiederholungen 2–3 min und die Pausen zwischen den Übungsreihen 3–5 min. Weitere Ziele dieser Rehabilitationsmethode sind die Verbesserung der Lauftechnik und die Rekrutierung vor allem der Typ-IIx-Fasern, also der weißen, schnell zuckenden Muskelfasern.

Tab. 4.48 Trainingsmethode CP-Pool-Läufe

	CP-Pool-Läufe (2); alaktische Leistungsfähigkeit
Intensität	100–95 % V_{max}
Umfang	? × ? m ca. 5–7 sec
Pause	Reihenpause: 3–5 min
Planung	Integrations-/Maturationsphase VP-2→WP

Diese Rehabilitations-/Trainingsmethode ist vor allem für Explosivsportarten mit kurzen maximalen Belastungen geeignet. Bei Sportarten wie dem 60-m-Sprint in der Halle und dem 100-m-Sprint, aber auch bei Spielsportarten wie Tennis, wird diese Rehabilitationsform in das Training integriert.

Eine Trainingsmethode, die hier häufig angewendet wird, sind die CP-Pool-Läufe (2) (**Tab. 4.48**).

Der Patient im Rehakreis Ausdauer

Ein weiterer wichtiger Punkt ist und bleibt der Patient. Es gibt keine guten Übungen oder gute Methoden, sondern nur Übungen und Methoden, die dem Patienten weiterhelfen. Der Patient steht im Mittelpunkt. Das gilt sowohl für den Anfang der Rehabilitation als auch beim Bestimmen des Endziels der Rehabilitation. Zum Bestimmen des Endziels analysiert der Sportphysiotherapeut die Sportart des Patienten bzw. die Anforderungen, die Arbeit oder Hobby an den Patienten stellen. Das Endziel der Rehabilitation bestimmt einerseits, bis zu welcher Methode des Rehakreises Ausdauer trainiert werden muss, und andererseits, auf welchem Weg diese letzte Methode erreicht werden soll.

Inaktive Menschen und Menschen mit chronischen Krankheiten

Bei inaktiven Menschen und Menschen mit chronischen Krankheiten besteht das Rehabilitationsziel in erster Linie darin, das aerobe System und damit die allgemeine Ge-

Tab. 4.49 Rehabilitationsrichtlinie für Ausdauersportler (Bottom-up-Prinzip)

5	anaerobe laktische Leistungsfähigkeit	aerob	85 % AS	100–120 min
4	anaerobe laktische Kapazität	aerob	90–95 % AS	60–90 min
3	aerobe Leistungsfähigkeit	aerob	95–100 % AS	30–45 min
2	aerobe Kapazität	anaerob	85–90 % PB/Distanz	3–5 min
1	Fettverbrennung	anaerob	95–100 % PB/Distanz	3–5 min

Tab. 4.50 Richtlinie für das Training der Schnelligkeitsausdauer bei Explosivsportlern mit Schwerpunkt auf dem alaktischen Energiesystem (Top-down-Prinzip)

1	anaerobe alaktische Leistungsfähigkeit	anaerob	100–95 % V_{max}	5–7 sec
2	anaerobe alaktische Kapazität	anaerob	95–90 % V_{max}	10–13 sec
3	anaerobe laktische Leistungsfähigkeit	anaerob	uneingeschränkt	40–45 sec

sundheit zu verbessern. Die Rehabilitationsmethode, die hierfür infrage kommt, ist das Training des aeroben Vermögens. Da die Belastbarkeit dieser Zielgruppen zumindest zu Beginn der Rehabilitation sehr gering ist, müssen Belastungsintensität und -dauer entsprechend angepasst werden. Die geeignete Belastungsintensität liegt für gewöhnlich bei 80–100 % der anaeroben Schwelle, die geeignete Belastungsdauer beträgt meistens zwischen 20 und 40 min. Es wird angestrebt, die Belastungsintensität ungefähr bis zur anaeroben Schwelle zu steigern, da das Training in diesem Bereich die stärkste gesundheitsfördernde Wirkung hat (ACSM 2009).

Ausdauersportler

Die Rehabilitation von Ausdauersportlern kann sich nicht nur auf die Verbesserung des aeroben Systems beschränken. Abhängig von der Distanz „zapfen" Ausdauersportler sowohl das aerobe als auch das anaerobe laktische Energiesystem an. Zu Beginn der Rehabilitation (Proliferations-, Produktions- und Organisations-/Remodellierungsphasen) liegt der Schwerpunkt allerdings sehr wohl auf der Verbesserung des aeroben Systems. In der Integrations-/Maturationsphase wird neben der aeroben Ausdauer dann auch die laktische Kapazität trainiert. Gegen Ende der Rehabilitation verschiebt sich der Schwerpunkt von der laktischen Kapazität zum laktischen Vermögen. Da Ausdauersportler stärker belastet werden müssen, dauert ihre Rehabilitation länger als die der anderen Zielgruppen (**Tab. 4.49**). Zugleich spielt das Leistungsniveau eine wichtige Rolle für die Rehabilitationsdauer. Bei Spitzensportlern dauert es häufig länger als bei Freizeitsportlern, bis die Rehabilitation zu optimalen Leistungen führt.

Explosivsportler

Explosivsportler lassen sich in 2 Gruppen unterteilen: solche, bei denen die Leistung vor allem vom anaeroben laktischen System abhängt (z. B. 200- und 400-m-Läufer), und solche, bei denen die Leistung vor allem vom anaeroben alaktischen System abhängt (z. B. 100-m-Sprinter, Weitspringer, Speerwerfer, Hochspringer). Die Explosivsportler der zweiten Gruppe betreiben also vor allem Sportarten mit hoher Intensität und einer Belastungsdauer von weniger als 10–13 sec.

Zu Beginn der Rehabilitation steht bei beiden Gruppen das aerobe System im Vordergrund. Jede Explosivsportart benötigt eine aerobe Basis. Eine gute aerobe Basis ist eine Voraussetzung für die Regeneration des Sportlers während und nach der sportlichen Betätigung. Sie sorgt während der Ausübung des Sports für einen schnelleren Transport von Abfallstoffen und eine schnellere Regeneration des anaeroben alaktischen Energiesystems (Weineck 2007). Nach der sportlichen Betätigung schaltet der Körper schneller von einer ergotropen Situation zu einer trophotropen Situation um. Ergotrope Prozesse sind Prozesse, die den Körper auf eine Aktivität vorbereiten, z. B. auf das Ausüben eines Sports. Trophotrope Prozesse unterstützen die Regeneration (Morree 2003). Daneben sorgt eine gute aerobe Basis für ein gutes Funktionieren der Herzdurchblutung und des Immunsystems, 2 Grundvoraussetzungen für eine gute und schnelle Regeneration und eine gute Basisgesundheit des Sportlers (Weineck 2007). Der Schwerpunkt des aeroben Trainings liegt bei Explosivsportarten vor allem auf dem Training des aeroben Vermögens. Keine andere Trainingsform findet so nahe an der anaeroben Schwelle statt und konzentriert sich stärker auf den Kohlenhydratstoffwechsel und die Typ-IIa-Fasern. Ab der Integrations-/Maturationsphase trainieren die beiden Gruppen von Explosivsportlern dann auf unterschiedliche Weise.

Explosivsportler, bei denen die Leistung in erster Linie vom alaktischen System abhängt, trainieren nach dem Top-down-Prinzip. Dieses Prinzip beinhaltet, dass der Sportler mit dem Training des anaeroben alaktischen Vermögens beginnt. Aufgrund von Ermüdungserscheinungen verschiebt sich das Training dann vom alaktischen Vermögen zur alaktischen Kapazität und schließlich zum laktischen Vermögen (**Tab. 4.50**).

Tab. 4.51 Richtlinie für das Training der Schnelligkeitsausdauer bei Explosivsportlern mit Schwerpunkt auf dem laktischen Energiesystem: Bottom-up-Prinzip

2	anaerobe laktische Leistungsfähigkeit	anaerob	uneingeschränkt 95–100 % PB/Distanz	40–45 sec 20–30 min
1	anaerobe laktische Kapazität	anaerob	85–90 % PB/Distanz	Regenerationszeit 2–4 × Belastungsdauer



Geeignete Trainingsmethoden sind CP-Pool-Läufe und Ins and Outs. Die Distanzen, die trainiert werden, liegen üblicherweise 10–20 % über den Wettkampfdistanzen.

Explosivsportler, bei denen die Leistung in erster Linie vom anaeroben laktischen System abhängt, trainieren parallel zur Top-down-Methode (für das CP-System) auch nach dem Bottom-up-Prinzip, um eine Basis in der anaeroben Glykolyse aufzubauen. Dies bedeutet, dass die Intensität der Rehabilitation bzw. des Trainings zu- und die Dauer abnimmt.

Die Methoden, die für das Training der laktischen Kapazität infrage kommen, sind das extensive und das intensive Intervalltraining. Für die anaerobe laktische Leistungsfähigkeit werden vor allem Ins and Outs (auch als Koppellauf bezeichnet) und wiederholte kurze Sprints trainiert. Weitere Informationen über diese Trainingsmethoden finden sich im Kapitel zum Rehakreis Ausdauer, S. 292.

Für die Besprechung der Schnelligkeitsausdauer wurde ein Ansatz gewählt, der konsequent vom Training der Energiesysteme ausgeht, und zwar vor allem, um Anschluss an die vorherrschende Sichtweise innerhalb der „Trainingswelt“ zu finden.

Innerhalb der Leistungsphysiologie steht die Trainierbarkeit des anaeroben alaktischen und laktischen Energiesystems allerdings zur Diskussion. Trainingseffekte müssen vor allem gesucht werden in der Erhöhung der Pufferkapazität und im Erlernen des Umgangs mit einer spezifischen Form der Ermüdung (Westra, 1996; van den Berg 2002). Diese Veränderungen der Sichtweise in Bezug auf die Energiesysteme (z. B. Sahlin 2004), kombiniert mit neuen Erkenntnissen auf dem Gebiet der Neurowissenschaften (insbesondere über die Auswirkungen von zentraler und peripherer Ermüdung), haben allerdings dazu geführt, dass Phosphat-Pool-Läufe in der „Welt der Sprinter“ der Vergangenheit angehören (Verlooy 2009). Als Alternative wird mit Koordination und Techniktraining unter den Bedingungen spezifischer Ermüdung gearbeitet (Shaping). Eine leicht verständliche Übersicht zu diesem Thema wurde von Sparrow (2000) verfasst.

Zusammenfassung

Der Rehakreis Ausdauer ist ein Denkmodell, das eine Methodik beschreibt, mit deren Hilfe Klienten beim Ausdauertraining begleitet werden können. Der Rehakreis geht von der patientenzentrierten Versorgung in verschiedenen Zielgruppen aus; das Arbeitsfeld des Sportphysiotherapeuten wird gegenwärtig nicht nur von Sportlern, sondern auch von inaktiven Menschen und Menschen mit chronischen Krankheiten geprägt. Im Mittelpunkt des Rehakreises Ausdauer stehen Klienten mit einer akuten Verletzung. Die verschiedenen Phasen der Wundheilung nach einer akuten Verletzung sind mit Einschränkungen für die Rehabilitation verbunden. In den Proliferations-, Produktions- und Remodellierungsphasen steht vor allem das Training des aeroben Systems im Vordergrund, in der Integrations-/Maturationsphase das Training der anaeroben laktischen und alaktischen Energiesysteme.

Die Grundlage bildet bei allen Zielgruppen eine gute Basisausdauer. Bei inaktiven Menschen und Menschen mit chronischen Krankheiten geht es in erster Linie darum, durch das Training der aeroben Ausdauer die allgemeine Gesundheit zu verbessern, wofür vor allem die Trainingsmethoden TD und D-3 geeignet sind. Die nächste Zielgruppe bilden die Sportler, die in Freizeit, Leistungs- und Spitzensportler unterteilt werden können. Außerdem unterscheidet man zwischen Ausdauer- und Explosivsportlern. Ausdauersportler trainieren je nach Leistungsniveau und Wettkampfdauer die folgenden Aspekte: Fettverbrennung, aerobe Kapazität, aerobes Vermögen, anaerobe laktische Kapazität und anaerobes laktisches Vermögen.

Die Trainingsmethoden reichen von DL-1 bis zu Ins and Outs. Die Rehabilitation folgt dem Bottom-up-Prinzip: von der aeroben Kapazität zum aeroben Vermögen zur anaeroben laktischen Kapazität und schließlich zum anaeroben laktischen Vermögen. Bei Explosivsportlern, bei denen die anaeroben laktischen Aspekte eine wichtige Rolle spielen, beginnt man mit einem Grundlagentraining des aeroben Vermögens, wofür die Trainingsmethode Tempodauerlauf am besten geeignet ist. Anschließend wird nach dem Bottom-up-Prinzip das laktische System trainiert und parallel dazu das anaerobe alaktische Energiesystem (Top-down-Prinzip). Dies bedeutet, dass mit dem Training des anaeroben alaktischen Vermögens begonnen wird. Wenn zwischen 5 % und 10 % Ermüdung auftritt, „verfällt“ der Sportler in die anaerobe alaktische Kapazität. Bei mehr als 10 % Ermüdung wird das anaerobe laktische Vermögen trainiert. Diese Form des Trainings

wird auch als Shaping bezeichnet (Shaping [van den Berg 2005] des Defizittrainings unter den Bedingungen spezifischer Ermüdung). Wenn das Ziel des Trainings der Ausgleich eines Defizits ist, fällt es unter die motorische Grundeigenschaft Koordination. Shaping ist die letzte Rehabilitationsmethode des Rehakreises Koordination; auf dieser Ebene sind also die Rehakreise Koordination, Schnelligkeit und Ausdauer miteinander verbunden. Bei Sportlern, bei denen das anaerobe alaktische System die Hauptrolle spielt, wird auch eine aerobe Basis im aeroben Vermögen geschaffen. Danach wird vor allem das Top-down-Prinzip im anaeroben alaktischen System angewendet, das schließlich im anaeroben laktischen Vermögen endet.

Literatur

ACSM. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2009.

Blair SN, Kohl HW, Barlow CE, Paffenberger RS Jr., Gibbons LW, Macera CA. Changes in physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy and unhealthy men. Journal of the American Medical Association (JAMA) 1995; 273(14): 1093–1098.

Bulley C, Donaghy M, Coppoolse R, Bizzini M, van Cingel R, DeCarlo M, Dekker L, Grant M, Meeusen R, Phillops N, Risberg M. Sports Physiotherapy Competencies and Standards. Sports Physiotherapy For All Project 2005.

Conconi F, Ferrari M, Ziglio PG, Droghetti P, Codca L. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. J Appl Physiol 1982; 4: 869–873.

Harre D. Trainingslehre, 8. Auflage. Berlin: Sportverlag; 1970.

Heck H. Laktat in der Leistungsdiagnostik. Schorndorf: Hoffmann; 1990.

Hoff JN, Kahler J. Helgerud: Training sowie Ausdauer- und Krafttests von professionellen Fußballspielern. Deutsche Zschr Sportm 2006; 57(5): 116–123.

Léger LA, Lambert J, Goulet A, Rowan CH, Dinelle Y. Test progressif de course de 20 metres de Léger – Test d´evaluation de la condition physique de l´adulte (TECPA B-6). Kino-Quebec: Ministère de Loisir, de la Chasse et de la Peche; 1981.

Liesen H. Training konditioneller Fähigkeiten in der Vorbereitungsperiode. Fußballtraining. 1983; 3: 11–14.

Mader A, Liesen H, Heck H, Philippi H, Rost R, Schürch P, Hollmann W. Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. Sportarzt und Sportmedizin 1976; 4: 80–88 und 5: 109–112.

McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Exercise physiology – Energy, Nutrition, and Human Performance. Philadelphia: Lea & Febiger; 1991.

Michie S, Miles J, Weinman J. Patient-centredness in chronic illness: What is it and does it matter? Patient Education and Counselling 2003; 51(3): 197–206.

Sahlin. High-Energy Phosphates and Muscle Energetics. In: Poortmans (ed.). Principles of Excercise Biochemistry. 3rd revised Edition. Basel: Karger; 2004.

Senten M, Beckers M, Bloemers M, Kramer R, Sanders N, Janssens M. Preventie loont. Tussenstand van het programma Preventie van ZonMw. Screening. Assen: Van Gorcum; 2003.

Sparrow WA. Energetics of human activity. Human kinetics Campaign Il; 2000.

Stiggelbout M, Westhoff MH, Mulder YM, Ooijendijk WTM, Hildebrandt VH, Baken W. De gezondheidswaarde van lichamelijke activiteit: Een literatuurstudie. Leiden: TNO Preventie en Gezondheid; 1998.

van den Berg F. To egepaste fysiologie, deel 1: Bindweefsel van het bewegingsapparaat. Den Haag: Lemma BV; 2000.

van den Berg R. Skript Leistungsphysiologie Ausdauer. ESP-Sportphysiotherapie-Ausbildung. Interne Publikation; 2002.

van den Berg R. Skript Schnelligkeit in Sport und Reha. ESP-Sportphysiotherapie-Ausbildung. Interne Publikation; 2005.

Verlooy P. Headcoach Koninklijke Nederlandse Atletiek: Unie persoonlijke communicatie. 2009.

Weineck J. Optimales Training: Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings. 15. Auflage. 2007; 229–345.

Westra H. Dictaat Inspanningsfysiologie. Trainer-Coach-B opleiding Koninklijke Nederlandse Atletiek Unie. Nieuwengein; 1996.

Zintl F, Eisenhut A. Ausdauertraining. München: BLV Sportwissenschaften; 2001.

4.3.5 Rehakreis Kraft

Einführung

Innerhalb des Rehakreises Kraft geht es um die optimale Rehasteuerung des einzelnen Patienten in Bezug auf die Rehabilitation der motorischen Grundeigenschaft Kraft. Darum werden die Belastungsintensitäten individuell festgestellt und können in Anbetracht der eingeschränkten Belastbarkeit noch nicht sportartspezifisch sein. In **Abb. 4.51** ist der Rehakreis Kraft beschrieben. Wie bei den anderen Rehakreisen auch, steht hier der Patient im Mittelpunkt. Die Rehamethoden sind wieder im Uhrzeigersinn angeordnet. Die erste Rehamethode Koordination steht auf der 12-Uhr-Position. Koordination bildet

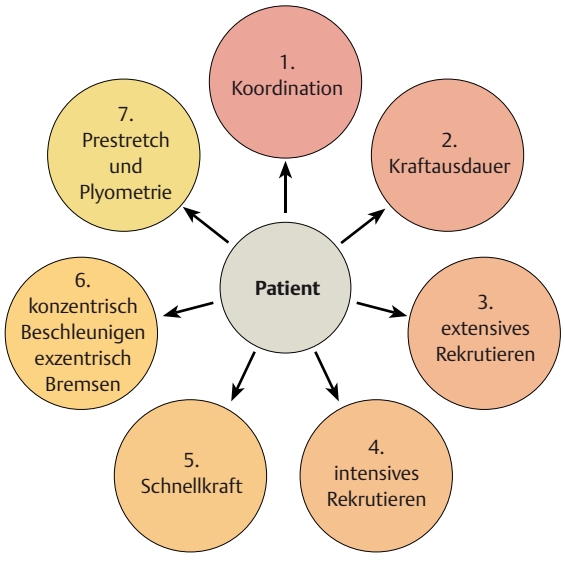


Abb. 4.51 Der Rehakreis Kraft.

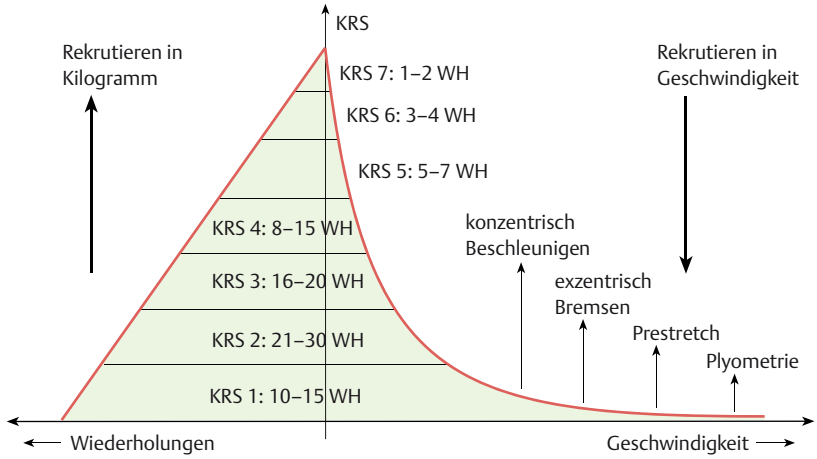


Abb. 4.52 Die Rehabilitationspyramide: das transfersystem (R. van den Berg 2005).

die Basis für jedes Krafttraining in der Rehabilitation. Abhängig von den Wünschen und Anforderungen, die an den Patienten in Arbeit, Sport und Hobby gestellt werden, durchläuft er die verschiedenen Methoden des Rehakreises Kraft. Die Methoden werden in diesem Kapitel beschrieben.

Krafttrainingspyramide

Dem Rehakreis Kraft liegt die Krafttrainingspyramide zugrunde. Diese wird eigentlich schon im Kapitel 4.2 Test und Training motorischer Grundeigenschaften beschrieben. Die Krafttrainingspyramide ist in **Abb. 4.52** dargestellt. Da es um Rehabilitation geht, spricht man hier von der Rehabilitationspyramide. An der Spitze dieser Pyramide steht das Einser-Wiederholungsmaximum (1-RM). Damit ist das Gewicht gemeint, das man maximal einmal exzentrisch und konzentrisch bei einer Übung bewegen kann. Dieses Gewicht setzt man in der Pyramide an die Spitze und es entspricht 100%. Die Pyramide wird von der Spitze nach unten breiter. Das bedeutet, dass bei abnehmender Intensität (sprich Gewicht) die Anzahl der möglichen Wiederholungen zunimmt. Das Testen der momentanen 100% Kraft (1-RM) fällt in die Kategorie der sportmotorischen Tests (s. Kap. 4.2 Test und Training motorischer Grundeigenschaften). Bei (Hoch-)Leistungssportlern kann die 1-RM dadurch ermittelt werden, dass man den Sportler eben mit diesem maximalen Gewicht austestet. Anschließend kann der Trainer von diesem bekannten 100%-Gewicht das entsprechende Trainingsgewicht für andere Methoden ableiten.

Während der Rehabilitation und beim Training von Hobbysportlern ist es aufgrund der zu behandelnden Verletzung und/oder der unzureichenden Belastbarkeit nicht möglich, dieses 100%-Gewicht direkt zu bestimmen. Außerdem ist das Bestimmen des 1-RM bei Ausdauersportlern wenig sinnvoll, da der Zusammenhang zwischen submaximalen Leistungen und der Maximalkraft großen interindividuellen Unterschieden unterliegt (s. Kap. 4.2 Test und Training motorischer Grundeigenschaften). Es besteht also oftmals nur die Möglichkeit, das 1-RM indirekt zu bestimmen. Man kann sogar sagen, dass für die Rehabilitation dieses 1-RM gar nicht interessant ist. Das Ziel in der sportphysiotherapeutischen Praxis ist nicht so sehr das Vorhersagen des 1-RM, sondern das Bestimmen der optimalen Intensität in einer bestimmten Rehamethode. Um dies zu verdeutlichen, macht man einen Unterschied zwischen Training und Rehabilitation. Beim Training im Sinne der Leistungssteigerung geht es um Trainingsmethoden, die strukturelle Veränderungen auf allen Niveaus erzielen (zentrales Nervensystem bis Muskelphysiologie). Um diese strukturellen Veränderungen zu erzielen, muss Wochen bis Monate konsequent in einer Trainingsmethode belastet werden. Bei Rehabilitation geht es um Rehabilitationsmethoden, die die Belastbarkeit von verletztem Bindegewebe verbessern und sportartspezifische Muskelfasern wieder rekrutieren. Es ist in der Rehabilitation viel akkurater, nicht den indirekt ermittelten 1-RM-Wert der Belastungsintensität für die verschiedenen Trainingsmethoden zu errechnen, sondern mit den direkt ermittelten Werten in der entsprechenden Methode zu arbeiten. Dies hat van den Goolberg 2004 mit seinem Kraft-Rehabilitationssystem (KRS) gezeigt. In **Tab. 4.52** wird die modifizierte Form des KRS-Systems vorgestellt (van den Berg 2005).

KRS-Methoden

Die KRS-Methoden sind in der ersten Spalte nummeriert von 1–7 und in der zweiten Spalte als entsprechende Methode beschrieben. Es fallen 2 Aspekte auf:

Die Trainingspyramide steht eigentlich auf dem Kopf, denn die Methoden, die in die Basis der Trainingspyramide gehören, werden als Erste genannt, KRS-1 und dann aufbauend bis KRS 7. Im weiteren Verlauf des Kapitels sprechen wir nicht mehr von der Trainingspyramide,

Tab. 4.52 Modifiziertes KRS-System

KRS	Methode	Serienanzahl	Wiederholungen	Serienpause	Superkompensationszeit
1	Koordination	2–5	10–15*	½ min	12 h
2	extensive Kraftausdauer	2–5	21–30	¾ min	24 h
3	intensive Kraftausdauer	2–5	16–20	1 min	24–48 h
4	extensives Rekrutieren	2–4	8–15	2 min	48 h
5	intensives Rekrutieren I	2–4	5–7	2–3 min	48 h
6	intensives Rekrutieren II	2–4	3–4	3 min	48–72 h
7	intensives Rekrutieren III	1–3	1–2	4 min	48–72 h

** underloaded Gewicht*

sondern von der Rehabilitationspyramide. Entsprechend wird auch der Begriff der Rehamethode benutzt.

Außerdem fällt auf, dass in der vierten Spalte „Wiederholungen" keine feste Zahl bei jeder Methode genannt wird, sondern eine Bandbreite von Wiederholungen. So ist z. B. bei KRS-3 „intensive Kraftausdauer" eine Bandbreite von 15–20 Wiederholungen genannt. Dies hat mit der Optimierung des Belastungsreizes zu tun. Beim Krafttraining denkt der Körper nicht in Wiederholungen, sondern in Ermüdung. Adaptation tritt nur dann auf, wenn der Belastungsreiz gezielt zur Ermüdung führt. Das Problem in der Praxis ist oftmals, dass Patienten und Sportphysiotherapeuten z. B. bei 3 Serien ein Trainingsgewicht wählen, mit dem der Patient bei der dritten Serie noch 20 Wiederholungen schafft. Wahrscheinlich war der Belastungsreiz dann in den ersten beiden Serien nicht ausreichend, denn es trat nicht die gewünschte Ermüdung auf. In dem hier beschriebenen System lautet die zu lösende Trainingsaufgabe: „Mache in jeder Serie so viele Wiederholungen wie möglich!". Dies ist eine andere Aufgabe als „Mache 3-mal 20 Wiederholungen!". Bei der ersten Version wird der Patient bei optimalem Trainingsgewicht z. B. 20, 18 und 16 Wiederholungen schaffen und danach wegen Ermüdung aufhören. Bei der zweiten Variante hätte wahrscheinlich nur 1-mal eine Ermüdung vorgelegen, nämlich am Ende der dritten Serie.

Bleibt natürlich die Frage, wie man das optimale Trainingsgewicht bestimmt. Im Verlauf dieses Kapitels wird diese Frage beantwortet.

Das modifizierte KRS-System ist Teil des Transfersystems (van den Berg 2005). Mit dem Transfersystem wird das oben beschriebene Ziel der Rehabilitation (Verbesserung Belastbarkeit des verletzten Bindegewebes und Rekrutieren relevanter motorischer Einheiten) realisiert. Das Transfersystem macht sich 2 verschiedene Rekrutierungsprinzipien zunutze. An dieser Stelle werden als Hintergrundinformation kurz diese Rekrutierungsprinzipien („Rekrutieren in Kilogramm" und „Rekrutieren in Geschwindigkeit") erläutert.

Rekrutieren in Kilogramm

Das Size Principle ist der Erklärungsmechanismus für das Rekrutierungsprinzip „Rekrutieren in Kilogramm". Durch das Erhöhen der Kilogramm im Verlauf von KRS 1–7 erhöht sich die Belastungsintensität im Sinne des Widerstandes. Dies führt zu einer Rekrutierung von größeren motorischen Einheiten mit einer höheren Reizschwelle. So werden kleine motorische Einheiten schon bei niedrigen Reizen aktiviert. Kleine motorische Einheiten innervieren vor allem „langsame" Typ-I-Muskelfasern. In den Rehamethoden Koordination und Kraftausdauer (KRS 1–3) werden vor allem diese „langsamen" Muskelfasern angesprochen. Größere motorische Einheiten werden erst später bei höheren Belastungsreizen rekrutiert. „Schnellere" Typ-IIa-Muskelfasern werden in den Rehamethoden „extensives Rekrutieren" und „intensives Rekrutieren I" angesprochen. Die „schnellsten" Muskelfasern Typ IIx werden erst bei den Rehamethoden „intensives Rekrutieren II und III" angesprochen. In der Rehabilitationspyramide (**Abb. 4.52**) beschreibt man das Rekrutierungsprinzip „Size Principle" an der linken Seite. Die Rehabilitation beginnt also links unten und führt dann aufgrund dieses Rekrutierungsprinzips immer weiter nach oben Richtung Spitze der Rehabilitationspyramide.

Rekrutieren in Geschwindigkeit

Mit höherer Intensität nimmt zwar die Rekrutierung von motorischen Einheiten zu („Size Principle"), dies hat jedoch auch eine ungewünschte Nebenwirkung. Es werden nämlich auch bei höheren Intensitäten die langsamen Typ-1-Muskelfasern mitrekrutiert, obwohl sie bei explosiven Sportarten eine untergeordnete Rolle spielen. Die Leistungsfähigkeit bei zu hoher Typ-1-Aktivität nimmt dann sogar ab. Aus diesem Grund versucht man, durch die Erhöhung der Bewegungsgeschwindigkeit einerseits die schnellen Muskelfasern anzusprechen und andererseits die langsamen Muskelfasern zu inhibieren. Diese Inhibition der langsamen Muskelfasern bei zunehmender Bewegungsgeschwindigkeit nennt man „Reversed Size

Principle“. Die kleineren motorischen Einheiten werden nicht mehr angesprochen. Bei abnehmender Intensität (reduziertem Gewicht) und höherer Geschwindigkeit in der Bewegungsausführung werden die schnellen motorischen Einheiten rekrutiert.

In der Rehabilitationspyramide beschreibt man dieses Rekrutierungsprinzip als „Reversed Size Principle“ auf der rechten Seite. Da diesem Prinzip das Kraft-Schnelligkeits-Diagramm eines Muskels zugrunde liegt, ist in **Abb. 4.52** die rechte Seite der Pyramide entsprechend des Kraft-Schnelligkeits-Diagrammes gezeichnet (van den Berg 2005). Zusammenfassend kann man sagen, dass nachdem die Rehabilitation mittels Size Principle auf der linken Seite nach oben führte, die Rehabilitation mittels Reversed Size Principle nach rechts unten geht.

Transfersystem

Dieses System von zunächst Rekrutieren in Kilogramm und anschließend Rekrutieren in Geschwindigkeit wird als Transfersystem beschrieben und spielt eine wichtige Rolle in der Rehabilitation (van den Berg 2005).

Im Transfersystem setzt man in der Sportrehabilitation die erzielten Kraftzuwächse (Rekrutierungspotenziale) mittels Kraftausdauer-, extensiver und intensiver Rekrutierungsmethoden in sportartspezifische Bewegungsabläufe um. Der Großteil der sportartspezifischen Bewegungsabläufe wird durch hohe Geschwindigkeiten charakterisiert. Die Basis für Geschwindigkeit einer Wurf- oder Sprungbewegung ist Kraft.

Beim Transfersystem werden 3 Prinzipien benutzt:

Prinzip 1: Rekrutierungspotenziale (Power), die mittels KRS 1–7 aufgebaut sind, gelten als Voraussetzung für Geschwindigkeit. Mit Power meint man hier die benötigte mentale Einstellung des Patienten, um tatsächlich die Kraft in Geschwindigkeit umzusetzen. Der Sportphysiotherapeut muss den Patienten optimal auf diese Belastungsmethoden einstimmen. Wenn dies gelingt und der Patient lernt, unter Geschwindigkeit zu belasten, gibt dies dem Patienten sehr viel Selbstvertrauen.

Prinzip 2: Die Geschwindigkeit wird erhöht durch eine Abnahme des Trainingsgewichts. Die Spezifikation des Belastungsreizes nimmt zu und damit auch die Belastung für das Bindegewebe. Der Sportphysiotherapeut muss dem Patienten erklären, dass weniger Gewicht höhere Belastung bedeutet.

Prinzip 3: Bei den Methoden zum Rekrutieren in Kilogramm waren die subjektiven und objektiven Qualitätskriterien wichtig. Da bei der Erhöhung der Geschwindigkeit die Bindegewebsbelastung zunimmt, sind die subjektiven und objektiven Qualitätskriterien beim Rekrutieren in Geschwindigkeit sehr wichtig.

Insgesamt besteht das Transfersystem aus 4 Schritten:

- Schritt 1: Rekrutieren in Kilogramm mittels modifiziertem KRS-System
  - Zwischenschritt: exzentrisches Training für einen guten Übergang vom Rekrutieren in Kilogramm zum Rekrutieren in Geschwindigkeit
- Schritt 2: Schnellkraft. Durch Schnellkraft wird die aufgebaute Kraft in Geschwindigkeit umgesetzt
- Schritt 3: konzentrisch beschleunigen und exzentrisch bremsen
- Schritt 4: Prestretch und Plyometrie

Diese 4 Schritte kommen im Rehakreis Kraft zur Anwendung und werden in den folgenden Abschnitten besprochen. Außerdem wird der Rehakreis Kraft zielgruppenspezifisch beschrieben für die Rehabilitation in Bezug auf Ausdauer-, Kraft- und Explosivsportlern, sowie hinsichtlich inaktiver Personen und Personen mit einer chronischen Erkrankung.

Rehabilitationsmethoden des Rehakreises Kraft

Zunächst werden die Methoden des Rehakreises Kraft hier im Einzelnen besprochen.

Koordination

Koordinationstraining ist die Basis des Rehakreises Kraft. In der bereits bekannten Rehabilitationspyramide ist die breite Basis daher auch mit der Koordination versehen (**Abb. 4.52**). Das Ziel von Koordinationstraining wird wie folgt beschrieben: Koordinationstraining bereitet auf das Krafttraining vor, um die gewünschte Belastbarkeitsverbesserung zu erzielen. Die zu trainierende Muskulatur wird tonisiert und der Patient/Sportler kann den korrekten Bewegungsablauf einüben. Darum spricht man auch von *spezifischem Aufwärmen* im Gegensatz zu allgemeinem Aufwärmen, z. B. auf dem Fahrradergometer. Wie im Kapitel „Die Rehamethoden des Rehakreises Koordination“ beschrieben, gelten die subjektiven und objektiven Qualitätskriterien für die Durchführung dieser Rehamethode. Sollen die koordinativen Fähigkeiten verbessert werden, wird mit den Methoden des Rehakreises Koordination gearbeitet. Vor allem die Methoden „kortikale Fußregion“, „kortikale lineare Region“ und „Hirnstamm“ spielen eine zentrale Rolle. Die ersten Erfolge der Rehabilitation werden in den ersten Wochen sichtbar und sind der verbesserten intra- und intermuskulären Koordination zu verdanken. In **Tab. 4.53** sind die quantitativen Belastungsvariablen des Koordinationstrainings zu sehen.

Es entspricht der KRS-1 Methode des modifizierten KRS-Systems. Das wichtigste Merkmal des Koordinationstrainings (KRS 1) im Vergleich zu den anderen Methoden des Rehakreises Kraft ist die Tatsache, dass das Koordinationstraining nicht zur Ermüdung der Muskulatur führt. Man sagt auch, dass das Gewicht beim Koordinationstraining „underloaded“ ist. Es gibt keine genaue Messmethode, um das optimale Gewicht für Koordinati-

Tab. 4.53 KRS-1

KRS	Methode	Serienanzahl	Wiederholungen	Serienpause	Superkompensationszeit
1	Koordination	2–5	10–15	½ min	12 h

Tab. 4.54 KRS-2–3

KRS	Methode	Serienanzahl	Wiederholungen	Serienpause	Superkompensationszeit
2	extensive Kraftausdauer	2–5	bis 30	¾ min	24 h
3	intensive Kraftausdauer	2–5	16–20	1 min	24–48 h

onstraining festzustellen. In der Praxis schätzt der Sportphysiotherapeut das Gewicht ein, mit dem der Patient bei 20–25 Wiederholungen der Übung ermüden würde. Mit diesem Gewicht lässt der Sportphysiotherapeut den Patienten die Übung entsprechend der Methode Koordinationstraining aber nur 10- bis15-mal wiederholen. Bei korrekter Einschätzung des Therapeuten sollte der Patient die Serie einerseits entsprechend der subjektiven und objektiven Qualitätskriterien (s. Kap. „Die Trainingsmethoden des Rehakreises Koordination“) ausführen können, ohne die Ermüdung der Muskulatur zu empfinden. Koordinationstraining im Sinne des Rehakreises Kraft kann ab der Proliferationsphase durchgeführt werden (s. Kap. 1). Der Schritt zu den anderen Methoden des Rehakreises Kraft ist möglich, wenn der Patient die Übungen koordinativ gut beherrscht (sprich die subjektiven und objektiven Qualitätskriterien erfüllt) und die Belastbarkeit der verletzten Struktur eine erhöhte Belastung im Sinne eines Krafttrainings zulässt.

Kraftausdauer

Von Kraftausdauer im Sinne des Rehakreises Kraft spricht man in Bezug auf die lokale Ausdauer eines Muskels. Man macht hierbei einen Unterschied zwischen *extensiver* und *intensiver* Kraftausdauer. Ziel dieser Methoden ist das Verbessern der Ausdauerfähigkeit der Muskulatur. Dies entspricht der KRS-2- und KRS-3-Methode des modifizierten KRS-Systems. Die quantitativen Belastungsvariablen der extensiven und intensiven Kraftausdauermethode sind in **Tab. 4.54** zusammengefasst.

Um diese Effekte ausreichend zu erzielen, muss mindestens 6–8 Wochen mit dieser Methode trainiert werden. Da jedoch in der Rehabilitation das Hauptaugenmerk vor allem auf der Verbesserung der Belastbarkeit von Bindegewebe und dem Rekrutieren von motorischen Einheiten liegt, werden diese ursprünglichen Effekte des Kraftausdauertrainings nur ansatzweise realisiert. Während man beim Koordinationstraining das optimale Gewicht nur einschätzen kann, um „underloaded“ zu bleiben, besteht für die anderen Methoden des Rehakreises Kraft die Möglichkeit, es sehr genau für eine entsprechende Methode zu wählen. Für die Bestimmung des optimalen Gewichtes für die Kraftausdauer sowie das extensive und intensive Rekrutieren (**Abb. 4.51**) übereinstimmend mit den Methoden KRS-2–7 (**Tab. 4.53**) kann der Sportphysiotherapeut wie in den folgenden Abschnitten beschrieben vorgehen.

Bestimmung des optimalen Trainingsgewichts

In vielen Situationen stehen dem (Sport-)Physiotherapeuten keine kostenintensiven Messinstrumente wie isokinetische Apparaturen zur Verfügung und/oder hat er nicht die Zeit, um entsprechend umfangreich zu testen. Außerdem arbeitet er mit Sportlern/Patienten, die keine ausreichende Belastbarkeit haben, um direkt das Einser-Wiederholungsmaximum (1-RM) zu bestimmen. Im Hochleistungssport wird dieses 1-RM oft benutzt, um das optimale Trainingsgewicht für das Training eines 10- oder 20-RM abzuleiten (s. Kap. 4.2 Test und Training motorischer Grundeigenschaften). In der Rehabilitation und auch bei der Betreuung von Menschen mit einer niedrigen Belastbarkeit ist dieses 1-RM-Konzept wenig hilfreich. Daher wird im folgenden Beispiel eine ausgesprochen sinnvolle Alternative vorgestellt.

Beispiel

Nehmen wir an, der Sportphysiotherapeut betreut einen Marathonläufer mit einem patellofemoralen Schmerzsyndrom. Der erste Teil der Rehabilitation bestand unter anderem aus dem Erlernen eines Basic Squat in der Methode Koordination. Der Marathonläufer konnte den Basic Squat mit 15 Wiederholungen in 3 Serien mit 20 kg Gewicht durchführen unter Einhaltung der subjektiven und objektiven Qualitätskriterien ohne Ermüdung der Muskulatur (**Abb. 4.53**). Der Sportphysiotherapeut beschließt, den Basic Squat in der extensiven Kraftausdauermethode durchzuführen (KRS 2). Die quantitativen Belastungsvariablen stehen in **Tab. 4.53**. Der Sportphysiotherapeut macht eine erste Einschätzung, wie viele Kilogramm der Sportler benötigt, um den Basic Squat so durchzuführen, dass er zwischen 21 und 30 Wiederholungen ermüdet (overload). Diese erste Einschätzung beruht

auf Erfahrungswerten des Sportphysiotherapeuten. Die Bestimmung des optimalen Trainingsgewichtes erfolgt anhand der Strategie Trial and Error: Nehmen wir an, der Sportphysiotherapeut erwartet, dass der Sportler bei einem Gewicht von 20 kg nach 21–30 Wiederholungen ermüdet. Entsprechend **Tab. 4.55** wird zunächst ein spezifisches Aufwärmen mit der Hälfte des Zielgewichtes durchgeführt (Serie 1). Dies entspricht in diesem Beispiel 10 kg.

Die quantitativen Belastungsvariablen entsprechen hier der Methode „Koordination". Nach der entsprechenden Serienpause von 30 sec bekommt der Sportler die Aufgabe, mit dem Zielgewicht von 20 kg so viele korrekte Wiederholungen wie möglich durchzuführen (Serie 2). Während dieses Versuchs beobachtet der Sportphysiotherapeut, zählt die Wiederholungen und achtet auf korrekte Durchführung. Sollten sich Fehler in der Durchführung einschleichen, gibt der Sportphysiotherapeut Feedback. Der Patient hat dann die Möglichkeit, in den folgenden Wiederholungen den Fehler zu korrigieren. Gelingt es, den Fehler zu korrigieren, läuft die Serie weiter. Gelingt es dem Patienten jedoch nicht zu korrigieren, führt dies zum Abbruch der Testserie. Es zählen nur die korrekt durchgeführten Wiederholungen! Der Vergleich der tatsächlich erzielten Wiederholungsanzahl mit der gewünschten Wiederholungsanzahl kann zu 3 verschiedenen Resultaten führen:

- Die tatsächliche Wiederholungsanzahl entspricht der gewünschten Wiederholungsanzahl. In unserem Beispiel wäre dies gegeben, wenn der Marathonläufer in dem Basic Squat mit 20 kg z. B. 25 Wiederholungen erzielt hat. 20 kg ist dann für diesen Sportler bei dieser Übung das optimale Trainingsgewicht in der extensiven Kraftausdauermethode.
- Die tatsächliche Wiederholungsanzahl liegt über der gewünschten Wiederholungsanzahl. In unserem Beispiel wäre dies gegeben, wenn der Marathonläufer in dem Basic Squat mit 20 kg z. B. 35 Wiederholungen geschafft hätte. 20 kg ist dann zu wenig, um Ermüdung in der Methode extensive Kraftausdauer zu erzielen. Der Test müsste mit erhöhtem Gewicht wiederholt werden. **Tab. 4.56** gibt eine Empfehlung, wie viel Gewicht hinzugenommen werden sollte. Daraus ergibt sich, dass der Marathonläufer für die nächste Serie 10 % mehr Gewicht bekommt. Das wären dann 22 kg. In der Praxis wählt man 22,5 kg, da es nur Gewichtscheiben mit 1,25 kg gibt. In der nächsten Serie geht man wieder vor wie bei der zweiten Serie: so viele korrekte Wiederholungen wie möglich (Serie 3). Wenn dann die tatsächliche Wiederholungsanzahl mit der gewünschten Wiederholungsanzahl übereinstimmt, ist das optimale Trainingsgewicht bestimmt. Wenn dies nicht erreicht wurde, muss in der folgenden Serie mit erneut angepasstem Gewicht nochmals getestet werden (Serie 4).



Abb. 4.53 Marathonläufer mit 20 kg Basic Squat.

Tab. 4.55 Bestimmung optimales Trainingsgewicht

Serien	Gewicht	WH	Ziel	Pause
1	50 % KRS	15	Warming-up/ Koordination	übereinstimmend mit der Rehamethode
2	100 % KRS	max.	Bestimmung Gewicht Serie 3	übereinstimmend mit der Rehamethode
3	+/– Anpassung Gewicht	max.	Bestimmung Gewicht Serie 4	übereinstimmend mit der Rehamethode
4	+/– Anpassung Gewicht	max.	Gewicht nächste Trainingseinheit	übereinstimmend mit der Rehamethode

- Die tatsächliche Wiederholungszahl liegt unter der gewünschten Wiederholungszahl. In unserem Beispiel wäre dies gegeben, wenn der Marathonläufer in dem Basic Squat mit 20 kg z. B. nur 18 Wiederholungen geschafft hätte. Bei zu wenigen Wiederholungen (sprich zu viel Gewicht) schaut man in der darüberliegenden Zelle, wie viel Gewicht weniger genommen werden muss (**Tab. 4.56**). Hieraus wird ersichtlich, dass für die nächste Serie der Marathonläufer ein Minus von 10 % bekommt. Das wären dann 18 kg. In der Praxis wählt man dann ein Gewicht von 17,5 kg. Die Testprozedur verläuft dann weiter wie unter Szenario 2 beschrieben.

Erfahrene Sportphysiotherapeuten bestimmen in 2–3 Serien (einschließlich Aufwärmserie) das optimale Trainingsgewicht. Mehr als 4–5 Serien sollten nicht in dem Test durchgeführt werden, da die Pausenzeiten zwischen den Serien zu kurz sind, um für eine vollständige Erholung der Muskulatur zu sorgen. Zunehmende Ermüdung sorgt dann zusätzlich für eine Verfälschung der Testresultate. Entsprechend der Superkompensationszeit der Trainingsmethode in der getestet wurde, muss dann ein neuer Termin vereinbart werden, um erneut zu testen.

Tab. 4.56 Prozenttabelle für die Veränderung des Gewichts

KRS WH	1	2	3	4	5	6	7
1–2	– 40 %				– 20 %		–
3–4	– 30 %			– 20 %	– 10 %	–	+ 10 %
5–7	– 20 %		– 20 %	– 10 %	–	+ 10 %	+ 20 %
8–15	– 10 %	– 20 %	– 10 %	–	+ 10 %	+ 20 %	
16–20	–	–10 %	–	+ 10 %	+ 20 %		
21–30	+ 10 %	–	+ 10 %	+ 20 %			
> 30	+ 20 %	+ 10 %	+ 20 %				

Das Zielfach dieser Tabelle ist jedes Mal grau markiert. Bei zu vielen Wiederholungen (sprich zu wenig Gewicht) schaut man in den darunterliegenden Zellen, wie viel Gewicht hinzugenommen werden muss.

Tab. 4.57 Erläuterung zu **Tab. 4.56**

KRS WH	2
1–2	
3–4	
5–7	
8–15	– 20 % tatsächliche Wiederholungen 8–15 = Gewicht um 20 % reduzieren
16–20	– 10 % tatsächliche Wiederholungen unter 21 = Gewicht um 10 % reduzieren
21–30	– tatsächliche Wiederholungen 21–30 = Gewicht nicht verändern
> 30	+ 10 % tatsächliche Wiederholungen über 30 = Gewicht um 10 % erhöhen

Tab. 4.58 Extensive Rekrutierungsmethode KRS 4

KRS	Methode	Serienanzahl	Wiederholungen	Serienpause	Superkompensationszeit
4	extensives Rekrutieren	2–4	8–15	2 min	48 h

Im Prinzip wird für jede Übung auf die hier beschriebene Art und Weise das optimale Trainingsgewicht festgestellt. Bei dem Wechsel von einer Rehamethode in die Nächste wird erneut das optimale Trainingsgewicht bestimmt.

Tab. 4.57 zeigt beispielhaft, wie mit **Tab. 4.56** umzugehen ist.

Extensives Rekrutieren

Die nächste Methode im Rehakreis Kraft ist das extensive Rekrutieren. Ziel dieser Methode ist das Rekrutieren von größeren motorischen Einheiten entsprechend des eingangs erwähnten Size Principles und den dazugehörigen Muskelfasern. Während bei den Methoden zur Verbesserung der Kraftausdauer vor allem Typ-I-Muskelfasern angesprochen werden, werden bei der extensiven Wiederholungsmethode durch den höheren Widerstand auch Typ-IIa-Muskelfasern angesprochen.

Dies entspricht der KRS-4-Methode des modifizierten KRS-Systems. Diese Methode findet auch noch ihre Anwendung bei ADL-Patienten und Hobbysportlern. In **Tab. 4.58** stehen die quantitativen Belastungsvariablen der extensiven Rekrutierungsmethode.

Für Ausdauersportler ist diese Methode optimal. Das Rekrutierungspotenzial muss nicht weiter ausgebaut werden, um zu einer sportartrelevanten Belastbarkeitsverbesserung zu kommen. Dahingegen ist KRS 4 für Explosivsportler erst der Anfang. Die extensive Rekrutierungsmethode stellt dem Explosivsportler das Basisrekrutierungspotenzial zur Verfügung. Außerdem findet sie ihre Anwendung bei chronischen Patienten wie z. B. Diabetikern und COPD. Der Grund dafür liegt darin, dass es bei diesem Training über Fibresplitting zu einer Hypertrophie des Muskels kommt. Diese Hypertrophie wiederum hat einen günstigen Einfluss auf den Krankheitsverlauf (Maas 2007, Spruit 2002). Der Effekt der Hypertrophie kann noch gesteigert werden, indem man mehr Gewicht auf die exzentrische Phase legt. Also wird anstelle des gängigen 1–0–1-Rhythmus dann in einem 3–0–1-Rhythmus trainiert. Da die Bindegewebsbelastung bei der ex-

Tab. 4.59 Intensive Rekrutierungsmethode KRS-5–7

KRS	Methode	Serienanzahl	Wiederholungen	Serienpause	Superkompensationszeit
5	intensives Rekrutieren I	2–4	5–7	2–3 min	48 h
6	intensives Rekrutieren II	2–4	3–4	3 min	48–72 h
7	intensives Rekrutieren III	1–3	1–2	4 min	48–72 h

zentrisch betonten Methode jedoch höher ist, verlängert sich auch die Superkompensationszeit.

Wechsel der Methoden

Eine kritische Frage wurde bereits zuvor beantwortet, nämlich wie man das optimale Trainingsgewicht bei einer Person bestimmt, ohne erst direkt das 1-RM bestimmen zu können. Eine weitere kritische Frage betrifft die Dauer, in der innerhalb einer Methode trainiert werden soll. Man muss sich Gedanken über das Kriterium machen, das als Entscheidungshilfe zum Methodenwechsel dienen soll.

Ein klassischer Fehler in dieser Hinsicht ist als Kriterium *Stabilisieren in Kilogramm*. zu wählen Damit ist gemeint, dass man den Marathonläufer z.B. in KRS-2 (21–30 RM) trainieren lässt und jedes Mal, wenn er mehr als 30 Wiederholungen schafft, wieder ca. 10% Gewicht dazugibt, um ihn im entsprechenden Bereich von 21–30 Wiederholungen zu halten. Beim Training eines nichtverletzten Sportlers kann man so jedes Mal wieder etwas Gewicht dazugeben und wird feststellen, dass er nach einem mehrwöchigen Krafttraining wieder über 30 Wiederholungen kommt. In der Rehabilitation geht es jedoch um Belastbarkeitstraining. Die verletzte Bindegewebsstruktur wird nur stärker, wenn sie höheren Belastungsreizen ausgesetzt wird. Darum arbeitet man in der Rehabilitation mit dem Kriterium *Stabilisieren in Wiederholungen*. Damit ist gemeint, dass man den Marathonläufer z.B. in KRS-2 (21–30 RM) trainieren lässt und bei jedem Training die Wiederholungsanzahl notiert. Sobald der Sportler in 2 Trainingseinheiten hintereinander dieselbe Wiederholungsanzahl in den 3 Serien erreicht, ist er stabilisiert in den Wiederholungen. Dies ist der Moment, um in die nächsthöhere Rehamethode zu wechseln.

Man bestimmt wieder das optimale Trainingsgewicht für die neue Methode und der Patient setzt mit dem neuen Gewicht in der neuen Methode sein Belastbarkeitstraining fort, bis er wieder stabilisiert ist in Wiederholungen. Es sei noch darauf hingewiesen, dass man das Gewicht erhöhen kann, wenn der Sportler kein Rehatraining mehr macht, um die Folgen einer Verletzung zu überwinden, sondern nur noch Defizite in bestimmten Kraftbereichen aufweist (Stabilisieren in Kilogramm).

Intensives Rekrutieren, Methoden I–III

Auf extensives Rekrutieren folgt intensives Rekrutieren. Der Unterschied zwischen diesen Methoden lässt sich als höhere Intensität der Belastung bei Abnahme der Wiederholungsanzahl beschreiben. Intensives Rekrutieren lässt sich in 3 Methoden unterteilen. Die dritte Methode „intensives Rekrutieren III" entspricht der konzentrischen Maximalkraft, also dem Einser-Wiederholungsmaximum als Rehamethode (**Abb. 4.52**). Durch den höheren Widerstand werden bei intensivem Rekrutieren I–III nicht nur Typ-2a-, sondern auch Typ-2x-Muskelfasern angesprochen. Dies entspricht den Methoden KRS 5–7 des modifizierten KRS-Systems. Durch die Methoden des intensiven Rekrutierens I–III lässt sich die maximale konzentrische Kraft (MKK) beeinflussen. In **Tab. 4.59** sind die quantitativen Belastungsvariablen der intensiven Rekrutierungsmethode I–III aufgeführt.

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass Sportler mit einem Problem in der maximalen exzentrischen Kraft (MEK) über ein Supramaximalkrafttraining (Retrogravity Training) die maximale exzentrische Kraft verbessern können.

Exzentrisches Training

Um einen guten Übergang vom Rekrutieren in Kilogramm hin zu Rekrutieren in Geschwindigkeit zu erreichen, kann ein Zwischenschritt gewählt werden: exzentrisches Training. Bei exzentrischem Training wird der Rhythmus der Bewegungsausführung geändert: von einem 1–0–1-Rhythmus in einen 3–0–1- oder 5–0–1-Rhythmus. Der Schwerpunkt der Ausführung liegt auf der exzentrischen Phase. Der Muskel ist in der Lage, exzentrisch mehr Kraft zu liefern als konzentrisch. Dies kommt durch eine bessere Rekrutierung von motorischen Einheiten. Konkret bedeutet dies, dass der Patient sein Krafttraining bis zur Erschöpfung durchführt. Der Patient ist dann nicht mehr in der Lage, das Gewicht konzentrisch unter Einhaltung der Qualitätskriterien zu bewegen. In diesem Moment hilft der Sportphysiotherapeut dem Patienten in der konzentrischen Phase, sodass der Patient nochmals das Gewicht eben exzentrisch in der Übung einsetzen kann. Dies wiederholt der Patient 2 bis 3-mal. Weil durch exzentrische Betonung der Serie auch die Bindegewebsbelastung höher ist, wählt man eine Serienpause von

3–5 min. Nachdem der Patient 2–3 Trainingseinheiten auf diese Weise trainiert hat, hat er wahrscheinlich das komplette Rekrutierungspotenzial für Typ-II-Muskelfasern zu diesem Zeitpunkt ausgeschöpft und macht den nächsten Schritt hin zur Schnellkraft.

Schnellkraft

Die Methode Schnellkraft ist die erste Methode, die sich auf der rechten Seite der Rehabilitationspyramide befindet. Das Gewicht nimmt ab und die Geschwindigkeit zu. Hierdurch werden die bereits rekrutierten Muskelfasern Typ II auch auf Geschwindigkeit belastet und gleichzeitig Typ-I-Muskelfasern inhibiert.

Die aufgebaute Kraft wird in Geschwindigkeit umgesetzt. Zunächst wählt man das Gewicht, mit dem der Patient zuletzt gearbeitet hat, und lässt ihn die Übung schneller durchführen. Hierbei macht man einen Unterschied zwischen Hobby- und (Hoch-)Leistungssportlern:

Der verletzte Hobbysportler muss mindestens erst bis KRS-4 auftrainiert werden, um den Transfer Richtung Geschwindigkeit zu machen. Er macht 10 Wiederholungen mit dem KRS-4-Gewicht, die die subjektiven und objektiven Qualitätskriterien erfüllen. Der verletzte (Hoch-) Leistungssportler muss, abhängig von der sportartspezifischen Belastung, mindestens bis KRS-5, vielleicht sogar bis KRS-7 auftrainiert werden, um den Transfer Richtung Geschwindigkeit zu beginnen. Er führt mit dem Gewicht aus dem zuletzt trainierten KRS-System die maximale Anzahl an Wiederholungen aus unter Einhaltung der Qualitätskriterien.

Der Sportphysiotherapeut misst die Zeit, die der Patient braucht, um die Serie schneller durchzuführen. Es werden maximal 3–5 Serien trainiert und der Patient versucht jedes Mal, die Geschwindigkeit weiter zu erhöhen. Wenn der Patient mit dem Gewicht 3 Serien hintereinander die Geschwindigkeit nicht mehr erhöhen konnte (sprich die Seriendauer gleich geblieben ist), wird bei der nächsten Behandlung das Gewicht reduziert. Bei der Rehabilitation von Sportlern mit Verletzungen der unteren Extremitäten nimmt man für die nächste Serie dann 5–10 kg weniger, bei der Rehabilitation von Sportlern mit Verletzungen der oberen Extremitäten 1–5 kg weniger. Mit diesem geringeren Gewicht lässt man den Patienten wieder die oben beschriebene, festgelegte Wiederholungsanzahl machen, misst die Zeit pro Serie und reduziert das Gewicht wiederum, wenn die Seriendauer 3 Serien lang gleich geblieben ist. Das Gewicht wird so lange schrittweise reduziert, bis der Patient ungefähr das KRS-2-Gewicht benutzt. Wenn er mit dem KRS-2-Gewicht auch die Seriendauer nicht mehr verkürzen kann, macht er den nächsten Schritt im Transfersystem: konzentrisches Beschleunigen und exzentrisches Bremsen.

Konzentrisches Beschleunigen, exzentrisches Bremsen

Die Methoden konzentrisches Beschleunigen und exzentrisches Bremsen sind als direkte Vorbereitung auf den Dehnungsverkürzungszyklus (DVZ) zu sehen, da der DVZ im Prinzip aus einer schnellen exzentrischen Bewegung, gefolgt von einer schnellen konzentrischen Bewegung, besteht. Da beim exzentrischen Bremsen höhere Kräfte auf Bindegewebsstrukturen einwirken als beim konzentrischen Beschleunigen, beginnt diese Vorbereitung erst mit dem Training der konzentrischen Beschleunigung. So wählt man z. B. bei der Rehabilitation eines Wurfsportlers Übungen wie den einseitigen Pull-over aus, um dieses konzentrische Beschleunigen zu trainieren.

Konzentrisches Beschleunigen

Der Patient bringt seinen Arm in die maximale endgradige Position, bleibt dort einen Moment und beschleunigt dann maximal. Diese Trainingsform ist azyklisch. Das bedeutet, dass nach erfolgter Beschleunigung der Arm wieder langsam in die Ausgangsposition zurückgebracht wird, dort einen Moment verharrt, um anschließend wieder maximal konzentrisch zu beschleunigen. Die Wiederholungsanzahl wird bei diesem Training auch durch die subjektiven und objektiven Qualitätskriterien bestimmt. Werden diese Kriterien nicht erreicht, führt das zum Abbruch der Serie. Es werden maximal 3–5 Serien durchgeführt. Die Intensität (sprich Geschwindigkeit) kann erhöht werden, indem man das Gewicht reduziert. Das Startgewicht für konzentrisches Beschleunigen ist in etwa das KRS-2-Gewicht (wie am Ende des Trainings der Schnellkraft). Das Gewicht wird schrittweise reduziert, bis es etwa das 3–5-Fache des Wettkampfgewichtes des Sportgerätes (Ball, Speer etc.) erreicht hat.

Bei der Rehabilitation eines Sportlers mit Verletzung der unteren Extremität wählt man z. B. den Squat Jump. Details hierzu sind im Kapitel 4.2 Test und Training motorischer Grundeigenschaften zu finden.

Der Patient geht in die Ausgangsposition (90° Flexion der Kniegelenke), bleibt dort einen Moment und beschleunigt dann maximal in vertikale Richtung. Auch das konzentrische Beschleunigen ist für die untere Extremität eine azyklische Trainingsform. Nach erfolgter vertikaler Beschleunigung landet der Patient wieder auf beiden Beinen, ohne dabei maximal durchzufedern. Man kann den Patienten auch auf eine Steppbank oder andere Erhöhung springen lassen (**Abb. 4.54**).

Anschließend geht er wieder in die Ausgangsposition, bleibt dort einen Moment lang und beschleunigt dann wieder maximal in vertikale Richtung. Die Wiederholungsanzahl und der Abbruch der Serie erfolgen genau wie bei dem Training der konzentrischen Beschleunigung für die obere Extremität. Die Intensität kann erhöht werden durch extra Gewicht oder durch die Erhöhung der Steppbank, auf die der Patient springen soll.



Abb. 4.54 Konzentrisches Beschleunigen mittels Squat Jump.

Wichtig beim Training der konzentrischen Beschleunigung ist der Bewegungseinsatz. Bei eintretender Ermüdung im Serienverlauf wird der Patient versuchen, die Ermüdung dadurch zu kompensieren, dass er vor dem konzentrischen Beschleunigen eine kurze exzentrische Zusatzbewegung macht. Ab dem Moment handelt es sich tatsächlich um einen Dehnungsverkürzungszyklus und nicht mehr um konzentrisches Beschleunigen.

Exzentrisches Bremsen

Der Trainingsaufbau des exzentrischen Bremsens ist analog zu dem Aufbau des konzentrischen Beschleunigens. Beim Wurfsportler wählt man wiederum z. B. den einarmigen Pull-over. Exzentrisches Bremsen besteht im Prinzip aus dem Auffangen des Gewichtes. Zum Kennenlernen der Systematik fängt der Sportphysiotherapeut mit wenig Gewicht und einem kleinen Bewegungsausmaß an. Er gibt ein verbales Kommando, bei dem er das Gewicht loslässt und der Patient das Gewicht in Pull-over-Position auffangen muss (**Abb. 4.55**). Das Ausbleiben des Kommandos und das Erhöhen des Gewichtes führen zu einer Intensivierung des Trainingsreizes.

Das exzentrische Bremsen ist genau wie das konzentrische Beschleunigen azyklisch und die Wiederholungsanzahl wird bestimmt durch die Qualitätskriterien. Auch hier werden 3–5 Serien durchgeführt. Bei der Rehabilitation eines verletzten Wurfsportlers z. B. ist das Startgewicht das etwa 3–5-Fache des Wettkampfgewichtes des Sportgerätes (Ball, Speer etc.). Damit hatte der Sportler auch das Training des konzentrischen Beschleunigens beendet. Das Gewicht wird während der Einheiten wieder langsam erhöht bis maximal zu dem Gewicht, mit dem der Sportler im KRS-2-Bereich trainiert hat.

Bei der Rehabilitation eines Sportlers mit Verletzung der unteren Extremität wählt man z. B. den Drop Jump. Details hierzu sind im Kapitel 4.2 Test und Training motorischer Grundeigenschaften zu finden. Exzentrisches Bremsen mittels Drop Jump besteht im Prinzip aus dem dynamischen Auffangen des Körpergewichts. Zum Kennenlernen wählt man zunächst eine niedrige Absprunghöhe, wobei der Patient lernt, dynamisch bis in 90° Flexion durchzufedern (**Abb. 4.56**). Er bleibt einen kurzen Moment in dieser Endposition.

Die Absprunghöhe wird langsam gesteigert bis zur maximalen Sprunghöhe beim konzentrischen Beschleunigen. Genau wie bei dem exzentrischen Bremsen für die obere Extremität ist die Serie azyklisch. Die Qualitätskriterien sind ausschlaggebend als Abbruchkriterien. Es werden maximal 3–5 Serien durchgeführt.

Zwischen den Serien werden 3–5 min Pause eingelegt und die Superkompensationszeiten für konzentrisches Beschleunigen und exzentrisches Bremsen entsprechen aufgrund der hohen Bindegewebsbelastung etwa 72 h. Es ist wichtig, das mit dem Patienten zu besprechen, da diese Trainingsformen durch ihren azyklischen Charakter nicht zur Erschöpfung der Energiesysteme führt. Der Patient hat nicht das Gefühl, eine anstrengende Trainingseinheit hinter sich zu haben. Diese Art von Training ist zwar nicht anstrengend, aber dafür sehr belastend für die Bindegewebsstrukturen.



Abb. 4.55 Exzentrisches Bremsen obere Extremität mittels Pull-over.

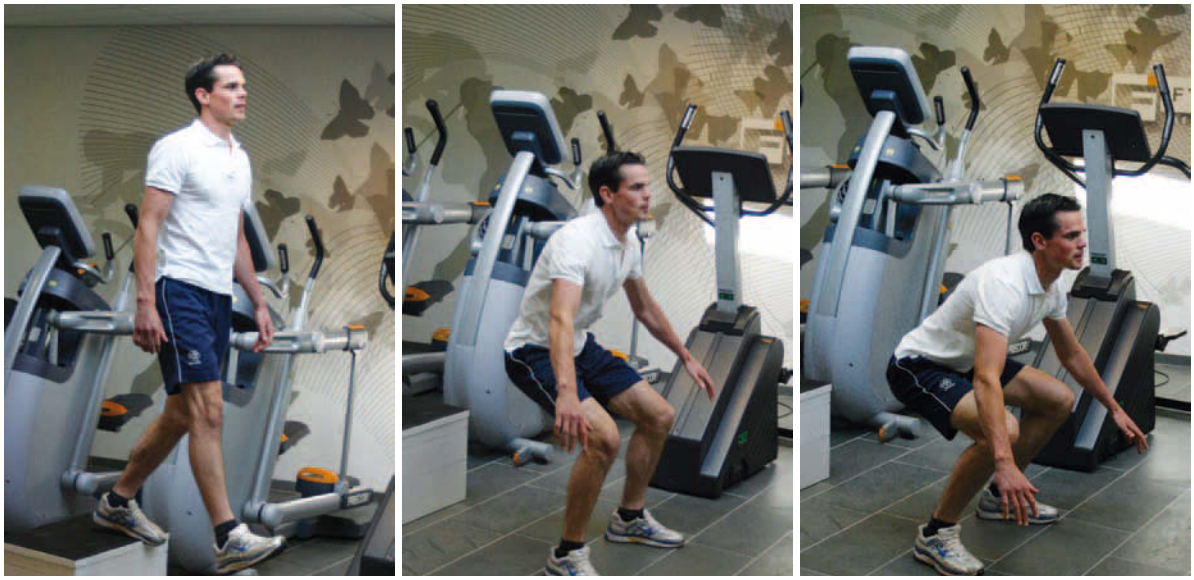


Abb. 4.56 Exzentrisches Bremsen untere Extremität mittels Drop Jump.

Prestretch und Plyometrie

Prestretch und Plyometrie sind die Trainingsformen, die logischerweise auf die vorherigen Methoden folgen und den Abschluss des Transfersystems darstellen. Hierbei werden das exzentrische Bremsen und das konzentrische Beschleunigen aneinandergekoppelt, wobei die Übergangsphase zwischen beiden Kontraktionsformen so kurz wie möglich ist. Diese Art der Muskelkontraktion nennt man auch Dehnungsverkürzungszyklus.

Der Unterschied zwischen Prestretch und Plyometrie liegt vor allem in der Art des Belastungsreizes.

- Von Prestretch spricht man, wenn die Übungsform nicht dem sportartspezifischen Bewegungsablauf entspricht.
- Von Plyometrie spricht man, wenn die Übungsform dem sportartspezifischen Bewegungsablauf entspricht.
- Prestretch wird im deutschen Sprachraum auch *DVZ allgemein* und Plyometrie wird *DVZ spezifisch* genannt.

Wenn ein Wurfsportler ein Prestretch-Training für die obere Extremität durchführen soll, nimmt man z. B. wiederum den einarmigen Pull-over und lässt den Patienten

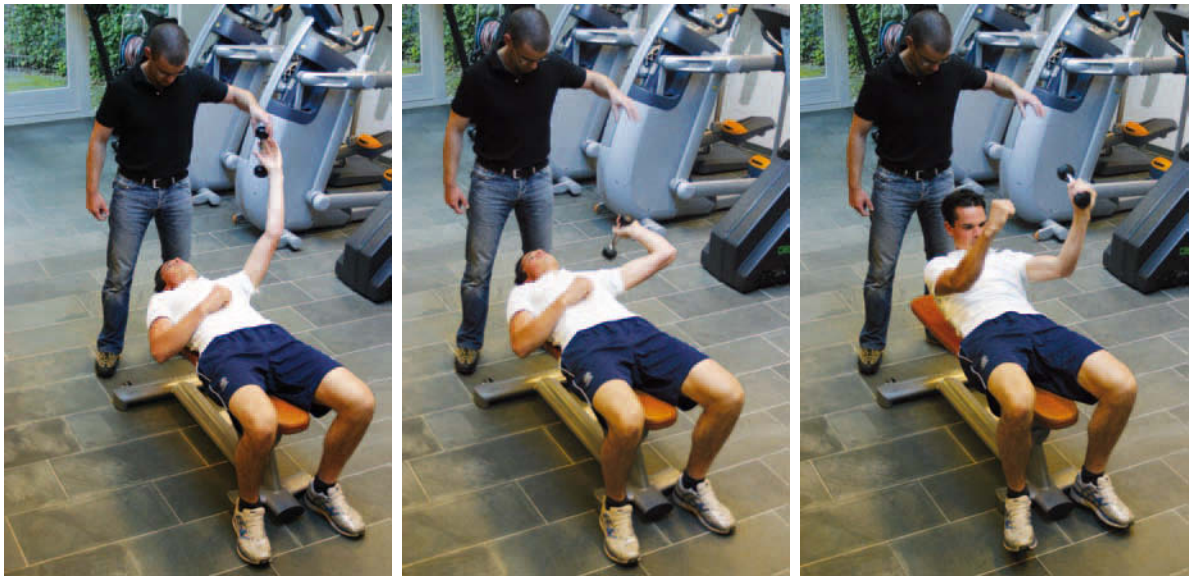


Abb. 4.57 Prestretch obere Extremität mittels Pull-over.



Abb. 4.58 Prestretch untere Extremität mittels Counter Movement Jump.

eine schnelle exzentrische Bewegung, gefolgt von einer schnellen konzentrischen Bewegung machen. Der Sportphysiotherapeut startet den Bewegungsablauf dadurch, dass er das Gewicht anfangs mit, später ohne Vorwarnung fallen lässt (**Abb. 4.57**). Das Gewicht in der Reha der oberen Extremität ist in etwa das 3–5-Fache des Wettkampfgewichtes des Sportgerätes. Diese Trainingsform ist sehr belastend und birgt gewisse Verletzungsgefahren. Adäquates Aufwärmen und eine gute Vorbereitung in den vorhergehenden Rehaphasen sind entscheidend.

Für die untere Extremität wird der Drop Jump zu einem Counter Movement Jump umgebaut. Details hierzu sind im Kapitel 4.2 Test und Training motorischer Grundeigenschaften zu finden. Der Patient springt von einer Steppbank, landet auf dem Boden, federt maximal durch und springt auf eine zweite Steppbank (**Abb. 4.58**).

Bei den beiden hier vorgestellten Prestretch-Trainingsformen für die obere und untere Extremität handelt es sich um eine nichtsportartspezifische Form des DVZ-Trainings (DVZ allgemein). Im Gegensatz zum Prestretch ist Plyometrie die sportartspezifische Form des DVZ-Trainings (DVZ spezifisch). Beispiele von Plyometrie ist die maximal beschleunigte Wurfbewegung eines Handballspielers mit einem Handball (Plyometrie obere Extremität) oder der Sprung eines Weitspringers (untere Extremität). In den meisten Fällen endet die Rehabilitationsphase in der Prestretch-Methode. Plyometrie kann der Sportler nur in seiner ursprünglichen Trainingsumgebung trainieren.

Prestretch und Plyometrie werden in maximal 3–5 Serien durchgeführt, sind azyklisch, die Serienpause beträgt 3–5 min und die Superkompensationszeiten liegen in etwa bei 72 h.

Zusammenfassung

Neben den verschiedenen Methoden des Rehakreises Kraft wurde beschrieben, wie das optimale Trainingsgewicht bestimmt werden kann, aufgrund welcher Kriterien ein Wechsel von der einen zur anderen Rehamethode sinnvoll ist und wie der Übergang von „Rekrutieren in Kilogramm“ zu „Rekrutieren in Geschwindigkeit“ optimiert werden kann.

Es kann nicht oft genug betont werden, dass die Rehamethode „Koordination“ die Basis für ein gezieltes und effektives Krafttraining in der Rehabilitation ist. Koordination hat eine so zentrale Bedeutung, dass in allen Methoden des Rehakreises Kraft die Qualität der Bewegungsausführung maßgebend ist für den Abbruch oder die Fortsetzung des Trainings. Die Bewegungsausführung wird sowohl nach subjektiven als auch nach objektiven Qualitätskriterien beurteilt.

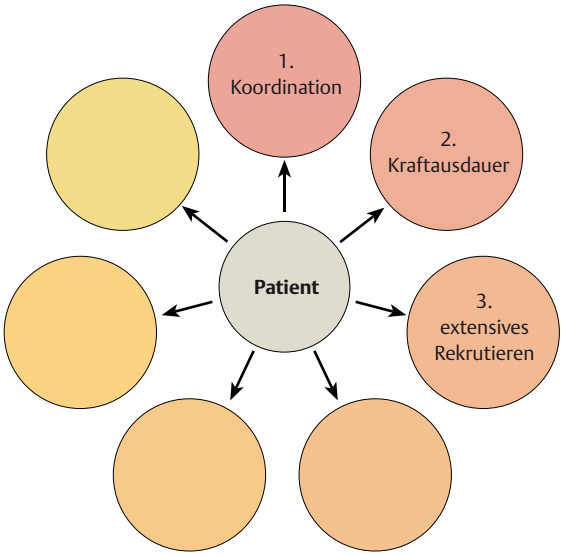


Abb. 4.59 Rehakreis Kraft für inaktive Personen, Diabetes und COPD.

Der Patient im Rehakreis Kraft

Ein weiterer wichtiger Punkt ist und bleibt der Patient. Es gibt keine guten Übungen oder guten Methoden, sondern es gibt nur Übungen und Methoden, die dem Patienten weiterhelfen. Der Patient steht im Mittelpunkt. Das gilt sowohl für den Anfang der Reha mit dem Training der Koordination als auch beim Festlegen des Endziels der Rehabilitation, das sich nach der Sportart des Patienten bzw. den Anforderungen, die Arbeit oder Hobby an ihn stellen, richtet. Das Endziel der Rehabilitation bestimmt einerseits, bis in welche Methode des Rehakreises Kraft trainiert werden muss, und andererseits, welcher Weg bis in diese letzte Methode gewählt wird. Der Rehakreis Kraft stellt sich für verschiedene Zielgruppen wie im Folgenden beschrieben dar.

Patienten mit niedriger Balastbarkeit und Krankheit

Bei Personen mit niedriger allgemeiner Belastbarkeit wird vor allem in den Rehamethoden „Koordination“, „intensive Kraftausdauer“ und „extensives Rekrutieren“ gearbeitet. Extensive Kraftausdauer ist eine Methode, die für diese Zielgruppe ausgesprochen anstrengend ist. Erfahrungswerte zeigen, dass der Weg von 10–15 Wiederholungen „underloaded“ (KRS-1) hin zu 15–20 Wiederholungen „overloaded“ (KRS-3) leichter wird, wenn man den Patienten als Zwischenschritt mit dem KRS-1-Gewicht zunächst 15–20 Wiederholungen machen lässt, wobei man das optimale Trainingsgewicht für KRS 3 bestimmt. In **Abb. 4.59** ist der angepasste Rehakreis Kraft für wenig belastbare Patienten dargestellt. Entsprechend bewegt man sich in der Rehabilitationspyramide nur im linken unteren Bereich (**Abb. 4.60**).

Wenig belastbare Patienten brauchen durchschnittlich 3–6 Wochen, um eine Übung im koordinativen Bereich entsprechend der Qualitätskriterien optimal durchführen zu können. Es dauert erfahrungsgemäß weitere 3–6 Wochen,

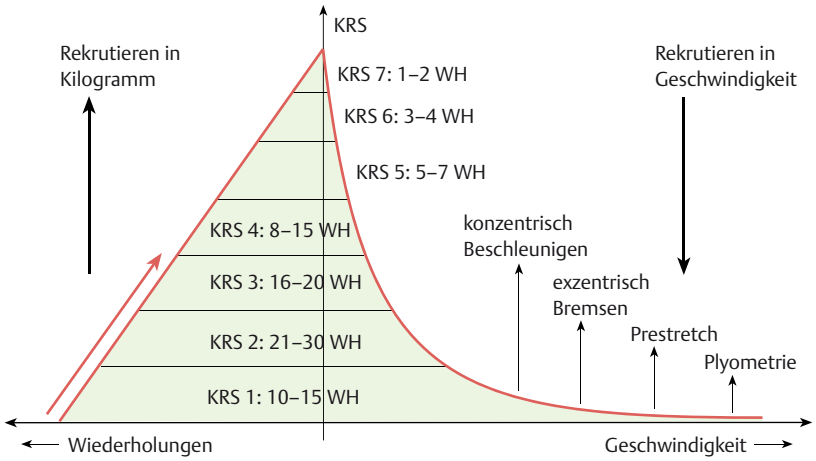


Abb. 4.60 Rehabilitationspyramide für inaktive Personen, Diabetes und COPD.

bis eine Stabilisierung im KRS-3-Bereich auftritt. Danach kann man eventuell mit der Rehamethode „extensives Rekrutieren“ beginnen. Es gibt verschiedenste Indikationen für diese Methode. So will man bei Patienten mit Obesitas und/oder Diabetes den Energieverbrauch des Ruhestoffwechsels dadurch erhöhen, dass der Patient mehr Muskelmasse aufbaut. Hierdurch ist bessere Gewichtskontrolle möglich. Bei COPD-Patienten hat man festgestellt, dass Muskelmasse ein wichtiger Faktor ist im Hinblick auf Selbstständigkeit in ADL und Lebensqualität. Nach 6–12 Wochen kann mit dieser Art von Training begonnen werden.

Leistungssportler als Patienten

Bei der Rehabilitation von Ausdauersportlern wie Radrennfahrern, Marathonläufern und Eisschnellläufern wird vor allem in den Rehamethoden „Koordination“, „extensive und intensive Kraftausdauer“ und „extensives Rekrutieren“ gearbeitet. **Abb. 4.59** und **Abb. 4.60** stellen den Rehakreis und Rehabilitationspyramide auch gut dar für den Ausdauersportler.

Die Rehamethode „extensive Ausdauer“ spielt hier, im Gegensatz zu Patienten mit einer niedrigen allgemeinen Belastbarkeit, eine wichtige Rolle. Entsprechend bewegt man sich in der Rehabilitationspyramide auch beim Ausdauersportler im linken unteren Bereich. Bei Ausdauersportlern spielt im weiteren Verlauf der Rehabilitation im Allgemeinen der Rehakreis Ausdauer eine wichtigere Rolle (**Abb. 4.61**).

Kraftsportler, wie z. B. Gewichtheber, werden vor allem in den Rehamethoden „Koordination“, „Kraftausdauer“, „extensives und intensives Rekrutieren“ rehabilitiert. Es handelt sich also um die KRS-Methoden 1–7, die sich an der linken Seite der Rehabilitationspyramide befinden (**Abb. 4.62**). Der Hobbykraftsportler wird vielleicht bis KRS 5 rehabilitiert, während im (Hoch-)Leistungsbereich bis KRS 7 rehabilitiert wird.

Ein verhältnismäßig großer Anteil der Patienten beim Sportphysiotherapeuten sind Explosivsportler. Typische Sportarten sind Ballsportarten wie Fußball und Handball, aber auch z. B. Wurfdisziplinen in der Leichtathletik oder Kampfsportarten wie Judo und Karate. **Abb. 4.63** zeigt auf, dass die Explosivsportler eigentlich alle Methoden des Rehakreises Kraft durchlaufen müssen.

Mithilfe des Transfertrainings wird die aufgebaute Kraft von KRS 2–7 (linke Seite der Rehabilitationspyramide) umgesetzt in Geschwindigkeit auf der rechten Seite der Rehabilitationspyramide. Hierbei unterscheidet man noch zwischen den (hoch-)leistungsorientierten Explosivsportlern und den hobbymäßigen Explosivsportlern. Bei der ersten Gruppe trainiert man erst bis KRS 6 oder 7 auf, um dann den Transfer Richtung Geschwindigkeit zu machen (**Abb. 4.64**).

Bei der zweiten Gruppe kann man sozusagen eine Abkürzung wählen. Es ist nämlich wenig sinnvoll, einen Fußballspieler aus der Kreisklasse erst bis KRS-7 aufzutrainieren. Da das Trainingsgewicht für Schnellkraft ungefähr

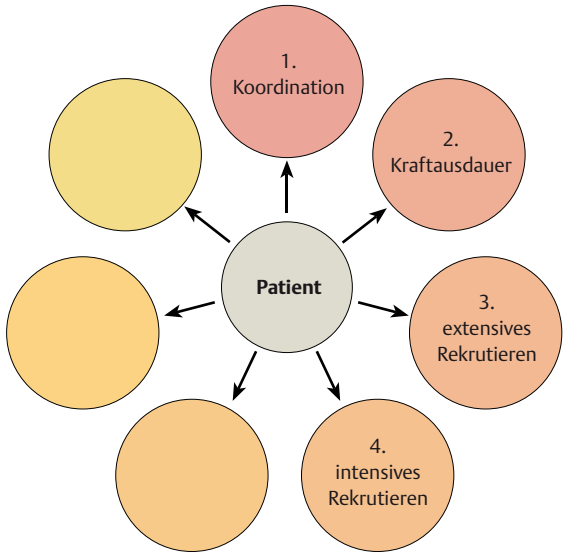


Abb. 4.61 Rehakreis Kraft für einen Kraftsportler.

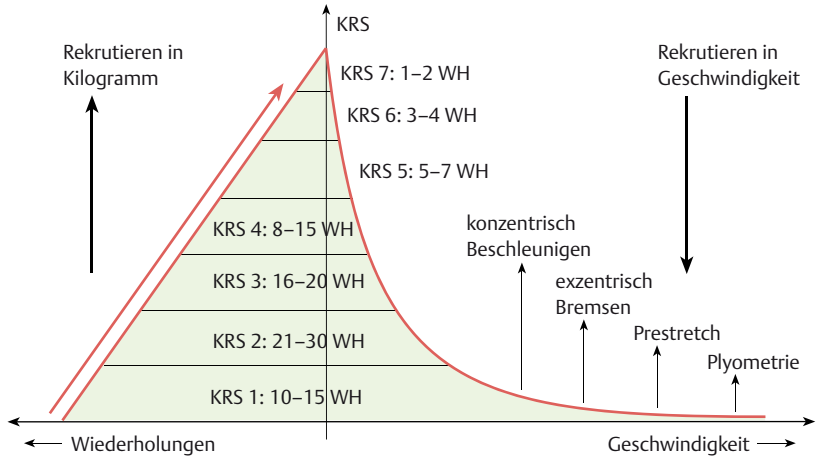


Abb. 4.62 Rehabilitationspyramide für einen Kraftsportler.

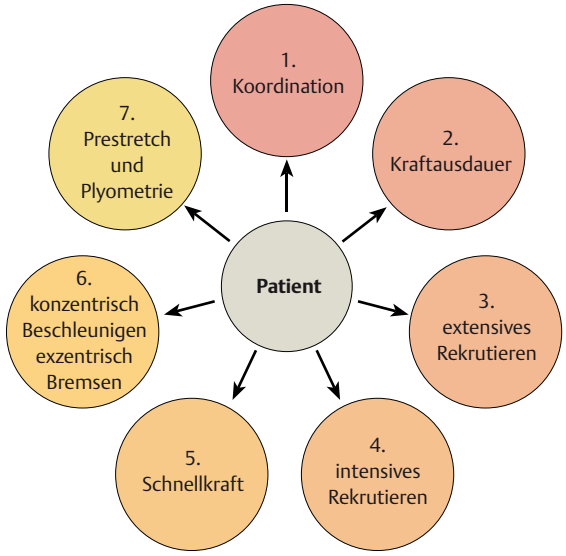


Abb. 4.63 Rehakreis Kraft für einen Explosivsportler.

dem Trainingsgewicht des extensiven Rekrutierens oder des intensiven Rekrutierens I entspricht, kann man nach erfolgreichem Training auf diesem Niveau von der linken auf die rechte Seite der Pyramide wechseln (**Abb. 4.65**).

Literatur

ACSM and Kaminsky LA. ACSM's Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Lippincott Williams and Wilkins; 2005.

ACSM. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2009.

Maas T, van Loon LJC, Beenen P. Type 2 Diabetes en Krachttraining. Nederlands Tijdschrift voor Diabetologie 2007; 5(4): 145–147.

Spruit MA, Gosselink R, Troosters T, de Paepe K, Decramer M. Resistance versus endurance training in patients with COPD and peripheral muscle weakness. European Respiratory Journal 2002; 19(6): 1072–1078.

van de Goolberg T. De Rehaboom – een methodische aanpak in de sportrevalidatie. Maarssen: Elsevier Gezondheidszorg; 2005.

van de Goolberg T. Het Kracht Revalidatie Systeem (KRS). Sportgericht 2004; 46–52.

van den Berg R. Skript ESP-Sportphysiotherapie-Ausbildung Interne Publikation; 2005.

Weineck J. Optimales Training. Spitta Verlag; 2007.

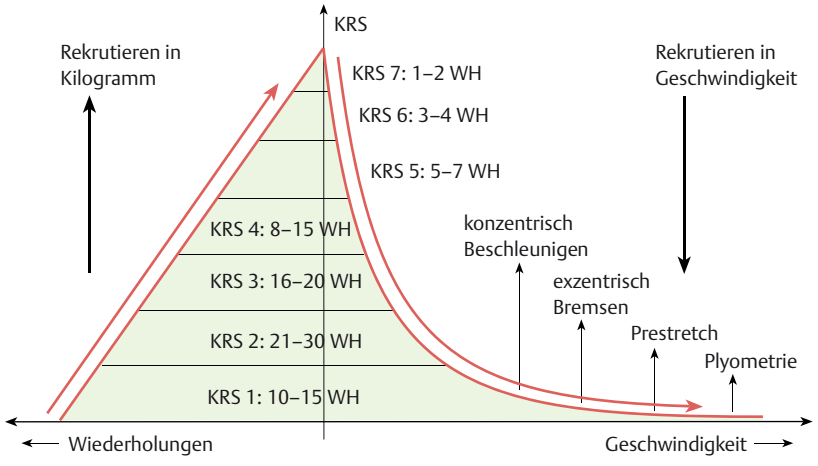


Abb. 4.64 Rehabilitationspyramide für einen (hoch-)leistungsorientierten Explosivsportler.

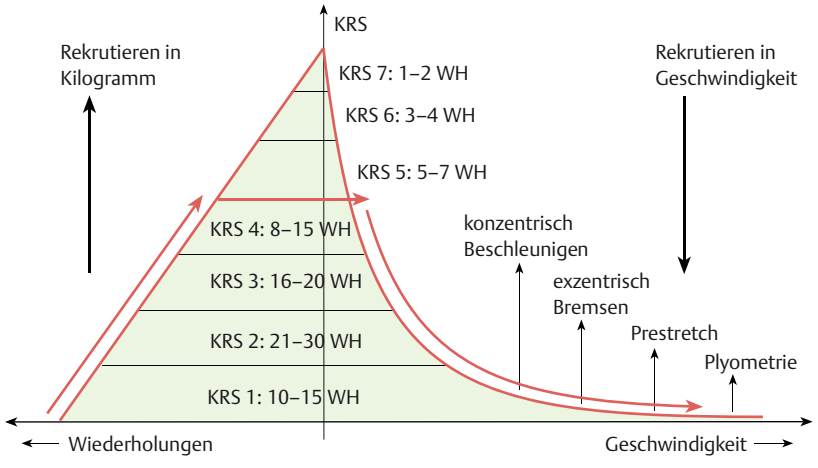


Abb. 4.65 Rehabilitationspyramide für einen Hobby-Explosivsportler.

4.3.6 Rehakreis Schnelligkeit

Einführung

Der Rehakreis Schnelligkeit kommt als Letztes an die Reihe und das aus gutem Grund. Die motorische Grundeigenschaft Schnelligkeit ist diejenige, bei der die Belastung am höchsten ist. Durch die hohe Bewegungsgeschwindigkeit werden alle Bindegewebsstrukturen im Körper sehr stark belastet. Das Bindegewebe hat sowohl mechanische als auch physikalische Eigenschaften. Eine wichtige mechanische Eigenschaft ist die Viskoelastizität. Viskoelastizität bedeutet, dass die Verformung des Bindegewebes sowohl eine elastische als auch eine viskose Reaktion auslöst. Die elastische Reaktion hängt vor allem von den Kollagenfasern und den elastischen Fasern des Bindegewebes ab, die viskose Reaktion vor allem von der Grundsubstanz und dem daran gebundenen Wasser. Nach der Verformung entsteht zuerst ein Dehnungsrückstand (Bogduk 1997), dann kehrt das Bindegewebe langsam wieder zu seiner ursprünglichen Länge zurück.

Eine der physikalischen Eigenschaften, die für die motorische Grundeigenschaft Schnelligkeit relevant ist, ist die Dehnungsgeschwindigkeitsabhängigkeit (Taylor 1990; Wingerden 1998). Auf schnelle Bewegungen reagiert das Bindegewebe mit einer proportionalen Zunahme seines Widerstands. Die Ursache dieser Reaktion ist die Viskoelastizität des Gewebes. Diese Eigenschaft ist von Bedeutung für die Sportrehabilitation. Bei Trainingsmethoden, bei denen es um die Schnelligkeit geht (z. B. die verschiedenen Trainingsmethoden, die unter die motorische Grundeigenschaft Schnelligkeit fallen), reagiert das Bindegewebe mit einer Verringerung des Bewegungsumfangs und einer starken Zunahme der Belastung des Bindegewebes.

Die motorische Grundeigenschaft Schnelligkeit spielt bei allen Explosivsportarten eine wichtige Rolle. Optimale Schnelligkeit ist nur durch eine maximale Anstrengung zu erreichen. Aufgrund der hohen Belastungsintensität ist das Energiesystem, das in erster Linie für die Bereitstellung der dringend benötigten Energie zuständig ist (das ATP/CP-System) schnell ausgeschöpft. Diese Funktion wird dann vom anaeroben laktischen Energiesystem, der anaeroben Glykolyse, übernommen. Durch die Zunahme von IMP (Inosinmonophosphat) und Laktat kommt es zu einer neuromuskulären Ermüdung. Neuromuskuläre Ermüdung kann zu einem Koordinationsverlust und damit zu einem höheren Verletzungsrisiko führen (Hawkins 2001).

Im Fall einer Verletzung sind die Trainingsmethoden für die motorische Grundeigenschaft Schnelligkeit mit bestimmten Risiken verbunden. Die erforderliche maximale Anstrengung, das schnelle Ausschöpfen der Energiesysteme, der potenzielle Koordinationsverlust und die Reaktion des Bindegewebes auf schnelle Belastungen erhöhen die Wahrscheinlichkeit eines Rückfalls. Aus diesem Grund steht das Schnelligkeitstraining in der Rehabilitation an letzter Stelle.

Schnelligkeit ist eine sehr komplexe motorische Grundeigenschaft. Vor dem Schnelligkeitstraining müssen erst bestimmte Voraussetzungen in Bezug auf die anderen motorischen Grundeigenschaften erfüllt sein: Gute Beweglichkeit, ausreichende Kraft und gute Koordination sind mit ausschlaggebend dafür, welche Schnelligkeit erreicht werden kann.

Beweglichkeit

Die Beweglichkeit der aktiven und passiven Bindegewebsstrukturen bestimmt den Bewegungsumfang, in dem sich der Sportler sportspezifisch bewegen kann. Ein besonders wichtiger Aspekt ist dabei die Muskelelastizität. Je steifer der Muskel-Sehnen-Komplex in biomechanischer Hinsicht ist, desto mehr Energie kann während der exzentrischen Phase in dem Muskelkomplex gespeichert werden (Carlstedt u. Nordin 1989). Diese Energie kann während der konzentrischen Phase eingesetzt werden, um mehr Kraft zu erzeugen; man spricht vom Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus. Biomechanische Untersuchungen von z. B. McNeill Alexander zeigen, dass die Energiemenge, die gespeichert wird, zu einem großen Teil vom Verhältnis des Muskelbauches zur Länge der Aponeurose abhängt. Je länger die Aponeurose in Relation zum Muskelbauch ist, desto mehr elastische Energie kann gespeichert werden (McNeill Alexander 2002; Huijning 1993).

Kraft

Die Bewegungsgeschwindigkeit hängt auch davon ab, wie viel Kraft zur Verfügung steht. Das hängt wiederum ab von der Aktivierung der Muskelspindeln, der Aktivierung der Golgi-Sehnen-Sensoren, den elastischen Eigenschaften der Muskeln und davon, welcher Fasertyp in den Muskeln vorherrscht. Die elastischen Eigenschaften der Muskeln wurden bereits besprochen. Je mehr Muskelspindeln in den Agonisten rekrutiert werden, desto höher ist der Muskeltonus und desto mehr Kraft steht zur Verfügung. Die Golgi-Sehnen-Sensoren sind verantwortlich für die Wahrnehmung der Spannungsänderungen im Muskelkomplex. Sie werden vor allem durch exzentrische Belastungen der Muskeln aktiviert (Antagonisten). Dies führt zu einer zunehmenden Detonisierung der Antagonisten. Verantwortlich für eine schnelle Kontraktion sind die Typ-II- und vor allem die Typ-IIx-Muskelfasern. Es besteht eine direkte positive Korrelation zwischen dem Anteil an Typ-II-Fasern und der Schnelligkeit: Je mehr Typ-II-Fasern vorhanden sind, desto schneller kann eine Bewegung ablaufen (Dickhuth 2004). Der Anteil an Typ-I- und Typ-II-Fasern ist in erster Linie genetisch festgelegt; in diesem Sinne gibt es tatsächlich so etwas wie einen „geborenen“ Sprinter oder einen „geborenen“ Ausdauersportler. In der Leichtathletik ist das nicht zu überse-

hen: Sowohl bei Sprints als auch bei langen Dauerläufen schneiden Afroamerikaner und Afrikaner am besten ab. Afroamerikanische Sprinter verfügen genetisch bedingt über einen hohen Anteil an Typ-II-Fasern, afrikanische Marathonläufer über einen hohen Anteil an Typ-I-Fasern (Dickhuth 2004). Bei Erwachsenen ist es kaum noch möglich, durch Training eine Veränderung der Fasertypverteilung herbeizuführen. Bei Kindern ist das aufgrund des hohen Anteils an intermediären Muskelfasern durchaus machbar. Intermediäre Muskelfasern sind Muskelfasern, die durch bestimmte Trainingsformen zu Typ-I- oder Typ-II-Muskelfasern transformiert werden können. Der Anteil an intermediären Muskelfasern beträgt bei Erwachsenen 2–3 %, bei Kindern hingegen 7–13 % (Weineck, 2007). Die Entwicklung der motorischen Grundeigenschaft Schnelligkeit ist also einerseits genetisch festgelegt, kann aber auch durch entsprechendes Training in jungem Alter positiv beeinflusst werden.

In der Rehabilitation im Zusammenhang mit der motorischen Grundeigenschaft Kraft wird dieser Tatsache in Form des Transfertrainings Rechnung getragen. Das Transfertraining besteht aus den methodischen Schritten

- Aufbau des Rekrutierungspotenzials
- Erstellung eines Kraft-Schnelligkeits-Diagramms
- Aufbau der spezifischen Kraft

Weitere Informationen zu diesem Thema finden sich in Kapitel „Rehakreis Kraft“. Die Zunahme der spezifischen Kraft hat eine positive Wirkung auf die Laufgeschwindigkeit. Durch die Erhöhung des Kraftimpulses während der Stützphase nimmt die Schrittlänge zu, die Dauer der Stützphase verringert sich, wodurch die Schrittfrequenz zunehmen kann (Groh 1972). Für die Zunahme der Schrittfrequenz ist neben der Kraft auch das neuromuskuläre System verantwortlich.

Koordination

Das neuromuskuläre System ist gekennzeichnet durch ein Zusammenspiel von sensorischen, neuralen und motorischen physiologischen Mechanismen. Die Ziele dieses Zusammenspiels sind eine gute dynamische Stabilität des Gelenks, posturale Kontrolle und das Ausführen korrekter Bewegungsmuster (auch schnelle Bewegungsmuster; Magee 2007). Bei der neuromuskulären Kontrolle spielt die intramuskuläre (innerhalb eines Muskels) und intermuskuläre (zwischen verschiedenen Muskeln) Koordination eine zentrale Rolle. Die Verbesserung der intramuskulären Koordination führt zu einer Zunahme der Feuerfrequenz und -dauer der zentralen Motoneuronen, zu einer Zunahme der Anzahl der motorischen Einheiten, die rekrutiert werden können, und einer besseren Synchronisation der motorischen Einheiten. Dadurch erhöht sich die Geschwindigkeit, womit Kraft geliefert werden kann. Die Verbesserung der intermuskulären Koordination führt zu einer adäquaten Aktivierung der Agonisten und Synergisten und einer Detonisierung der Antagonisten. Bei Rehabilitation und Training eines Sportlers kann die intra- und intermuskuläre Verbesserung nur dann eine Erhöhung der Schnelligkeit bewirken, wenn bei sportspezifischen Bewegungen eine maximale Intensität gefordert wird. In diesem Fall steht am Ende der Rehabilitation das spezifische Training.

Neben den physikalischen Eigenschaften spielen auch mentale Eigenschaften eine wichtige Rolle: Durchsetzungsvermögen, Konzentration und Willenskraft sind mit ausschlaggebend für gute sportliche Leistungen. Eine Definition von Schnelligkeit, die sowohl physikalische als auch mentale Eigenschaften berücksichtigt, stammt von Grosser:

> Schnelligkeit im Sport ist die Fähigkeit, aufgrund kognitiver Prozesse, maximaler Willenskraft und der Funktionalität des Nerv-Muskel-Systems höchstmögliche Reaktions- und Bewegungsgeschwindigkeiten unter bestimmten gegebenen Bedingungen zu erzielen (Grosser 1991).

Grossers Definition zeigt, dass Schnelligkeit sowohl mit Reaktion als auch mit motorischer Aktion unter gegebenen Bedingungen zu tun hat. Die „gegebenen Bedingungen“ sind für jede Sportart verschieden. Explosive Spielsportarten sind durch andere Reaktionen und motorische Aktionen gekennzeichnet als die Leichtathletik. Bei explosiven Spielsportarten basieren die Reaktionen vor allem auf kognitiven Prozessen wie der genauen Wahrnehmung der Spielsituation und den Veränderungen dieser Situation. Aktionen und Reaktionen des Gegenspielers müssen antizipiert werden, der Sportler muss entscheiden, welche Aktion in diesem Moment am sinnvollsten ist und diese dann auch sofort in eine motorische Aktion umsetzen. Bei Spielsportarten bedeutet motorische Aktion in den meisten Fällen eine größtmögliche Beschleunigung.

Bei Leichtathleten liegt der Schwerpunkt von Reaktion und motorischer Aktion vor allem auf der motorischen Aktion. Ein 100-m-Läufer muss den Startschuss antizipieren und auf ihn reagieren (Reaktion). Nach dem Startschuss muss der Sprinter so schnell wie möglich beschleunigen, um eine maximale Schnelligkeit zu erreichen und diese möglichst lange beizubehalten, ohne dass die Ermüdung eine allzu große Rolle spielt (motorische Aktion).

Prozesse und motorische Aktionen im Rehakreis Schnelligkeit

Im Rehakreis Schnelligkeit werden die kognitiven Prozesse und motorischen Aktionen, die für explosive Spielsportler und Leichtathleten von Bedeutung sind, miteinander verwoben:

- **Antizipation** betrifft in erster Linie die verschiedenen kognitiven Prozesse, die ablaufen, noch bevor eine mo-

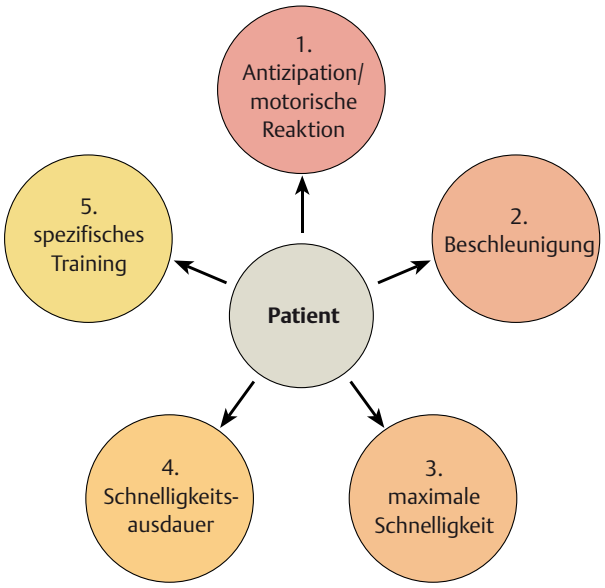


Abb. 4.66 Rehakreis Schnelligkeit.

torische Reaktion stattfindet. Kognitive Prozesse, die hier eine Rolle spielen, sind kognitive Wahrnehmung, Antizipation und das Treffen von Entscheidungen. Kognitive Wahrnehmung bedeutet in diesem Fall „die Fähigkeit zur Wahrnehmung von Spielsituationen und ihren Veränderungen in möglichst kurzer Zeit“ (Weineck 2007, S. 609–654).

- **Kognitive Antizipation** bedeutet „die Fähigkeit zur gedanklichen Vorwegnahme der Spielentwicklung und insbesondere des Verhaltens des direkten Gegenspielers in möglichst kurzer Zeit“ (Weineck 2007, S. 609–654).
- **Kognitive Entscheidung** ist „die Fähigkeit, sich in kürzester Zeit für eine der zur Auswahl stehenden Handlungen zu entscheiden“ (Weineck 2007, S. 609–654).
- **Motorische Reaktion** ist „die Fähigkeit, auf einen Reiz in kürzester Zeit zu reagieren“ (Weineck 2007, S. 609–654).
- **Beschleunigung** ist „die Fähigkeit, in kürzester Zeit eine maximale Beschleunigung zu erreichen“ (Weineck 2007, S. 609–654).
- **Maximale Schnelligkeit** ist „die Fähigkeit, zyklische Bewegungen mit höchster Geschwindigkeit gegen geringe Widerstände auszuführen“ (Weineck 2007, S. 609–654).
- **Schnelligkeitsdauer** ist „die Widerstandsfähigkeit gegen ermüdungsbedingten Geschwindigkeitsabfall bei maximalen Kontraktionsgeschwindigkeiten bei zyklischen Bewegungen“ (Weineck 2007, S. 609–654).

In der sportphysiotherapeutischen Rehabilitation liegt der Schwerpunkt vor allem auf den Prozessen der motorischen Aktion: motorische Reaktion, Beschleunigung, maximale Schnelligkeit und Schnelligkeitsdauer. Kognitive Prozesse spielen bei allen motorischen Aktionen eine mehr oder weniger wichtige Rolle. Aus dem Blickwinkel der sportphysiotherapeutischen Rehabilitation sind diese Aspekte nicht voneinander zu trennen. Bei allen Rehabilitationsmethoden fließen die kognitiven Prozesse in die Prozesse der motorischen Aktion ein.

Wie bei allen Rehakreisen steht auch hier der Klient/Sportler im Mittelpunkt. Die „patientenzentrierte Therapie“ (Michie 2003) bildet die Grundlage für die sportphysiotherapeutische Rehabilitation. Durch kontinuierliche Interaktion von Sportphysiotherapeut und Sportler und mit gegenseitigem Respekt werden Entscheidungen getroffen, um das Ziel – die Wiederaufnahme der sportlichen Aktivitäten – zu erreichen.

Im Rahmen der Rehabilitation muss sich der Sportphysiotherapeut mit unterschiedlichen Zielgruppen auseinandersetzen: inaktive Menschen, Menschen mit chronischen Krankheiten, Freizeit-, Leistungs- und Spitzensportler. Es sind vor allem die Explosivsportler, welche die motorische Grundeigenschaft Schnelligkeit trainieren (müssen), da nur bei ihnen die Schnelligkeit eine entscheidende Rolle für das Erreichen optimaler Leistungen spielt.

Der Rehakreis Schnelligkeit basiert auf einer Rehabilitationstrajektorie einer Person mit einer akuten Verletzung. Die Höhe der Belastung, die im Verlauf der Rehabilitation ausgeübt werden kann, wird durch die verschiedenen Phasen der Wundheilung bestimmt. Aufgrund der hohen Belastungsintensität steht der Rehakreis Schnelligkeit am Ende der Rehabilitation, d. h. während der Integrations-/Maturationsphase. Diese Phase dauert 300–500 Tage. Vorbereitende Übungen wie Techniktraining (z. B. in Form des Lauf-Abc) und Frequenz- und Steigerungsläufe können und müssen allerdings zu einem viel früheren

Tab. 4.60 Verschiedene Rehabilitationsmethoden des Rehakreises Schnelligkeit

Nummer	Erscheinungsform	Energiesystem	Belastungsintensität	Belastungsdauer
1	Antizipation/motorische Reaktion	anaerob alaktisch	100 % V_{max}	0,10–0,20 sec
2	Beschleunigung	anaerob alaktisch	100 % V_{max}	0,20–3/7 sec
3	maximale Schnelligkeit	anaerob alaktisch	100 % V_{max}	3/7–8/10 sec
4	Schnelligkeitsausdauer	anaerob alaktisch/laktisch	100–85 % V_{max}	8/10–10/45 sec
5	spezifisches Training	anaerob alaktisch laktisch	100–85 % V_{max}	0,10–45 sec

V_{max} = maximale Schnelligkeit bzw. maximale Intensität

Zeitpunkt in die Rehabilitation integriert werden (s. das Fallbeispiel des 110-m-Hürdenläufers mit einer Verletzung der ischiokruralen Muskulatur, S. 444). Weitere Informationen zu diesem Thema finden sich in Kapitel 1.

Der Rehakreis Schnelligkeit wurde auf der Grundlage der oben beschriebenen Ausgangspunkte entwickelt (**Abb. 4.66**).

Wie bei den anderen Rehakreisen auch, steht hier der Patient im Mittelpunkt. Die Rehabilitationsmethoden sind wieder im Uhrzeigersinn angeordnet. Die erste Methode, welche die kognitive Wahrnehmung, Antizipation und das Treffen von Entscheidungen betrifft, steht auf der 12-Uhr-Position. Sie bildet die Basis für die folgende Rehabilitationsmethode: die motorische Reaktion. Abhängig von den Wünschen und Anforderungen, die an den Sportler gestellt werden, durchläuft er die verschiedenen Methoden des Rehakreises Schnelligkeit. Die Methoden werden in diesem Kapitel beschrieben.

Rehabilitationsmethoden des Rehakreises Schnelligkeit

Der Rehakreis Schnelligkeit umfasst 5 verschiedene Rehabilitationsmethoden.

Für ein effektives Training der motorischen Grundeigenschaft Schnelligkeit müssen 3 wichtige Voraussetzungen erfüllt sein:

1. Der Sportphysiotherapeut muss den Sportler durch ein effektives Aufwärmprogramm auf das Training vorbereiten. Das Aufwärmprogramm soll die Reibung verringern und die Elastizität in und zwischen Bindegewebsstrukturen verbessern. Die Leitungsgeschwindigkeit des Nervengewebes nimmt zu, ebenso die biochemischen Prozesse in den Muskeln (Weineck 2007). Ein gutes Aufwärmprogramm bereitet den Sportler in mentaler wie physischer Hinsicht auf die kommenden Belastungen vor, in diesem Fall auf das Schnelligkeitstraining.
2. Bei allen Rehabilitationsmethoden mit Ausnahme der vorletzten (Schnelligkeitsausdauer) dürfen während des Trainings keinerlei Ermüdungserscheinungen auftreten. Bei allen Formen des Schnelligkeitstrainings muss sich der Sportler maximal anstrengen. Ermüdung kann sowohl durch zentrale (die zentrale neuromuskuläre Ermüdung) als auch periphere Faktoren, z. B. eine Hemmung der Kontraktionsfähigkeit der Muskeln durch eine Zunahme von Inosinmonophosphat (IMP) oder durch eine Verringerung der Aktivität des CP-Systems verursacht werden (van den Berg 2002). IMP spielt die „Hauptrolle“ bei der peripheren neuromuskulären Ermüdung. Neuromuskuläre Ermüdung verhindert das Erreichen einer maximalen Intensität, was zu einem Schnelligkeitsverlust führt.
3. Um die verschiedenen Trainingsmethoden für die motorische Grundeigenschaft Schnelligkeit optimal praktizieren zu können, muss der Sportler über ausreichende Beweglichkeit, Kraft und Koordination verfügen. In Bezug auf Kraft bedeutet dies, eine gute maximale Kraft bis zum Ausführen von plyometrischen Kraftübungen zu haben. In Bezug auf die Koordination ist eine gute Lauf-, Sprung- oder Wurftechnik eine Voraussetzung für das Schnelligkeitstraining, bezogen auf die Mobilität eine gute sportspezifische Beweglichkeit.

Wie aus der Tabelle ersichtlich, ist die Belastungsintensität bei allen Rehabilitationsmethoden maximal (V_{max}). Es werden vor allem das anaerobe alaktische System und das anaerobe laktische System belastet. Die Belastungsdauer kann sehr unterschiedlich sein, da Schnelligkeit sowohl für Spielsportler als auch für Leichtathleten ein wichtiger Aspekt ist. Spielsportler trainieren die Schnelligkeit unter anderen Bedingungen als Leichtathleten. Ein 100-m-Sprinter läuft „nur“ geradeaus, ohne dass er dabei durch etwas oder jemanden gestört wird, wohingegen ein Ballsportler neben der Ballkontrolle auch auf Mit- und Gegenspieler achten muss. Seine Laufbewegung

besteht aus Richtungswechseln, schnellen Reaktionen, angetäuschten Bewegungen, Beschleunigungen, Verlangsamungen etc.

Darüber hinaus wird die Bandbreite der Belastungsdauer auch durch die genetische Veranlagung, die Belastbarkeit und die „Trainiertheit" des Sportlers bestimmt. Hinsichtlich der Beschleunigung bestehen große Unterschiede zwischen Freizeit-, Leistungs- und Spitzensportlern. Beim 10-m-Test beispielsweise treten die Unterschiede zwischen Freizeit- und leistungsorientierten Fußballern deutlich zutage (Schlumberger 2006).

Der Sportphysiotherapeut kann die Ergebnisse von Schnelligkeitstests als Referenzwerte für die Rehabilitation bzw. das Training verwenden. Weitere Informationen zu diesen Tests finden sich in Kapitel 4.2 „Test und Training der motorischen Grundeigenschaften".

Rehabilitationsform Antizipation/ motorische Reaktion

Die Rehabilitationsmethode Antizipation/motorische Reaktion basiert darauf, dass die verschiedenen kognitiven Prozesse (Wahrnehmung, Antizipation, Treffen von Entscheidungen) und die daraus folgenden motorischen Reaktionen untrennbar miteinander verbunden sind.

Die motorische Reaktion ist die Fähigkeit eines Sportlers, so schnell wie möglich auf ein Signal zu reagieren. Die Zeit, die zwischen Signal und Reaktion verstreicht, wird als Latenzzeit bezeichnet. Die Latenzzeit hängt in physiologischer Hinsicht von 5 Komponenten ab (Zaciorskij 1992):

- Aktivierung der afferenten Rezeptoren
- Übertragung der Aktivierung der Rezeptoren auf die peripheren und zentralen Nervensysteme
- Überleitung des elektrischen Signals vom afferenten zum efferenten Nervensystem
- Übertragung der Signale des efferenten Nervensystems auf die Muskulatur
- Aktivierung der Muskulatur selbst, die zu mechanischer Aktivität führt

Motorische Reaktionen können einfach oder komplex sein. Einfache motorische Reaktionen sind bekannte motorische Aktionen als Reaktion auf bekannte Signale, z. B. die Reaktion auf den Startschuss beim 100-m-Lauf. Nach dem Startschuss versuchen die Läufer, so schnell wie möglich aus den Startblöcken zu kommen. Diese Reaktionen sind vor allem genetisch festgelegt und können durch Training nur in sehr geringem Umfang verbessert werden. Die schnellste bisher gemessene Reaktion auf den Startschuss beim 100-m-Lauf wird Ben Johnson zugeschrieben; beim Finale in Rom im Jahr 1987 reagierte er innerhalb von nur 0,109 sec (Weineck 2007).

Komplexe Reaktionen sind vor allem bei Spielsportarten zu beobachten; Wahrnehmungs-, Antizipations-, Entscheidungs-, Reaktions- und Handlungsgeschwindigkeit sind ausschlaggebend für die stattfindende motorische Reaktion. Die motorische Aktion ist in diesem Fall abhängig von den kognitiven, technischen und taktischen Fähigkeiten des Sportlers und seiner Interaktion mit der Umgebung, z. B. der Wettkampfsituation. In diesem Fall hängt die komplexe Reaktion vor allem von den psychosozialen Prozessen ab und kann durch Training sehr stark verbessert werden: Wenn ein Explosivsportler stärker motiviert ist und sich bei Wettkämpfen besser konzentrieren kann, nimmt seine Reaktionsgeschwindigkeit innerhalb von 4 Wochen signifikant zu (Vilckner 1987).

Tab. 4.61 Wiederholungsmethode zum Training der motorischen Reaktion

Training	Wiederholungsmethode
Intensität	100 % V_{max}
Umfang	2–3 × 6 × (? × ? m) Gesamtbelastungsdauer ca. 3 sec
Pause	Reihenpause 2–3 min Wiederholungspause 30–60 sec
Planung	Integrations-/Maturationsphase
Regenerationszeit	24–48 h je nach Umfang etc.

Spielsportler müssen mehr als alle anderen Sportler in der Lage sein, eine Spielsituation genau wahrzunehmen und einzuschätzen und auf dieser Grundlage die richtigen Entscheidungen zu treffen. Eine gute „Spieleinsicht" und die daraus folgenden motorischen Aktionen können über Sieg oder Niederlage entscheiden. Bekannte Spitzensportler wie Cristiano Ronaldo oder Lionel Messi verfügen neben hervorragenden motorischen Fähigkeiten über eine phänomenale Übersicht über das Spielgeschehen, weshalb sie manchmal in der Lage sind, ganz allein ein Spiel zu entscheiden.

Die für das Training der Antizipation/motorischen Reaktion am besten geeignete Methode ist die Wiederholungsmethode. Kennzeichnend für diese Methode sind „lohnende" Pausen. Eine Pause wird als lohnend bezeichnet, wenn sie dem Herz-Lungen-System, dem Energiesystem und den damit assoziierten Stoffwechselprozessen die Möglichkeit gibt, sich vollständig zu regenerieren.

Beim Training der Antizipation/motorischen Reaktion werden verschiedene Übungen mit unterschiedlichen Startsignalen und zunehmender Konzentration praktiziert (Hücklekemes 2002). Die verschiedenen Startsignale können akustische, verbale oder visuelle Signale sein. Konzentrationserhöhende Aspekte sind das Ausführen von Doppelaufgaben während der Reaktion und das Reagieren aus unterschiedlichen Ausgangspositionen, z. B. auf dem Bauch oder dem Rücken liegen, sitzen etc. (**Tab. 4.61**).

Für Spielsportler ist der wichtigste Aspekt des Trainings der Antizipation/motorischen Reaktion die Variation der Übungen, da dies den Bedingungen eines „echten" Spiels entspricht. In der Leichtathletik hingegen sind vor

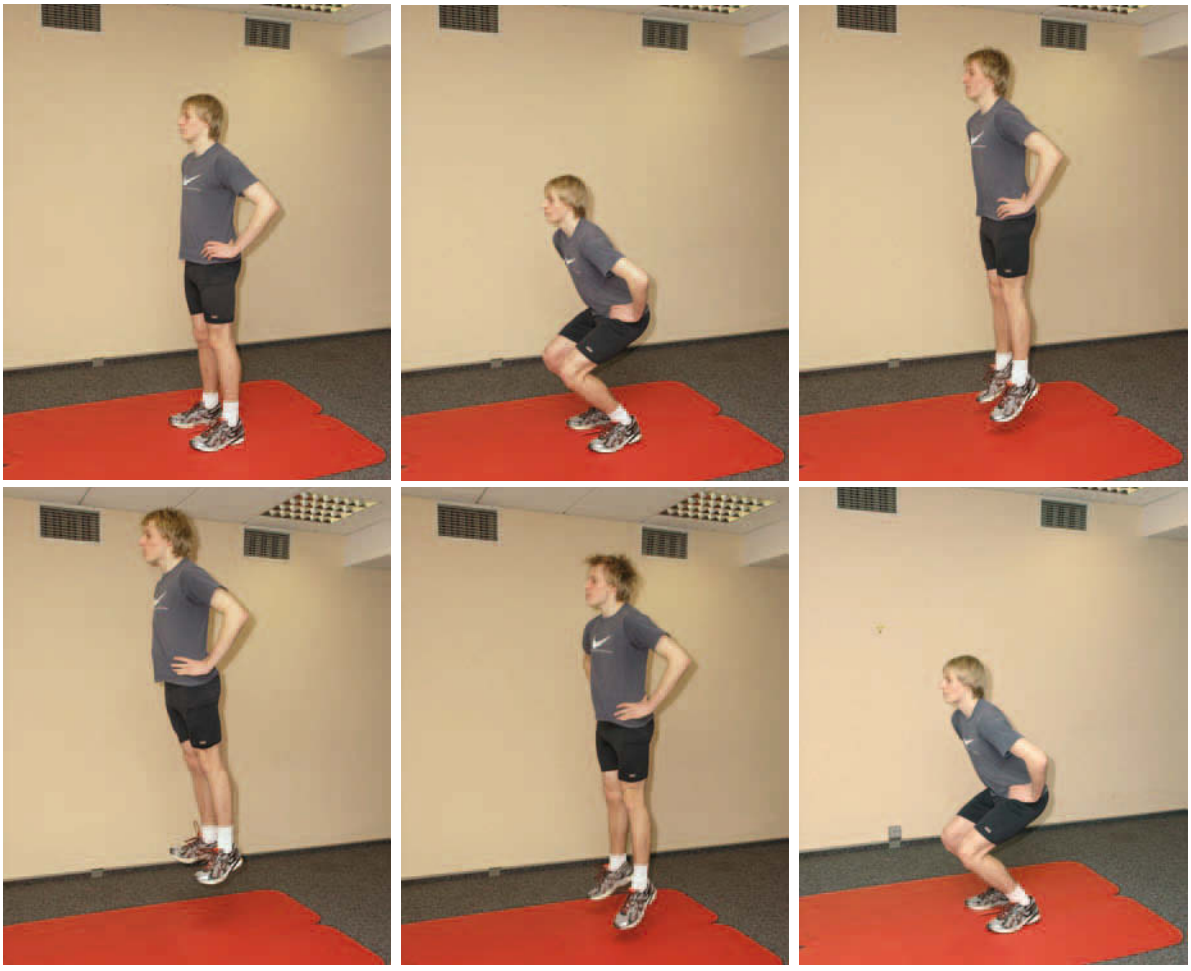


Abb. 4.67 Ausführen eines Counter Movement Jump auf einer Sprungmatte mit dem Ziel, die intensive Beschleunigungsphase zu verbessern.

allem einfache Reaktionen erforderlich. Die Trainingsvariationen müssen aber auf jeden Fall eine Beziehung zur realen sportspezifischen Situation haben.

Aufgrund der Komplexität ist es nicht möglich, die für Spielsportarten erforderliche Reaktionsgeschwindigkeit wirklichkeitsgetreu zu testen. Bei einfachen Aktionen wie dem Start eines 100-m-Laufs hingegen kann die Reaktionsgeschwindigkeit genau gemessen werden (Martin et al. 1993).

Die Fragezeichen beim Umfang verweisen darauf, dass die Anzahl der Übungsreihen und der motorischen Reaktionen je nach dem Auftreten von Ermüdungserscheinungen festgelegt werden. Diese Trainingsform wird häufig mit der im Folgenden beschriebenen Rehabilitationsmethode Beschleunigung kombiniert.

Rehabilitationsform Beschleunigung

Beschleunigung ist die Fähigkeit eines Sportlers, in möglichst kurzer Zeit eine maximale Schnelligkeit zu erreichen. Die Belastungsintensität ist maximal, die Belastungsdauer liegt zwischen 0,20 und 3–7 sec. Bei Freizeitleichtathleten entspricht dies einer Strecke von ungefähr 30 m, bei Spitzensportlern kann die Beschleunigungsphase 60–70 m betragen (van den Berg 2005). In der Leichtathletik wird die Beschleunigungsphase in 2 unterschiedliche Phasen unterteilt: die extensive und die intensive Beschleunigungsphase (Letzelter 2002). Die intensive Beschleunigungsphase reicht vom Start bis zu dem Moment, in dem der Sprinter eine aufgerichtete Körperposition einnimmt, was nach ungefähr 10–20 m der Fall ist. In dieser Phase hängt das Ausmaß der Beschleunigung von der motorischen Grundeigenschaft Kraft in der Dehnungskette ab (die Aktivität vor allem der Quadrizeps- und Glutealmuskulatur). Das Training konzentriert sich vor allem auf die maximale Kraft und die Schnellkraft. In der Rehabilitation werden vor allem das intensive Rekrutieren I, II und III (s. Rehakreis Kraft), aber auch verschiedene Sprungformen wie Squat Jump, Drop Jump und Counter Movement Jump (**Abb. 4.67**) trainiert, um die Voraussetzungen für ein intensives Beschleunigungstraining zu er-

füllen. Die extensive Beschleunigungs- oder Powerphase beginnt nach der intensiven Beschleunigungsphase und endet mit dem Erreichen der maximalen Schnelligkeit. Diese Phase ist nicht primär von der maximalen Kraft abhängig, sondern von der Schnellkraft und der Koordination. Die Geschwindigkeit, mit der die motorischen Einheiten mobilisiert werden, ist ausschlaggebend für das Erreichen der maximalen Schnelligkeit. Die primäre Bewegungskette in dieser Phase ist die Antriebskette, in der vor allem die ischiokrurale Muskulatur in ihrer Funktion als Hüftextensor aktiv ist. Die Trainingsmethoden, die zur Verbesserung dieser Phase eingesetzt werden, konzentrieren sich daher vor allem darauf, diese Funktion der ischiokruralen Muskulatur zu trainieren. Übungsformen wie Laufen mit gestreckten Beinen, der Pendellauf, Tuck Jumps mit Vorwärtsbewegung (z. B. über niedrige Hürden) und Laufsprünge in hoher Frequenz tragen zu einer Verbesserung der extensiven Beschleunigungsphase bei (van den Berg 2005).

Bei vielen Spielsportarten liegt die Schlüsseldistanz (die Distanz, die bei einem Wettkampf am häufigsten zurückgelegt wird) zwischen 5 und 10 m. Wenn weniger als 3 gleichartige Bewegungen hintereinander gemacht werden, spricht man von einer azyklischen Beschleunigung, bei mehr als 3 Wiederholungen von einer zyklischen Beschleunigung. Beim Volleyball liegt die Distanz, die ein Volleyballspieler zurücklegt, im Durchschnitt zwischen 5 und 10 m, beim Fußball betragen die Beschleunigungsdistanzen aufgrund des größeren Spielfeldes bis zu maximal 30 m. Aber selbst beim Fußball, wo das Spielfeld 64–69 m breit und 100–105 m lang ist, sind 96 % der Sprints kürzer als 30 m und 49 % kürzer als 10 m (Schlumberger 2006). Die meisten Spielsportler bleiben während des Spiels in der intensiven Beschleunigungsphase. Hier sind, was das Krafttraining angeht, dieselben Rehabilitations-/Trainingsmethoden geeignet wie bei der Leichtathletik.

Auch die Beschleunigung lässt sich am besten nach der Wiederholungsmethode trainieren (**Tab. 4.62**).

Die Fragezeichen beim Umfang verweisen darauf, dass die Anzahl der Übungsreihen und der motorischen Reaktionen je nach dem Auftreten von Ermüdungserscheinungen festgelegt werden.

Sowohl bei Spielsportarten als auch bei der Leichtathletik sind die Distanzen, die zurückgelegt werden, variabel, aber realistisch im Hinblick auf die jeweilige Sportart. Beim Leichathletiktraining werden die Distanzen stark variiert, beim Training von Spielsportarten vor allem die Umgebung, die Startpositionen, die Startsignale, die Lauftechnik etc. Durch die Variationen findet eine ständige Adaption statt, die zu einer Verbesserung der Beschleunigung führen soll.

Einige Beispiele für das Beschleunigungstraining von Spielsportlern, in diesem Fall Fußballern:

- 5–10 m geradeaus sprinten
- seitwärts starten und 5 m sprinten nach links und rechts
- 5–10 m im Zickzack sprinten
- 5–10 im Zickzack sprinten mit Wendepunkten

Tab. 4.62 Wiederholungsmethode

Training	Wiederholungsmethode
Intensität	90–100 % V_{max}
Umfang	2–6 × (? × ? m) 0,20 und 3–7 sec
Pause	Reihenpause 6–8 min Wiederholungspause 3–5 min je nach Distanz
Planung	Integrations-/Maturationsphase
Regenerationszeit	48–72 h

Rehabilitationsform maximale Schnelligkeit

Bei der Rehabilitationsform maximale Schnelligkeit wird die Fähigkeit trainiert, zyklische Bewegungen mit größtmöglicher Schnelligkeit gegen einen geringen Widerstand auszuführen (Schiffer 1993). Die Belastungsdauer bleibt, wie auch bei allen anderen Rehabilitationsmethoden, mit 3–10 sec maximal. Diese Trainingsform wird von Spielsportlern nur selten praktiziert, ist jedoch für Leichathleten sehr wichtig. Hier werden Distanzen von mehr als 30 bis höchstens 100 m mit maximaler Schnelligkeit gelaufen; 100-m-Läufer und Weitspringer, aber auch Dreispringer müssen eine maximale Schnelligkeit erreichen, um optimale Ergebnisse zu erzielen.

Die Rehabilitationsmethode maximale Schnelligkeit ist in erster Linie von den koordinativen Fähigkeiten des Sportlers und weniger von seiner Kraft abhängig. Aufgrund der hohen Schnelligkeit ist der Widerstand gering, die Kraft spielt hier nur eine untergeordnete Rolle. Es geht vor allem um eine optimale Schrittfrequenz und -länge. Diese sind negativ miteinander korreliert, d. h. wenn die Schrittlänge zunimmt, nimmt die Schrittfrequenz ab und umgekehrt. In der Rehabilitation sollen im Idealfall beide verbessert werden, ohne dass sich der jeweilige „Widerpart“ verschlechtert. Hunter (2004) hat festgestellt, dass eine weite Schrittlänge *und* eine hohe Schrittfrequenz nur bei einer Lauftechnik möglich sind, bei der die Schwebephase durch eine hohe horizontale und eine geringe vertikale Schnelligkeit gekennzeichnet ist; ausschlaggebend sind die koordinativen Fähigkeiten des Läufers. Die Schrittfrequenz lässt sich am besten durch die verschiedenen Arten des Frequenztrainings verbessern. Bei diesen Trainingsformen werden die verschiedenen Übungen, bei denen der Schwerpunkt auf der Aufsetzphase liegt, mit hoher Schnelligkeit ausgeführt. Beispiele für solche Übungen sind Dribbling, Fußsprünge, Prellhopserlauf und Laufsprung (**Abb. 4.68**). Zur Verbesserung der Schrittlänge eignen sich Übungen, bei denen



Abb. 4.68 Laufsprung.

Tab. 4.63 Belastungsvariablen der Wiederholungsmethode und der variablen Methode

Training	Wiederholungs-methode	Variable Methode
Intensität	100 % V_{max}	90–110 % V_{max}
Umfang	2–6 × (? × ? m) 3/7 sec	2–6 × (? × ? m) 3/7–8/10 sec
Pause	Reihenpause 6–8 min Wiederholungspause 3–5 min	Reihenpause 6–8 min Wiederholungspause 3–5 min
Planung	Integrations-/Maturationsphase	Integrations-/Maturationsphase
Regenerationszeit	72 h	72 h

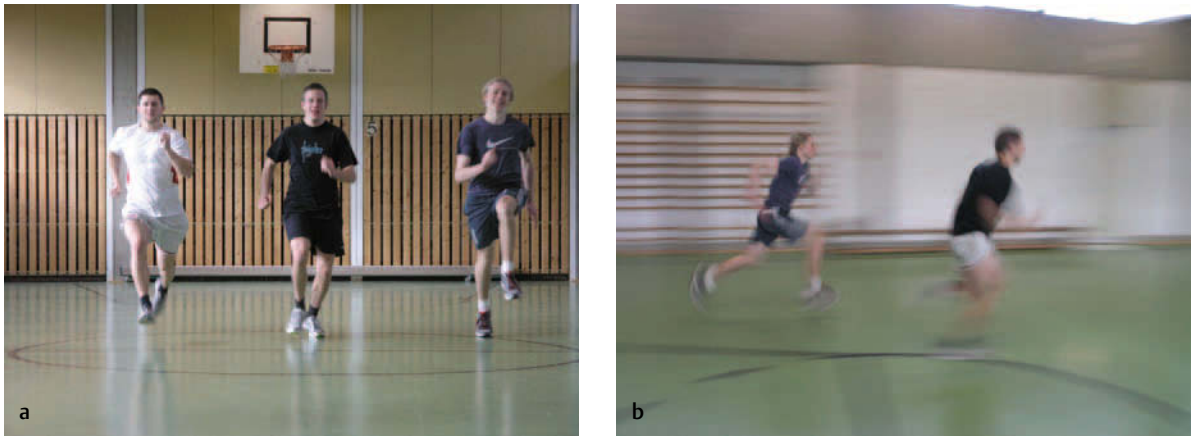


Abb. 4.69 a–b Fliegender Sprint.

der Schwerpunkt auf der Schwebephase liegt, z. B. Seilspringen und Fersen-Schenkel-Lauf, aber auch der Laufsprung kann integriert werden, wobei der Schwerpunkt auf der Sprunglänge liegt.

Neben der bereits besprochenen Wiederholungsmethode kommt für das Training der maximalen Schnelligkeit vor allem die variable Methode infrage (**Tab. 4.63**).

Bei der variablen Methode wird die spezifische Laufgeschwindigkeit trainiert, aber unter Bedingungen, die das Training im Vergleich zur Wettkampfsituation entweder schwerer oder einfacher machen. Erschwerende Umstände können durch zusätzlichen Widerstand beim Training der maximalen Schnelligkeit erzeugt werden, z. B. durch ein Schleppgewicht, eine Gewichtsweste, eine Gewichtsmanschette oder indem bergauf gelaufen wird. Wichtig bei dieser Trainingsform ist, dass die Lauftechnik nicht verändert wird und der Schnelligkeitsverlust nicht mehr als 10 % betragen darf. Erleichternde Umstände können durch Bergablaufen oder die Benutzung eines Speedy (ein Seilzugsystem, das es dem Sportler ermöglicht, supramaximale Geschwindigkeiten zu erreichen) bewirkt werden, wobei wie beim Training mit zusätzlichem Widerstand die Lauftechnik nicht verändert wird. Diese Trainingsform hat zum Ziel, eine Schnelligkeitsbarriere zu überwinden oder die maximale Schnelligkeit zu erhöhen.

Das variable Training könnte – vom Training gegen Widerstand über normale Umstände bis zu erleichterten Umständen – beispielsweise so aussehen (**Abb. 4.69**):

- 30 m bergauf sprinten
- 40 m fliegender Sprint
- 40 m bergab sprinten

Die Belastungsvariablen sind bei beiden Methoden dieselben, die maximale Intensität wird als V_{max} (maximale Schnelligkeit) ausgedrückt. Die Anzahl der Übungsreihen beträgt 2 bis maximal 6, die Pausen sind lohnend. Diese Trainingsmethoden sind durch hohe Geschwindigkeiten gekennzeichnet und stehen daher am Ende der Rehabilitation, also der Maturationsphase. Aufgrund der hohen Belastungsintensität kann diese Trainingsform höchstens 2-mal pro Woche angewendet werden.

Schnelligkeitsausdauer

Unter Schnelligkeitsausdauer versteht man die Fähigkeit eines Sportlers, die maximale Laufgeschwindigkeit möglichst lange aufrechtzuerhalten (Schiffer 1993). Diese Trainingsmethode ist vor allem für Leichtathleten (insbesondere 100- und 400-m-Läufer) und weniger für Explosivsportler geeignet. Wichtige Rollen spielen hier die koordinativen Fähigkeiten und die Energiesysteme. Der Läufer versucht, trotz Ermüdung eine gute Lauftechnik sowie eine gute Schrittfrequenz und -länge beizubehalten. Die Ermüdung hat in diesem Fall ihre Ursache in der totalen Ausschöpfung des anaeroben alaktischen Energiesystems und in einer starken Aktivierung des anaeroben laktischen Systems, was eine starke Laktatzunahme zur Folge hat.

Die Techniken, die beim Training der Schnelligkeitsausdauer eingesetzt werden, werden ausführlich in Kapitel „Rehakreis Ausdauer“ beschrieben.

Spezifisches Training

Die letzte Rehabilitationsmethode des Rehakreises Schnelligkeit ist die wichtigste: das spezifische Training. Spezifisches Training ist gleichbedeutend mit funktionellem Training. Wie im Zusammenhang mit dem Rehakreis Mobilität beschrieben, ist das spezifische Training dadurch gekennzeichnet, dass Ziel, Aufgabe, Umgebung, Bewegungsverlauf, Bewegungsumfang, Kontraktionsmechanismus und Energiesystem den sportspezifischen Bewegungshandlungen entsprechen. Der Bewegungsverlauf repräsentiert die Koordination, der Bewegungsumfang die Mobilität, der Kontraktionsmechanismus die motorische Grundeigenschaft Kraft und das Energiesystem die Ausdauer. Die Bewegungshandlungen repräsentieren alle sportspezifischen Aktivitäten, die der Sportler beim Ausüben seines Sports ausführt. In den Bewegungshandlungen kommen das Ziel der Bewegungen und die Bedeutung der Interaktion mit der Umgebung zum Ausdruck. Ausgedrückt in ICF-Begriffen trainiert der Sportler auf 3 Ebenen: der Funktions-, Aktivitäts- und Partizipationsebene. Bei dieser Rehabilitationsform wird kein Unterschied mehr zwischen den verschiedenen motorischen Grundeigenschaften gemacht, sämtliche Aspekte werden optimal trainiert, um das allem übergeordnete Ziel – die Wiederaufnahme der sportlichen Aktivitäten – zu erreichen.

Zusammenfassung

Die motorische Grundeigenschaft Schnelligkeit und die damit assoziierten Rehabilitationsmethoden stehen aufgrund der maximalen Belastungsintensität (V_{max}) in der Rehabilitation an letzter Stelle. Die hohe Trainingsintensität ist mit einer hohen Belastung des Bindegewebes verbunden. Bevor mit dem Schnelligkeitstraining begonnen werden kann, müssen erst bestimmte Voraussetzungen in Bezug auf die anderen motorischen Grundeigenschaften erfüllt sein, d. h. zuvor müssen Kraft, Koordination und Mobilität trainiert werden. Deshalb und aufgrund der hohen Belastung des Bindegewebes wird die Schnelligkeit erst während der letzten Phase der Wundheilung, der Integrations-/Maturationsphase, trainiert. In dieser Phase können verschiedene Rehabilitationsmethoden angewendet werden – von der motorischen Reaktion bis hin zum spezifischen Training. Bei Explosivsportlern liegt der Schwerpunkt vor allem auf der motorischen Reaktion, der Beschleunigung und dem spezifischen Training. Leichtathleten, die sich auf die 100- und 400-m-Läufe spezialisiert haben, machen von mehr oder weniger allen Rehabilitationsmethoden Gebrauch. Vor allem für Explosivsportler spielt die Antizipation/motorische Reaktion eine wichtige Rolle; kognitive Wahrnehmung, Antizipation, das Treffen von Entscheidungen und die motorische Reaktion sind Bestandteil aller Rehabilitationsmethoden. Auf diese Weise wird jeder Sportler für seinen Spielsport variabel, aber letztlich spezifisch trainiert. Das spezifische Training ist die letzte Rehabilitationsmethode; sie entspricht der Wettkampfsituation. Durch die Zusammenführung von Ziel, Aufgabe, Umgebung und Bewegungshandlungen werden optimale Bedingungen für die Wiederaufnahme der sportlichen Aktivitäten geschaffen.

Literatur

Bogduk N. Klinische Anatomie von Lendewirbelsaule und Sakrum. Berlin: Springer; 1997.

Carlstedt, Nordin. Biomechanics of Tendons and Ligaments. In: Nordin, Frankel (eds.). Basic Biomechanics of the Musculoskeletal system. London: Lea & Febiger; 1989.

de Morree JJ. Dynamiek van het menselijk bindweefsel. Houten/Diegem: Bohn Stafleu van Loghum; 2001.

Dickhuth H. Genetik und Grenzen der menschlichen Leistungsfähigkeit. Leistungssport 2004; 1: 5–11.

Edelaar MJA, Sip W, van de Ingh M. Sportrevalidatiemodel: De rehaboom. Deel 7. Richting sportgericht 2004; 58(2): 29–35.

Groh H. Trainierbarkeit des Muskels. Leistungssport 1972; 2: 113–117.

Grosser M. Schnelligkeitstraining. Grundlagen, Methoden, Leistungssteuerung, Programme. München: BLV Verlagsgesellschaft; 1991.

Hawkins RD et al. The association football medical research programme: An audit of injuries in professional football. British Medical Journal of Sportsmedicine 2001; 35(1): 43–47.

Hücklekemkes J. Explosives Starten vielfältig erlernen. Leichtatletik 2002; 4: 4–9.

Huijning PA. 6b Elastic Potential of Muscle. In: Komi. Strength and Power in Sport. Oxford: Blackwell; 1992.

Hunter JP, Marshall RN, McNair PJ. Interaction of step length and step rate during sprint running. Med SCI Sports exerc 2004; 36(5): 850–861.

Letzelter M, Letzelter S. Wettkampfdiagnostik im Sprint. Leistungssport 2002; 2: 16–22.

Magee DJ, Zachazewski JE, Quillen WS. Scientific Foundations and Principles of Practice in musculoskeletal Rehabilitation. Philadelphia: Saunders, 2007.

Martin D, Carl K, Lehnertz K. Handbuch Trainingslehre. Schorndorf: Hoffmann; 1993.
McNeill Alexander R. Walking Running Hopping. In: McNeill Alexander R. Priniciples of Animal Locomotion. Princeton University; 2002.
Michie S, Miles J, Weinman J. Patient-centredness in chronic illness: What is it and does it matter? Patient Education and Counselling 2003; 51(3): 197–206.
Sahlin. High-energy Phosphates and Muscle Energetics. In: Poortmans. Principles of Excercise Biochemistry. 3rd revised Edition. Basel: Karger; 2004.
Schiffer J. Schnelligkeit: Trainingsmethodische, biomechanische, leistungsphysiologische und leistungsdiagnostische Aspekte. Eine kommentierte Bibliographie. Köln: Sport und Buch Strauss, Edition Sport; 1993.
Schlumberger A. Sprint und Sprungkrafttraining bei Fußballspielern. Deutsch Z Sportmed 2006; 5: 125–131.
Sparrow WA. Energetics of human activity. Human Kinetics Campaign Il; 2000.
Taylor DC, Dalton JD Jr., Seaber AV, Garrett WE Jr. Viscoelastic properties of muscle-tendon units. The biomechanical effects of stretching. Am J Sports Med 1990; 18(3): 300–309.
van de Goolberg AAM. De rehaboom: Een methodische aanpak in de sportrevalidatie. Maarssen: Elsevier; 2005.
van den Berg R. Skript Leistungsphysiologie Ausdauer. ESP-Sportphysiotherapie-Ausbildung. Interne Publikation; 2002.
van den Berg R. Skript Schnelligkeit in Sport und Reha. ESP-Sportphysiotherapie-Ausbildung. Interne Publikation; 2005.
van Wingerden B. Bindegewebe in der Rehabilitation. Schaan/Liechternstein: Scripoverlag; 1998.
Verlooy P. Headcoach. Koninklijke Nederlandse Atletiek Unie: persoonlijke communicatie; 2009.
Vilkner HJ. Untersuchungen zu den Beziehungen zwischen verschiedenen Arten der motorischen Reaktionsfähigkeit bei Schülern und Studenten. Theorie und Praxis der Körperkultur 1987; 36: 35–43.
Weineck J. Optimales Training, leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berucksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings. 16. Auflage. Balingen: Spitta; 2007.
Westra H. Dictaat Inspanningsfysiologie. Trainer-Coach-B opleiding Koninklijke Nederlandse Atletiek Unie, Nieuwengein 1996.
Zaciorskij VM. Die körperlichen Eigenschaften des Sportlers. 5. Auflage. Berlin: Bartels und Wernitz; 1992.

4.3.7 Sportanalyse – Einführung

Der Sportphysiotherapeut wird in seiner täglichen Arbeit mit ganz unterschiedlichen Patienten und Beschwerden konfrontiert: von geriatrischen Patienten mit arthrotischen Leiden bis hin zu Spitzensportlern mit einer Verletzung des vorderen Kreuzbands. Jeder Patient formuliert zusammen mit dem Sportphysiotherapeuten kurz-, mittel- und langfristige Ziele. Die Belastungs- und Belastbarkeitsanalyse der Verletzung und die Sportanalyse bilden die Grundlage für einen zielgerichteten Aufbau der Rehabilitation.

Die Belastbarkeitsanalyse

Die Analyse der Verletzung muss 2 wichtige Fragen beantworten:

Tab. 4.64 Belastbarkeitsanalyse

verletzte Struktur(en)
Phase der Wundheilung
klinische Relevanz der Wundheilungsphase
sportphysiotherapeutische Interventionen

1. Welche Bindegewebsstrukturen sind verletzt?
   Die ICD-Diagnose des Arztes und die sportphysiotherapeutische Untersuchung geben Aufschluss darüber, welche Bindegewebsstrukturen verletzt sind und in welcher Phase der Wundheilung sich der Sportler momentan befindet. Anhand dieser Analyse des verletzten Bindegewebes kann der Aufbau der Rehabilitation festgelegt werden; eine Ruptur des M. gastrocnemius beispielsweise verheilt viel schneller als eine Entzündung der Achillessehne, daher dauert die Rehabilitation im zweiten Fall viel länger als im ersten.
2. In welcher Phase der Wundheilung befindet sich der Sportler?
   Jede Phase der Wundheilung bringt bestimmte Einschränkungen und Möglichkeiten für die sportphysiotherapeutische Rehabilitation mit sich. Die Einschätzung, in welcher Phase sich der Sportler befindet, und die klinische Relevanz dieser Phase bestimmen, welche sportphysiotherapeutischen Interventionen möglich sind (**Tab. 4.64**). Weitere Informationen zu diesem Thema finden sich in Kapitel 1.4.

Belastungsanalyse der Verletzung

Für die Belastungsanalyse sind neben der Sportanalyse die Analyse des Traumamechanismus sowie des Bewegungsverlaufs, der zu der Verletzung geführt hat, und der Zeitpunkt der Verletzung von Bedeutung.

Analyse des Traumamechanismus

Handelt es sich um ein endogenes oder ein exogenes Trauma? Im ersten Fall liegt die Ursache des Traumas beim Sportler selbst; eine zu hohe Belastungsintensität, eine verminderte Belastbarkeit, zu viel Stress, ein Koordinationsverlust beim Ausführen sportspezifischer Bewegungen können beispielsweise eine Rolle bei der Entstehung der Verletzung gespielt haben. Ein exogenes Trauma ist durch Einwirkung von außen entstanden. In den meisten Fällen ist ein Gegenspieler für das Trauma verantwortlich. Gegen Ende der Rehabilitation wird der Traumamechanismus in den Rehabilitationsprozess integriert. Durch das Reflektieren des traumatischen Moments (z. B. durch das Erlernen von Ausweichstrategien) wird dem Sportler neues Vertrauen in seine sportlichen Fähigkeiten eingeflößt.

Analyse des Bewegungsverlaufs

Anhand einer genauen Analyse des Bewegungsverlaufs, der zu dem Trauma geführt hat, kann eingeschätzt werden, welche Bindegewebsstrukturen möglicherweise verletzt sind und welche Bewegung am Ende der Rehabilitation wieder stabil und voller Vertrauen ausgeführt werden können muss. Die Analyse des traumatischen Moments gibt einen ersten Hinweis auf die Richtung, die bei der Rehabilitation eingeschlagen werden muss; beispielsweise kann ein Flexions-Valgus-Außenrotations-Trauma, das durch eine falsch ausgeführte Drehbewegung beim Fußball entstanden ist, zu einer Verletzung des vorderen Kreuzbandes, des medialen Bandes oder des medialen lateralen Meniskus führen.

Zeitpunkt der Verletzung

Der Zeitpunkt der Verletzung kann möglicherweise Aufschluss darüber geben, ob der Sportler unter Ermüdungserscheinungen litt, z. B. wenn sich die Verletzung gegen Ende eines Fußballspiels oder – bei einem Sprinter – nach 70–80 m ereignet hat (**Tab. 4.65**). In beiden Fällen kann Ermüdung eine Rolle gespielt haben. Für die Rehabilitation bedeutet dies, dass in der letzten Rehabilitationsphase der Aspekt der Ermüdung besonders berücksichtigt werden muss (Shaping).

Sportanalyse

Die Sportanalyse gibt Aufschluss darüber, was für eine optimale Sportausübung trainiert werden muss. Es wird unterschieden zwischen Partizipations-, Aktivitäts- und Funktionsebene. Für eine genaue Analyse kann der Sportphysiotherapeut von den Analysekarten für die einzelnen Ebenen Gebrauch machen. Die Analysekarte für die Partizipationsebene beschreibt zusammenfassend, was bei einer bestimmten Sportart geschieht, z. B. was ist Fußball? Wie viele Spieler befinden sich auf dem Spielfeld? Welche Spielregeln gibt es? Was ist das Ziel des Spiels? Wie lange dauert ein Spiel? etc. (**Tab. 4.66**).

Auf der Aktivitätsebene beschreibt die Sportanalyse die Bewegungshandlungen des Sportlers, d. h. welche Bewegungen er ausführt, welchem Zweck/Ziel sie dienen und in welcher Umgebung sie stattfinden (**Tab. 4.67**).

Auf der Funktionsebene beschreibt die Sportanalyse eine Sportart in Relation zu den motorischen Grundeigenschaften und den mit ihnen assoziierten Trainingsmethoden. Weitere Informationen über die Analyse auf Partizipations-/Aktivitätsebene und Funktionsebene finden sich im Kapitel 4.4 „Stufenplan für Rehabilitationsprogramme“. Die Rehabilitationsziele in Bezug auf die motorischen Grundeigenschaften Mobilität, Koordination, Kraft, Ausdauer und Schnelligkeit bestimmen, bis zu welcher Rehabilitationsmethode trainiert werden muss, damit der Patient wieder ADL, Hobbys, Beruf oder Sport ausüben kann.

Tab. 4.65 Belastungsanalyse

Traumamechanismus
Bewegungsverlauf
Zeitpunkt des Traumas

Tab. 4.66 Sportanalysekarte für die Partizipationsebene

Ziel der Sportart
Dauer der Sportart/des Spiels
Spielregeln
Anzahl der beteiligten Personen
Funktionen des Sportlers

Tab. 4.67 Analysekarte für Aktivitätsebene

Sportart
allgemeine Bewegungshandlungen der Sportart
problematische Bewegungshandlungen der Sportart

Analysekarten

Für eine genaue Analyse der motorischen Grundeigenschaften und der mit ihnen assoziierten Rehabilitationsmethoden kann der Sportphysiotherapeut von den Analysekarten Gebrauch machen (**Tab. 4.68**).

Ebenso wie die Rehakreise beziehen sich die Analysekarten auf einen Patienten mit einer akuten Verletzung, der die verschiedenen Phasen der Wundheilung durchläuft: die Entzündungsphase, die Proliferationsphase, die Organisations-/Remodellierungsphase und die Integrations-/Maturationsphase (Morree 2003). Die erste Phase, in der die Rehabilitation eine wichtige Rolle spielt, ist die Proliferationsphase. In dieser Phase ist das neu gebildete Bindegewebe nur wenig belastbar. Für die aktive Rehabilitation bedeutet dies, dass nur Rehabilitationsmethoden mit einer geringen mechanischen Belastung des Bindegewebes infrage kommen. In dieser Phase liegt der Schwerpunkt vor allem auf den motorischen Grundeigenschaften Mobilität und Koordination. In der Organisations-/Remodellierungsphase bildet sich stabileres Gewebe, das stärker belastet werden kann und intensivere Rehabilitationsmethoden zulässt. In dieser Phase stehen vor allem die „leichteren“ Rehabilitationsmethoden für die Grundeigenschaften Kraft und Ausdauer im Vordergrund. Die längste Phase der Wundheilung ist die Integrations-/Maturationsphase, in der das Bindegewebe „erwachsen“ wird. Dafür muss es mechanische Erfahrungen machen. Im Mittelpunkt dieser Phase stehen die motorischen Grundeigenschaften Kraft, Ausdauer und Schnelligkeit.

Bei allen Zielgruppen, mit denen der Sportphysiotherapeut zu tun hat, verläuft die Rehabilitation von links oben nach rechts unten. Der Verlauf der Pfeile auf den Analysekarten gilt für einen Spitzensportler, der eine Explosivsportart betreibt; ein 200-m-Läufer, dessen Ziel

Tab. 4.68 Analysekarte für Funktionsebene

	Proliferation	Organisation/Remodellierung	Integration/Maturation	Wettkampf
Beweglichkeit				
elastische Verformung, Training Fußbereich	O	O	O	O
elastische Verformung, Training linearer Bereich	O	O	O	O
plastische Verformung, Training	O	O	O	O
Creep/Stress-Relaxation, Training	O	O	O	O
Dehnungsgeschwindigkeitsabhängigkeit Training Fußbereich	O	O	O	O
Dehnungsgeschwindigkeitsabhängigkeit Training linearer Bereich	O	O	O	O
spezifisches Training Beweglichkeit	O	O	O	O
Koordination				
kortikales Training Fußbereich	O	O	O	O
kortikales Training linearer Bereich	O	O	O	O
Hirnstammtraining	O	O	O	O
spinales Training Fußbereich	O	O	O	O
spinales Training linearer Bereich	O	O	O	O
spezifisches Training	O	O	O	O
Agilitätstraining	O	O	O	O
Shaping-Training	O	O	O	O
Kraft				
Kraftausdauer	O	O	O	O
maximale Kraft	O	O	O	O
supramaximale Kraft	O	O	O	O
Schnellkraft	O	O	O	O
Explosivkraft	O	O	O	O
konzentrisches Beschleunigen	O	O	O	O
exzentrisches Abbremsen	O	O	O	O
DVZ allgemein	O	O	O	O
DVZ spezifisch	O	O	O	O
Ausdauer				
aerobe Kapazität	O	O	O	O
aerobe Leistungsfähigkeit	O	O	O	O
anaerobe laktische Kapazität	O	O	O	O
anaerobe laktische Leistungsfähigkeit	O	O	O	O
anaerobe alaktische Kapazität	O	O	O	O
anaerobe alaktische Leistungsfähigkeit	O	O	O	O
spezifisches Training	O	O	O	O
Schnelligkeit				
Antizipation/motorische Reaktion	O	O	O	O
Beschleunigung	O	O	O	O
maximale Schnelligkeit	O	O	O	O
Schnelligkeitsausdauer	O	O	O	O
spezifisches Training	O	O	O	O

die Wiederaufnahme der Sportausübung ist. Bei einem Sprinter ist das Endziel der Rehabilitation in allen motorischen Grundeigenschaften die letzte Rehabilitationsmethode.

Die Zielgruppen, in denen der Sportphysiotherapeut seine speziellen Kenntnisse anwenden kann, werden immer vielfältiger. Laut SPA-Kompetenzprofil lassen sich die Klienten des Sportphysiotherapeuten aber in 5 Zielgruppen einteilen (Bulley 2005). Neben den Freizeit-, Leistungs- und Spitzensportlern werden inaktive Menschen und Menschen mit chronischen Krankheiten als Zielgruppe immer wichtiger. In unserer modernen Gesellschaft gewinnen Gesundheitsfragen mehr und mehr an Bedeutung, was dazu führt, dass viele Menschen mit einem inaktiven Lebensstil den Wunsch haben, ein aktiveres Leben zu führen – eine Möglichkeit, diesen Wunsch zu verwirklichen, ist, (wieder) Sport zu treiben. Die Annahme lautet, dass ein aktiver Lebensstil chronischen Krankheiten wie Herzbeschwerden, Diabetes, Depressionen und Krebs vorbeugen kann, eine positive Wirkung auf das psychische Wohlbefinden hat und zu einer Verringerung des Krankenstands und einer Erhöhung der Arbeitsproduktivität führt (WHO 2004). Die zweite neue Zielgruppe sind die Menschen, die bereits an chronischen Krankheiten leiden. Die Zahl chronisch kranker Menschen steigt beständig, zum einen, weil die Menschen immer älter werden, zum anderen, weil nach wie vor die Mehrheit der Bevölkerung ein eher inaktives Leben führt. Bekannte Beispiele für chronische Krankheiten sind Diabetes, Osteoporose und Arthrose. Mittlerweile herrscht Einigkeit darüber, dass es nie zu spät ist, sich mehr zu bewegen, was ganz sicher und in besonderem Maß für Menschen mit den genannten chronischen Krankheiten gilt. Gemäß dem Motto „Übungen sind Medizin“ spielt der Sportphysiotherapeut auch hier eine zentrale Rolle.

Es ist offensichtlich, dass unterschiedliche Zielgruppen auch unterschiedliche Ansprüche an sich selbst, an die Ziele, die sie durch eine sportphysiotherapeutische Behandlung erreichen wollen, und an die Art und Weise, wie sie diese Ziele erreichen wollen, stellen. Ein Patient mit einer chronischen Krankheit, der sich dafür entschieden hat, durch eine aktive Rehabilitation seine Kondition zu verbessern, um sich „wohler in seiner Haut“ zu fühlen, kann sein Ziel vielleicht schon mit 3-mal 20 min Crosstraining pro Woche erreichen. Ein Spitzensportler hingegen, z. B. ein Triathlet, wird erst wieder zufrieden sein, wenn er wieder 6-mal pro Tag trainieren kann.

Die Analyse der motorischen Grundeigenschaften ergibt für jedes Individuum ein anderes Ergebnis. Dennoch ist es möglich, eine allgemeine Richtlinie aufzustellen, die für alle Zielgruppen gilt. Es ist Aufgabe des Sportphysiotherapeuten, diese Richtlinie „individuell“ zu interpretieren und mit den Zielen des Klienten in Einklang zu bringen.

Bei einem Sportler ist es meistens eindeutig und offensichtlich, welches Ziel erreicht werden soll: die Ausübung seines Sports. Um eine gute allgemeine Richtlinie für die Analyse eines Sportlers aufzustellen, ist die Unterteilung in Freizeit-, leistungsorientierte und Spitzensportler nicht so bedeutsam. Diese Unterteilung sagt eher etwas aus über das Niveau, auf dem der Sport betrieben wird, und über die Intensität und Häufigkeit, mit der trainiert wird. Für die Analyse macht das wenig Unterschied. Die Analyse von Fußballern, die auf unterschiedlichen Niveaus spielen, fällt im Großen und Ganzen gleich aus. Die Unterteilung in Explosiv- und Ausdauersportler hingegen ist sehr wohl von Bedeutung für die Analyse der motorischen Grundeigenschaften.

Auf welchem Niveau die Rehabilitation beginnt, hängt einerseits davon ab, in welcher Phase der Wundheilung sich der Patient befindet, und andererseits von den Ergebnissen der sportphysiotherapeutischen Untersuchung und der sportmotorischen Tests. Die sportphysiotherapeutische Untersuchung wird in Kapitel 4.4 „Stufenplan für Rehabilitationsprogramme“ behandelt, die sportmotorischen Tests in Kapitel 2.3 „Test und Training der motorischen Grundeigenschaften“.

Bei inaktiven Menschen und Menschen mit chronischen Krankheiten besteht das Rehabilitationsziel häufig darin, die Gesundheit zu verbessern, um ADL besser ausführen und im Beruf mehr leisten zu können. Bei diesen Zielgruppen ist die Belastungsintensität normalerweise geringer als bei Sportlern. Die Analyse der motorischen Grundeigenschaften dieser beiden Zielgruppen konzentriert sich in erster Linie auf diese Ziele.

Es folgt eine allgemeine Rehabilitationsrichtlinie und eine Analyse der motorischen Grundeigenschaften von inaktiven Menschen, Menschen mit chronischen Krankheiten, Ausdauersportlern und Explosivsportlern. Bei den Ausdauer- und Explosivsportlern wird hinsichtlich des Trainingsaufbaus unterschieden zwischen Sportlern mit und Sportlern ohne Verletzung.

Analysekarte für inaktive Menschen

Bei inaktiven Menschen, die sich dazu entschlossen haben, sich wieder mehr zu bewegen, ist das Rehabilitationsziel häufig „nur“ eine Verbesserung der Gesundheit. Sie hoffen, dass wieder „fit“ zu werden ein Schritt in die richtige Richtung ist. Der Sportphysiotherapeut kann diese Menschen auf ihrem Weg begleiten, aber er muss immer genau wissen, was zurzeit in Bezug auf die Fitness als Norm gilt. Sowohl für Erwachsene als auch für Kinder und ältere Menschen wurden entsprechende allgemeine Richtlinien entwickelt, die diese Norm definieren. Für die Gruppe der Erwachsenen beinhaltet diese Fitnessnorm (Richtlinien nach ACSM/AMA) (Haskell 2007):

Empfehlung 1 Zur Verbesserung und Erhaltung der Gesundheit brauchen alle gesunden Erwachsenen (18–65 Jahre) mäßig intensive (aerobe) körperliche Aktivität

von mindestens 30 min an mindestens 5 Tagen der Woche oder stark intensive aerobe körperliche Aktivität von mindestens 20 min an mindestens 3 Tagen der Woche.

Empfehlung 2 Kombinationen von mäßig intensiver und stark intensiver körperlicher Aktivität sind auch möglich, um die Norm zu erfüllen.

Empfehlung 3 Es ist auch möglich, die 30 min mäßig intensive körperliche Aktivität durch einzelne „Etappen" von mindestens 10 min zu erzielen.

Empfehlung 4 Jeder Erwachsene sollte außerdem mindestens 2-mal pro Woche Aktivitäten ausführen, die die Muskelkraft und die Muskelausdauerkraft erhalten oder sogar verbessern. Hierbei wird empfohlen, mit 8–10 Übungen die großen Muskelgruppen zu trainieren. Nach 8–12 Wiederholungen sollte eine Ermüdung in den Muskeln entstehen.

Empfehlung 5 Da zusätzlich ein Dosis-Respons-Zusammenhang zwischen körperlicher Aktivität und verbesserter Gesundheit besteht, können Erwachsene durch eine weitere Erhöhung der körperlichen Aktivität über das hier beschriebene Mindestmaß hinaus entsprechend die Wahrscheinlichkeit chronischer Erkrankungen reduzieren. Um dies zu erzielen, kann Gewichtstraining, Step-Training oder Jogging praktiziert werden.

Empfehlung 6 Um eine ungewollte Gewichtszunahme zu verhindern, werden bestimmte Personen körperlich aktiver sein müssen als hier empfohlen (5–7 × pro Woche 60 min).

Das Rehabilitationsziel für inaktive Menschen muss auf Grundlage dieser Empfehlungen vor allem in den motorischen Eigenschaften Koordination, Ausdauer und Kraft gesucht werden. Schnelligkeit ist für diese Zielgruppe kaum von Bedeutung und Beweglichkeit nur, wenn sie ein Teilziel des Patienten oder Voraussetzung für das Training der motorischen Grundeigenschaften ist. Bei einem inaktiven Patienten mit einer akuten Verletzung beginnt die Rehabilitation mit dem Training von Koordination, Ausdauer und Kraft nach der ersten Rehabilitationsmethode: kortikales Training im Fußbereich, DL-1 mit geringer Dauer und Training der extensiven Kraftausdauer (KRS 4). Wenn keine Verletzung vorliegt, kann durch eine sportphysiotherapeutische Untersuchung ermittelt werden, mit welcher Rehabilitationsmethode begonnen wird; entscheidend sind hierbei die Ergebnisse der physiotherapeutischen und sportmotorischen Tests. Am Ende der Rehabilitation von inaktiven Menschen, die ihre Gesundheit auf das Niveau einer Fitnessnorm bringen wollen, sollten für die Koordination das spezifische Training, für die Kraft das extensive Rekrutieren und für die Ausdauer der Dauerlauf 3 (DL-3) oder der Tempodauerlauf (TD) trainiert werden (**Tab. 4.69**).

Tab. 4.69 Rehabilitationsziel bei inaktiven Menschen

Motorische Grundeigenschaft	Rehabilitationsform	Rehabilitationsmethode
Koordination	spezifisches Training	spezifisches Training
Kraft	extensive Rekrutierungsmethode (8–12 RM)	KRS-4
Ausdauer	aerobe Leistungsfähigkeit	DL-3 oder TD

RM = Wiederhohlungsmaximum
KRS = Kraft Rehabilitation System

Analysekarte für Menschen mit chronischen Krankheiten

Immer mehr Menschen mit Diabetes, COPD, Asthma, Arthrose und Herzproblemen finden den Weg zum Sportphysiotherapeuten. Glücklicherweise wird sich diese Zielgruppe immer stärker der positiven Wirkungen des aktiven Bewegens bewusst (Mosterd 1996, Stiggelhout 1998). Die Krankheit wird zwar durch die Behandlung nicht geheilt, aber Beschwerden werden reduziert, die Gesundheit im Allgemeinen verbessert sich und die Lebensqualität nimmt zu. Aktives Bewegen wirkt sich vor allem aus auf

- kardiovaskuläre Ausdauer: die Fähigkeit von Herz und Lunge, den Körper bei körperlicher Aktivität mit Sauerstoff zu versorgen
- Körperzusammenstellung: die relativen Anteile von Muskeln, Fett, Knochen und anderen Geweben am Gesamtkörpergewicht
- maximale Muskelkraft: die Fähigkeit des Muskels, eine maximale Kraft zu erzeugen
- Muskelkraftausdauer: die Fähigkeit des Muskels, über einen längeren Zeitraum Arbeit zu verrichten
- Flexibilität: die aktive und passive Beweglichkeit des menschlichen Körpers (ACSM 2009)

Daraus wird deutlich, dass sowohl bei Menschen mit chronischen Krankheiten als auch bei inaktiven Menschen Verbesserungen der Ausdauer und der Kraft ebenso eine positive Wirkung haben wie die Verbesserung der Beweglichkeit. Die motorische Grundeigenschaft Schnelligkeit ist für diese Zielgruppen nicht relevant. Die Koordination wird auf jeden Fall vor der Kraft trainiert; die Grundlage für das Krafttraining bildet schließlich die Fähigkeit des Patienten, die Übungen koordiniert auszuführen. Bei Menschen mit chronischen Krankheiten liegt normalerweise keine akute Verletzung vor; durch die sportphysiotherapeutische Untersuchung und die sportmotorischen Tests wird ermittelt, auf welchem Niveau der Patient trainieren kann und mit welcher Rehabilitationsmethode begonnen wird. Bei Menschen mit chronischen Krankheiten ist das letzte Rehabilitationsziel meistens die

Tab. 4.70 Rehabilitationsziel bei Menschen mit chronischen Krankheiten

Motorische Grundeigenschaft	Rehabilitationsformen	Rehabilitationsmethode
Koordination	spezifisches Training	spezifisches Training
Mobilität	spezifisches Training	spezifisches Training
Kraft	extensive Rekrutierungsmethode (8–12 RM)	KRS-4
Ausdauer	aerobe Leistungsfähigkeit	DL-3 oder TD

Tab. 4.71 Trainingsaufbau Kraft

Vorbereitungsphase	Aufbau der Schnellkraft
Vorbereitungsperiode (VP) 1	Max. Kraft, konzentrisch beschleunigen exzentrisch bremsen
Vorbereitungsperiode (VP) 2	Schnellkraft allgemein und Prestretch
Vorbereitungsperiode (VP) 3	Schnellkraft allgemein und Plyometrie
Wettkampfperiode (WP)	Schnellkraft allgemein und Plyometrie (complex)

Verbesserung der Koordination durch spezifisches Training (**Tab. 4.70**). Der Weg zu dieser Rehabilitationsmethode verläuft vom kortikalen Training zum Stammhirntraining und von dort zum spezifischen Training. Spinale Rehabilitationsmethoden, bei denen die Schnelligkeit im Mittelpunkt steht, sind für diese Zielgruppe nicht geeignet. In Bezug auf die Grundeigenschaft Kraft wird die Methode extensives Rekrutieren angestrebt. Die Ausdauer lässt sich – wie auch bei inaktiven Menschen – am besten durch die Verbesserung des aeroben Vermögens trainieren.

Analysekarte für Sportler

Es ist üblich, ein Trainingsjahr in verschiedene Vorbereitungsphasen/-perioden zu unterteilen; diese Methodik wird als Periodisierung bezeichnet. Die Länge bestimmter Vorbereitungsphasen hängt sehr stark von der jeweiligen Sportart ab und wird vor allem durch die Häufigkeit der Wettkämpfe bestimmt: je mehr Wettkämpfe und je länger die Wettkampfsaison, desto kürzer die Vorbereitungsphasen.

Das Trainingsjahr beginnt mit einer allgemeinen Vorbereitungsperiode (VP-1), die vor allem ein Grundlagentraining in den Bereichen Ausdauer und Kraft beinhaltet. Darauf folgt die spezifische Vorbereitungsperiode (VP-2), in welcher der Schwerpunkt auf dem Training der spezifischen Ausdauer, Schnellkraft, Technik etc. liegt. In der Periode der Vorbereitung auf einen unmittelbar bevorstehenden Wettkampf (VP-3) wird schließlich „das Pünktchen auf das I“ gesetzt und es wird sehr spezifisch wettkampforientiert trainiert, unter anderem in Form von simulierten und Übungswettkämpfen.

Jahres- und Periodenplanung (Periodisierung auf Makro- bzw. Mikroniveau) verlangen keine speziellen Fähigkeiten, aber ein gewisses Maß an Beschäftigung mit diesem Thema ist durchaus erforderlich, da die Planung verdeutlichen soll, welche Belastbarkeit der Patient nach einem Jahr erreicht haben sollte und wie die Rehabilitation bis dorthin verlaufen soll.

Ein Sportler, der nach der Rehabilitation noch Zeit für die Vorbereitung auf den nächsten Wettkampf hat, muss weniger stark belastbar sein als ein Sportler, der sofort wieder mit Wettkämpfen beginnt.

Beispiel

Ein Fußballer verletzt sich am Ende der Saison. Sein Rehabilitationsziel ist, zu Beginn der nächsten VP-1 wieder normal trainieren zu können. Da die VP-1 im Profifußball sehr kurz ist (ungefähr 2 Wochen), ist das Rehabilitationsziel ein für VP-1 ausreichendes Belastbarkeitsniveau. Aus der **Tab. 4.71** ist ersichtlich, dass in der VP-1 die maximale Kraft, das konzentrische Beschleunigen und das exzentrische Abbremsen trainiert werden. Im Rehabilitationsprogramm muss Kraft also aufgebaut werden, bis zum Niveau des exzentrischen Abbremsens.

Der Sportler wird also bereits in der Rehabilitation mit einem zielgerichteten Aufbau der Schnellkraft allgemein konfrontiert, während dies im Trainingsprogramm erst während VP-2 im Mittelpunkt steht. Es handelt sich hier um einen parallelen Aufbau, dessen Ziel die Entwicklung der Leistungsfähigkeit ist.

In der Rehabilitation, in der die Belastbarkeit von Strukturen den Fortgang bestimmt, ist dies nicht möglich. Es wird Schritt für Schritt von der allgemeinen Kraft zu unterschiedlichen Arten der zielgerichteten Kraft und schließlich zur spezifischen Kraft vorangegangen. Es können nicht ohne Weiteres mehrere Schritte kombiniert werden (abgesehen von der letzten Rehabilitationsphase). Dieser auf die Erhöhung der Belastbarkeit gerichtete Aufbau wird als seriell oder linear bezeichnet.

Analysekarte für Ausdauersportler

Wenn ein Ausdauersportler eine Blessur erlitten hat, kann die Ursache dafür eine akute Verletzung sein, z. B. wenn sich der Sportler bei einem intensiven Intervalltraining einen Riss des M. gastrocnemius zugezogen hat. Eine Blessur kann auch durch Überbelastung entstehen, z. B. wenn ein Sportler bei der Vorbereitung auf einen Mara-

Tab. 4.72 Rehabilitationsziel für Haile Gebrselassie

Motorische Grundeigenschaft	Rehabilitationsformen	Rehabilitationsmethode
Koordination	spezifisches Training	spezifisches Training
Mobilität	spezifisches Training	spezifisches Training
Kraft	Kraftausdauer	Intensivkraft Ausdauer
Ausdauer	aerobe Leistungsfähigkeit	DL-3 oder TD

Tab. 4.73 Rehabilitationsziel für Kenenisa Bekele

Motorische Grundeigenschaft	Rehabilitationsformen	Rehabilitationsmethode
Koordination	spezifisches Training	spezifisches Training
Mobilität	spezifisches Training	spezifisches Training
Kraft	intensives Rekrutieren/Schnellkraft	KRS-4/Schnellkraft
Ausdauer	anaerobe laktische Kapazität	extensives, intensives Intervalltraining und Wettkampfmethode

thon Trainingsintensität und -umfang zu schnell gesteigert und sich dadurch eine Entzündung der Achillessehne zugezogen hat. Auch eine Kombination aus beiden Faktoren ist möglich, z. B. wenn eine Überbelastung zu einer akuten Verletzung führt wie bei einem 10 000-m-Läufer, der bei einem Wettkampf auf einmal einen stechenden Schmerz in der Achillessehne verspürt, der später als Achillessehnenentzündung diagnostiziert wird.

In der Rehabilitation eines Ausdauersportlers mit einer akuten Verletzung bestimmen die Phase der Wundheilung, in der sich der Sportler befindet, seine Belastbarkeit, der Sportler selbst, seine Umgebung und die bisherige Dauer der Wettkampfsaison, welche mechanischen Reize geeignet sind, um die Belastbarkeit des verletzten Gewebes zu verbessern. Dies gilt auch für Ausdauersportler mit einer durch Überbelastung verursachten Verletzung. Hier kommt allerdings noch ein anderer Aspekt der Rehabilitation hinzu: das Ergreifen von Maßnahmen, welche die Genesungskapazität des Sportlers stimulieren.

Kennzeichnend für Ausdauersportarten ist, dass sie in erster Linie einen zyklischen Charakter haben und dass die Belastungsintensität nur so hoch ist, wie sie längere Zeit aufrechterhalten werden kann. „Längere Zeit" ist eine sehr vage Angabe; der 5000-m-Lauf unterscheidet sich im Hinblick auf Intensität und Dauer der zu erbringenden Leistung sehr stark vom Marathonlauf. Die Weltrekordzeit, die Kenenisa Bekele 2004 in Hengelo über 5000 m lief, betrug 12 min, 37 sec und 35 Hundertstel; der Weltrekord im Marathon wurde 2008 von Haile Gebrselassie auf 2 h, 3 min und 59 sec verbessert. Trotz dieser hohen Differenz fallen beide Disziplinen in den Bereich Ausdauersport. Die Analyse der motorischen Grundeigenschaften in Bezug auf die Distanzen ergibt für beide Sportler unterschiedliche Ziele, vor allem, was Kraft und Ausdauer betrifft. Bei beiden Sportlern müssen in der Rehabilitation alle motorischen Eigenschaften mit Ausnahme der Schnelligkeit trainiert werden. Nach einer akuten Verletzung beginnt die Rehabilitation mit der ersten Rehabilitationsmethode für Mobilität, Koordination und Kraft; elastische Verformung im Fußbereich, kortikales Training im Fußbereich, anschließend KRS-2 (Training des extensiven Kraftausdauervermögens). In der Mitte der Rehabilitation wird die Belastungsintensität bei allen motorischen Grundeigenschaften erhöht. Bei der Mobilität liegt der Schwerpunkt auf der elastischen Verformung im linearen Bereich, bei der Koordination vor allem auf dem Stammhirntraining. Das Krafttraining verschiebt sich von KRS-2 zu KRS-3 (intensives Kraftausdauervermögen). Die aerobe Ausdauer wird vor allem in Kapazität trainiert. Schnelligkeit hat für Ausdauersportler wie auch für inaktive Menschen und Menschen mit chronischen Krankheiten keine große Bedeutung. Beide Spitzensportler sind schnell, brauchen jedoch keine maximale Schnelligkeit, um Spitzenleistungen zu erbringen. Am Ende der Rehabilitation werden sowohl Mobilität als auch Koordination spezifisch trainiert. Bei Haile Gebrselassie steht beim Training des Ausdauervermögens das aerobe Vermögen im Mittelpunkt, bei Kenenisa Bekele die anaerobe laktische Kapazität. Bei der Grundeigenschaft Kraft liegt für Gebrselassie der Schwerpunkt auf KRS 3, für Bekele auf KRS 4.

Eine allgemeine Richtlinie für die Rehabilitation von Kraft und Ausdauer bei Ausdauersportlern sieht in Tabellenform so aus: **Tab. 4.72**, **Tab. 4.73**.

Interessant ist, dass die Rehabilitationsmethoden mit dem Ziel von Menschen mit chronischen Krankheiten übereinstimmen. Der große Unterschied liegt vor allem in der Belastungsintensität, -dauer und -häufigkeit.

Bei beiden Sportlern verläuft das Training anders, wenn keine Verletzung vorliegt und es vor allem darum geht, bei Wettkämpfen bessere Leistungen zu erzielen. In diesem Fall wird das Training nicht nur „linear", sondern auch „parallel" aufgebaut und umfasst die Vorbereitungsperioden VP-1, VP-2 und VP-3 und die Wettkampfperiode (WP).

Analysekarte für Explosivsportler

Der große Unterschied zwischen Explosivsportlern und den anderen Zielgruppen besteht darin, dass in der Rehabilitation/beim Training die motorische Grundeigen-

Tab. 4.74 Rehabilitationsrichtlinie für die motorische Grundeigenschaft Kraft bei Explosivsportlern

Krafttraining als Basis für Belastbarkeit; Aufbau: seriell (linear)	
Schritt 1	Aufbau Koordination
Schritt 2	Aufbau KRS (bis 5, 6 oder 7)
Schritt 3	Aufbau Schnellkraft
Schritt 4	konzentrisches Beschleunigen
Schritt 5	exzentrisches Abbremsen
Schritt 6	Vordehnung (Prestretch)
Schritt 7	Plyometrie

schaft Schnelligkeit eine wichtige Rolle spielt. Die Schnelligkeit wird üblicherweise erst gegen Ende der Rehabilitation in das Trainingsprogramm implementiert, weil sie mit höheren Belastungen verbunden ist als die anderen Rehabilitationsmethoden. Explosivsportarten können unterteilt werden in Spielsportarten (z. B. Fußball, Handball, Tennis, Basketball, Hockey) und Sportarten, bei denen die Leistung sehr stark von der Schnelligkeit abhängt (z. B. 100-m-Lauf, Weitsprung, aber auch Turnen auf dem Pferd, wo viele Sprünge ausgeführt werden müssen).

Die Analyse von Explosivsportarten unterscheidet sich von der Analyse von schnelligkeitsabhängigen Sportarten, und zwar nicht nur in Bezug auf die Schnelligkeit, sondern auch hinsichtlich der anderen motorischen Grundeigenschaften; bei Spielsportlern ist das Rehabilitationsziel in Bezug auf die Schnelligkeit vor allem die Verbesserung der Beschleunigung, bei anderen Explosivsportarten ist es vor allem die Verbesserung von maximaler Schnelligkeit und/oder Ausdauer. Spielsportler müssen sich bei Wettkämpfen trotz Ermüdung mit optimaler Koordination bewegen können. Die Rehabilitation der Grundeigenschaft Koordination reicht bei ihnen bis zum Shaping, bei dem sportspezifische Bewegungen unter den Bedingungen der sportspezifischen Ermüdung trainiert werden. Auch bei Explosivsportarten kann Ermüdung eine wichtige Rolle spielen, z. B. beim 200- und 400-m-Lauf. Auch Explosivsportler trainieren gegen Ende der Rehabilitation zur Verbesserung der Koordination in Form des Shaping. Sportler, bei denen unter normalen Umständen keine Ermüdungserscheinungen auftreten – z. B. Weitspringer – trainieren die motorische Grundeigenschaft Koordination in Form des spezifischen Trainings. In Bezug auf die Ausdauer trainieren Explosivsportler, bei denen Ermüdung eine wichtige Rolle spielt, das laktische Vermögen nach dem Top-Down-Prinzip. Explosivsportler, bei denen der Aspekt Ermüdung vernachlässigbar ist, trainieren das alaktische Vermögen nach dem Top-Down-Prinzip. In Bezug auf Mobilität und Kraft verfolgen alle Explosivsportler dieselben Ziele: für die Mobilität das spezifische Training, für die Kraft das plyometrische Training.

Tab. 4.75 Richtlinie für die Rehabilitation der motorischen Grundeigenschaft Ausdauer bei Explosivsportlern, bei denen das alaktische Energiesystem im Vordergrund steht

Aufbau bis T-D → „Bottom-up“ (Intensität wird aufgebaut) Aufbau Schnelligkeitsausdauer → „Top-down“ (Ermüdung wird aufgebaut)	
– 0 %	Ermüdung
	azyklisch → maximales Beschleunigen (stop and go) zyklisch → maximale Schnelligkeit
– 5 %	Ermüdung
	Shaping → anaerobe alaktizide Leistungsfähigkeit
– 10 %	Ermüdung
	Shaping → anaerobe alaktizide Kapazität
≥ 10 %	Ermüdung
	Shaping → laktizide Leistungsfähigkeit

Tab. 4.76 Richtlinie für die Rehabilitation der motorischen Grundeigenschaft Ausdauer bei Explosivsportlern, bei denen das laktische Energiesystem im Vordergrund steht

Schritt 1	Aufbau bis T-D → „Bottom-up“
Schritt 2 a	Aufbau laktischer Ausdauer → „Bottom-up“ ▪ laktische Kapazität → extensive Intervallmethode ▪ laktische Kapazität → intensive Intervallmethode
Schritt 2 b	→ „Top-down“ ▪ idem Explosivsport (alaktisch **Tab. 4.75**)

Am Ende der Rehabilitation spielen vor allem die motorischen Grundeigenschaften Kraft, Ausdauer und Schnelligkeit eine wichtige Rolle bei der Optimierung der Belastbarkeit des Sportlers. Eine allgemeine Richtlinie für das Training der Grundeigenschaft Kraft bei Explosivsportlern zeigt **Tab. 4.74**.

Für das Training der motorischen Grundeigenschaft Ausdauer bei Explosivsportlern können andere allgemeine Richtlinien gelten. Es ist Aufgabe des Sportphysiotherapeuten zu bestimmen, ob das alaktische oder das laktische Energiesystem für die sportliche Leistung ausschlaggebend ist.

Wenn das alaktische Energiesystem im Vordergrund steht, lautet die allgemeine Richtlinie wie in **Tab. 4.74** beschrieben.

Wenn das laktische Energiesystem im Vordergrund steht, wird die Rehabilitation wie in **Tab. 4.75** angegeben aufgebaut.

Als Letztes kommt in der Rehabilitation die Grundeigenschaft Schnelligkeit an die Reihe. Eine allgemeine Richtlinie für Explosivsportler lautet wie folgt:

Tab. 4.77 Rehabilitationsziel für Explosivsportler, bei denen Ermüdung eine wichtige Rolle spielt

Motorische Grundeigenschaft	Rehabilitations-formen	Rehabilitations-methode
Koordination	Shaping	Shaping
Mobilität	spezifisches Training	spezifisches Training
Kraft	Rekrutieren in Schnelligkeit	Plyometrie
Ausdauer	anaerobe laktische Leistungsfähigkeit	Top-down-Prinzip
Schnelligkeit	Beschleunigung	Wiederholungs-methode/ variable Methode

Tab. 4.78 Rehabilitationsziel bei Explosivsportlern, bei denen Ermüdung keine wichtige Rolle spielt

Motorische Grundeigenschaft	Rehabilitations-formen	Rehabilitations-methode
Koordination	spezifisches Training	spezifisches Training
Mobilität	spezifisches Training	spezifisches Training
Kraft	Rekrutieren in Schnelligkeit	Plyometrie
Ausdauer	anaerobe alaktische Leistungs-fähigkeit	Top-down-Prinzip
Schnelligkeit	maximale Schnelligkeit	Wiederholungs-methode/ variable Methode

- Aufbau Laufen
  - Walking
  - Brisk Walking
  - Jogging
  - Running
- Koordination/Lauftechnik
  - Lauf-Abc (für Streck- und Treibkette)
  - Frequenztraining
- Steigerungslaufen
  - kontrollierte Schnelligkeit
  - zyklisch (lang) → azyklisch (kurz)
  - Beschleunigung → maximale Schnelligkeit → Schnelligkeitsausdauer
  - variable Methode

Am Ende der Rehabilitation müssen Explosivsportler bestimmte Voraussetzungen erfüllen, um ihren Sport wieder ausüben zu können (**Tab. 4.77**, **Tab. 4.78**).

Wenn keine Verletzung vorliegt und das Ziel der Rehabilitation in erster Linie die Erhöhung der Leistung ist, wird das Training von Kraft, Ausdauer und Schnelligkeit anders aufgebaut.

Tab. 4.79 Allgemeine Richtlinie für den Trainingsaufbau für die motorische Grundeigenschaft Kraft bei einem gesunden Explosivsportler

Kraft als Basis für Leistungsfähigkeit; Aufbau: parallel	
VP-1	max. Kraft + konzentrisches Beschleunigen + exzentrisches Abbremsen
VP-2	Schnellkrafttraining (allg.) + Vordehnung (Prestretch)
VP-3	Schnellkraft-Krafttraining (allg.) + Plyometrie
WP	Schnellkraft-Krafttraining (allg.) + Plyometrie (komplexe Struktur)

Tab. 4.80 Eine allgemeine Richtlinie für den Aufbau des Ausdauertrainings bei einem gesunden Explosivsportler, bei dem der Schwerpunkt auf dem alaktischen Energiesystem liegt

VP-1	aerobe Ausdauer T-D in Intervallsystem
VP-2	anaerobe alaktische Ausdauer anaerobe alaktische LF und Kapazität
VP-3	anaerobe laktische Ausdauer anaerobe laktische LF
WP	spezifische Ausdauer in komplexer Form

Tab. 4.81 Eine allgemeine Richtlinie für den Aufbau des Ausdauertrainings bei einem gesunden Explosivsportler, bei dem der Schwerpunkt auf dem laktischen Energiesystem liegt

VP-1	aerobe Ausdauer T-D in Intervallsystem anaerobe laktische Ausdauer anaerobe laktische Kapazität
VP-2	anaerobe laktische Ausdauer anaerobe laktische Kapazität → LF anaerobe alaktische Ausdauer anaerobe alaktische LF und Kapazität
VP-3 und WP	wie Explosivsport (alaktisch)

Tab. 4.82 Eine allgemeine Richtlinie für den Aufbau des Schnelligkeitstrainings bei einem gesunden Explosivsportler

Zyklische Explosivsportarten, mindestens 3 Bewegungen (z. B. Strecke von 5 m)	
VP-1	Vorbereitung z. B. Technik, Steigerungslaufen und Frequenz
VP-2	alle Erscheinungsformen von Schnelligkeit über inkurante Distanzen und Zeiten
VP-3	alle Erscheinungsformen von Schnelligkeit über kurante Distanzen und Zeiten
WP	alle Erscheinungsformen von Schnelligkeit

Für die Kraft sieht der Aufbau aus, wie in **Tab. 4.79** dargestellt. Für Ausdauer sieht der Aufbau aus, wie in **Tab. 4.80** und **Tab. 4.81** dargestellt.

Als Letztes folgt der Aufbau des Schnelligkeitstrainings bei einem gesunden Sportler (**Tab. 4.82**).

Nach der Analyse und der Wahl der Standardrehabilitations- und/oder Trainingssysteme müssen diese Sys-

teme in konkrete Trainingsprogramme/Protokolle auf Mikroniveau umgesetzt werden (In der Rehabilitation bedeutet Mikroniveau ein Programm für einen Tag, im Sport hingegen ein Programm für ein bis zu 3 Wochen!). Auf diese Weise kann der ganze Rehabilitationsprozess schon im Voraus mehr oder weniger detailliert ausgearbeitet, in einzelne Schritte unterteilt und der ideale Verlauf der Rehabilitation skizziert werden.

Im Prinzip ist die Sportrehabilitation ein Prozess des Ausprobierens, bei dem das zu einem bestimmten Schritt des im Voraus ausgearbeiteten Stufenplans gehörende Protokoll ausgeführt wird. Wird dieser Schritt erfolgreich absolviert, kann der nächste Schritt geplant werden, falls nicht, muss so lange auf diesem Niveau weitertrainiert werden, bis sich der Erfolg einstellt.

Diese Arbeitsweise hat zum Ziel, den Rehabilitationsprozess für alle Beteiligten transparent zu machen, damit die tatsächliche momentane Situation mit dem im Stufenplan skizzierten idealen Verlauf der Rehabilitation verglichen werden kann.

Auf diese Weise kann genau kontrolliert werden, ob die Rehabilitation nach Plan verläuft, und falls das nicht der Fall ist, kann sofort „der Finger auf die Wunde“ gelegt werden.

Außerdem ist es so möglich, eine fundierte Prognose in Bezug auf die Wiederaufnahme der Sportausübung zu stellen.

Zusammenfassung

In seiner täglichen Arbeit hat der Sportphysiotherapeut mit vielen unterschiedlichen Patienten zu tun. Die wichtigsten Zielgruppen sind inaktive Menschen, Menschen mit chronischen Krankheiten und Sportler. Das Niveau, auf dem mit der Rehabilitation begonnen wird, wird durch die sportphysiotherapeutische Untersuchung und sportmotorische Tests bestimmt. Für die Zusammenstellung des Rehabilitationsprogramms muss ermittelt werden, welche kurz-, mittel- und langfristigen Ziele realistisch sind. Die Rehabilitationsziele betreffen vor allem die Funktions-, Aktivitäts- und Partizipationsebenen; welche Bewegungshandlungen muss ein Patient am Ende der Rehabilitation im gesellschaftlichen Leben wieder ausführen können und was ist dafür nötig in Bezug auf Mobilität, Kraft, Ausdauer und Schnelligkeit? Bei der Analyse des Ziels auf der Funktionsebene ist die Analysekarte ein effektives Hilfsmittel. Nach Festlegung des Anfangsniveaus und der Ziele der Rehabilitation kann die „Reise“ durch die verschiedenen motorischen Grundeigenschaften und die mit ihnen assoziierten Rehabilitationsmethoden beginnen. Das allem übergeordnete Ziel ist die (Wieder-)erlangung der Fähigkeit, ADL, Beruf, Hobby und Sport optimal auszuüben.

Literatur

ACSM. ACSM’s guidelines for exercise testing and prescription. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2009.

Bulley C, Donaghy M, Coppoolse R, Bizzini M, van Cingel R, DeCarlo M, Dekker L, Grant M, Meeusen R, Phillops N, Risberg M. Sports Physiotherapy Competencies and Standards. Sports Physiotherapy For All Project; 2005.

de Morree JJ. Dynamiek van het menselijk bindweefsel. Houten/Diegem: Bohn Stafleu van Loghum; 2003.

Fox, Bowers, Foss. Fysiologie voor lichamelijke opvoeding, sport en revalidatie. 12. Auflage. Utrecht: De tijdstroom; 1996.

Haskell WL, I-Min L, Pate RR, Powell KE, Steven N, Blair FBA, Macera CA, Heath GW, Thompson PD, Bauman A. Physical Activity and Public Health: Updated Recommendation for Adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. Medicine and Science in Sports and Exercise 2007; 39(8):1423–1434.

Internationale Klassifikation der menschlichen Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit (ICF); 2005.

Mosterd WL, Bol E, Vries WRD. Bewegen gewogen: Literatuurstudie naar de gezondheidswinst van lichamelijke activiteit. Utrecht: Rijksuniversiteit; 1996.

Stiggelbout M, Westhoff MH, Mulder YM, Ooijendijk WTM, Hildebrandt VH, Baken W. De gezondheidswaarde van lichamelijke activiteit: Een literatuurstudie. Leiden: TNO Preventie en Gezondheid; 1998.

van den Berg R. ESP Handboek sportwetenschappen. Interne publicatie; 2005.

World Health Organisation (WHO), Department of Health, National Institute for Clinical Excellence; 2004.

4.4 Stufenplan für Rehaprogramme

Harald Bant, Martin Ophey

In den vergangenen Jahren erlangten Sportphysiotherapeuten zunehmend komplexere Rollen. Dies steht in Zusammenhang mit einer ganzen Reihe von Entwicklungen innerhalb der Sportphysiotherapie.

Durch die zunehmende Professionalisierung dieser Fachrichtung und die vermehrte Nachfrage nach evidenzbasierter Praxis müssen die Sportphysiotherapeuten ihr Handeln womöglich mit Hinweisen aus wissenschaftlichen Studien untermauern. Dies verlangt neue Fertigkeiten, denn Lesen und Interpretieren wissenschaftlicher Arbeiten sind für einen Sportphysiotherapeuten nicht einfach. Zudem muss der Sportphysiotherapeut die wissenschaftlichen Ergebnisse auf das klinische Setting und den individuellen Patienten übertragen.

Durch die zunehmende Spezialisierung, die nicht nur die Sportphysiotherapie, sondern auch andere Disziplinen betrifft, die mit Sportlern arbeiten, werden die Anforderungen an eine multi-, inter- und transdisziplinäre

Versorgung immer größer (s. Kap. 1.3). Für den Sportphysiotherapeuten bedeutet dies, nicht nur das Wissen und Verständnis um die Möglichkeiten des eigenen, sondern auch der anderen Fachgebiete mitzubringen. Einblicke in Organisationsstrukturen, die verschiedenen Rollen, die die unterschiedlichen Disziplinen innerhalb der interdisziplinären Teamarbeit ausfüllen, und die Abstimmung der verschiedenen Interventionen aufeinander sind eine komplexe Aufgabe.

Die Zielgruppen des sportphysiotherapeutischen Spezialwissens werden immer größer. Neben den Sportlern hat der Sportphysiotherapeut 2 weitere Zielgruppen: erstens Menschen mit einer inaktiven Lebensweise. Die Bedeutung der Gesundheit in unserer heutigen Gesellschaft hat dazu geführt, dass Menschen mit einer inaktiven Lebensweise nach einem aktiveren Lebensstil streben. Eine Möglichkeit für diese Gruppe ist es, wieder Sport zu treiben. Man geht davon aus, dass ein aktiverer Lebensstil chronischen Erkrankungen wie Herzbeschwerden, Diabetes, Depression und Krebs vorzubeugen vermag. Er hat zudem einen positiven Effekt auf das psychische Wohlbefinden und verhindert Krankschreibungen und eine Abnahme der Produktivität (WHO 2004). Zweitens sieht sich der Sportphysiotherapeut immer öfter Menschen gegenüber, bei denen bereits eine chronische Krankheit diagnostiziert wurde. Durch das Älterwerden unserer Gesellschaft und den immer noch vorherrschenden inaktiven Lebensstil steigt die Zahl der chronisch Kranken stark an. Wichtige Beispiele hierfür sind Diabetes, Osteoporose und Arthrose. Inzwischen geht man davon aus, dass es nie zu spät ist, mit Bewegung zu beginnen. Das gilt gewiss für Menschen mit einer derartigen chronischen Erkrankung. Unter dem Motto „Training ist Medizin“ spielt der Sportphysiotherapeut auch für diese Zielgruppe eine wichtige Rolle. Früher wurde die Sportphysiotherapie vor allem auf dem Gebiet der tertiären Prävention eingesetzt, was bedeutet, eine weitere Schädigung bei Personen zu verhindern, die bereits Beschwerden haben. In den vergangenen Jahren bewegte sich die Sportphysiotherapie jedoch immer weiter in Richtung der primären und sekundären Prävention (Senten et al. 2003). Primäre Prävention ist die Vorbeugung von Krankheiten, ohne dass gesundheitliche Beschwerden vorliegen. Sekundäre Prävention bezeichnet das frühzeitige Erkennen und Behandeln von Risikofaktoren oder einer Krankheit, bevor daraus Symptome erwachsen.

Es gibt auch eine Kehrseite der Entwicklung hin zu mehr Bewegung und aktiver Teilnahme in Sportvereinen, Fitnesszentren und Freizeitclubs, nämlich die stark gestiegene Zahl von Sportverletzungen (Petridou 2000).

Aus der Untersuchung von Petridou geht hervor, dass in der EU jährlich 60 % der Sportler medizinische Hilfe benötigen. Zudem sterben jährlich 700 Sportler und rund 700 000 Sportler werden jährlich nach einer Sportverletzung in einem Krankenhaus untergebracht. Die daraus erwachsenden Kosten belaufen sich auf über 10 Milliarden Euro. Man geht immer noch davon aus, dass der Mehrwert der Bewegung für die Volksgesundheit höher einzustufen ist als die durch die große Zahl von Sportverletzungen entstandenen Kosten. Das entlastet natürlich nicht von der Verpflichtung, Präventivmaßnahmen gegen die hohen Verletzungsraten zu entwickeln.

Durch die erwähnten Entwicklungen in der Sportphysiotherapie und die gestiegene Verletzungsrate werden in der Sportphysiotherapie die Verletzungsbehandlung, Verletzungsprävention und deren wissenschaftliche Untermauerung immer wichtigere Themen.

4.4.1 Kompetenzprofil in der Sportphysiotherapie

Sowohl im NVFS-Kompetenzprofil (Hullegie 2007) als auch im SPA-Kompetenzprofil (Bulley et al. 2005) wird die Bedeutung von Behandlung, Prävention und wissenschaftlichem Reasoning beschrieben.

Aufgaben des Sportphysiotherapeuten laut NVFS-Kompetenzprofil: Er

- bestimmt die Arbeitsweise, den zeitlichen Ablauf und die Strategie entsprechend den verschiedenen Heilungsphasen, wählt die Behandlungsformen, Hilfsmittel und Trainingsformen unter Berücksichtigung der Belastbarkeit; die Zielsetzungen sind auf die Wünsche des Patienten abgestimmt.
- wendet die Interventionen methodisch, zielgerichtet, effizient und effektiv an, wählt die Interventionen auf Grundlage der am besten verfügbaren Hinweise und bestimmt die Mittel sowie den Zeitraum, um die ausgewählte Intervention zu evaluieren, wobei er unter anderem die in nationalen oder internationalen Richtlinien beschriebene Klinimetrie verwendet.

Aufgaben des Sportphysiotherapeuten laut SPA-Kompetenzprofils: Er

- designt und implementiert evidenzbasierte Ausdauer-, Kraft- und Dehnungsprogramme, die speziell auf das Individuum, die Verletzung und das sportliche Rollendesign bezogen sind, und implementiert individualisierte und evidenzbasierte Programme zur Verbesserung der neuromuskulären Kontrolle; dabei werden Prinzipen der Aneignung von Fertigkeiten angewendet, (z. B. statische, dynamische, reaktive oder präparatorische Techniken).
- entwirft Trainingsmethoden zur Erhaltung der Fitness und Funktion der nichtbetroffenen Körperpartien in der Erholungsphase (z. B. metabolisches Training und visuelle Imaginationstechniken).

Dieser Vergleich zeigt, dass die Methodik in der sportphysiotherapeutischen Behandlung und ihr evidentes Funda-

ment wichtige Pfeiler des therapeutischen Handelns sind. Dieses Kapitel beschreibt einen methodischen Stufenplan für das evidenzbasierte Zusammenstellen der sportphysiotherapeutischen Behandlung durch die Präsentation eines Stufenplans für Reha-behandlungen.

In diesem Abschnitt wird der Zusammenhang zwischen methodischem Handeln, Evidence-based Practice (EBP) und Clinical Reasoning (CR) aufgezeigt. Der hier präsentierte Zusammenhang ist bereits unter dem Namen „Case Study Model" veröffentlicht worden (Beenen et al. 2007). Den Autoren zufolge ist dieses Modell geeignet, die Entscheidungsfindung beim einzelnen Patienten im klinischen Alltag transparent zu machen. Dazu sind 3 verschiedene Ebenen in der Entscheidungsfindung nötig:

- sportphysiotherapeutischer Qualitätszyklus (Ebene 1)
- Inventarisierung von Evidenzquellen (Ebene 2)
- Clinical Reasoning (Ebene 3)

4.4.2 Die 3 Ebenen der Entscheidungsfindung

Ebene 1: sportphysiotherapeutischer Qualitätszyklus

Das sportphysiotherapeutische Handeln kann in 2 Phasen unterteilt werden: die diagnostische und die therapeutische Phase.

- In der diagnostischen Phase durchläuft der Physiotherapeut die folgenden 6 Stufen: Screening, Anmeldung, Anamnese, körperliche Untersuchung, Analyse und physiotherapeutische Diagnose.
- Die therapeutische Phase hat 4 Stufen: Behandlungsplan, Behandlung, Evaluation und Abschluss der Behandlung (van der Zanden 2001).

Tatsächlich ist der Qualitätszyklus (**Abb. 4.70**) in beiden Phasen geschlossen, wie von Langley beschrieben. Kennzeichnend für einen solchen Qualitätszyklus ist der Ablauf Planen – Tun – Prüfen –Handeln (Langley 1992). Insgesamt kommt es darauf an, dass man diesen Zyklus einhält:

- Plan auf Grundlage der Analyse erstellen (Planen)
- Plan tatsächlich umsetzen (Tun)
- Ergebnisse der Ausführung evaluieren und den Plan gegebenenfalls anpassen (Prüfen)
- angepassten Plan wieder ausführen (Handeln)

Die eigene Erfahrung zeigt, dass sich Sportphysiotherapeuten meistens auf die zweite Stufe „tun" konzentrieren, ohne dass dem ein gut ausgearbeiteter Plan für das Handeln zugrunde läge. Zudem fällt auf, dass die dritte Stufe „prüfen" eher belastend ist. Was evaluiert man und wie? Der Grund für die nichtsystematische Evaluation der Behandlungen ist, dass das Ergebnis womöglich zeigt, dass der eingeschlagene Behandlungsweg nicht der richtige war und der ursprüngliche Plan angepasst werden muss. Die Implementierung des hier beschriebenen Stufenplans kann die Zweckmäßigkeit und die Treffsicherheit der sportphysiotherapeutischen Intervention erhöhen. Bevor die 9 Stufen des methodischen Handelns

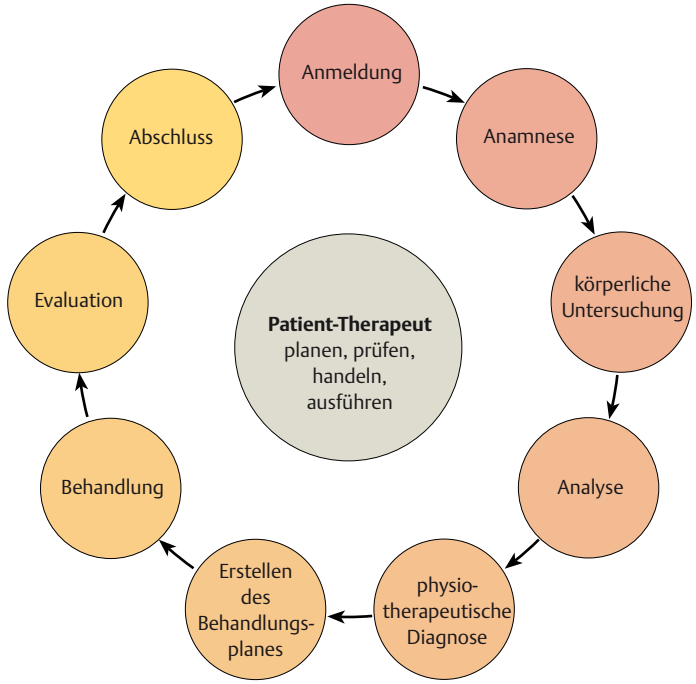


Abb. 4.70 Sportphysiotherapeutischer Qualitätszyklus.

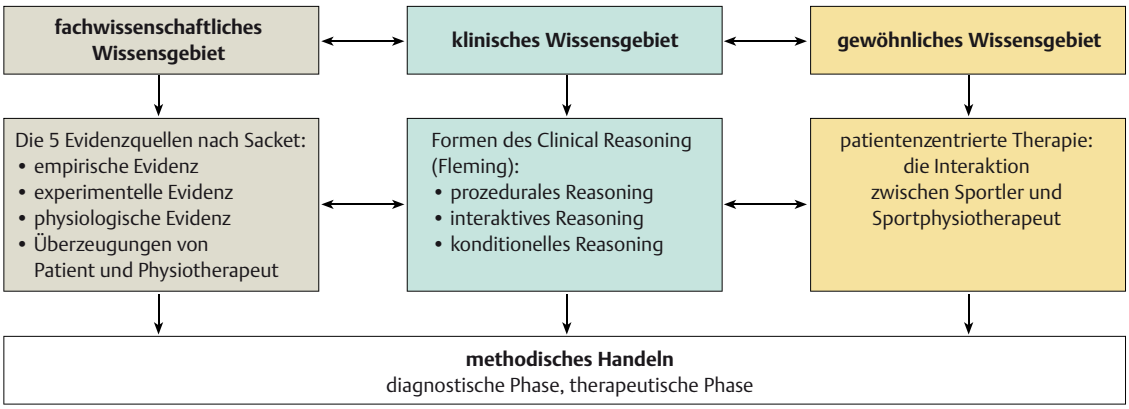


Abb. 4.71 Flussdiagramm der physiotherapeutischen Intervention.

in der Sportphysiotherapie dargestellt werden, folgt noch eine grobe Beschreibung der zweiten und dritten Ebene der Entscheidungsfindung, wie im Case Study Model beschrieben (**Abb. 4.72**).

In jeder Phase des Qualitätszyklus verbergen sich unzählige explizite und implizite sportphysiotherapeutische Entscheidungen. Um diese Entscheidungen zu identifizieren und zu illustrieren, werden 2 weitere Ebenen quasi unter der Oberflächenstruktur platziert – die „Inventarisierung der 5 Evidenzquellen" und das „Clinical Reasoning" (**Abb. 4.71**).

Ebene 2: Inventarisierung der 5 Evidenzquellen (Evidence-based Practice)

Klinische Entscheidungen im Praxisalltag sind vor allem eines: eine implizite Mischung aus Überzeugungen, Erfahrung und Intuition. In der heutigen Zeit wird von Fachleuten im Gesundheitswesen jedoch erwartet, dass ihre Entscheidungen ausdrücklich (explizit) sind und auf den Ergebnissen von wissenschaftlichen Untersuchungen beruhen (Evidence-based Practice).

David Sackett ist der Begründer der evidenzbasierten Praxis und hat dies frei übersetzt so definiert: „Evidence-based Practice ist der gewissenhafte, ausdrückliche und vernünftige Gebrauch der gegenwärtig besten externen, wissenschaftlichen Evidenz für Entscheidungen beim individuellen Patienten" (Straus et al. 2005). Kein Wunder, dass Physiotherapeuten in die Defensive gehen und sich fragen, ob dies eine Chance oder eine Bedrohung für ihren Berufsstand ist (Hüter-Becker 2000). Tatsache ist jedoch, dass nach wie vor viele Entscheidungen im klinischen Alltag nicht auf Evidence-based Practice, sondern auf Meinungen des einzelnen Therapeuten beruhen (Opinion-based Practice, Marks 2002).

Marks (2002) erklärt weiterhin, dass der Veränderungsprozess weg von der Opinion-based practice hin zur Evidence-based Practice ein langer und beschwerlicher Weg ist. Das könnte sowohl mit kleinen Übersetzungsfehlern als auch mit einer Interpretationsschwierigkeit der EBP-Definition zu tun haben.

Übersetzungsfehler deshalb, weil „evidence" nicht „objektive Tatsache", sondern nur „Hinweis" bedeutet. Interpretationsschwierigkeiten ergeben sich, wenn man sich nur an der Evidenz (lies: Hinweisen) aus wissenschaftlichen Untersuchungen orientiert und dabei die anderen Evidenzquellen vergisst. Tonelli (2001) hat die Evidenzquellen folgendermaßen differenziert:

- empirische Evidenz: Erfahrungswissen des Physiotherapeuten
- experimentelle Evidenz: Resultate aus wissenschaftlichen Untersuchungen
- physiologische Evidenz: Basis- oder Hintergrundwissen aus Physiologie, Pathologie, Biomechanik, Anatomie, Trainingswissenschaften usw.
- Überzeugungen von Patient und Physiotherapeut: Es geht sowohl um die subjektive Krankheitstheorie des Patienten (Leventhal et al. 1984) als auch um Überzeugungen des Physiotherapeuten, inwieweit physiotherapeutische Maßnahmen von Nutzen sind
- Rahmenbedingungen: Welche (Un-)Möglichkeiten bietet das Gesundheitswesen in Bezug auf die Anzahl der Behandlungen, Therapieformen usw.? Aber auch die Frage, wie voll der Therapieplan der Praxis ist, kann die Entscheidung beeinflussen, ob man einen Patienten behandelt oder nicht.

Aber auch Tonelli kommt zu dem Schluss, dass diese 5 verschiedenen Evidenzquellen bei jedem einzelnen Patienten aufs Neue abgewogen werden müssen, um zu einer gewissenhaften, ausdrücklichen und vernünftigen klinischen Entscheidung zu kommen (Tonelli 2001). Es wird aber weder durch Sackett et al. (2000) noch durch Straus et al. (2005) oder Tonelli (2001) erklärt, wie diese Ent-

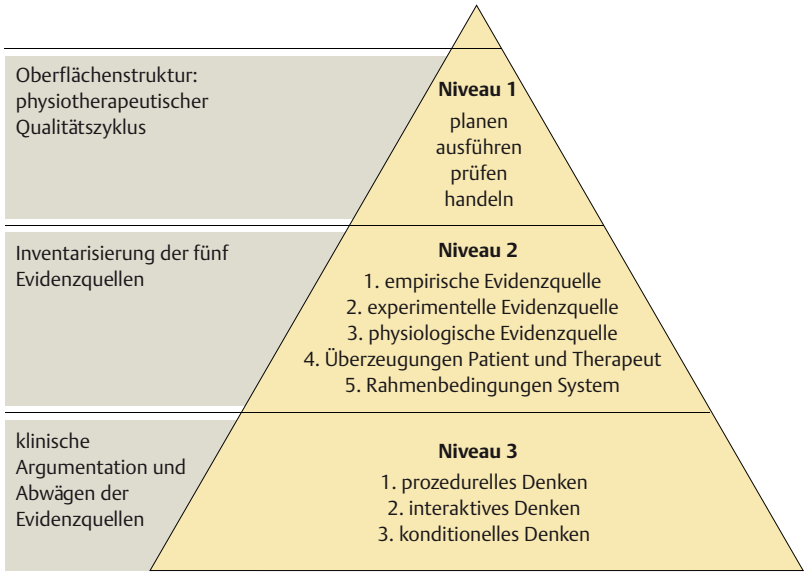


Abb. 4.72 Case Study Model.

scheidungsfindung und Abwägung von Evidenzquellen beim einzelnen Patienten vonstatten geht.

(Sport-)Physiotherapeuten sollten in der Lage sein, die verschiedenen Quellen auszuschöpfen. Traditionsgemäß ist dies bei der „empirischen Evidenz" relativ unproblematisch. Die ältere Generation der Physiotherapeuten ist so ins Fach „gewachsen". Die „Meister-Geselle-Beziehung" war der Nährboden für das Übertragen von implizitem, fachlichem Erfahrungswissen. Dieses Wissen ist und bleibt eine reiche Evidenzquelle. Die Herausforderung liegt allerdings im Explizieren von klinischen Entscheidungen und im Relativieren dieses physiotherapeutischen Erfahrungswissens. Es muss unter anderem für die „experimentelle Evidenz" Raum geschaffen werden. Dazu müssen wir in der Lage sein, beantwortbare Fragen zu stellen.

Wie durch Tonelli (2001) klassifiziert, spielt neben der empirischen und experimentellen Evidenzquelle bei der (sport-)physiotherapeutischen Entscheidungsfindung auch die physiologische Evidenzquelle eine wichtige Rolle. In den letzten 20 Jahren hat sich eine exponentielle Zunahme von fundamentalwissenschaftlichen Untersuchungen in verwandten Disziplinen vollzogen. Zurzeit erreicht das daraus resultierende neu gewonnene Basiswissen zu langsam die physiotherapeutische Praxis. Die Fort- und Weiterbildungsprogramme zum Sportphysiotherapeuten sind gespickt mit Fächern wie Wundheilung, Bindegewebsphysiologie und Trainingswissenschaften.

Bei der klinischen Entscheidungsfindung spielen auch Überzeugungen sowohl des Patienten als auch des Physiotherapeuten eine große Rolle.

Ebene 3: Clinical Reasoning (klinische Argumentation)

Die Evidenzquellen sollten als Ursprünge der physiotherapeutischen Entscheidungsfindung verstanden werden. Das von Tonelli (2001) geforderte Abwägen von Evidenzquellen findet auf der dritten Ebene der Pyramide statt. Klinisches Argumentieren ist ein integraler Bestandteil des physiotherapeutischen Denkprozesses (Higgs 1992). (Sport-)Physiotherapeuten sollten dabei versuchen, zwar den Inhalt der 5 Evidenzquellen und den Denkprozess voneinander zu unterscheiden – aber nicht zu trennen. Das Unterscheiden von Inhalt und Prozess hilft, die klinische Entscheidungsfindung ausdrücklich („explizit") und daher auch für Außenstehende nachvollziehbar und reproduzierbar darzustellen. Es ist jedoch nicht möglich, Inhalt und Prozess voneinander zu trennen – diese nicht wünschenswerte Reduktion der Komplexität führt unwiderruflich zum Verlust von Bedeutungen und Schlussfolgerungen des einzelnen Physiotherapeuten.

Wenn es darum geht, die Evidenzquellen und das Clinical Reasoning darzustellen, ist das dreischichtige Modell sehr hilfreich (**Abb. 4.72**). Das Abwägen der 5 verschiedenen Evidenzquellen erfolgt auf der untersten Ebene der Pyramide, dem Prozess des Clinical Reasoning (klinische Argumentation). Fleming (1994) unterscheidet 3 verschiedene Formen des Clinical Reasoning: prozedurales, interaktives und konditionelles Denken. Alle 3 Formen sind relevant beim Inventarisieren der Evidenzquellen und somit bei der klinischen Entscheidungsfindung.

Prozedurales Denken. Prozedurales Denken ist für die meisten Physiotherapeuten eine bekannte Strategie. In der Vergangenheit wurde dieses Denken auch beschrie-

ben als hypothetisch-deduktives Denken, Problemlösungsdenken (problem solving), Bilden von Algorithmen, Erkennen von klinischen Mustern (pattern recognition) oder auch als das HOAG-Modell von Rothstein, das eine Kombination von hypothetisch-deduktivem Denken und einem Algorithmus darstellt (Gillardon u. Zipp 2002). In Kapitel 1.2 dieses Buches wird das RPS-Modell besprochen. Auch dieses Modell gliedert sich in die Reihe von prozeduralem Denken ein. Bei allen prozeduralen Denkstrategien geht es mehr oder weniger darum, Hypothesen zu generieren, diese zu testen und anschließend zu verwerfen bzw. zu bestätigen:

- Schlüsselreiz generieren
- Hypothese bilden
- Schlüsselreiz interpretieren und
- Hypothese evaluieren

Erfolgreiche Physiotherapeuten sammeln in ihrem diagnostischen Prozess mehr Schlüsselreize als weniger erfolgreiche Physiotherapeuten, äußern hingegen mithilfe ihres klinischen Denkens nicht mehr Hypothesen als ihre weniger erfahrenen Kollegen (Fleming 1994). Versierte Physiotherapeuten formulieren außerdem schneller ihre ersten Hypothesen als weniger erfolgreiche und beginnende Physiotherapeuten (Doody u. McAteer 2002).

Das prozedurale Denken ist insbesondere notwendig, wenn (Sport-)Physiotherapeuten die körperlichen Dimensionen der Gesundheitsprobleme ihrer Patienten erfassen wollen. Wenn es also darum geht, die experimentelle und physiologische Evidenzquelle zu inventarisieren und sich mit den „Rahmenbedingungen" auseinanderzusetzen, ist das prozedurale klinische Denken das geeignete Mittel.

Interaktives Denken. In der Physiotherapie setzen wir uns oftmals nicht mit der Krankheit, sondern mit der (erkrankten) Person auseinander. Diese bedeutungsvolle Strategie ist Teil eines anderen Wissenschaftsparadigmas – der Phänomenologie.

Interaktives klinisches Denken spielt eine wichtige Rolle, wenn Physiotherapeuten nicht nur die körperliche Dimension der Gesundheitsprobleme ihrer Patienten „erklären" wollen, sondern wenn sie die *Person* besser „verstehen" möchten. Interaktives Denken generiert eine gemeinsame Sprache und sorgt für eine bedeutungsvolle Verständigung zwischen Therapeuten und Patienten. Fleming (1994) beschreibt dies mit *interpersoneller Intelligenz*. Dieses gemeinsame Verstehen setzt voraus, dass Physiotherapeuten über ein gewisses Maß an Selbstkenntnis verfügen. Rein technisches Fachwissen sollten sie automatisiert und relativiert haben und somit Konzentration und Aufmerksamkeit erübrigen können, um sich mit der Person des Patienten auseinanderzusetzen. Dies fällt vielen Praktikanten, aber auch Kollegen in den ersten Berufsjahren eher schwer.

Konditionelles Denken. Konditionelles klinisches Denken bezieht sich auf die Fähigkeit von Physiotherapeuten, alle individuellen Aspekte der Person in einem zeitlichen Zusammenhang in die Therapie mit einfließen zu lassen. Es geht hierbei um die Vergangenheit, aber auch um Erwartungen der Patienten für die Zukunft.

4.4.3 Methodisches Handeln des Sportphysiotherapeuten

Im vorigen Abschnitt wurde gezeigt, dass der Sportphysiotherapeut auf jeder Stufe des sportphysiotherapeutischen Qualitätszirkels die Bestände der verschiedenen Evidenzquellen und die klinischen Argumentationen nutzen sollte. Das sportphysiotherapeutische methodische Handeln besteht aus einer diagnostischen und einer therapeutischen Phase. In beiden geht der Sportphysiotherapeut verschiedene methodische Schritte. Weiter unten wird jeder methodische Schritt des sportphysiotherapeutischen Qualitätszirkels beschrieben.

Screening

„In den Niederlanden gibt es seit 2006 einen direkten Zugang, was bedeutet, dass der Patient ohne Überweisung des Hausarztes den Kontakt zu einem Physiotherapeuten herstellen kann. Von dem Physiotherapeuten wird erwartet, dass er bei Patienten, die ohne Überweisungsschein kommen, zunächst ein Screening durchführt. Der niederländische Berufsverband der Physiotherapeuten hat das Screening wie folgt definiert: Das Screening ist ein Prozess, der den Physiotherapeuten zu der Entscheidung führt, ob eine weitere physiotherapeutische Untersuchung indiziert ist. Beim Screening wird mithilfe zielgerichteter Fragen, Tests oder anderer diagnostischer Maßnahmen in einem begrenzten Zeitraum ermittelt, ob die vorhandenen Beschwerden und Symptome in das Aufgabengebiet des Physiotherapeuten fallen oder nicht" (KNGF, Screeningprozess, Beroepsprofiel 2005).

Der Screeningprozess setzt sich aus einer Reihe von Unterschritten zusammen. Am Anfang steht die Anmeldung des Patienten. Während dieses Screenings wird zunächst das Hilfsbegehren des Patienten inventarisiert. Es schließt sich eine Analyse des Beschwerdebildes des Patienten an, um ein mögliches Muster im Beschwerdebild zu erkennen. Wenn der Physiotherapeut ein Muster erkennt, besteht die Indikation für die vertiefende Anamnese und Untersuchung. Ist ihm das Muster nicht bekannt oder handelt es sich um ein Muster mit einem untypischen Verlauf, wenn das Muster zwar bekannt ist, aber eines oder mehrere Symptome abweichen und schließlich wenn möglicherweise Alarmzeichen vorliegen, wird dem Patienten empfohlen, den Hausarzt zu kontaktieren (Arnold 2005). Die Grundlage für diesen Aufbau des Scree-

nings ist das Prinzip „nicht bekannt = nicht fähig = nicht befugt“ (Hagenaars u. Bos 2006).

Der Sportphysiotherapeut muss sich fragen, ob er das klinische Beschwerde- und Symptombild in sein Wissensspektrum einordnen kann („Ist mir das vertraut?“). Ist das nicht der Fall, ist er zwangsläufig auch nicht fähig, weiter zu intervenieren, und somit gesetzlich auch nicht befugt. Eine andere denkbare Situation ist, dass dem Sportphysiotherapeuten zwar das klinische Bild bekannt ist, er sich aber selbst zu intervenieren nicht für fähig erachtet. Auch in diesem Fall hat er keine gesetzliche Befugnis.

Das genannte Prinzip sollte für jeden Sportphysiotherapeuten bei jedem Screening und für jeden Patienten gelten. Ein Beispiel kann dies verdeutlichen.

Beispiel

Ein Fußballspieler mit akuten Rückenbeschwerden meldet sich ohne hausärztliche Überweisung in einer bestimmten Praxis zur Physiotherapie an. Für den Folgetag erhält er einen Termin zum Screening und der Sportphysiotherapeut empfängt ihn. Der Fußballer möchte wissen, was genau mit seinem Rücken los ist und ob er Fußball spielen kann und darf. Der Sportphysiotherapeut analysiert das Beschwerdebild und fasst es folgendermaßen zusammen: Der 17-jährige Fußballer erlebt zum ersten Mal Rückenschmerzen. Ihre Ursache war ihm völlig unklar, als er morgens damit erwachte. Zu Beginn waren die Rückenschmerzen zwar nicht so schlimm, wurden aber in den folgenden 4 Wochen eher stärker als schwächer. Abgesehen von den Rückenschmerzen fühlt er sich gut. Die Schmerzen sind vor allem im unteren Rücken lokalisiert und strahlen manchmal etwas ins Gesäß aus. Es gibt keine neurologischen Symptome wie Parästhesien oder motorische Ausfallerscheinungen. Die Beschwerden treten vor allem dann auf, wenn er längere Zeit auf einem Stuhl gesessen hat oder sich bückt.

Die Folgerung des Sportphysiotherapeuten lautet: bekanntes Muster unspezifischer tiefer Rückenbeschwerden mit einem abweichenden Verlauf und eventuell Hinweisen auf Alarmzeichen. Trotz der Tatsache, dass alle Beschwerden, die der Fußballer beklagt, auf unspezifische Rückenbeschwerden hinweisen – besonders lumbosakral lokalisiert, mechanischer Schmerz und der Patient fühlt sich gut (Waddell 1994) –, gibt es 2 Aspekte, die für einen abweichenden Verlauf sprechen. Erstens bestehen die Beschwerden bereits seit 4 Wochen und sind eher zu- als abnehmend. Man spricht von einem abweichenden Verlauf, wenn die Beschwerden innerhalb von 3 Wochen nicht abnehmen und Aktivitäten nicht zunehmen (KNGF-Richtlinie unterer Rücken 2005). Zudem ist der Patient 17 Jahre alt und die Beschwerden kamen „aus heiterem Himmel“. Unspezifische tiefe Rückenschmerzen treten vor allem im Alter zwischen 20 und 55 Jahren auf (Alarmzeichen).

Der Sportphysiotherapeut legt seine Befunde dar und empfiehlt dem Fußballer, sich für weitere Untersuchungen bei seinem Hausarzt vorzustellen.

Während des geschilderten Screeningprozesses bedient sich der Sportphysiotherapeut des sportphysiotherapeutischen Qualitätszyklus. Das methodische Aufzeichnen des Gesundheitsproblems bedeutet unter anderem, dass das Hilfegesuch und die Beschwerden des Patienten dokumentiert werden mit dem Ziel, die Möglichkeit einer ernsten Pathologie auszuschließen. Auch hier werden die Evidenzquellen in den Screeningprozess einbezogen. Gordon Waddell (1998) hat eine Richtlinie für Symptome entwickelt, wie sie auch Menschen mit unspezifischen tiefen Rückenbeschwerden aufweisen (experimentelle Evidenz). Die physiologische Evidenz und besonders die verschiedenen Phasen der Wundheilung sprechen für einen abweichenden Verlauf, da die Beschwerden in 4 Wochen nicht zurückgegangen sind. Zudem hatte der Sportphysiotherapeut schon früher mit jungen Patienten mit tiefen Rückenbeschwerden zu tun, wobei oft eine zugrunde liegende Pathologie die Ursache des Beschwerdebildes war (empirische Evidenz: die Überzeugungen und Erfahrungen des Sportphysiotherapeuten).

Durch das Anpassen des klinischen Argumentationsprozesses, die Anwendung von evidenzbasierter Praxis und die Einhaltung der Methodik im Screeningprozess entsteht eine höhere Zweckmäßigkeit und Treffsicherheit der sportphysiotherapeutischen Intervention.

EHBSU – Erste Hilfe bei Sportunfällen

Die EHBSU (Erste Hilfe bei Sportunfällen) wird vor allem von Sportphysiotherapeuten „draußen“ ausgeübt. Wenn eine Verletzung vorliegt, ist es Sache des Sportphysiotherapeuten, darauf angemessen zu reagieren und den Ernst der Lage auf methodische Weise einzuschätzen. Geht es um eine Notfallsituation, hat der Sportphysiotherapeut 3 Möglichkeiten:

- Er benachrichtigt sogleich den Notarzt. Es wird sofort ein Krankenwagen zum Platz bestellt.
- Er empfiehlt, nach der Erstversorgung ein Krankenhaus aufzusuchen.
- Er empfiehlt, am nächsten Tag Kontakt mit dem Hausarzt aufzunehmen (Sport Blessure Vrij NOC-NSF 2006).

In anderen Fällen kann der Sportphysiotherapeut direkt helfen. Die Methodik und die Art der Hilfe sind in Kapitel 2.2 und 5.2 beschrieben. Beim EHBSU durchläuft der Sportphysiotherapeut also auch den Qualitätszyklus für die diagnostische und therapeutische Phase. Die Kunst besteht allein darin, in einer sehr kurzen Zeit weitreichende Entscheidungen zu treffen.

Sportphysiotherapeutische Untersuchung

Einleitung

Die sportphysiotherapeutische Untersuchung kennt dieselben Stufen wie die physiotherapeutische Untersuchung: Anamnese, Inspektion, Funktionsprüfung, Palpation und eventuell die Durchführung spezifischer Tests und einer neurologischen Untersuchung. Gegenwärtig werden in der Physiotherapie immer mehr Fragebögen eingesetzt, um eine Objektivierung des Status praesens der Störungen, Aktivitätseinschränkungen, Partizipationsprobleme und den möglichen Einfluss von persönlichen und externen Faktoren auf das Gesundheitsproblem des Patienten zu erreichen. Beispiele für einen solchen Fragebogen für die Wirbelsäule sind der Roland-Morris-Fragebogen oder der Quebec-Back-Pain-Disability-Fragebogen.

Der Unterschied in der sportphysiotherapeutischen Untersuchung besteht in dem Umstand, dass die gesamte Untersuchung mit sportspezifischen Fragen während der Untersuchung, mit dem Ausführen sportspezifischer Tests und Funktionstests und dem Ausfüllen der sportspezifischen Fragebögen verwoben ist. Durch eine gute sportphysiotherapeutische Untersuchung und Intervention kann – in Absprache mit dem Sportler – das sportspezifische Endziel, die Sportpartizipation, bestimmt werden.

Ziel der sportphysiotherapeutischen Untersuchung

Das Ziel der sportphysiotherapeutischen Untersuchung ist es letztlich, in Zusammenarbeit mit dem Sportler zu einer Analyse des Gesundheitsproblems zu kommen. Es wurden im Laufe der Zeit viele Definitionen des Begriffs Gesundheit aufgestellt. Die Definition des deutschen Philosophen Hans Georg Gadamar legt den Begriff Gesundheit am breitesten aus:

„Gesundheit ist kein Zustand, den man introspektiv in sich selbst fühlt, sondern vielmehr ein Zustand des Da-seins, des In-der-Welt-seins, des Mit-den-Menschen-seins, von den eigenen Aufgaben des Lebens tätig oder freudig erfüllt sein." (Hagenaars u. Bos 2006, S. 26)

In dieser Definition wird deutlich, dass der Sportler mit seiner Art, seinen Werten und Normen im Mittelpunkt steht und als individuelle biopsychosoziale Einheit betrachtet wird. Weitere Informationen zum Thema Gesundheit finden Sie in Kapitel 1.2.

Während der sportphysiotherapeutischen Untersuchung ist es ratsam, dass der Sportphysiotherapeut und der Sportler mit gegenseitigem Vertrauen und Respekt vor den Gedanken und Meinungen des anderen versuchen, das Gesundheitsproblem des Sportlers zu entwirren und zu verstehen (Hagenaars u. Bos 2006).

Das Gesundheitsproblem des Sportlers wird durch das systematische Stellen sportspezifischer Fragen in der Anamnese und die Durchführung relevanter Tests mit dem Ziel analysiert, zu einer Hypothese zu kommen. Eine Hypothese zeigt an, welche möglichen Ursachen bei der Entstehung des Gesundheitsproblems des Sportlers eine Rolle gespielt haben. Die Hypothese bildet die Grundlage für die folgenden Stufen des methodischen Handelns und ist Teil der physiotherapeutischen Diagnose. Unter physiotherapeutischer Diagnose versteht man „ein berufsspezifisches Urteil des Physiotherapeuten zum Gesundheitszustand des Patienten als Grundlage eines – in Zusammenarbeit mit dem Patienten – aufzustellenden Behandlungsplans" (KNGF-Richtlinie zur physiotherapeutischen Dokumentation 2003, S. 6).

Die physiotherapeutische Diagnose spiegelt die möglichen behandelbaren Aspekte wider, die der Sportphysiotherapeut zur Aufstellung des Behandlungsplans einsetzen kann. Was die physiotherapeutische Diagnose genau beinhaltet, wird in Kapitel 1 beschrieben.

Die Analyse des Gesundheitsproblems des Sportlers ist für den Sportphysiotherapeuten wichtig, um zu prüfen, ob tatsächlich eine physiotherapeutische Indikation vorliegt. Durch das Betrachten des Sportlers als biopsychosoziale Einheit und die Prüfung, ob sowohl die biologischen und psychologischen als auch die sozialen Voraussetzungen für eine Genesung erfüllt sind, kann die Indikation zur Physiotherapie gestellt bzw. verworfen werden.

Wenn im Gesamtbild der Gesundheitsprobleme besonders die biologischen Komponenten im Vordergrund stehen und die Voraussetzungen für eine Genesung auf allen Ebenen erfüllt sind, ist eine physiotherapeutische Indikation gerechtfertigt. Falls dies nicht der Fall ist oder falls eine multi-/interdisziplinäre Behandlung erforderlich ist, wird der Sportler zurück an den Hausarzt verwiesen.

Neben der Entschlüsselung der Gesundheitsprobleme ist das Verstehen dieser Probleme sowohl für den Sportler als auch für den Physiotherapeuten notwendig.

Für das Verstehen der Gesundheitsprobleme des Sportlers kann sich der Physiotherapeut aus biologischer Sicht unter anderem des Verlaufs des Wundheilungsprozesses bedienen (Kap. 1.4). Die Bestimmung des Ausmaßes des lokalen Adaptationsvermögens und von möglicherweise vorhandenen allgemeinen störenden Faktoren im Hinblick auf das Adaptationsvermögen des Körpers sind wichtig, um einen Eindruck von den Heilungschancen zu erhalten.

Nach einer Verletzung reagiert der Körper mit dem Wundheilungsprozess, der in verschiedene Phasen unterteilt wird: Entzündungsphase, Proliferationsphase sowie Konsolidierungs- und Reifungsphase (van den Berg 2000, de Morree 2001). Weitere Informationen zur Wundgenesung finden Sie in Kapitel 1.4. Je nach Art der betroffenen Gewebestruktur variiert der zeitliche Verlauf der Wundheilung. Die Kapsel, die aus ungerichtetem, gut durchblutetem Bindegewebe besteht, hat nach einer Verletzung eine Heilungsdauer von 300–500 Tagen. Ein Diskus besteht aus Faserknorpel und ist nur mäßig durchblutet. Die Folge ist, dass nach einer Verletzung die volle Heilungsdauer geschätzte 50–60 Jahre dauert (Diemer u. Sutor 2007).

Für einen Sportphysiotherapeuten ist es wichtig herauszufinden, in welcher Phase des Wundheilungsprozesses sich der Sportler befindet und welche klinischen Konsequenzen sich daraus für das therapeutische Handeln ergeben. Das Wissen um den zeitlichen Ablauf des Wundheilungsprozesses im Allgemeinen und im Speziellen für die Bindegewebsstrukturen ist dabei erforderlich.

Weiterhin ist es wichtig zu wissen, ob das lokale Adaptationsvermögen ausreichend ist, wozu auch gehört, dass zur Adaptation und zur Genesung fähige Zellen am Verletzungsort vorhanden sind (Hagenaars u. Bos 2006). Ein Beispiel kann dies verdeutlichen.

Beispiel

Wenn der hyaline Knorpel des Knies geschädigt ist, ergeben sich daraus dreierlei Probleme: Erstens werden die im Knorpel vorhandenen Zellen nicht mehr repliziert, was bedeutet, dass jede absterbende Zelle zu einer Verminderung der Syntheseleistung im Knorpel führt. Eine solche Verminderung der Syntheseleistung aufgrund einer Abnahme der Zellzahl führt zu einer verminderten Belastbarkeit des Knorpels. Zweitens haben die Zellen des Knorpels nur wenige Transportmöglichkeiten, was bedeutet, dass sich bei einer Knorpelverletzung gesunde Knorpelzellen nicht in das betroffene Gebiet begeben können, um dort neues Gewebe zu produzieren. Drittens wird der Knorpel nicht durchblutet. Das Maß der Durchblutung ist jedoch mitbestimmend über die Frage nach der Geschwindigkeit der Wundheilung. Die geschätze Turnover-Zeit für Knorpel beträgt 300 Jahre (Diemer u. Sutor 2007).

Demgegenüber erfolgt die Regeneration der Haut nach einer Verletzung mit 5–10 Tagen sehr schnell, was vor allem daran liegt, dass die Haut sehr gut durchblutet ist und dass die Zellen, die für die Heilung zuständig sind, über sehr gute Transportmöglichkeiten im Gewebe verfügen (van den Berg 2000). Wenn Zellen zur Heilung vorhanden sind, bedeutet das jedoch noch nicht, dass der Heilungsprozess ungestört verläuft. Die Voraussetzungen für eine optimale Syntheseaktivität der Zellen müssen erfüllt sein. Wenn z. B. eine mechanische Obstruktion vorliegt mit einer nachfolgend verminderten Durchblutung, können die Zellen dadurch nicht oder nicht genügend Stoffe synthetisieren, was zu einer langsameren Heilung führt. Man bezeichnet dies auch als lokales Heilungshindernis.

Man denke hierbei an einen Prozess, der zumeist ältere und bettlägerige Menschen betrifft: den Dekubitus. Durch eine mechanische Obstruktion nimmt die lokale Durchblutung des Gewebes ab, was wiederum eine verminderte Sauerstoffzufuhr an die Zellen des durchbluteten Gewebes – die Fibroblasten – nach sich zieht. Die Abnahme von Sauerstoff kann zu einer verminderten Syntheseleistung der Fibroblasten und sogar zur Apoptose (Zelltod) führen. In der Folge stirbt das Gewebe und der Dekubitus ist eingetreten.

Schließlich können auch allgemeine physische Beeinträchtigungen dem Wundheilungsprozess entgegenstehen, wie z. B. eine chronische Erkrankung wie der Diabetes mellitus (Sassen 2001).

Neben den biologischen spielen auch psychologische Prozesse eine Rolle beim Verständnis des Gesundheitsproblems des Sportlers. Um die psychologischen Prozesse des Sportlers zu verstehen, kann einem das Leventhal-Modell (Cameron 2003) der Krankheiten behilflich sein. Dabei geht es vornehmlich um die Gedanken und Gefühle des Sportlers hinsichtlich seines Gesundheitsproblems. Cameron und Leventhal haben dies in eine übersichtliche Form gebracht:

- Identität: „Was genau ist mit mir los?“
- Ursachen (Faktoren, die bei der Entstehung des Gesundheitsproblems eine Rolle gespielt haben): „Warum habe ich diese Beschwerden bekommen?“
- Zeit (Vorstellungen des Sportlers darüber, wie lange die Probleme andauern werden): „Wie lange werden die Beschwerden andauern?“
- Folgen (Welche möglichen Auswirkungen gibt es auf das Leben des Patienten?): „Kann ich so weiterhin arbeiten oder meinem Sport nachgehen?“
- Heilbarkeit und Kontrollierbarkeit (Ist das Gesundheitsproblem zu bewältigen und kann der Patient davon genesen?): „Kann es wieder ganz ausheilen und habe ich Einfluss auf den Heilungsprozess?“

Für den Sportphysiotherapeuten besonders wichtig ist es, ob es im Rahmen der subjektiven Krankheitstheorie einen wechselseitigen Zusammenhang gibt. Das Ergebnis der Gedankengänge des Sportlers im Hinblick auf die subjektive Krankheitstheorie bestimmt nämlich die Art und Weise, wie er mit seinem Gesundheitsproblem umgeht (Hagenaars u. Bos 2006); dies bestimmt das Ausmaß an Stress für ihn und Stress wiederum kann den Heilungsprozess negativ beeinflussen (van Burken 2000).

Zuletzt ist es für den Sportphysiotherapeuten noch wichtig, einen Einblick in die physische und soziale Umwelt des Sportlers zu erhalten. Diese Faktoren können einen positiven oder auch negativen Einfluss auf das Gesundheitsproblem des Sportlers haben. Wenn ein Sportler nach einer Verletzung viel Druck von seinem Trainer und/oder seinen Teamkollegen in Richtung einer schnelleren Sportpartizipation erhält, kann sich dies durch eine Zunahme von Stress für den Sportler schädlich auf den Heilungsprozess auswirken.

Das Ziel der sportphysiotherapeutischen Untersuchung sind das Erreichen einer sportphysiotherapeutischen Diagnose sowie die Herstellung eines Zusammenhangs zwischen ihren verschiedenen Aspekten (Störungen, Aktivitätseinschränkungen, Partizipationsprobleme, persönliche und externe Faktoren; s. Kap. 1.2). Der Zusammenhang wird durch eine Anpassung der Methodik bei der Untersuchung und die Synthese der verschiede-

nen Evidenzquellen in Kombination mit der Verwendung prozeduraler, interaktiver und konditioneller Argumentationen geschaffen.

Sportphysiotherapeutische Diagnose

Einleitung

Das Erreichen einer sportphysiotherapeutischen Diagnose ist mitentscheidend für den nächsten Schritt in der Rehabilitation: die Erstellung eines Behandlungsplans. Eine sportphysiotherapeutische Diagnose umfasst die Prognose im Hinblick auf den zu erwartenden Verlauf des Gesundheitsproblems des Sportlers, das Hilfsbegehren des Sportlers und den Gesundheitszustand in ICF-Begriffen sowie eine Analyse der möglichen Ursachen des Gesundheitsproblems.

Prognose

Der zu erwartende Verlauf des Gesundheitsproblems des Sportlers ist eine momentane Einschätzung des Sportphysiotherapeuten zu der erforderlichen Genesungszeit für die Rückkehr zum ursprünglichen Leistungsniveau. Dabei werden der Sportler als biopsychosoziale Einheit, eventuelle lokale oder allgemeine beeinträchtigende Faktoren, die aktuelle Phase im Wundheilungsprozess, die Sportform und mögliche persönliche oder Umgebungseinflüsse berücksichtigt. Für den Sportphysiotherapeuten ist es wichtig, dies mit dem Sportler offen zu besprechen. Die Summe der möglichen Einflussfaktoren auf eine Sportpartizipation zeigt, dass eine Prognose im Hinblick auf den Zeitraum nur eine Schätzung und keine exakte Wissenschaft sein kann. Da es sich nur um eine Schätzung handelt, ist es vernünftig, dem Sportler nur eine zeitliche Bandbreite in Wochen oder Monaten vorzugeben und regelmäßig während des Behandlungsverlaufs mit dem Sportler zu überprüfen, inwieweit die ursprünglich formulierte Prognose tatsächlich realistisch ist. Die zwischenzeitliche Evaluation und mögliche Anpassung der Prognose erfolgt mithilfe von (sport-)physiotherapeutischen Tests oder Fragebögen.

Der Sportphysiotherapeut wählt funktionale Outcomes, die den Verlauf des Rehabilitationsprozesses erkennbar machen sollten. Dazu gehört auch, dass der Sportphysiotherapeut sportmotorische Tests und sportmotorische funktionelle Tests einsetzt, um zu quantifizieren, wo der Sportler steht. Beispiele sind z. B. Kraftprüfungen, Einbeinhüpfen auf Entfernung und Sprungtests. Die Ergebnisse derartiger Tests helfen dabei, verantwortungsvolle Entscheidungen während des Rehabilitationsverlaufs zu treffen und die Prognose wo nötig anzupassen. Zur Be-

Stufen aktivitätsorientierte Funktionstest

1	Ausfüllen der Fragebögen zur Funktionalität
2	Analyse der belastendensten problematischen Handlungen des Sportlers:
3	Bestimmung der Prioritäten der problematischen Handlungen:
4	Analyse der Umgebung:
5	Bestimmung der Handlungsintentionalität:
6	Analyse der Verlagerungsformen:
7	Analyse von Nesting-Aktivitäten:
8	Analyse der sequenziellen Aktivitäten:
9	Analyse des praktischen Bewegungsablaufs:
10	Bestimmung der Transferübungen:
11	Bestimmung der vorbereitenden Übungen:
12	Bestimmung der Belastungsvariablen: Anzahl der Übungen, Serien, Wiederholungen, Bestimmung des Rhythmus und der Pausen

Abb. 4.73 Stufen aktivitätsorientierter Funktionstests.

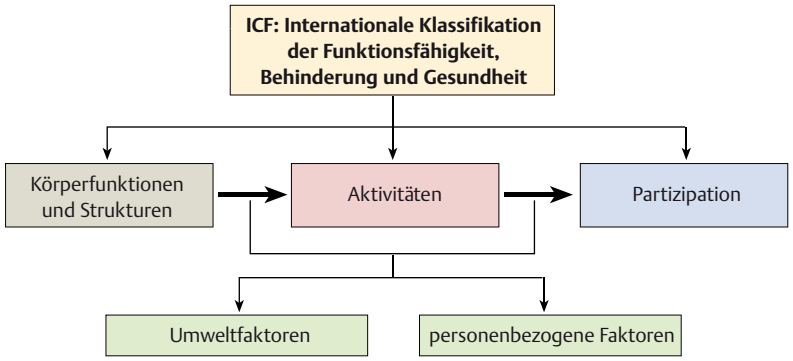


Abb. 4.74 Schematische Darstellung des ICF-Modells.

schreibung der verschiedenen sportmotorischen Tests und sportmotorischen funktionellen Tests siehe Kapitel 2.3.

Hilfsbegehren des Sportlers

Die Definition des Hilfegesuchs beschreibt, was einer Person widerfährt und was deren Wünsche im Hinblick auf eine Lösung sind (Jette 2003).

Die Erfahrung zeigt, dass ein Hilfegesuch eines Sportlers zunächst mit dem Störungsniveau verbunden ist und danach erst mit den Aktivitäten und dem Partizipationsniveau. Dieser Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung kann etwa folgendermaßen aussehen: „Aufgrund der Schmerzen (Störung) in meinem Rücken kann ich nicht rennen (Aktivität), weshalb ich derzeit auch nicht Fußball spielen kann (Partizipation)." Das Hilfegesuch des Patienten wird in diesem Falle lauten: „Ich möchte die Schmerzen loswerden." Der Patient geht irrtümlicherweise davon aus, dass er nach der Beseitigung der Schmerzen sogleich wieder rennen und somit auch wieder Fußball spielen kann. Der Sportphysiotherapeut muss herausfinden, ob noch weitere Faktoren im Spiel sind, die den Patienten daran hindern, wieder zu rennen und somit wieder Fußball zu spielen. Die erste Reaktion des Patienten – „Ich möchte die Schmerzen loswerden" – ist allzu verständlich, stellt aber nur einen Teil des Hilfegesuchs dar. Das „echte" Hilfegesuch lautet in diesem Fall: „Ich möchte so schnell wie möglich wieder auf meinem alten Niveau Fußball spielen können, wobei ich gut rennen können will, ohne Schmerzen dabei zu spüren."

Für den Sportphysiotherapeuten ist es wichtig, das Hilfegesuch des Sportlers so konkret wie möglich zu definieren, damit es zu einer optimalen Abstimmung zwischen den Erwartungen des Sportlers und der Art der Interventionsausgestaltung kommt.

ICF

Die Beschreibung eines Gesundheitszustands erfolgt gegenwärtig mithilfe des Ordnungssystems des ICF (**Abb. 4.74**) (DIMDI 2005). Die Ordnungssysteme sind:

Körperfunktionen. Körperfunktionen sind physiologische oder psychische Funktionen: Schädigung sind Beeinträchtigung der Körperfunktionen oder -strukturen, wie wesentliche Abweichung oder Verlust. Beispiele dafür sind die Entzündungszeichen Rubor, Calor, Dolor und Tumor, aber auch anatomische Varianten wie Skoliose oder Anteroposition des Kopfes.

Aktivitäten. Aktivität bedeutet Ausführung einer Aufgabe oder Handlung durch eine Person: Eine Beeinträchtigung der Aktivität ist die Schwierigkeit, die ein Mensch hat, eine Aktivität auszuführen. Beispiele hierfür sind Bewegungshandlungen, wie sie in Kapitel 1.2 beschrieben sind. Beispiele für Bewegungshandlungen sind Bücken, Rennen, Radfahren usw. (**Abb. 4.73**).

Partizipation. Partizipation oder Teilhabe bezeichnen das Einbezogensein einer Person in eine Lebenssituation: Beeinträchtigung der Teilhabe ist ein Problem, das eine Person bezüglich ihres Einbezogenseins in Lebenssituationen erlebt. Beispiele für Probleme auf der Partzipationsebene sind ADL, Hobby-, Arbeits- und Sportsituationen. Man kann nicht mehr Fußball, Hockey oder Handball spielen.

Umwelt. Materielle, soziale, einstellungsbezogene Umwelt: Förderfaktoren und Barrieren. Sowohl die physische als auch die soziale Umgebung werden mit einbezogen. „Wir konnten nicht gut Fußball spielen, weil Eis auf dem Platz war, zudem haben wir nicht gut gespielt. Das lag vor allem daran, dass Team und Trainer kurz vor dem Spiel noch Streit hatten."

Persönliche Faktoren. Gegebenheiten des individuellen Lebens- und der Lebensführung einer Person, die nicht Teile ihres Gesundheitszustands sind: Die personbezogenen Faktoren werden im ICF nicht speziell klassifiziert unter anderem auch wegen der großen soziokulturellen Unterschiede. Beispiele für persönliche Faktoren sind Geschlecht, Alter, Ausbildung, Lebensstil usw.

Weitere Informationen zu ICF finden sich in Kapitel 1.2.

Erstellen von Rehabilitationsprogrammen

Ziel der Behandlung

Bei einer sportphysiotherapeutischen Behandlung gibt es Ziele, die für jeden Sportler angestrebt werden:

- Verringerung der Beschwerden (Störungen): Nach einer akuten Verletzung eines Sportlers stehen kurzzeitig die Symptome des Entzündungsprozesses Rubor, Calor, Dolor und Tumor als behandlungsfähige Aspekte im Vordergrund. Der Sportler wird vor allem durch Schmerzen und Schwellungen beeinträchtigt.
- Prävention sekundärer Störungen: Wenn der Knöchel nach einem Inversionstrauma immobilisiert wird, ist das betroffene Gebiet ruhiggestellt, doch verringert sich auch die Belastbarkeit der nichtgeschädigten Strukturen. Bei einer lang andauernden Immobilisation kann dies zum Verlust von Kraft, Koordination, Mobilität usw. führen. Dabei handelt es sich um keinen krankhaften Verlauf, sondern um eine funktionelle Anpassung des Körpers auf eine Immobilisation. In der Rehabilitation versuchen wir, diese sekundären Störungen zu verhindern, indem wir dosierte mechanische Reize setzen. Dazu können sowohl passive als auch aktive physiotherapeutische Übungen ausgeführt werden.
- Erhöhung und Verbesserung der funktionellen Möglichkeiten/Aktivitäten des Sportlers: Hier liegt der Schwerpunkt auf der Verbesserung der Körperbewegungen und der Bewegungshandlungen des Sportlers. Körperbewegungen sind Veränderungen von Teilen des Körpers oder des ganzen Körpers. Sie werden unabhängig von der Umgebung untersucht und behandelt. Bewegungen, die während der physiotherapeutischen Untersuchung ausgeführt werden, sowie allgemeine freie Gelenkübungen der Sportphysiotherapie wie Good Morning (**Abb. 4.79**, **Abb. 4.80**), Russian-Twist (**Abb. 4.81**, **Abb. 4.82**) und Flys (**Abb. 4.83**, **Abb. 4.84**) gehören zu den Körperbewegungen. Bewegungshandlungen sind auf ein Ziel in der Umgebung gerichtete Bewegungen. Durch sie erhält eine Bewegung eine Bedeutung. Das Treten gegen einen Ball beim Fußballspiel mit dem Ziel, ein Tor zu erzielen, ist dafür ein gutes Beispiel (**Abb. 4.85**). Für weitergehende Erläuterungen siehe Kapitel 1.2.
- Verbesserung der Sportpartizipation des Sportlers: Auf der Partizipationsebene geht es um die Rückkehr des Sportlers in das gesellschaftliche Leben. Besonders die Interaktion des Sportlers mit seiner sportspezifischen Umgebung verdient hier Aufmerksamkeit.
- Förderung der Gesundheit: Alle Aspekte, die zu einer Verbesserung der Gesundheit des Sportlers führen können, werden stimuliert. Dazu gehören z. B. Informationen über eine gesunde Ernährungsweise (Kap. 7), Verständnis für die Bedeutung von Erholungsphasen nach einer Belastung und die Möglichkeiten der Erholung: Sauna, Massage oder auch ein Spaziergang, Lesen oder Musizieren.
- Stimulation von positiven und Reduktion von negativen persönlichen Faktoren des Sportlers: Hierbei berücksichtigt man besonders den Lebensstil des Sportlers. Die Zubettgehzeit, ein möglichst geringer Alkoholkonsum und das völlige Unterlassen des Rauchens werden thematisiert.
- Verringerung negativer und Stimulation positiver Umgebungsfaktoren, die die Genesung bzw. Leistung des Sportlers beeinflussen: Der Einfluss der Familie und aller Menschen innerhalb des Sportsettings haben einen großen Einfluss auf die Leistung. Der Einfluss einer überbesorgten Mutter und eine falsche physiotherapeutische Behandlung können große Folgen für die Leistung haben und müssen deshalb reduziert oder modifiziert werden.

Die Ziele der sportphysiotherapeutischen Behandlung werden in kurzfristige, mittelfristige und langfristige Ziele unterteilt.

- Kurzfristige Ziele gelten für die folgenden 24–48 Stunden.
- Mittelfristige Ziele gelten für die folgenden 2 Tage bis maximal 3 Wochen.
- Langfristige Ziele gelten für die folgenden Monate bis Jahre.

Wichtig für den Sportphysiotherapeuten ist die Formulierung der SMART-Ziele (KNGF-Richtlinien Dokumentation 2003):

S = spezifisch
M = messbar
A = akzeptabel
R = realistisch
T = zeitgebunden

Beispiel

Ein Fußballspieler mit Kniebeschwerden stellt sich eine Woche nach einer medialen Bandverletzung beim Sportphysiotherapeuten vor. Nach der physiotherapeutischen Untersuchung werden die Ziele formuliert. Bei der Verringerung von Störungen steht die Schmerzreduktion im Vordergrund. Das mittelfristige Ziel ist die Anwendung von Elektrotherapie und Koordinationstraining für die untere Extremität, um innerhalb von 3 Wochen die Schmerzen von einer 6 auf der VAS (Visuelle Analogskala) auf die 3 zu bringen.

In der Rehabilitation ist die Bestimmung der kurz- und mittelfristigen Ziele wichtig, um das Endziel der Sportpartizipation im Auge zu behalten.

Bei den kurz- und mittelfristigen Zielen werden einige Punkte festgelegt, die Ziele für die Behandlung und das Verhalten werden bestimmt (Delforge 2002).

Therapeutische Ziele sind objektive Ziele, die auf der Grundlage von spezifischen Testergebnissen formuliert werden. Die Ergebnisse aus diesen Tests lenken den weiteren Rehabilitationsverlauf. So kann z. B. die Testung der Mobilität in der postoperativen Rehabilitation nach einer Verletzung des vorderen Kreuzbands dabei helfen, sich für den Einsatz des Fahrradergometers zu entscheiden. Falls der Fußballspieler eine komplette Extension und eine Flexion von 110° aufweist, ist die Benutzung des Ergometers möglich. Wann man welche Belastungstests ausführt, hängt unter anderem davon ab, in welchem Stadium des Wundheilungsprozesses der Sportler sich befindet. In der Proliferationsphase stehen vor allem Belastungstests im Mittelpunkt, die auf die motorischen Grundeigenschaften Mobilität, Koordination und allgemeine Ausdauer gerichtet sind. In der Konsolidierungs- und Reifungsphase liegt der Schwerpunkt der Belastungstests vor allem auf den Faktoren Kraft, Schnelligkeit und spezifische Ausdauer.

Ziele bezüglich des Verhaltens werden in Absprache mit dem Sportler aufgestellt und sollten vor allem durch ihn ohne Hilfe des Sportphysiotherapeuten erreicht werden können (Delforge 2002). Diese Ziele betreffen oft das, was der Sportler außerhalb des therapeutischen Settings selbst zum Erreichen von Zwischenzielen beitragen kann. Die konsequente Umsetzung des Rehabilitations-/Trainingsprogramms außerhalb der sportphysiotherapeutischen Behandlung ist hierfür ein Beispiel. Um ein gemeinsames Ziel zu ermitteln und anzusteuern, sollte der Sportphysiotherapeut wissen, inwieweit das Ziel zu erreichen ist. Dies spielt auf jeden Fall bei motivierten Sportlern eine Rolle, die am liebsten sofort wieder mit ihrem Sport fortfahren würden. Das bedeutet, dass der Sportler durch seine Motivation und den Willen, möglichst rasch mit dem Sport weiterzumachen, dazu neigt, zu früh zu stark zu belasten, und den Heilungszeiten zu wenig Respekt zollt. Das Steuern der Trainingsfrequenz, die Trainingsdauer, die Trainingsintensität und die Genesung sind maßgeblich für eine verantwortungsbewusste Umsetzung der Zwischenziele.

Neben den genannten Zielen bezüglich der Behandlung und des Verhaltens werden bei der kurz- und mittelfristigen Zielsetzung auch die Behandlungsdauer, die Behandlungsfrequenz, die Behandlungslokalisation und der Zeitpunkt der nächsten Evaluation festgelegt. Dies gibt dem Sportler und dem Therapeuten Klarheit, Übersichtlichkeit und Anhaltspunkte für den therapeutischen Prozess.

Schließlich werden die angestrebten therapeutischen Anwendungen festgelegt. Die Auswahl der therapeutischen Anwendungen hängt von vielerlei Faktoren ab. Zunächst spielt die Phase der Wundheilung des Sportlers eine Rolle. Dann sollte ein experimenteller Beweis für die therapeutische Intervention und ihren Einfluss auf den Wundheilungsprozess vorliegen. Die ausgewählte Intervention muss das Gesundheitsproblem des Sportlers verbessern und Rezidiven vorbeugen. Auch müssen die Wahrnehmungen und Überzeugungen des Sportlers und des Physiotherapeuten im Hinblick auf die Art und Weise der Rehabilitationsgestaltung geklärt werden. Schließlich spielt die Erfahrung des Sportphysiotherapeuten eine wichtige Rolle. Wenn dieser wenig Erfahrung mit der Sportart und der Art der Sportverletzung hat, wird die Rehabilitation einen anderen Verlauf nehmen, als wenn er über viel Erfahrung mit dieser Verletzung verfügt und mit der Sportart vertraut ist.

Wie bei der Bestimmung der Prognose versucht man auch bei der Festlegung des Hauptziels (= Endziel = langfristiges Ziel) den Zeitraum festzulegen, der zum Erreichen des Ziels erforderlich ist (Delforge 2002).

Im Allgemeinen ist das langfristige Ziel des Sportlers die Wiederaufnahme des Sports auf seinem ursprünglichen Leistungsniveau. Um das langfristige Ziel zu ermitteln und SMART zu definieren, analysiert der Sportphysiotherapeut die Partzipationsaktivitäten und das Funktionsniveau des Sportlers.

Die sportspezifische Analyse

Die Analyse des Sports auf der Partizipationsebene ist die Beschreibung des Sports im Allgemeinen. Was ist Fußball? Wie viele Spieler stehen auf dem Platz? Wie sind die Spielregeln? Was ist das Ziel des Spiels? Wie lange dauert ein Spiel? usw. Durch die Analyse der Partizipationsebene werden besonders die Interaktionen des Sportlers mit der direkten sportspezifischen Umgebung deutlich und dem Sportphysiotherapeuten wird klar, in welchen sportspezifischen Situationen der Sportler trainiert werden sollte, bevor die Teilnahme an Wettkämpfen wieder möglich wird (**Abb. 4.75**).

Die Analyse der Aktivitätsebene des Sports ist die Beschreibung der Bewegungshandlungen des Sportlers; welche Bewegungen führt der Sportler mit welchem Ziel und in welcher Umgebung aus (s. Kap. 1)? Ein Fußballspieler rennt, schießt, schlägt Haken, dreht, köpft, fällt usw. Diese Aktivitäten führt er mit einer bestimmten Intention aus und tut dies auf seine ganz persönliche Art und in einem bestimmten Kontext. Besonders am Ende der Rehabilitation müssen sämtliche Aspekte, die für das Handeln des Sportlers eine Rolle spielen, in den Rehabilitationsprozess integriert werden (**Abb. 4.76**).

Die Analyse des Sports auf Funktionsebene ist die Beschreibung des Sports im Hinblick auf die verschiedenen motorischen Grundeigenschaften und die Trainingsmethoden innerhalb dieser Grundeigenschaften (s. Kap. 2.3 Tests und Training motorischer Grundeigenschaften und Kap. 4.3 Rehakreise). Jede Sportart besteht aus einer Mischung motorischer Grundeigenschaften und den damit verbundenen Trainingsmethoden, die erforderlich sind, um den Sport optimal ausüben zu können. Durch die Analyse der motorischen Grundeigenschaften weiß

Analysekarte zur Partizipationsebene	
Sport	Fußball
Ziel des Sports	Fußball ist ein Ballsport, bei dem zwei Mannschaften mit je elf Spielern (einem Torhüter und zehn Feldspielern) gegeneinander antreten. Ziel ist es, den Ball möglichst oft im gegnerischen Tor unterzubringen. Fußball wird vorwiegend mit dem Fuß gespielt. Die Feldspieler dürfen jedoch auch andere Körperteile mit Ausnahme ihrer Hände und Arme verwenden. Nur der Torhüter darf innerhalb des eigenen Strafraums den Ball mit der Hand spielen, um einen Tor genannten Treffer zu verhindern. Um einen sicherern Stand auf dem Rasen zu haben, auf dem zumeist gespielt wird, tragen die Spieler speziell angefertigte Fußballschuhe.
Dauer des Sports	Die Spielzeit beträgt im Erwachsenenbereich 90 Minuten, aufgeteilt in zwei Spielhälften von je 45 Minuten Dauer mit einer Halbzeitpause von maximal 15 Minuten. Die tatsächliche Spieldauer ist jedoch meist um einige Minuten länger, da der Schiedsrichter auf Grund von Unterbrechungen die Spieldauer um eine entsprechende „Nachspielzeit“ verlängern kann. Verlängerung wird beim Fußball die zusätzliche Spielzeit bei unentschiedenem Ausgang von Entscheidungsspielen im K.-o.-System, wie zum Beispiel bei Pokalspielen, genannt. Sie beträgt in der Regel zwei mal 15 Minuten mit Seitenwechsel dazwischen und ohne Pause. Vor der Verlängerung, also nach dem Ende der regulären Spielzeit, wird in der Regel noch eine kurze Pause eingelegt, wo die Spieler auf dem Platz bleiben und noch einmal kurz Kräfte sammeln können. Sieger ist in der Verlängerung diejenige Mannschaft, die total die meisten Tore erzielen konnte. Bei Gleichstand in der Verlängerung wird meistens der Sieger durch Elfmeterschießen ermittelt. Dabei bestimmt jede Mannschaft fünf Spieler, die im Wechsel mit der gegnerischen Mannschaft nacheinander von der Strafstoßmarke zum Torschuss antreten. Jede Mannschaft schießt abwechselnd einen hier Elfmeter genannten Strafstoß, wobei ein Nachschuss nicht möglich ist. Sobald eine Mannschaft uneinholbar in Führung liegt, hat diese gewonnen und das „Elfmeterschießen“ wird beendet. Besteht auch nach fünf Schützen beider Mannschaften noch immer bzw. erneut Gleichstand, wird im Wechsel so lange jeweils ein weiterer Strafstoß geschossen, bis ein Sieger feststeht.
Spielregeln	Die Einhaltung der Regeln wird von einem Fußballschiedsrichter auf dem Spielfeld überwacht. Er wird bei höherklassigen Spielen von zwei Schiedsrichterassistenten (Linienrichtern) an den Längsseiten des Spielfeldes unterstützt. Im Fußball nimmt ein angreifender Spieler eine Abseitsposition ein, wenn alle folgenden Bedingungen erfüllt sind: Im Moment der Ballabgabe ist er • in der gegnerischen Hälfte, • der gegnerischen Torlinie näher als der Ball (maßgeblich sind Füße, Rumpf und Kopf, nicht jedoch die Arme) und • der gegnerischen Torlinie näher als der vorletzte Gegenspieler. Bei der Bestimmung der Zahl der Gegenspieler kommt es nicht darauf an, ob es sich um den Torwart oder um Feldspieler handelt, auch wenn der Torwart meist der letzte Gegenspieler ist. Außerdem ist die Abseitsposition nur dann relevant, wenn der Ball von einem Spieler der eigenen Mannschaft kommt. Ausnahme: Beim Einwurf, Abstoß oder Eckstoß gibt es keine Abseitsstellung. Sobald aber der Ball danach von einem weiteren Mitspieler gespielt wird, kann der Angreifer sich wieder im Abseits befinden. Wenn ein Spieler mit dem Bein vom Knie an abwärts zum Torwart passt und der Torwart den Ball aufnimmt, verstößt er gegen die Rückpassregel. Der Schiedsrichter gibt dann einen indirekten Freistoß für den Gegener. Wenn der Ball ein “totes” Element berührt (Eckfahne oder Schiedsrichter) muss weitergespielt werden, auch wenn eine Mannschaft dadurch bevorteilt oder benachteiligt wird. Wird der Ball vom Schiedsrichter ins Seitenaus gelenkt, erhält die Mannschaft, die den Ball zuletzt hatte, einen Einwurf zugesprochen.
Anzahl der Mitspieler	Das Spiel wird mit zwei Mannschaften zu je 11 Spielern (einschließlich Torwart) gespielt.
Funktionen	Man unterscheidet Angreifer, Mittelfeldspieler und Verteidiger

Abb. 4.75 Analyse der Partizipationsebene.

der Sportphysiotherapeut, welche Trainingsmethode für den Sportler am besten geeignet ist, um ein optimales sportliches Leistungsvermögen zu erreichen (**Abb. 4.77**). Fußball ist eine Sportart, bei der alle motorischen Grundeigenschaften benötigt werden: Mobilität, Koordination, Kraft, Ausdauer und Schnelligkeit. Wenn man sich den Rehabilitationskreise aus Kap. 4.3 anschaut, benötigt ein Fußballer die folgenden Trainingsmethoden, um optimal zu spielen:

- Mobilität: spezifisches Training
- Koordination: Shaping
- Kraft: Plyometrie
- Ausdauer: besonders das anaerobe alaktische Energiesystem
- Schnelligkeit: maximale Schnelligkeit

Analysekarte zur Aktivitätssebene	
Sport	Fußball
allgemeine Bewegungshandlungen des Sports	passen, treiben, dribbeln, passieren, schneiden, drehen, schießen, sprinten, grätschen, beschleunigen
problematische Bewegungshandlungen des Sports	sprinten

problematische Handlungen	**Beschreibung**
Intentionalität der Bewegung	
Beschreibung der Handlung	
Beschreibung von "eingenisteten" Subhandlungen	
Beschreibung der Körperfaktoren	
beeinflussende Faktoren	
persönliche Faktoren	
Umgebungsfaktoren	

Abb. 4.76 Analyse der Aktivitätsebene.

Durch Analyse der Funktions-, Aktivitäts- und Partizipationsebene erhalten Sportphysiotherapeut und Sportler einen Überblick und Klarheit im Hinblick auf das zu erreichende Endziel: die Wiederaufnahme des Sports. Während der Rehabilitation werden natürlich die persönlichen und die Umgebungsfaktoren im Blick behalten.

Neben dem Verständnis für die Anforderungen des Sports an die Person ist es beinahe ebenso wichtig zu wissen, welche Auswirkungen die verschiedenen Formen der Belastung auf die Genesung des Sportlers haben. Von Jost Hegner stammt diese ausgezeichnete Definition des Trainings:

„Training = belasten und genesen." (Hegner 2006, S. 94)

Durch die Anwendung verschiedener Belastungsformen kommt es zur Überlastung und die Homöostase wird gestört, was *nach* der Heilung eine Superkompensation bewirkt. In der Trainingslehre ist oft die Rede von der Superkompensationszeit. Dies bezeichnet die Zeit, die nötig ist, um ein höheres Funktionsvermögen zu erlangen. Die Wiederherstellungszeiten für verschiedene Belastungsformen müssen zu der Zeit, die nötig ist, um das Endziel zu erreichen, hinzugezählt werden. Durch eine unzureichende Erholungszeit nach einer Belastung erhöht sich die Gefahr eines Rezidivs oder von anhaltenden Beschwerden. Im Spitzensport besteht die Neigung, die Erholungszeiten und damit auch die Rehabilitationszeit zu verkürzen. Ungeachtet der Spielklasse des Sportlers muss nach einer Homöostasestörung ein ausreichender Zeitraum für die Ausheilung veranschlagt werden.

Sportphysiotherapeutische Interventionen

Die Anwendungen, die der Sportphysiotherapeut ausführen lässt, kann er als Behandler oder als Trainer ansetzen. In der Rolle des Behandlers geht es vor allem um die direkte Intervention des Sportphysiotherapeuten. Direkte Interventionen lassen sich in passive und aktive Interventionen aufteilen:

- Passive Interventionen werden vom Sportphysiotherapeuten ausgeführt, während der Sportler sie an sich geschehen lässt. Beispiele dafür sind die physikalischen Therapien im engeren Sinne wie etwa der Einsatz von Ultraschall, Eisanwendungen, manuelle Verrichtungen wie z. B. Traktionen oder andere Gewebetechniken wie Triggerpunktbehandlung, klassische Massage und muskuläre Dehnübungen. In Kapitel 3 werden zahlreiche passive sportphysiotherapeutische Interventionen und ihre Effekte beschrieben.
- Aktive Interventionen werden vom Sportler ausgeführt und der Sportphysiotherapeut tritt primär begleitend auf. Beispiele dafür sind Koordinationstraining, Krafttraining, Sprinttraining usw., aber z. B. auch Aufwärm- oder Auslaufübungen. Weitere Informationen zu den aktiven Interventionen finden Sie in Kapitel 3 und in Kap. 4.

In der Rolle des Trainers geht es vor allem um das Begleiten des Sportlers sowie um die Vermittlung von Informationen und Hinweisen. Der Sportphysiotherapeut kann

Analysekarte zur Funktionsebene				
	Proliferation	**Remodelation**	**Maturation**	**Wettkampf**
Beweglichkeit				
elastische Deformation Training Fußregion	○	○	○	○
elastische Deformation Training lineare Region	○	○	○	○
plastische Deformation Training	○	○	○	○
Creep/Stress Relaxation Training	○	○	○	○
Strain Rate Dependance Training Fußregion	○	○	○	○
spezifisches Beweglichkeit Training	○	○	○	○
Koordination				
kognitive Training Fußregion	○	○	○	○
kognitive Training lineare Region	○	○	○	○
Hirnstamm Training	○	○	○	○
spinales Training Fußregion	○	○	○	○
spinales Training lineare Region	○	○	○	○
spezifisches Training	○	○	○	○
Agility Training	○	○	○	○
Shaping Training	○	○	○	○
Kraft				
Kraftausdauer	○	○	○	○
Maximalkraft	○	○	○	○
Supramaximalkraft	○	○	○	○
Schnellkraft	○	○	○	○
Explosivkraft	○	○	○	○
konzentrisch beschleunigen	○	○	○	○
exzentrisch bremsen	○	○	○	○
DVZ allgemein	○	○	○	○
DVZ spezifisch	○	○	○	○
Ausdauer				
aerobe Kapazität	○	○	○	○
aerobe Leistungsfähigkeit	○	○	○	○
anaerobe laktizide Kapazität	○	○	○	○
anaerobe laktizide Leistungsfähigkeit	○	○	○	○
anaerobe alaktizide Kapazität	○	○	○	○
anaerobe alaktizide Leistungsfähigkeit	○	○	○	○
Schnelligkeit				
kognitive Wahrnehmung	○	○	○	○
kognitive Antizipation	○	○	○	○
kognitive Entscheidung	○	○	○	○
motorische Reaktion	○	○	○	○
Beschleunigung	○	○	○	○
maximale Schnelligkeit	○	○	○	○
Schnelligkeitsausdauer	○	○	○	○

Abb. 4.77 Analyse der Funktionsebene.

Protokollbogen der sportphysiotherapeutischen Behandlung	
Datum der Behandlung	
Behandlungsdauer	
subjektive Informationen	
objektive Informationen	
Assessment	
Behandlungsplan	
physiotherapeutische Maßnahmen	
Absprachen mit dem Patienten	
Informationen und Hinweise	

Abb. 4.78 Protokollbogen einer sportphysiotherapeutischen Behandlung.

die Rolle eines Trainers bei Fragen der Umgebungsmodifikation, der kompensatorischen Assistenz und der Weiterbildung eingehen.

- Umgebungsmodifikation: Wenn es in der Umgebung des Sportlers Aspekte gibt, die seine Heilungsaussichten verbessern, werden diese angeregt, solche mit negativem Einfluss werden möglichst reduziert.
- Kompensatorische Assistenz: Dazu zählt der vorübergehende Einsatz von Hilfsmitteln wie etwa Braces, Tapes, Gehhilfen usw. Dem Sportler wird in Absprache mit anderen Disziplinen dazu geraten, Hilfsmittel wenn möglich einzusetzen, und ihm wird erklärt, wann und wie er sie im Laufe des Heilungsprozesses wieder abschaffen kann.
- Weiterbildung des Sportlers und seiner direkten Umgebung: Dies erfolgt bei Sportphysiotherapeuten vor allem über die Vermittlung von Informationen und Hinweisen. Das kann von Erklärungen zu den verschiedenen Wundheilungsprozessen bis zu dem Hinweis reichen, in Urlaub zu gehen, um eine Genesung zu erreichen (Delforge 2002).

Wenn die kurz-, mittel- und langfristigen Ziele bestimmt sind, ist es sehr wichtig, sie mit dem Sportler zu besprechen, sofern dies noch nicht geschehen ist. Durch das Besprechen der verschiedenen Ziele wächst beim Sportler das Verständnis für seine Beschwerden und für das, was dagegen getan wird, und in welchem Zeitraum dies geschieht sowie für eventuelle Tests, die zu bestimmen helfen, wo der Sportler steht und wann eine Sportpartizipation wieder möglich ist.

Das Besprechen der Behandlungsziele mit dem Sportler bietet eine Reihe von Vorteilen: Der Sportler wird in die Bestimmung der verschiedenen Ziele und den Weg dorthin miteinbezogen. Man spricht in der Sportphysiotherapie auch von Shared Decision Making (Higgs 2008). Man weiß, dass sich dadurch die Compliance des Sportlers im Rehabilitationsprozess erhöht.

Neben dem gemeinschaftlichen Ausformulieren der Behandlungsziele oder der Besprechung des Behandlungsplans muss der Sportler ganz formal der Ausführung des Behandlungsplans zustimmen. Dies ist die formaljuristische Seite des gemeinsamen Entscheidungsfindungsprozesses. Wenn der Sportler dem Behandlungsplan nicht zustimmt, kann er auch nicht ausgeführt werden.

Die Behandlung

Auf dieser Stufe der Methodik geht es um die Behandlung selbst. Bei jeder Behandlung geht es um die Interaktion zwischen Sportphysiotherapeut und Sportler. Auf der Basis dieser Interaktion wird entschieden, wie die physiotherapeutischen Interventionen umgesetzt werden und wie der Sportler zu begleiten ist. Während der Behandlungen bedient man sich klinischer Argumentationsstrategien (Clinical Reasoning): prozedurales, interaktives und bedingtes Reasoning. Die Auswahl gründet sich auf die 5 Evidenzquellen, wie Sackett sie beschrieben hat (Sackett et al. 2000). Das Ziel besteht darin, mit den am besten verfügbaren Hinweisen die Behandlungsmöglichkeiten abzuwägen, um zu einer verantwortungsvollen, zielgerichteten und zweckmäßigen Therapie zu kommen.

Die schriftliche Dokumentation der Kernelemente der sportphysiotherapeutischen Behandlung kann mithilfe des SOAP-Schemas erfolgen (Kettenbach 1995).

In den Protokollbögen wurden neben den SOAP-Aufzeichnungen auch das Behandlungsdatum, die Behandlungsdauer und der Behandlungsort festgelegt.

SOAP-Aufzeichnungen

SOAP steht für subjektive Daten, objektive Daten, Analyse und Plan.

Subjektive Daten. Subjektive Daten beziehen sich auf die Vorgeschichte des Sportlers, das vom Sportler beschriebene Gesundheitsproblem, die Ziele, die Gefühle und das Verhalten des Sportlers. Beispiele dafür sind nicht nur die subjektive Krankheitstheorie, sondern auch die Reaktion des Sportlers auf die Behandlung und der Einfluss der Umgebung auf sein Beschwerdebild.

Objektive Daten. Objektive Daten spiegeln die Ergebnisse der physiotherapeutischen Untersuchung und der Behandlung wider. Beispiele dafür sind die Befunde aus der Inspektion und aus den Funktionsprüfungen. Das Knie wird im Stehen 30° flektiert gehalten, während der physiotherapeutischen Untersuchung werden eine Extensionshemmung von 20° und eine Flexionshemmung von 50° ermittelt. Während der physiotherapeutischen Behandlung werden diese „harten" Messergebnisse im Protokollbogen festgehalten.

Analyse. In dieser Phase werden alle Daten des Sportlers (subjektiv) und des Sportphysiotherapeuten (objektiv) miteinander kombiniert, um zu einer momentanen Analyse des Gesundheitsproblems des Sportlers zu kommen. Die Analyse wird den kurz-, mittel- und langfristigen Zielen, die vom Sportler und vom Sportphysiotherapeuten bei der Aufstellung des Behandlungsplans formuliert wurden, gegenübergestellt.

Plan. Wenn die Analysen mit den avisierten Zielen übereinstimmen, kann der Behandlungsplan ausgeführt werden. Weicht die Analyse jedoch ab, hat dies Konsequenzen für den Plan und die therapeutischen Interventionen und/oder das Coaching müssen angepasst werden. Die ausgeführten Interventionen, die Absprachen mit dem Sportler sowie die Informationen und Hinweise für ihn werden im Protokollbogen festgelegt.

Die SOAP-Aufzeichnungen helfen dem Sportphysiotherapeuten dabei, den Verlaufsbogen der Rehabilitation kurz und knapp zu führen. Es handelt sich um ein Hilfsmittel zur Dokumentation und macht es leichter, die formalen zwischenzeitigen Evaluationszeitpunkte zu planen und mit Inhalt zu füllen (**Abb. 4.78**).

Evaluation

Wie unter Abschnitt 4.4.2.1 geschildert, durchläuft der Sportphysiotherapeut den Qualitätszyklus Planen – Tun – Prüfen – Handeln, um systematisch und zielgerichtet ans Werk zu gehen. Die Evaluationszeitpunkte sind als Meilensteine auf dem Weg zum Endziel der Therapie anzusehen. Sie zeigen einen Zwischenstand an und informieren darüber, wie viel der Wegstrecke bereits zurückgelegt wurde und wie weit es noch bis zum Ende ist. Die Kernfrage während der Evaluation ist naturgemäß, inwieweit das Hilfegesuch des Patienten berücksichtigt wurde (patientenzentrierte Versorgung). Um zu beurteilen, ob das der Fall ist, durchläuft man bei der Evaluation einige Stationen: die Aufnahme des Status Präsens, die Beschreibung der Veränderungen gegenüber der Ausgangssituation und/oder der letzten Evaluation, die Formulierung der Behandlungsziele für den nächsten Abschnitt und eine Schätzung über die Dauer der Rehabilitation, bis z. B. die sportlichen Aktivitäten wieder aufgenommen werden können.

Aufnahme des Status praesens

Der Sportphysiotherapeut hält den gegenwärtigen Gesundheitsstatus des Sportlers fest. Das bedeutet im Allgemeinen, dass durch eine Reihe von zielgerichteten Fragen an den Patienten die Intensität der Funktionsstörungen, die Aktivitätseinschränkungen und die Partizipationsprobleme zusammengebracht werden (ICF siehe oben). Im Allgemeinen wird bei der Aufnahme des gegenwärtigen Gesundheitsstatus eine Reihe von Funktionstests wiederholt, die bei der ersten Untersuchung oder bei der letzten Evaluation ebenfalls durchgeführt worden waren. Neben den Funktionstests werden eventuell auch relevante Fragebögen bearbeitet.

Veränderungen gegenüber der Ausgangssituation

Bei der Wiederholung von Tests zur Verdeutlichung der bisherigen Fortschritte spielt die Reproduzierbarkeit der Testergebnisse eine große Rolle. Natürlich werden bei 2 Messungen an derselben Person nie exakt dieselben Ergebnisse erzielt. Bei einem Vergleich der neuen Testergebnisse mit den vorherigen muss der Sportphysiotherapeut sich fragen, ob es sich um einen echten Unterschied handelt oder ob die Unterschiede auf eine mangelnde Reproduzierbarkeit zurückzuführen sind. In Untersuchungen zur Qualität von Messinstrumenten wird dieser Messfehler gegenwärtig quantifiziert (Standardfehler der Messung). So sind etwa die Messfehler für viele Fragebögen beschrieben. Ein verbreiteter Fragebogen, der Einschränkungen bei den ADLs bei Patienten mit tiefen Rückenschmerzen erfasst, ist der Roland Disability Questionnaire (RDQ) (Roland u. Morris 1983). Der Messfehler beim RDQ beträgt 2 Punkte, das bedeutet, dass der Patient bei der Testwiederholung 2 Punkte mehr oder weniger auf der Skala erreichen kann, ohne dass dies eine Aussage über seinen Gesundheitszustand erlauben würde. Mit anderen Worten, wenn der Patient sich bei der neuerlichen Testung um 1 oder 2 Punkte gegenüber der ersten Testung verbessert, kann man zwar einen Unterschied (Verbesserung) feststellen, doch kann dieser Unterschied eventuell auch mit dem Messfehler des Instruments selbst erklärt werden. Der Sportphysiotherapeut kann auf Grundlage solcher Messungen nicht den Schluss ziehen, dass ein Patient mit tiefen Rückenschmerzen tatsächlich geringere Einschränkungen in den ADLs erfährt (Beurskens et al. 2008).

Definition

Reproduzierbarkeit wird definiert als Ausdruck dafür, inwieweit eine Testperson ein stabiles Testergebnis wiederholt erzeugen kann (de Vet et al. 2006). Anders gesagt geht es bei der Reproduzierbarkeit um die Wahrscheinlichkeit, dass eine wiederholte Messung das gleiche Messergebnis wie bei der ersten Messung liefert.

Neben einer Objektivierung der Veränderungen in den klinischen Parametern über die Zeit geht es natürlich auch um subjektive Veränderungen. Diese Veränderungen sind vielleicht nicht so gut messbar, haben in der täglichen Praxis jedoch ihren festen Platz. Es geht hier sowohl um das subjektive Erleben des Sportphysiotherapeuten als auch des Sportlers selbst.

Hat der Sportphysiotherapeut das Gefühl, „auf dem richtigen Weg zu sein"? Die subjektive Evaluation ist dabei sprachgebunden. In der Rehabilitationssprache geht es oft um Begriffe wie „den Patienten aufs richtige Gleis bringen", „er ist auf dem richtigen Weg" oder „ein Anfang ist gemacht".

Das Gefühl und Erleben des Patienten erlangt während der Evaluation eine wichtige Bedeutung. Die subjektive Krankheitstheorie kann z. B. Informationen über mögliche Veränderungen der Gesundheitsprobleme gegenüber der letzten Evaluation liefern. Auf dieser Ebene besteht die Möglichkeit, globale Veränderungen zu quantifizieren. Ein Beispiel dafür ist die GPRS (Global Perceived Rating Scale). Diese Skala geht von 1–7, und der Patient gibt selbst an, wie die Beschwerden sich verändert haben. 1 bedeutet „völlige Genesung" und 7 bedeutet „schlechter als je zuvor".

Tipp

Weitere Informationen zum Einsatz von Messinstrumenten und Richtlinien finden Sie unter www.ecmr.nl (auf Niederländisch) und www.cebp.nl (auf Englisch). Eine entsprechende deutschsprachige Quelle ist das Buch von Oesch (2007) „Assessment in der muskuloskelettalen Rehabilitation".

Regelmäßig stellt man eine Diskrepanz zwischen den Evaluationsergebnissen fest. So kann es z. B. sein, dass der eine objektive Parameter eine Verbesserung gegenüber der Anfangssituation anzeigt und der andere Parameter nicht. Es kann auch vorkommen, dass der Sportphysiotherapeut eine Verbesserung konstatiert, während es im Erleben des Patienten selbst zu keiner großen Veränderung gekommen ist. Solange diese Diskrepanzen bei der Evaluation konstatiert und analysiert werden, liegt noch kein Problem vor. Die Probleme entstehen erst dann, wenn der Sportphysiotherapeut und der Patient diese Diskrepanzen nicht miteinander besprechen.

Sowohl in der Sportphysiotherapie als auch in der Rehabilitation ganz allgemein sind Trends festzustellen, wobei der Patient mehr als Konsument einer Versorgung betrachtet wird denn als jemand, der aktiv in die Entscheidungsfindung einbezogen werden sollte, kurzum: ein Kunde, der mit der Dienstleistung, die er erhält, zufrieden sein sollte. Der Sportphysiotherapeut erkundigt sich dann auch aktiv nach der „Kundenzufriedenheit". Es ist wichtig zu erkennen, dass Kundenzufriedenheit nicht dasselbe ist wie das Erreichen der Therapieziele. Der Patient oder Sportler kann z. B. mit der erhaltenen Dienstleistung zufrieden sein, ohne dass die Ziele erreicht wurden.

In einem nächsten Schritt stellen der Patient und der Sportphysiotherapeut gemeinsam fest, inwieweit die formulierten Behandlungsziele in der zurückliegenden Periode erreicht wurden, wobei es um die mittelfristigen Zielvorgaben geht (s. oben). Dabei ist es wichtig, sich einiger Fallstricke in diesen Situationen bewusst zu werden. Der Sportler hat häufig die Neigung, die Situation rosiger darzustellen, als sie es in Wirklichkeit ist. Das liegt daran, dass er den Sportphysiotherapeuten nicht enttäuschen will: „Der Therapeut tut doch sein Bestes". Durch die „Rosafärbung" des Status Präsens gelangt zudem auch die Sportpartizipation wieder in Reichweite. In ähnlicher Weise können Sportler die Situation auch schwärzer malen, als sie ist. Dasselbe gilt übrigens auch für den Sportphysiotherapeuten. Er hat hart gearbeitet und wird geneigt sein, auch noch so geringen Verbesserungen etwas Positives abzugewinnen. Die meisten Therapeuten sind Berufsoptimisten, was in schleppend verlaufenden Rehabilitationen auch eine notwendige, professionelle Eigenschaft ist. Heute kann man von den Sportphysiotherapeuten erwarten, dass sie sich der hier beschriebenen Mechanismen bewusst sind. Mit anderen Worten: Sie müssen auf Distanz zu sich selbst und zum Therapieverlauf gehen können, um eine vollwertige Evaluation erheben zu können.

Neben der Feststellung, inwieweit die mittelfristigen Behandlungsziele erreicht wurden, kann der Versuch sinnvoll sein, die erreichten Ergebnisse zu erklären. Oft wird dies gemacht, wenn die Behandlungsziele nicht erreicht wurden oder wenn der Gesundheitszustand des Patienten sich sogar verschlechtert hat. Dann geht es um die einer Genesung im Wege stehenden Faktoren.

Die Identifizierung von Erfolgsparametern ist für eine gute Therapie wichtig. Die Erfahrung zeigt, dass Sportphysiotherapeuten oft eine ganze Skala von Interventionen anwenden, um die Behandlungsziele zu erreichen. Sie sind häufig so sehr mit den Anwendungen und Anpassungen der Interventionen beschäftigt, dass kaum noch Platz für eine gute Evaluation bleibt. Bei der Identifikation der Erfolgsparameter versucht der Sportphysiotherapeut gemeinsam mit dem Patienten zu ermitteln, welche der angewandten Interventionen den größten Effekt hatte. Oft stehen bei den verschiedenen angewandten Interventionen (z. B. Mobilisation, Massage, Übungen und Empfehlungen) 2 oder 3 für mehr als 50 % des Behand-

lungserfolgs. Dies sind dann die Erfolgsparameter. Ihre Identifizierung und Übernahme (in angepasster Form) in die nächste Behandlungsperiode ist somit ein Erfolgsfaktor für eine gute sportphysiotherapeutische Begleitung.

Behandlungsziele für die kommende Periode

Nachdem der Sportphysiotherapeut gemeinsam mit dem Patienten die Bilanz im Hinblick auf die gestellten Behandlungsziele der vergangenen Periode aufgestellt hat, gilt es, die Behandlungsziele für die kommende Periode festzulegen. Zur Formulierung von Behandlungszielen siehe oben. Falls es sich um eine multi- oder interdisziplinäre Behandlung handelt, sollten die Behandlungsziele der folgenden Periode gut mit den anderen beteiligten Disziplinen abgesprochen werden. Zu den Einzelheiten sei auf das Kapitel 1.3 verwiesen.

Abschätzung der Zeit bis zur Wiederaufnahme des Sports

Das am häufigsten wiederkehrende Gesprächsthema in der Sportrehabilitation betrifft diese Fragen: „Wie lange wird es noch dauern?“, „Wann kann ich das Training wiederaufnehmen?“ und „Wann kann ich meinen ersten Wettkampf bestreiten?“. Zu den Evaluationszeitpunkten muss der Therapeut sich diesen Fragen stellen. Wenn der Patient Klarheit verlangt, soll er diese Klarheit auch bekommen. Natürlich weist diese Art von Prognosen eine beträchtliche Fehlermarge auf und der Sportphysiotherapeut muss darauf achten, die Dauer der Rehabilitation nicht viel kürzer zu schätzen, als sie letztlich währt. Doch verschafft eine grobe Schätzung, die auch als eine solche verdeutlicht wird, dem Patienten oft genügend Klarheit.

Formen von Evaluationszeitpunkten

Man unterscheidet zwischen geplanten und ungeplanten Evaluationszeitpunkten. Geplante Evaluationszeitpunkte werden bereits weit im Voraus vom Sportphysiotherapeuten und vom Sportler festgelegt. Konzepte, die den Grundstein für die Planung dieser Evaluationszeitpunkte legen können, sind z. B.:

- Der Wundheilungsprozess: Bei akuten Verletzungen kann es sein, dass der Sportphysiotherapeut die Planung eines Evaluationszeitpunktes am Übergang von der Proliferations- zur Konsolidierungs- und Reifungsphase vorschlägt. Diese Planung beruht natürlich auf einer Schätzung (Prognose, Kap. 1.4).
- Absprachen mit anderen (para-)medizinischen Disziplinen: Falls der Patient z. B. zur Kontrolle zu einem Chirurgen muss, um den Status des neu platzierten vorderen Kreuzbandes zu evaluieren, plant der Sportphysiotherapeut den Evaluationszeitpunkt oft vor dem Kontrollbesuch beim Chirurgen, um den Rehabilitationsprozess zu dokumentieren und an den Chirurgen weiterzuleiten (Kap. 1.3).
- Saisonplanung des Sportlers: Auch die Saisonplanung kann die Grundlage eines Evaluationszeitpunktes sein. Wenn etwa bei einem Mannschaftssport die Saisonvorbereitung beginnt, kann es sein, dass der Trainer wissen will, ob und wann der Patient wieder am Mannschaftstraining teilnehmen kann.

Neben den geplanten Evaluationszeitpunkten gibt es auch ungeplante. Konzepte, die für diese Art von Evaluationszeitpunkten die Basis bilden können, sind:

- Veränderung des Gesundheitszustandes des Patienten: Wenn die Heilung viel schneller verläuft als erwartet, kann es erforderlich sein, erneut zu evaluieren und Behandlungsziele zu formulieren, die im ursprünglichen Behandlungsplan erst später vorgesehen waren. Es kann natürlich auch sein, dass sich der Gesundheitszustand plötzlich verschlechtert. Bei beiden Situationen stehen ungeplante Evaluationszeitpunkte auf der Tagesordnung, sei es auf Initiative des Patienten oder des Sportphysiotherapeuten.
- Ausbleibende Veränderung des Gesundheitszustandes: falls es unerwarteterweise zu keiner Veränderung kommt. Bei einer akuten Verletzung kann man im Allgemeinen von einem Rückgang der Symptome nach einigen Tagen ausgehen (Ende der Entzündungsphase).

Wie bereits erwähnt, ist das Ziel der Evaluation die Beurteilung, inwieweit dem Hilfegesuch des Patienten entsprochen werden konnte. Diese Beurteilung erfolgt in 4 Schritten:

- Aufnahme des Status praesens
- Veränderungen gegenüber der Ausgangssituation
- Formulierung der Behandlungsziele für die folgende Periode
- Abschätzen des Zeitraumes bis zur Wiederaufnahme des Sports

Diese Form der systematischen Evaluation ist zeitaufwendig und dauert normalerweise eine komplette Behandlungssitzung. Das ist oft der Grund dafür, dass die Evaluationen in der klinischen Praxis gar nicht oder nur in sehr kurzer Form erfolgen, möglicherweise weil Sportphysiotherapeuten glauben, eine ausgedehnte Evaluation habe keinen Einfluss auf den Behandlungserfolg, denn während der Evaluation wird ja nicht „behandelt“; doch das Gegenteil ist der Fall. Durch die systematische Evaluation bleibt der Rehabilitationsweg zielgerichtet, der Patient bleibt motiviert und es kommt zu keinem Missverständnis zwischen dem Sportphysiotherapeuten und dem Patienten.

Abschluss der Behandlung

Der Abschluss der Behandlung beschreibt den Moment, in dem die Behandlungsphase endet.

Neben dem Datum, zu dem die physiotherapeutische Behandlung endet, sind im Abschluss auch die Gründe für das Ende der Behandlung enthalten. Der wichtigste Grund ist das Erreichen des Endziels, die optimale Sportpartizipation. Wird das gesteckte Endziel nicht erreicht, werden die möglichen Gründe dafür angegeben, wie etwa während der Behandlung aufgetretene Komplikationen. Es kommt jedoch auch vor, dass die Behandlung auf Veranlassung des Sportlers selbst, des Sportarztes oder aufgrund der Tatsache beendet wird, dass die Krankenkassen die Behandlungskosten nicht weiter übernehmen.

Bei Beendigung der Behandlung werden eventuelle Absprachen zur Nachsorge getroffen. Besonders in der Sportphysiotherapie wird viel interdisziplinär behandelt. Alle beteiligten Behandler des Sportlers müssen über das Behandlungsende in Kenntnis gesetzt und über die dem Sportler zuteil gewordene Beratung hinsichtlich der Sportpartizipation unterrichtet werden.

Zusammenfassung

Aufgrund des bewusst durchgeführten methodischen und klinischen Reasonings in der diagnostischen und therapeutischen Phase erlangen sowohl der Physiotherapeut als auch der Sportler einen guten Einblick in das Gesundheitsproblem des Sportlers und in seine Abhilfe. Durch die patientenzentrierte Versorgung und die gemeinsamen Entscheidungsfindungsprozesse während der sportphysiotherapeutischen Behandlung werden optimale Voraussetzungen geschaffen, um den Sportler auf verantwortungsvolle und nachvollziehbare Weise wieder zu seiner Leidenschaft, dem Sport, zu bringen.



Abb. 4.79 Körperbewegungen: Good-Morning-Übung, Ausgangsposition.



Abb. 4.80 Körperbewegungen: Good-Morning-Übung, Endposition.



Abb. 4.81 Körperbewegungen: Russian Twist, Ausgangsposition.



Abb. 4.82 Körperbewegungen: Russian Twist, Endposition.



Abb. 4.83 Körperbewegungen: Flys, Ausgangsposition.



Abb. 4.84 Körperbewegungen: Flys, Endposition.



Abb. 4.85 Bewegungshandlung: Torschuss beim Fußball.

Literatur

Arnold P, Mutsaers J, van Dolder R, van Meeteren N. Screenen in het licht van de directe toegankelijkheid: Hoe doen anderen dat? FysioPraxis 2005; Juni: 34–39.

Beenen P, Ophey M, Bant H. Case-study research: Was wir von unseren Patienten lernen können. manuelletherapie 2007; 11(2): 74–79.

Bekkering GE, Hendriks HJM. KNGF richtlijn lage rugpijn. 2005.

van den Berg F. Toegepaste fysiologie deel 1. Bindweefsel van het bewegingsapparaat. Den Haag: Lemma BV; 2000.

Beurskens AJHM, van Peppen R, Stutterheim E, Swinkels RAHM, Wittink HM. Meten in de praktijk – stappenplan voor het gebruik van meetinstrumenten in de gezondheidszorg. Houten: Bohn Stafleu Van Loghum; 2008.

Broschure Sport blessurevrij. NOC-NSF. 5e druk. November 2006.

Brouwer T, Boiten JC, Uilenreef-Tobi FC. Diagnostiek in de fysiotherapie, proces en werkwijze. Tweede licht gewijzigde druk. Maarssen: Elsevier/Bunge; 1999.

Bulley C, Donaghy M, Coppoolse R, Bizzini M, van Cingel R, DeCarlo M, Dekker L, Grant M, Meeusen R, Philips N, Risberg M. Sports Physiotherapy Competencies and Standards. Sports Physiotherapy For All Project; 2005. Online im Internet: www.SportsPhysiotherapyForAll.org/publications; Stand 13.8.2010.

van Burken P. Gezondheidspsychologie voor de fysiotherapeut. Houten: Bohn Stafleu van Loghum; 2000.
Cameron LD, Leventhal H. The self-regulation of health and illness behaviour. London: Routledge; 2003.
Delforge G. Musculoskeletal Trauma: Implications for sports injury management. Human Kinetics; 2002.
Diemer F, Sutor V. Praxis der medizinischen Trainingstherapie. Stuttgart: Thieme; 2007.
DIMDI. Internationale Klassifikation der menschlichen Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit (ICF). 2005.
Doody C, McAteer M. Clinical Reasoning of Expert and Novice Physiotherapists in an Outpatient Orthopaedic Setting. Physiotherapy 2002; 88(5): 258–268.
Fleming MH. The Therapist with the Three-Track Mind. In: Mattingly MH, Fleming MH, eds. Clinical Reasoning – forms of inquiry in a therapeutic practice. Philadelphia: F. A. Davis; 1994.
Gillardon P, Zipp GP. A Proposed Strategy to Facilitate Clinical Decision Making in Physical Therapist Students. Journal of Physical Therapy Education 2002; 16(2): 57–63.
Hagenaars LHA, Bos JM. Over de kunst van het hulpverlenen. 3. Auflage. Amersfoort: NPI; 2006.
Heerkens YF, Lakerveld-Heyl K, Verhoeven ALJ, Hendriks EJM. KNGF-richtljin fysiotherapeutische verslaglegging. nederlands tijdschrift voor fysiotherapie 2007; 117(6): supplement.
Hegner J. Training fundiert erklärt: Handbuch der Trainingslehre. Herzogenbuchsee: INGOLD Verlag; 2006.
Higgs J. Developing Clinical Reasoning Competencies. Physiotherapy 1992; 78(8): 575–579.
Higgs J. A program for developing clinical reasoning skills in graduate physiotherapists. Med Teach 1993; 15: 195–205.
Higgs J, Jones MA, Loftus S, Christensen N. Clinical reasoning in the health professions. London: Elsevier; 2008.
Hüter-Becker A. Der Paradigmenwechsel in der Physiotherapie und das Bobath-Konzept. Krankengymnastik 2000; 52(2): 277–282.
Hullegie W, Bloo H, Bult H, Glashouwer P, Spanjersberg D, Coppoolse R. Beroepscompetentieprofiel Sportfysiotherapeut. NVFS; 2007.
Jette DU, Grover L, Keck CP. A qualitative study of clinical decision making in recommending discharge placement from the acute care setting. Phys Ther 2003; 83: 224–236.
Kettenbach G. Writing SOAP notes. 2nd Edition. Philadelphia: Davis; 1995.
KNGF Richtlijn fysiotherapeutische verslaglegging. Supplement bij het Nederlands Tijdschrift voor fysiotherapie 2003; Nummer 1.
van der Kwakkel H. Nota Zorg voor Sport en Bewegen van het Landelijk Platform Sport – Gezondheidszorg (LPS); 2006.
Langley GJ, Nolan KM, Nolan TW. The foundation of improvement. Silver Spring, MD: API Publishing; 1992.
Lazarus RS. Emotion narratives: A radical new research approach. In: Marks DF, ed. The Health Psychology Reader. London: Sage Publications; 2002.
Leventhal H, Nerenz DR, Steele DJ. Illness representations and coping with health threats. In: Baum A, Singer J, eds. A Handbook of Psychology and Health. Hillsdale NJ: Erlbaum; 1984.
Marks D. Perspectives on evidence-based practice. London: Health Development Agency; 2002.
Martinez-Hernandez A, Amenta PS. Basic concepts in woundhealing. In: Leadbetter WD, Buckwalter JA, Gordon SL, eds. Sports-induced inflammation. Park Ridge: American Academy of Orthopedic Surgeons; 1990.
Massey BF. What's all the fuss about the direct access? Physical Therapy 2002; 82(11): 1120–1123.
de Morree JJ. Dynamiek van het menselijk bindweefsel. Houten/Diegem: Bohn Stafleu van Loghum; 2001.
Neistadt ME. Teaching strategies for the development of clinical reasoning. Am J Occup Ther 1996; 50: 676–684.
Oesch P, Hilfiker R, Keller S, Kool J, Schädler S, Tal-Akabi A, Verra M, Widmer Leu C. Assessment in der muskuloskelettalen Rehabilitation. Bern: Hans Huber; 2007.
Petridou E. Childhood injuries in the European Union: Can epidemiology contribute to their control? Acta Paediatr 2000; 89(10): 1244–1249.
Rawlings MD, Culver AJ. National Institute for Clinical Excellence and its value judgements, education and debate. BMJ 2004; 329: 224.
Roland MO, Morris RW. A study of the natural history of back pain. Part 1: Development of a reliable and sensitive measure of disability in low back pain. Spine 1983; (8): 141–144.
Sackett DL, Straus SE, Richardson WS, Rosenberg W, Haynes BR. Evidence-based medicine: How to practice and teach EBM. Edinburgh: Churchill Livingstone; 2000.
Sassen, B. Gezondheidsvoorlichting voor paramedici. Maarssen: Elsevier gezondheidszorg; 2001.
Senten M, Beckers M, Bloemers M, Kramer R, Sanders N, Janssens M. Preventie loont. Tussenstand van het programma Preventie van ZonMw. Screening. Assen: Van Gorcum; 2003.
Straus SE, Richardson B, Haynes RB. Evidence-based medicine: How to practice and teach EBM. Oxford: Churchill Livingstone; 2005.
Sveneus F. The hermenetics of medicine and the phenomenology of health. Steps towards a philosophy of medical practice. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers; 2001.
Tonelli MR. The limits of evidence-based medicine. Respiratory Care 2001; 46: 1435–1440.
de Vet HCW, Terwee C, Knol DL, Bouter LM. When to use agreement versus reliability measures. Journal of Clinical Epidemiology 2006; 59: 1033–10.
Waddell G. The Back Pain Revolution. London: Churchill Livingstone; 1998.
van der Zanden OCMW, Barbaix EJ, Bautmans I, Oostendorp RAB. Gezondheidsprofiel als uitkomst van het diagnostisch proces door de fysiotherapeut/kinesitherapeut: Een patient met epicondylitis lateralis. Jaarboek fysiotherapie, kinesitherapie 2001; 8:37.
www.kiesbeter.nl , Wijst u de weg in de gezondheidszorg; medische informatie. Letzter Zugriff 15.06.2009.
http://www.hsleiden.nl/aems/fysio/Beroepsprofiel2005.pdf (letzter Aufruf 2005).
https://www.kngfrichtlijnen.nl/index.php?NODE=2004&richtlijn=14
www.professional.nierstichting.nl/actueel/nieuwsbrief/november_2006 18-09-2009

5 Betreuerkoffer im Sport

Mike Steverding

Wie schon im Kapitel 2.2 erwähnt, kann man die Kollegen jedes Wochenende bei ihren Einsätzen beobachten, wie sie mit diversen Boxen und Taschen bewaffnet aufs Spielfeld stürmen, um verletzten Sportlern wieder auf die Beine zu helfen.

Wir haben auch erfahren, dass diese Taschen nicht nur als Transportmedium für die Utensilien dienen, die zur Erstversorgung benötigt werden. Sie sind auch ein wichtiges Mittel der Abgrenzung, der Arbeitsplatzgestaltung und des Zeitgewinns bei der wichtigen Schnelldiagnostik. Und natürlich beeindruckt und beruhigt den verletzten Spieler wie auch den Schiedsrichter ein gut ausgestatteter Therapeut mehr als ein lässig daherschlendernder Ersthelfer, der mit einer sehr kleinen Tasche auf das Spielfeld kommt.

Hier wird schon deutlich, auf welchen verschiedenen Ebenen ein so einfaches Thema wie ein Betreuerkoffer seine Wirkung zeigen kann.

In erster Linie ist der Betreuerkoffer eine sehr wichtige Anlaufstelle für Sportler, Trainer und Therapeuten im Falle einer Verletzung – egal ob auf dem Niveau des Breiten- oder Leistungssports. In seinem Inneren sollte eine medizinische Grundausrüstung in Training und Wettkampf immer verfügbar sein. Dabei kommt es abhängig von der Disziplin zu unterschiedlichen Inhaltskomponenten. Die Grundausstattung selbst gestaltet sich allerdings sehr ähnlich.

5.1 Grundausstattung des Betreuerkoffers

Mit der folgenden Grundausstattung zur ersten Wundversorgung über Verbandsmaterial, medizinische Instrumente und Medikamente bis hin zur zusätzlichen Kühlbox ist man auf die meisten Vorfälle im Sport vorbereitet (**Abb. 5.1**a-b). Sicherlich hat auch hier jeder Therapeut oder Arzt seine spezifischen Präferenzen und so sind diese Angaben als Vorschlag zu betrachten. Individuell sollte jeder betreuende Therapeut seine eigene Komposition finden.

Wundversorgung

Für die Wundversorgung müssen enthalten sein
- Mullbinden (elastisch) in gängigen Breiten
- Idealbinde
- kohäsive, elastische Fixierbinden (z. B. Gazofix)
- sterile Kompressen
- Verbandmull/Salbenträger
- Wundpflaster
- Wundgaze
- Hydrokolloidpflaster
- Blasenpflaster
- Second Skin
- Stretchklebeverband
- Klammerpflaster
- Fibrin-Wundkleber
- Watteträger/Wattestäbchen
- blutstillende Claudenwatte und -tampons
- Watte
- Desinfektionsspray/-lösung
- Kochsalzlösung (Wundreinigung)

ärztliche Zusatzausstattung
- verschiedene Nahtmaterialien
- Wundtacker

Funktionelles Verbandsmaterial

Gebraucht werden
- klassisches Tape (2,0; 3,75; 5,0)
- elastisches Tape/Elastoplast
- Kinesiotape
- Underwrap/Unterzugbinde
- Polstermaterial (Arthrofoam)
- kohäsive elastische Fixierbinde (Gazofix)
- Sprühkleber
- Tuffner/Kleberentferner

Instrumente

Gebraucht werden
- Verbandsschere
- chirurgische Wundschere
- Pinzetten (anatomisch und chirurgisch)
- Tape-Cutter
- Kinesiotape-Schere
- Einmalrasierer
- Kanülen/Nadeln
- Sicherheitsnadeln
- Skalpelle

5 Betreuerkoffer im Sport

Mike Steverding

Wie schon im Kapitel 2.2 erwähnt, kann man die Kollegen jedes Wochenende bei ihren Einsätzen beobachten, wie sie mit diversen Boxen und Taschen bewaffnet aufs Spielfeld stürmen, um verletzten Sportlern wieder auf die Beine zu helfen.

Wir haben auch erfahren, dass diese Taschen nicht nur als Transportmedium für die Utensilien dienen, die zur Erstversorgung benötigt werden. Sie sind auch ein wichtiges Mittel der Abgrenzung, der Arbeitsplatzgestaltung und des Zeitgewinns bei der wichtigen Schnelldiagnostik. Und natürlich beeindruckt und beruhigt den verletzten Spieler wie auch den Schiedsrichter ein gut ausgestatteter Therapeut mehr als ein lässig daherschlendernder Ersthelfer, der mit einer sehr kleinen Tasche auf das Spielfeld kommt.

Hier wird schon deutlich, auf welchen verschiedenen Ebenen ein so einfaches Thema wie ein Betreuerkoffer seine Wirkung zeigen kann.

In erster Linie ist der Betreuerkoffer eine sehr wichtige Anlaufstelle für Sportler, Trainer und Therapeuten im Falle einer Verletzung – egal ob auf dem Niveau des Breiten- oder Leistungssports. In seinem Inneren sollte eine medizinische Grundausrüstung in Training und Wettkampf immer verfügbar sein. Dabei kommt es abhängig von der Disziplin zu unterschiedlichen Inhaltskomponenten. Die Grundausstattung selbst gestaltet sich allerdings sehr ähnlich.

5.1 Grundausstattung des Betreuerkoffers

Mit der folgenden Grundausstattung zur ersten Wundversorgung über Verbandsmaterial, medizinische Instrumente und Medikamente bis hin zur zusätzlichen Kühlbox ist man auf die meisten Vorfälle im Sport vorbereitet (**Abb. 5.1**a-b). Sicherlich hat auch hier jeder Therapeut oder Arzt seine spezifischen Präferenzen und so sind diese Angaben als Vorschlag zu betrachten. Individuell sollte jeder betreuende Therapeut seine eigene Komposition finden.

Wundversorgung

Für die Wundversorgung müssen enthalten sein
- Mullbinden (elastisch) in gängigen Breiten
- Idealbinde
- kohäsive, elastische Fixierbinden (z. B. Gazofix)
- sterile Kompressen
- Verbandmull/Salbenträger
- Wundpflaster
- Wundgaze
- Hydrokolloidpflaster
- Blasenpflaster
- Second Skin
- Stretchklebeverband
- Klammerpflaster
- Fibrin-Wundkleber
- Watteträger/Wattestäbchen
- blutstillende Claudenwatte und -tampons
- Watte
- Desinfektionsspray/-lösung
- Kochsalzlösung (Wundreinigung)

ärztliche Zusatzausstattung
- verschiedene Nahtmaterialien
- Wundtacker

Funktionelles Verbandsmaterial

Gebraucht werden
- klassisches Tape (2,0; 3,75; 5,0)
- elastisches Tape/Elastoplast
- Kinesiotape
- Underwrap/Unterzugbinde
- Polstermaterial (Arthrofoam)
- kohäsive elastische Fixierbinde (Gazofix)
- Sprühkleber
- Tuffner/Kleberentferner

Instrumente

Gebraucht werden
- Verbandsschere
- chirurgische Wundschere
- Pinzetten (anatomisch und chirurgisch)
- Tape-Cutter
- Kinesiotape-Schere
- Einmalrasierer
- Kanülen/Nadeln
- Sicherheitsnadeln
- Skalpelle



a b

Abb. 5.1 a–b Betreuerkoffer und Kühlbox.

ärztliche Instrumente
- Nadelhalter
- Spritzen und Kanülen
- Skalpelle

Medikamente

Gebraucht werden
- Massagemittel (Creme, Öl)
- Wund- und Heilsalbe (Bepanthen, Elyth-Salbe)
- Salbenpräparate (Traumeel-Salbe, Nawa-Balsam)
- hyperämisierende Salbe (Finalgon, Rödler Balsam, Traumasalbe)
- Analgetika (nicht verschreibungspflichtig)
- Minzöl
- Enzympräparate (Bromelain, Wobenzym, Phlogenzym)
- homöopathische Globuli (Arnica C6 und C12)

ärztliche Medikamente
- entzündungshemmende Medikamente (NSAR = Voltaren, Ibuprofen)
- Breitbandantibiotika
- Antiemetika (Übelkeit)
- Durchfallmittel (Immodium, Kohle-Compretten)
- Antihistaminika
- Augentropfen
- Adrenalin
- Lokalanästhetika
- Hustenmittel

Sonstiges

Außerdem sollten enthalten sein
- Blutdruckmessgerät
- Guedel-Tubus (wichtig für Notfall!!!)
- Pupillenlampe
- Holzspatel
- Thermometer
- Einmalhandschuhe/sterile Handschuhe
- Mobilisationskeil und Traktionsgurt (optional)
- Papiertaschentücher
- Kaugummi

Zusätzliche Kühlbox

Gebraucht werden
- Eiswasser
- Eiswürfel (anstelle der Eiswürfel können auch Kühlkompressen eingesetzt werden)
- Schwamm
- Kühlbeutel
- Eislolly (optional)
- Handtuch
- Einmalkühlkompressen
- Chloräthyl- oder Eisspray

Vorsicht: Chloräthyl- oder Eisspray nicht auf offene Wunden geben – es besteht die Gefahr von Allergieschock oder Verbrennungen!

Wichtig: Die eingesetzten Verbandsmaterialien und Medikamente sollten ständig auf ihre Ablauffristen geprüft und bei Bedarf ausgetauscht werden.

5.2 Erstversorgung nach Sportverletzungen

Im Falle einer akuten Verletzung ist es die Aufgabe des Physiotherapeuten, die Rahmenbedingungen für die natürliche Wundheilung möglichst optimal zu gestalten. Dabei orientieren sich alle gewählten Maßnahmen an den physiologischen Bedürfnissen der verletzten Struktur. Der Therapeut navigiert den Athleten mithilfe seiner Kenntnisse dieser Heilungsprozesse und versucht, negative Einflüsse auf Patient und Wundheilung zu minimieren (Kap. 1.4).

Gerade in dieser ersten Phase nach dem Trauma, der Entzündungsphase, ist ein strukturiertes Erste-Hilfe-Konzept von großer Bedeutung.

Die weit verbreitete **„PECH-Regel“** ist aus physiologischer Sicht eine sehr effektive Möglichkeit, um positiv auf die entsprechenden Wundheilungsprozesse einzuwirken. Sie wird im Folgenden erläutert.

P = PAUSE

Der Körper versucht in dieser ersten Phase nach der Verletzung, die verletzten Gefäße so schnell wie möglich wieder abzudichten. Sie sichern im Wundgebiet die Sauerstoff-, Nähr- und Baustoffversorgung. Gleichzeitig soll nicht zu viel Blut in das umliegende Gebiet austreten.

In diesem Stadium ist die wichtigste Zielsetzung, die Vorgänge der körpereigenen Blutstillung nicht zu stören. Die erste Sofortmaßnahme besteht daher in einer direkten Unterbrechung der mechanischen Beanspruchung im Verletzungsgebiet.

E = EIS

Über den Einsatz von Eis wurde in den letzten Jahren sehr kontrovers diskutiert. Bezüglich der verschiedenen Einflussfaktoren auf die physiologische Wundheilung stehen wir der Kryotherapie in der klassischen Anwendung eher kritisch gegenüber. Aber gerade in den ersten Minuten einer Verletzung erscheint der vasokonstriktive Effekt einer Eisbehandlung allerdings sinnvoll. Er unterstützt die reflektorische Gefäßverengung während der Blutstillung positiv.

> Es empfiehlt sich der Grundsatz: Je akuter das Geschehen, desto milder der thermische Reiz.

Mit Temperaturen deutlich über dem Gefrierpunkt (5–15 °C) empfiehlt sich diese Thermotherapie vor allem in den ersten 30–60 min, da Blutstillung und Blutgerinnung Lecks im Gefäßsystem innerhalb weniger Minuten abdichten (Silbernagel u. Despopoulus 1979). Ein Einsatz von Kälteanwendung über diese Zeit hinaus ist bis zum Abschluss dieser vaskulären Entzündungsphase durchaus sinnvoll. Es sollte vielleicht über die Methodik der Anwendung und über die Temperatur etwas genauer nachgedacht werden. So erscheinen Langzeitapplikationen mit sehr niedrigen Temperaturen eher kontraproduktiv, da sie über einen längeren Zeitraum eine Vasokonstriktion provozieren und dadurch im Wundgebiet die physiologischen Abläufe eher stören.

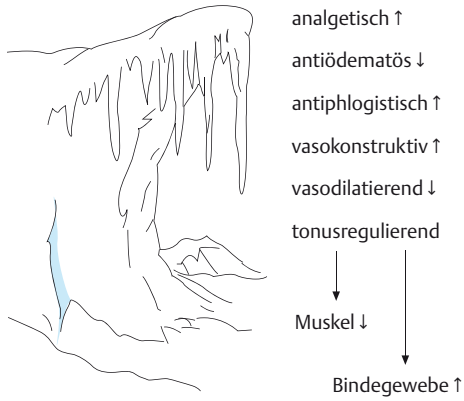


Abb. 5.2 Physiologische Wirkung der Kryotherapie.

> Die klassische Kältetherapie ist sicherlich zu hinterfragen, da die physiologische Wirkung von Eis (Knight 1990) in den positiven Aspekten zwar eine Symptomlinderung (z. B. Analgesie) erzielt, in der weiteren Wirkung allerdings eher kontraproduktiv zu den physiologischen Mechanismen der Wundheilung wirkt.

Spätestens mit Beginn der zellulären Phase (2.–5. Tag) sollten längere Anwendungen von Kälte eher vermieden werden. Bewährt haben sich so genannte Cryokinetics, also kurze Eisabreibungen (20–30 sec) im Wechsel mit schmerzfreien Bewegungssequenzen (1–2 min). Nach einer Pause von 1 min kann dieses Vorgehen 3- bis 4-mal wiederholt werden.

Eine perfekte Ergänzung dieser Variante der Thermotherapie sind anschließende „Quarkwickel“ über 30 min – natürlich nach der Abdeckung eventueller Narben oder Wunden (s. Kap. Nachbehandlung einer ACL-Rekonstruktion, S. 550).

C = COMPRESSION

Eine Kompression im Verletzungsgebiet erhöht den extravasalen Druck und reduziert somit das Austreten von Blut und Plasmaflüssigkeit aus den betroffenen Gefäßen. Dabei darf der eingesetzte Druck auf keinen Fall die abtransportierenden Gefäße (Venen/Lymphbahnen) komplett komprimieren.

Es empfiehlt sich ein flächiger Druck von deutlich unter 80 mmHg.

H = HOCHLAGERUNG

Die gezielte Hochlagerung der betroffenen Extremität reduziert zusätzlich den intravasalen Druck sowie die Gravitationswirkung und vermindert zusätzlich das Austreten von Blut und Plasmaflüssigkeit. Auch nach der ersten Gefäßabdichtung erscheinen diese Maßnahmen im Verlauf der Entzündungsphase noch sehr sinnvoll, da die Blutgefäße aufgrund der Entzündungsreaktion permeabel eingestellt sind und viel Flüssigkeit in das Gewebe abgeben würden.

Im Verlauf der nächsten Stunden kann der Athlet dann mit seinem Verhalten perfekt auf die Bedürfnisse seines Körpers eingehen.

5.2.1 Sportlerverhalten in den ersten 24–48 Stunden

Da soll der Sportler beachten:

- Konsequente mechanische Entlastung: Die mechanische Entlastung der verletzten Strukturen ist notwendig, um keine weitere Schädigung zu generieren. Die körpereigene Wundheilung soll ungestört ablaufen können.
- Konsequente PECH-Regel einhalten: Die physiologischen Hintergründe sind oben erläutert worden. Sie optimieren die Rahmenbedingungen für die entsprechenden Schritte der Heilung.
- Kein Alkohol: Alkohol ist eine Substanz, die eine erhebliche Wirkung auf die Motorik der Blutgefäße zeigt. Die natürlichen Regulationsmechanismen werden negativ beeinflusst.
- Kein Nikotin: Nikotin ist wie Alkohol, eine vasomotorisch wirksame Substanz. Sie verändert die Gefäßregulation und stört den Wundheilungsverlauf.

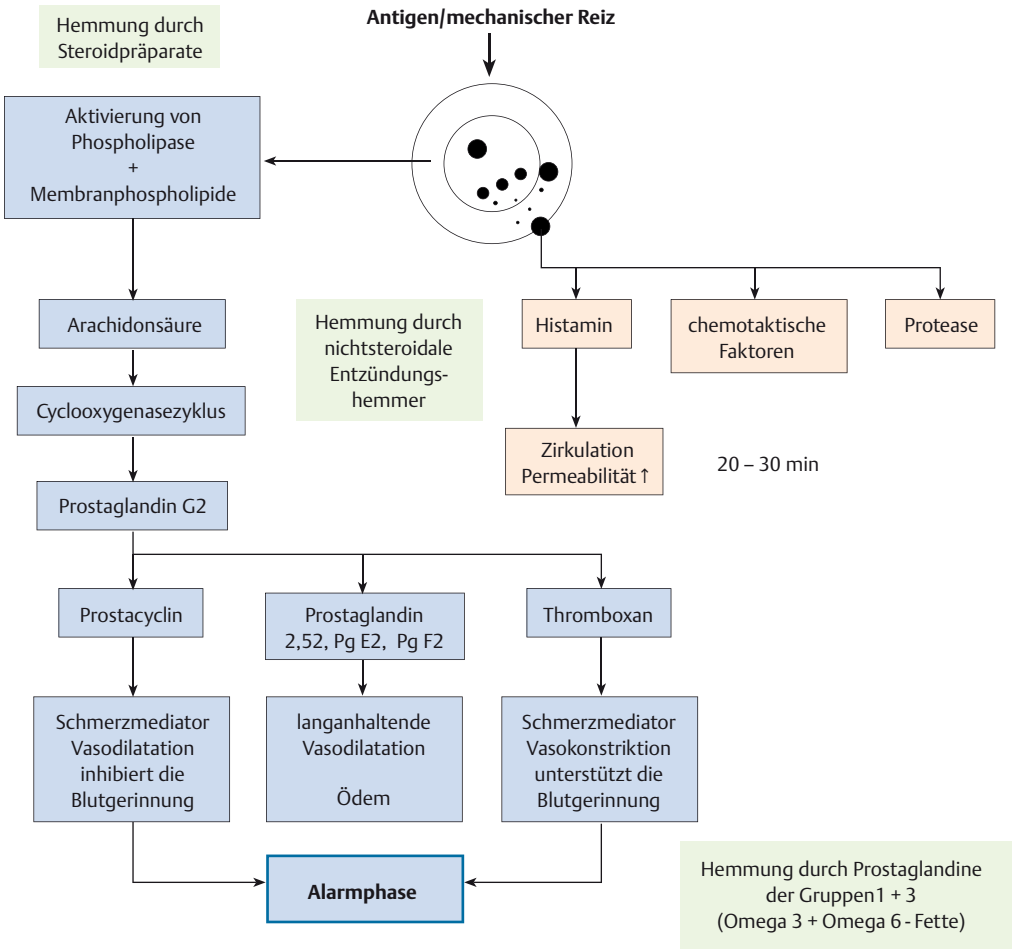


Abb. 5.3 Physiologische Wirkung mechanischer Reize in der Alarmphase.

- Nicht pauschal Antiphlogistika: Antiphlogistika oder entzündungshemmende Medikamente (Voltaren, Ibuprofen usw.) werden posttraumatisch oft pauschal bei entsprechenden Schmerz- und Entzündungsreaktionen verordnet. Aus physiologischer Sicht ist dieser Einsatz nicht immer zu verantworten, da die Entzündungsreaktion ein notwendiger Baustein der Heilungsprozesse ist und eigentlich nicht „bekämpft" werden sollte. Bei entsprechendem Patientenverhalten regulieren sich die Entzündungszeichen nach Ablauf dieser wichtigen Phase. Bei einem zu frühen Eingreifen mit diesen Medikamenten unterbrechen diese sogar die Abläufe der Wundheilung.
- Nicht pauschal Corticosteroide: Ähnlich wie bei den Antiphlogistika ist eine pauschale Applikation von Corticosteroiden nach Traumen dringend abzulehnen. Diese Medikamente stören ganz erheblich die Ausbildung natürlicher biochemischer Abläufe, die zur Entwicklung einer regulären Wundheilung dringend erforderlich sind (**Abb. 5.3**).

Die Entzündungsphase wird durch Corticosteroide komplett unterdrückt, wodurch die negativ belegten Entzündungszeichen – Dolor, Calor, Tumor, Rubor und Functio laesa – als Symptome für den Patienten weniger spürbar werden. Ihm fehlen dadurch wichtige Informationen, sein Verhalten dem Befund der geschädigten Strukturen adäquat anzupassen. Eine Bagatellisierung und damit eine weitere Schädigung drohen. Die Entzündung wird komplett übersprungen und der erste wichtige „Bauabschnitt" der Heilung fehlt – als würde man ein Haus ohne Fundament auf Sand bauen. Wäre der Einsatz von Cortison eine sinnvolle Ergänzung für die physiologischen Abläufe, so wäre der Körper in der Lage, sein körpereigenes und sehr wirksames Cortisol zu produzieren. Natürlich möchte ich an dieser Stelle erwähnen, dass der Einsatz von Corticosteroiden nicht prinzipiell abzulehnen ist, da es bei entsprechender Indikation ein sehr wirksames und vor allem in der Notfallmedizin ein sehr wichtiges und sogar lebensrettendes Medikament sein kann.

5.2.2 Therapeutische Sekundärmaßnahmen innerhalb der ersten 24–48 Stunden

Segmentale/vegetative Therapieformen

Wie schon im Kapitel „Rehabilitation nach ACL-Rekonstruktion" beschrieben (s. S. 548), zeigen angenehme Techniken der Massage, BGM und auch weiche manualtherapeutische Griffe vor allem im sympathischen Grenzstranggebiet eine sehr gute Wirkung auf die Dämpfung der sympathischen Reflexaktivität sowie die lokale Stoffwechsellage im verletzten Gebiet. Je nach betroffener Region können die Techniken in den unterschiedlichen Segmentbereichen der BWS eingesetzt werden. Die Übergänge der vegetativen Bereiche sind zwar fließend, dennoch lassen sich Referenzgebiete sehr gut zuordnen (**Abb. 5.4**):

- 8–TH4 = HWS/Nackenbereich
- TH4–TH8 = Schulter/Armbereich
- TH10–L2 = ISG/LWS/Hüfte/Bein (Sato u. Schmidt 1973)

Angenehm und effektiv ist auch der Einsatz von Elektro- oder Thermotherapie in diesen Segmenten (z. B. Interferenzstrom und klassische Wärmetherapie, s. Kap. 3.2).

Zusätzlich zur therapeutischen Wirkung dieses Behandlungsansatzes sind die psychologischen Effekte nicht zu unterschätzen. Über diese angenehmen Therapieformen wird ein erster Kontakt mit dem Therapeuten aufgenommen und es kann sich ein Vertrauensverhältnis entwickeln. Die Behandlung erfolgt nicht im direkten Verletzungsgebiet, ist komplett schmerzfrei und zeigt positive Wirkung auf das Wohlbefinden. Der primäre sympathische Stress des verletzten Athleten wird abgebaut und er darf sich richtig in diese Therapie „fallen lassen". Diese Komponente der Behandlung ist ein wichtiger Schlüssel für ein erfolgreiches Therapiekonzept (Kap. 8).

Lokale Therapieformen

Zu der Behandlung im reflektorischen Referenzgebiet der Brustwirbelsäule kann natürlich mit gezielten Maßnahmen in der betroffenen Region begonnen werden.

Entscheidend bei diesen Maßnahmen ist es, die Wundheilungsprozesse nicht zu stören.

Sehr angenehm empfinden die Athleten den Einsatz manueller Lymphdrainage, sowohl als Ganzkörpermaßnahme oder auch lokal an der betroffenen Extremität. Diese weichen, feinfühligen Grifftechniken fördern nicht nur den Abtransport von Ödemen und Ergüssen, sie unterstützen auch die reflektorische Dämpfung der sympathischen Reflexaktivität. Über die Stimulation von Mechanorezeptoren gelingt es, mit den Mechanismen der Gate-Control-Theorie einen positiven Einfluss auf die Schmerzweiterleitung zu erzielen.

> Je akuter die Verletzung, desto sanfter die eingesetzten therapeutischen Techniken.

Mit dosierten Bewegungen im schmerzfreien Bereich, auch in Verbindung mit den schon erwähnten Kryokinetics, unterstützen wir diese Wirkung und geben dem Athleten ein probates Mittel zur effektiven Schmerzreduktion ohne Nebenwirkungen an die Hand. In gleicher Weise funktionieren auch sanfte, oszillierende manualtherapeutische Grifftechniken innerhalb der Matrixbelastung

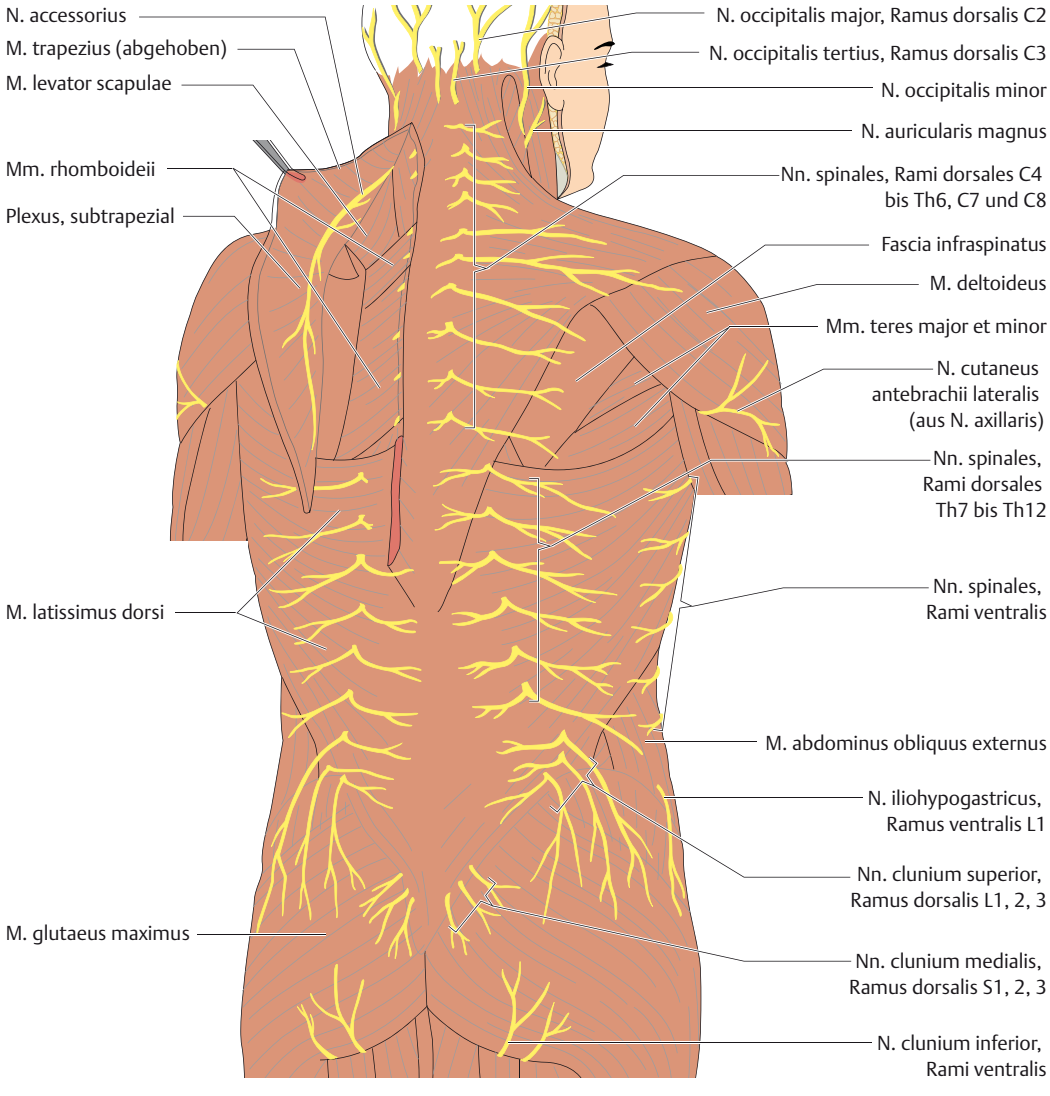


Abb. 5.4 Versorgung des Rückens durch die oberflächlichen Nerven.

im Sinne einer Arthritisbehandlung. Weiterhin kommen „Piccolo-Traktionen“ oder Gleittechniken zum Einsatz.

Ernährung und alternative Methoden

Unterstützend versuchen wir über die Ernährung (Kap. 7) und einen homöopathischen Therapieansatz den aktiven Zellen im Wundgebiet ein optimales Milieu zu gestalten.

Bewährt hat sich die Gabe von Arnica C6 oder C12 (halbstündlich 3 Globuli) über die ersten Stunden nach dem Trauma. Diese Grundversorgung lindert vor allem Schmerzen und zeigt keinerlei Nebenwirkungen oder Störungen der physiologischen Wundheilung.

Die Gabe von Vitamin C ist aus einer Vielzahl von Gründen eine wichtige Ergänzung zur normalen Ernährung. So wissen wir um den Stellenwert dieses Vitamins bei der Kollagenbildung in der Zelle. Nur mit einem ausreichenden Angebot an Vitamin C kann das wichtige Prokollagen (Vorstufe von Kollagen) gebildet bzw. stabilisiert werden. Als wichtiges wasserlösliches Antioxidans schützt es die Körperzellen vor freien Radikalen. Eine Dosierung von 3-mal täglich 500 mg sorgt für ein ausreichendes Angebot.

In diesem Zusammenhang sind auch die Vitalstoffe Vitamin E und Selen zu erwähnen, da sie mit dem Vitamin C zusammenwirken, sich gegenseitig aktivieren und eine antioxidative Wirkung zeigen. Vitamin E kommt vor allem in kaltgepressten Pflanzenölen wie Weizenkeim- oder Sonnenblumenöl vor. Selen kommt in Fleisch und vor allem in Getreide oder Hülsenfrüchten vor.

Insgesamt ist in dieser frühen Phase, aber auch im gesamten Verlauf einer Rehabilitation, auf eine eher basen-

Tab. 5.1 Säure- und basenbildende Nahrungsmittel

Säurebildende Nahrungsmittel	Basenbildende Nahrungsmittel
Fleisch, Wurst, Fisch	Blattsalate
Süßwaren	Gemüse
Alkohol, Cola, Kaffee	Obst, Obstessig
Eier, Käse	Kartoffeln
Weißmehlprodukte	Molke
Reis, Teigwaren	Kräutertee

bildende Ernährung zu achten. Eine ständige Übersäuerung (ph-Wert unter 7,3) führt zu eine Störung der Stoffwechsel- und Zellvorgänge. Deshalb sind basenbildende Nahrungsmittel deutlich zu bevorzugen.

Zudem sollte der Sportler viel trinken. Der Organismus besteht zu 75 % aus Wasser, alle Stoffwechselvorgänge und Informationsübertragungen benötigen ein feuchtes Milieu. Die meisten Menschen haben eine schlechte Flüssigkeitsbilanz, sie trinken zu wenig, der Organismus sitzt auf dem Trockenen. Gerade in dieser wichtigen Phase der Wundheilung erhöht sich der Bedarf an Flüssigkeit enorm.

2–3 l Flüssigkeit am Tag sichern die Grundversorgung eines Patienten, wenn er sich nicht zusätzlich körperlich betätigt. Eine solche Trinkmenge ist für viele Menschen nur sehr schwer zu erreichen. Ganz wichtig ist es, die Patienten zum Trinken zu motivieren, sie zu erinnern, ja fast zu zwingen.

Tipp

„Einmal am Tag sollte der Urin hellgelb, fast klar sein. Dies ist durch ausreichendes Trinken einfach zu schaffen. Dann bekommt der ehemals dunkelgelbe Urin seine gewünschte helle Farbe." (Franz u. Schäfer 2008, S. 166)

Literatur

de Morree J. Bindegewebsheilung. Vortrag auf der IFOMZ-ECE-Tagung. Science in Practice. Amsterdam; 1997.

Diemer F, Sutor F. Praxis der medizinischen Trainingstherapie. Stuttgart: Thieme; 2007.

Franz W, Schäfer R. Die Kniesprechstunde. München: Herbig; 2007.

Franz W, Schäfer R. Kniearthrose. München: Herbig; 2008.

Hohenester W, Helfferich M. Ganzheitlich Heilen durch Homöopathie. München: Südwestverlag; 1995.

Klinke R, Silbernagel S. Lehrbuch der Physiologie. 2. Auflage. Stuttgart: Thieme; 1996.

Knight K. Cryotherapie: Theory, Technique, and Physiologie. Chattanooga: Chattanooga Corporation; 1990.

Lexikon der Krankheiten und Untersuchungen. Stuttgart: Thieme; 2006.

Müller-Wohlfarth HW, Montag HJ. Verletzt ... was tun? 3. Auflage. Pfaffenweiler: Wero Press; 2000.

Netter F. Farbatlanten der Medizin. Band 1. Stuttgart: Thieme; 1992.

Peacock EE Jr. Wound repair. Philadelphia: W. B. Saunders; 1984.

Peterson L, Renström P. Verletzungen im Sport. 2. Auflage. Köln: Deutscher Ärzteverlag; 1987.

Platzer W. Taschenatlas der Anatomie. Band. 1. 3. Auflage. Stuttgart: Thieme; 1979.

Renström P. Sportverletzungen und Überlastungsschäden. Köln: Deutscher Ärzteverlag; 1997.

Sato A, Schmidt RF. Somatosympathetic Reflexes: Afferent Fibers, Central Pathways, Discharge Characteristics. Physiological Review 1973; 53: 916–947 a.

Silbernagl S, Despopoulus A. Taschenatlas Physiologie. Stuttgart: Thieme; 1979.

Steverding M. Rehabilitation spezifischer Gewebe. In: van den Berg F (Hrsg.). Angewandte Physiologie. Band 3. Therapie, Training, Tests. Stuttgart: Thieme; 2001.

van den Berg F (Hrsg.). Angewandte Physiologie. Band 1. Das Bindegewebe des Bewegungsapparates verstehen und beeinflussen. 2. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2003.

van den Berg F (Hrsg.). Angewandte Physiologie. Band 3. Therapie, Training, Tests. 2. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2007.

van Wingerden B. Connective Tissue in Rehabilitation. Vaduz/Liechtenstein: Scripto; 1995.

6 Doping und Sportphysiotherapie

Simone Schmidt

Nachdem ständig neue Dopingskandale in den verschiedensten Sportarten aufgedeckt wurden und nicht selten Physiotherapeuten und Masseure darin verstrickt waren, gibt das folgende Kapitel einen kurzen Überblick über die häufig verwendeten Dopingmittel und -methoden sowie die davon ausgehenden Gefahren.

Grundsätzlich versteht man unter Doping die Verwendung von Substanzen und/oder Methoden zur künstlichen Leistungssteigerung im Wettkampf oder in der Trainingsphase, die gegen die sportliche Ethik verstößt und die physische sowie die psychische Gesundheit des Sportlers beeinträchtigen kann.

Der Begriff des Dopings wird hauptsächlich im Leistungs- bzw. Spitzensport angewendet, wohingegen man im Breitensport von einem Medikamentenmissbrauch spricht. Auf den Medikamentenmissbrauch, der sowohl im Alltag als auch im Sport eine große Rolle spielt – sei es nun mit Schmerzmitteln, Nasentropfen oder Abführmitteln –, wird hier nicht weiter eingegangen.

Die World Anti-Doping Agency – WADA – publiziert seit dem 1. Januar 2004 alljährlich eine nach neuesten Erkenntnissen zusammengestellte Liste (The 2011 Prohibited List), die sowohl verbotene Substanzen als auch Methoden beinhaltet. Je nach Arzneimittelgruppe gilt ein Verbot nur im Wettkampf oder aber ständig, also auch im Training.

Tab. 6.1 zeigt einen Überblick der verbotenen Arzneimittelgruppen und Methoden sowie einige gängige Beispiele. Die Substanzen und Methoden werden im nun Folgenden erläutert.

Tab. 6.1 Zusammenfassung der WADA-Verbotsliste mit Beispielen (Stand 2011)

Substanzen/Methoden, die zu allen Zeiten verboten sind	Substanzen, die im Wettkampf verboten sind
anabole Substanzen *Nandrolon, Stanozolol, Androstendion etc.*	Stimulanzien *Amphetamin, Kokain, Bromantan etc.*
Hormone und verwandte Substanzen *Erythropoetin, Insulin, IGF-1 etc.*	Narkotika *Morphin, Methadon, Fentanyl etc.*
Beta-2-Agonisten *Fenoterol, Salbutamol, Salmeterol etc.*	Cannabinoide
Hormonantagonisten und -modulatoren *Anastrozol, Tamoxifen, Clomifen etc.*	Glucocorticoide *Dexamethason, Prednisolon, Prednison etc.*
Diuretika und andere Maskierungsmittel *Furosemid, Hydrochlorothiazid, Triamteren etc.*	
Erhöhung des Sauerstofftransfers	
chemische und physikalische Manipulation	
Gendoping	

Zusätzlich gibt es Wirkstoffe bzw. Wirkstoffgruppen wie z. B. Betablocker und Alkohol, die nur in einzelnen Sportarten verboten sind.

6.1 Geschichte

Der Versuch des Menschen, seine eigene Leistung oder die seiner Tiere z. B. im Pferde- oder Hundesport zu verbessern, ist bereits aus der Antike bekannt. Lediglich die Art und Weise der Leistungssteigerung hat sich in den letzten Jahrhunderten verändert. In der Frühzeit des Dopings standen Mischungen im Vordergrund, denen man eine narkotisierende oder stimulierende Wirkung nachsagte. Auch Naturstoffe mit einem möglichen leistungssteigernden Effekt wie etwa Stierhoden wurden eingesetzt. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts dagegen verwendete man vermehrt potenziell toxische Einzelstoffe. Als problematisch erwies sich bei solchen Substanzen – wie etwa Arsen, Strychnin oder Kokain – die genaue Dosierung, sodass es hin und wieder zu tödlichen Zwischenfällen kam (Clasing 2004).

In einem englischen Lexikon wird der Begriff „Doping" 1889 erstmals erwähnt (Feiden u. Blasius 2002), was auf die weitverbreitete Anwendung von Substanzen zur Leistungssteigerung schließen lässt. Der Begriff Doping leitet sich von dem Wort „dop" ab, einem schweren Schnaps der Kaffern im südöstlichen Afrika, der bei religiösen Feiern und kultischen Anlässen als Stimulans getrunken wurde (Clasing 2004).

Mit Beginn des „anabolen Zeitalters" – etwa seit den 1950er-Jahren – nahmen die Leistungen in den kraftorientierten Sportarten explosionsartig zu. Dies hatte zur Folge, dass aufseiten der Dopinggegner alles darangesetzt wurde, einen Einsatz von Anabolika nachweisen zu können. Die Verwendung von Anabolika führte durch schwerwiegende Nebenwirkungen immer wieder zu To-

6 Doping und Sportphysiotherapie

Simone Schmidt

Nachdem ständig neue Dopingskandale in den verschiedensten Sportarten aufgedeckt wurden und nicht selten Physiotherapeuten und Masseure darin verstrickt waren, gibt das folgende Kapitel einen kurzen Überblick über die häufig verwendeten Dopingmittel und -methoden sowie die davon ausgehenden Gefahren.

Grundsätzlich versteht man unter Doping die Verwendung von Substanzen und/oder Methoden zur künstlichen Leistungssteigerung im Wettkampf oder in der Trainingsphase, die gegen die sportliche Ethik verstößt und die physische sowie die psychische Gesundheit des Sportlers beeinträchtigen kann.

Der Begriff des Dopings wird hauptsächlich im Leistungs- bzw. Spitzensport angewendet, wohingegen man im Breitensport von einem Medikamentenmissbrauch spricht. Auf den Medikamentenmissbrauch, der sowohl im Alltag als auch im Sport eine große Rolle spielt – sei es nun mit Schmerzmitteln, Nasentropfen oder Abführmitteln –, wird hier nicht weiter eingegangen.

Die World Anti-Doping Agency – WADA – publiziert seit dem 1. Januar 2004 alljährlich eine nach neuesten Erkenntnissen zusammengestellte Liste (The 2011 Prohibited List), die sowohl verbotene Substanzen als auch Methoden beinhaltet. Je nach Arzneimittelgruppe gilt ein Verbot nur im Wettkampf oder aber ständig, also auch im Training.

Tab. 6.1 zeigt einen Überblick der verbotenen Arzneimittelgruppen und Methoden sowie einige gängige Beispiele. Die Substanzen und Methoden werden im nun Folgenden erläutert.

Tab. 6.1 Zusammenfassung der WADA-Verbotsliste mit Beispielen (Stand 2011)

Substanzen/Methoden, die zu allen Zeiten verboten sind	Substanzen, die im Wettkampf verboten sind
anabole Substanzen *Nandrolon, Stanozolol, Androstendion etc.*	Stimulanzien *Amphetamin, Kokain, Bromantan etc.*
Hormone und verwandte Substanzen *Erythropoetin, Insulin, IGF-1 etc.*	Narkotika *Morphin, Methadon, Fentanyl etc.*
Beta-2-Agonisten *Fenoterol, Salbutamol, Salmeterol etc.*	Cannabinoide
Hormonantagonisten und -modulatoren *Anastrozol, Tamoxifen, Clomifen etc.*	Glucocorticoide *Dexamethason, Prednisolon, Prednison etc.*
Diuretika und andere Maskierungsmittel *Furosemid, Hydrochlorothiazid, Triamteren etc.*	
Erhöhung des Sauerstofftransfers	
chemische und physikalische Manipulation	
Gendoping	

Zusätzlich gibt es Wirkstoffe bzw. Wirkstoffgruppen wie z. B. Betablocker und Alkohol, die nur in einzelnen Sportarten verboten sind.

6.1 Geschichte

Der Versuch des Menschen, seine eigene Leistung oder die seiner Tiere z. B. im Pferde- oder Hundesport zu verbessern, ist bereits aus der Antike bekannt. Lediglich die Art und Weise der Leistungssteigerung hat sich in den letzten Jahrhunderten verändert. In der Frühzeit des Dopings standen Mischungen im Vordergrund, denen man eine narkotisierende oder stimulierende Wirkung nachsagte. Auch Naturstoffe mit einem möglichen leistungssteigernden Effekt wie etwa Stierhoden wurden eingesetzt. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts dagegen verwendete man vermehrt potenziell toxische Einzelstoffe. Als problematisch erwies sich bei solchen Substanzen – wie etwa Arsen, Strychnin oder Kokain – die genaue Dosierung, sodass es hin und wieder zu tödlichen Zwischenfällen kam (Clasing 2004).

In einem englischen Lexikon wird der Begriff „Doping" 1889 erstmals erwähnt (Feiden u. Blasius 2002), was auf die weitverbreitete Anwendung von Substanzen zur Leistungssteigerung schließen lässt. Der Begriff Doping leitet sich von dem Wort „dop" ab, einem schweren Schnaps der Kaffern im südöstlichen Afrika, der bei religiösen Feiern und kultischen Anlässen als Stimulans getrunken wurde (Clasing 2004).

Mit Beginn des „anabolen Zeitalters" – etwa seit den 1950er-Jahren – nahmen die Leistungen in den kraftorientierten Sportarten explosionsartig zu. Dies hatte zur Folge, dass aufseiten der Dopinggegner alles darangesetzt wurde, einen Einsatz von Anabolika nachweisen zu können. Die Verwendung von Anabolika führte durch schwerwiegende Nebenwirkungen immer wieder zu To-

desfällen, sowohl im Leistungs- als auch im Amateursport. Ein großes Problem im Kampf gegen Doping besteht darin, dass die dopenden Sportler zusammen mit ihren Betreuern den Offiziellen bzw. den Dopinggegnern meist einen Schritt voraus sind; das bedeutet, wenn der Nachweis einer Substanz im Urin gelingt und dieser Test schließlich offiziell anerkannt ist, sind meist bereits viele Jahre vergangen, in denen dieser Stoff bereits von Athleten eingesetzt worden ist.

Das Beispiel des 2003 erstmals erwähnten Designersteroids Tetrahydrogestrinon – THG – veranschaulicht diese Problematik. Denn mit dieser Substanz verwendeten Athleten einen anabolen Stoff, der nirgendwo auf der Welt als Arzneimittel zugelassen war, sondern der einzig und allein zum Zwecke des Dopings entwickelt wurde. Dies bedeutet, dass es keinerlei wissenschaftliche Untersuchungen zum Wirkungs-/Nebenwirkungsprofil von THG gibt. Dopingforscher waren auf Hinweise zur chemischen Struktur angewiesen, denn nur wenn die chemische Struktur eines Stoffes und seiner Abbauprodukte bekannt ist, kann ein analytisches Verfahren zum Nachweis entwickelt werden.

6.2 Dopingmittel

Im folgenden Abschnitt wird auf die einzelnen Arzneistoffgruppen und deren Einsatzmöglichkeiten eingegangen, aber auch auf die großen Gefahren, die von diesen Substanzen ausgehen. Die Reihenfolge der Substanzen ist analog zur Reihenfolge der offiziellen WADA-Liste gewählt.

6.2.1 Substanzen, die zu allen Zeiten – im Training wie im Wettkampf – verboten sind

Anabole Substanzen

Unter Anabolika versteht man Substanzen, die entweder zur Gruppe der anabolen androgenen Steroide – AAS – zu rechnen sind und sich vom männlichen Geschlechtshormon Testosteron ableiten lassen oder aber trotz komplett anderer chemischer Strukturen ebenfalls anabole Effekte im Körper hervorrufen. Anabole androgene Steroide können synthetischen Ursprungs sein und somit nicht vom menschlichen Körper produziert. Es kann sich aber auch um körperidentische Stoffe handeln, bei deren Auffinden – beispielsweise im Urin – zunächst nicht sicher auf eine Einnahme durch den Athleten geschlossen werden kann.

Um den Einsatz und die Gefahren der Anabolika besser verstehen zu können, wird zunächst kurz auf die Wirkungsweise des Testosterons und seine hormonelle Regulation eingegangen. Dies ist in **Abb. 6.1** dargestellt.

Im menschlichen Körper erzielt Testosteron 2 Arten von Effekten, androgene und anabole. Zu den androgenen Wirkungen zählen z. B. das Peniswachstum und die Entwicklung von Bläschendrüse und Prostata. Ebenso zu nennen sind die zunehmende Gesichts- und Körperbehaarung, die Ausbildung der Schambehaarung und die Vertiefung der Stimme durch strukturelle Veränderungen des Kehlkopfes. Demgegenüber stehen anabole Wirkungen wie etwa eine Zunahme der Skelettmuskelmasse und die Abnahme des Körperfettanteils (Feiden u. Blasius 2002).

Die körpereigene Testosteronbildung und -ausschüttung wird im Hypothalamus und in der Hypophyse gesteuert. Dies bedeutet, dass der Testosteronspiegel ständig gemessen wird und die übergeordneten Steuerzentralen entsprechend reagieren. Über eine positive bzw. negative Rückkopplung findet entweder eine Stimulation der Hoden zur Freisetzung von Testosteron bei sinkenden Blutspiegeln oder eine Hemmung bei steigenden Spiegeln statt (Lüllmann et al. 2003). Andere körpereigene Hormone wie beispielsweise das später erläuterte Kortisol werden genauso gesteuert.

Nebenwirkungen von Anabolika

Die Kenntnis dieser Vorgänge ist entscheidend, um die Anabolikanebenwirkungen zu verstehen.

Aus Sicht des dopenden Sportlers sind lediglich die anabolen Effekte des Testosterons interessant, also in erster Linie die Zunahme der Skelettmuskelmasse und die Reduktion des Körperfettes. Diese Wirkungen lassen sich jedoch nicht von den androgenen Effekten trennen.

Daher kann es beim Mann aufgrund der negativen Rückkopplung und des fehlenden Impulses der Hypophyse auf den Hoden zu einer Hodenatrophie kommen. Zusätzlich findet man häufig eine Gynäkomastie, also ein Brustwachstum, das durch eine vermehrte Umwandlung von Testosteron zu Östrogen entsteht.

Der weibliche Körper reagiert auf größere Mengen Testosteron mit einer tieferen Stimme, einem männlichen Behaarungsmuster, einer Vergrößerung der Klitoris und einer Veränderungen des Menstruationszyklus (Mutschler et al. 2008).

Darüber hinaus können bei beiden Geschlechtern Steroidakne, Gewichtszunahme, Leberschäden und Schädigungen des Herz-Kreislauf-Traktes auftreten. Es wird eine Veränderung der Blutwerte mit Steigerung der LDL-Fraktion und Abnahme der HDL-Fraktion beobachtet sowie ein Anstieg der Thrombozyten und eine Hypertrophie

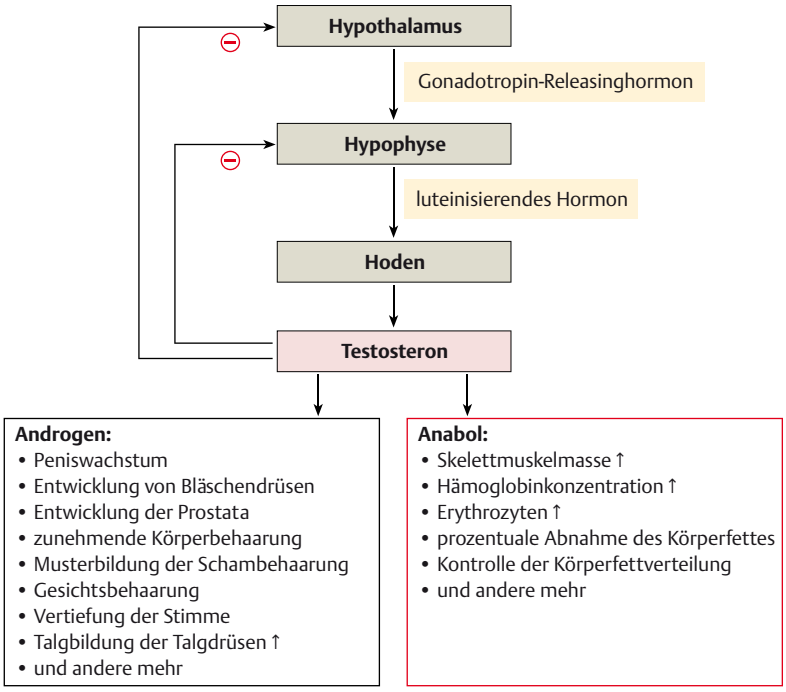


Abb. 6.1 Hormonelle Steuerung und Rückkopplung.

des Herzmuskels ohne ausreichende Kapillarisierung (Mutschler et al. 2008).

Je nach Intensität und Dauer der Anabolikazufuhr können sowohl die Schädigungen der Leber als auch die Effekte auf das Herz-Kreislauf-System zu lebensbedrohlichen Komplikationen – wie Leberzysten und -tumoren, Herzinfarkt und Schlaganfall – führen.

Auch wenn vonseiten der Anwender immer wieder Substanzen mit kaum negativen Effekten proklamiert werden, so muss an dieser Stelle betont werden, dass Wirkung und Nebenwirkung dieser Stoffe untrennbar miteinander verknüpft sind.

Trotz der abschreckenden unerwünschten Nebenwirkungen sind Anabolika die am häufigsten missbrauchten Medikamente sowohl von Athleten als auch von Hobbysportlern.

Hormone

Die Gruppe der Hormone, genauer der Peptidhormone, ist sicherlich die Gruppe mit dem größten Zuwachs in den letzten 2 Jahrzehnten, einzig und allein deshalb, weil ihre industrielle Herstellung zum Teil erst seit den 1980er-Jahren möglich ist.

Die Gruppe der Hormone umfasst die folgenden 5 Kategorien:

- Erythropoese-stimulierende Substanzen wie
  - Erythropoetin (EPO) und
  - Darbepoetin
- Wachstumshormon (GH)
  - insulinähnliche Wachstumsfaktoren (IGF-1) und
  - mechanisch induzierte Wachstumsfaktoren
- Choriongonadotropin (CG) und luteinisierendes Hormon (LH) bei Männern
- Insuline
- Kortikotropine

Erythropoese-stimulierende Substanzen

Erythropoese-stimulierende Substanzen gehören zur Gruppe der Peptidhormone, die auch in der breiten Bevölkerung die größte Bekanntheit erreicht haben. Erythropoetin ist eine körpereigene Substanz und wird bei einer Unterversorgung des Gewebes mit Sauerstoff in der Niere gebildet. Durch eine Stimulation des Knochenmarks regt es dort Vorläuferzellen zur Produktion von Erythrozyten an (Clasing 2004). Die Zunahme der Erythrozytenzahl führt zu einem erhöhten Sauerstofftransport, ein Aspekt, der in Ausdauersportarten eine entscheidende Rolle spielt. Therapeutischen Einsatz finden Erythropoese-stimulierende Substanzen in der Behandlung von Nierenkranken und anämischen Patienten beispielsweise während und nach einer Chemotherapie.

Nebenwirkungen von EPO

Als Nebenwirkung droht eine Erhöhung des Blutdrucks, die zu einer Blutdruckentgleisung führen kann. Weiter kann es zu thromboembolischen Ereignissen wie Herzinfarkt und Lungenembolie kommen, da sich die Blutviskosität erhöht (Clasing 2004). Faktoren wie große Hitze und Flüssigkeitsverlust erhöhen die beschriebenen Risiken,

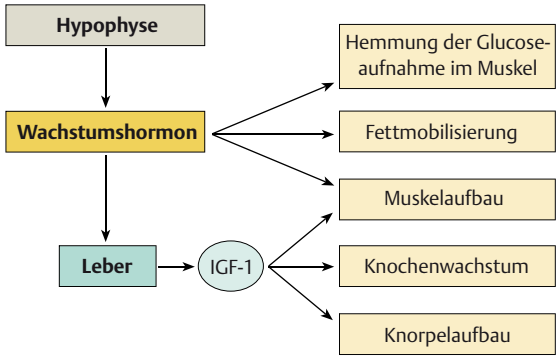


Abb. 6.2 Effekte von Wachstumshormon und IFG-1.

sodass die kritische Grenze für den Hämatokrit von etwa 55 % leicht überschritten werden kann. Plötzliche Todesfälle junger Ausdauersportler werden häufig mit einem Erythropoetin-Missbrauch in Verbindung gebracht (Clasing 2004).

Wachstumshormon (GH) oder Somatotropin

Wachstumshormon (GH) oder Somatotropin wird im Vorderlappen der Hypophyse gebildet und hat im Körper vielfältige Aufgaben. Es stimuliert die Proteinsynthese und beschleunigt die Teilungsgeschwindigkeit der Zellen, dadurch kommt es zum Wachstum. Wachstumshormon wirkt anabol auf Knochen, Muskeln und Leber. Zusätzlich erhöht es den Blutzuckerspiegel und wirkt auf Fettzellen lipolytisch, also fettabbauend (Mutschler et al. 2008). Therapeutisch wird das Wachstumshormon zur Behandlung von Minderwuchs bei Kindern eingesetzt. Der Einsatz bei Sportlern erfolgt in erster Linie, um Muskelmasse und Muskelkraft zu erhöhen, weiterhin um die anabole Wirkung der Sexualhormone zu vergrößern und das Längenwachstum zu steigern.

Nebenwirkungen von GH

Die möglichen Nebenwirkungen einer solchen Anwendung sind vielfältig und reichen von Fettstoffwechselstörungen über Diabetes mellitus bis hin zu einer Akromegalie, bei der es zu einem Knochenwachstum einzelner Körperteile wie Kieferknochen, Füßen und Händen und zu einer Größenzunahme von Weichteilen wie Herz, Leber und Darm kommen kann (Feiden u. Blasius 2002). Es liegen keine Untersuchungen zum exzessiven missbräuchlichen Einsatz zu Dopingzwecken, zu einer möglichen Kanzerogenität und zu sonstigen langfristigen gesundheitlichen Problemen für den Athleten vor. Die angegebenen Effekte und Nebenwirkungen gelten ebenso für IGF-1, über das das Wachstumshormon einen Teil seiner Wirkungen erzielt. Dies ist in **Abb. 6.2** dargestellt.

Choriongonadotropin

Choriongonadotropin ist ein Hormon, das während der Schwangerschaft von der Plazenta gebildet und über den Urin ausgeschieden wird. Fast jeder Schwangerschaftstest beruht auf dem Nachweis dieses Hormons im Urin. Die industrielle Produktion erfolgt aus dem Urin schwangerer Frauen. Die Anwendung von Choriongonadotropin beim Mann führt – ähnlich wie die Verabreichung von luteinisierendem Hormon – zu einer Stimulation der Leydig'schen Zellen im Hoden und somit zu einer vermehrten Testosteronproduktion, die mit einer exogenen Testosteronzufuhr gleichzusetzen ist. Mithilfe dieser Hormone soll die körpereigene Testosteronproduktion angeregt werden, um Nebenwirkungen der Anabolika wie einer Hodenatrophie vorzubeugen. Therapeutisch dient Choriongonadotropin bei der Frau zur Behandlung von verschiedenen Formen der Amenorrhoe und beim Mann zur Behandlung von Infertilität und mangelnder körpereigener Testosteronproduktion (Clasing 2004).

Insulin

Insulin wird in der Bauchspeicheldrüse gebildet und dient zur Steuerung des Blutzuckerspiegels. Diabetiker, die selbst kein oder zu wenig Insulin produzieren, substituieren dieses per Injektion, um physiologische Verhältnisse zu erreichen. Bei ungenauer Dosierung oder falschem Essverhalten drohen Unter- oder Überzuckerung. Zu Dopingzwecken wird der anabole Effekt von Insulin ausgenutzt, der jedoch auf eine ausreichende Zufuhr von Kohlenhydraten angewiesen ist. Gerade die Anwendung von Insulin zu Dopingzwecken setzt sehr genaue Kenntnisse und eine sehr genaue Dosierung von Insulin voraus, um die gewünschte Glukoseaufnahme in den Muskel und die Förderung des Zellwachstums zu erreichen.

Nebenwirkungen von Insulin

Bei mangelnden Sachkenntnissen kann es einerseits zu einem unerwünschten Aufbau von Fettgewebe und andererseits zu lebensbedrohlichen Zuständen durch Unterzuckerung kommen.

Kortikotropin oder ACTH

Kortikotropin oder ACTH – adrenocorticotropes Hormon – ist das Hormon des Vorderlappens der Hypophyse, das die körpereigene Produktion von Kortisol in der Nebennierenrinde stimuliert. Die Verabreichung dieser Substanz ist demnach mit der Einnahme oder Injektion von Glucocorticoiden gleichzusetzen.

Beta-2-Agonisten

Beta-2-Agonisten – β_2-Sympathomimetika oder β_2-Adrenozeptor-Agonisten – erweitern die Bronchien. Dazu erregen sie die β_2-Rezeptoren des sympathischen Systems bevorzugt im Bronchialtrakt und bewirken dort – analog zu den Katecholaminen Noradrenalin und Adrenalin –

eine Erschlaffung der Bronchialmuskulatur und somit einen direkt die Bronchien erweiternden Effekt. Zusätzlich regen sie die Flimmerbewegung an, wodurch der Bronchialschleim abtransportiert wird (Mutschler et al. 2008). Beta-2-Agonisten werden medizinisch bei sämtlichen Formen von Asthma bronchiale und obstruktiven Lungenerkrankungen eingesetzt. Je nach Wirkungsdauer der eingesetzten Substanzen unterscheidet man solche zur Akutbehandlung des Asthmaanfalls und solche zur Prophylaxe neuer Anfälle.

Sportler nutzen diesen vermeintlich bronchienerweiternden Effekt zu Dopingzwecken, der jedoch nach wissenschaftlichen Untersuchungen bei Personen ohne Lungenprobleme nicht zu einer Steigerung der Leistung führt. Aus diesem Grund wird für Salbutamol ein Uringrenzwert angegeben, bei dessen Überschreitung weitere Schritte eingeleitet werden.

Nebenwirkungen von Beta-2-Antagonisten

Unerwünschte Nebenwirkungen lassen sich durch die Erregung von β_1-Rezeptoren am Herz erklären. So kann es – insbesondere bei Überdosierung – zu Herzrhythmusstörungen einschließlich einer supraventrikulären Tachykardie, Kollaps und einer myokardialen Ischämie kommen. Ein weiterer Aspekt der kardialen Nebenwirkungen liegt in den möglichen Elektrolytverschiebungen hin zu einer Hypokaliämie. Zusätzlich wird eine zentralnervös stimulierende Wirkung mit Schlafstörungen und Übererregbarkeit beobachtet (Rote Liste 2008).

Athleten, die unter einer allergischen oder belastungsinduzierten Form des Asthmas leiden, können eine medizinische Ausnahmegenehmigung beantragen. Dazu ist eine Lungenfunktionsuntersuchung ohne und mit Medikation vorzulegen. Die Ausnahmegenehmigung erlaubt jedoch lediglich die inhalative Anwendung der 4 Wirkstoffe Formoterol, Salbutamol, Salmeterol und Terbutalin. Jegliche Einnahme der Arzneistoffe in Tablettenform oder per Injektion gilt als verboten.

Hormonantagonisten und -modulatoren

Diese Gruppe der WADA-Verbotsliste umfasst 4 Untergruppen, die sich allesamt dadurch auszeichnen, dass sie die Effekte körpereigener Hormone entweder verändern oder komplett verhindern, indem sie die Bindungsstellen im Körper besetzen. An dieser Stelle werden die 4 Untergruppen kurz vorgestellt.

Aromatasehemmer

Aromatasehemmer verhindern die Umwandlung der Androgene Testosteron und Androstendion zu Östrogenen, indem sie das hierfür zuständige Enzym Aromatase blockieren. Dies hat zur Folge, dass sich das Verhältnis von Androgenen zu Östrogenen zugunsten der Androgene verschiebt. Typische Vertreter sind Anastrozol und Letrozol. Therapeutisch werden diese Substanzen in der Behandlung von hormonabhängigen Tumoren der Brust eingesetzt. Mit der Einnahme versuchen Sportler zu verhindern, dass die zugeführten anabolen Steroide vermehrt zu weiblichen Hormonen umgewandelt werden, um entsprechende Nebenwirkungen wie eine Gynäkomastie, also ein Brustwachstum beim Mann, zu unterdrücken.

Selektive Estrogen-Rezeptor-Modulatoren (SERMs)

Selektive Estrogen-Rezeptor-Modulatoren (SERMs) wie Tamoxifen und Raloxifen zeichnen sich dadurch aus, dass sie je nach Substanz nur einen Teil der Östrogenwirkungen auslösen, andere dagegen unterdrücken (Mutschler et al. 2008). Einige Substanzen zeigen eine höhere Affinität zum Östrogenrezeptortyp α als zum Typ β.

Tamoxifen beispielsweise blockiert die Östrogenrezeptoren im Brustdrüsengewebe, weshalb diese Substanz in der Behandlung des Mammakarzinoms eine wichtige Rolle spielt. Als Nebenwirkung kann es jedoch durch den agonistischen Effekt auf Östrogenrezeptoren in der Gebärmutter zu proliferativen Veränderungen an der Gebärmutterschleimhaut bis hin zu Karzinomen kommen (Mutschler et al. 2008).

Raloxifen hemmt relativ selektiv den Knochenabbau und findet deshalb Einsatz in der Behandlung und Prävention von Osteoporose bei Frauen nach der Menopause (Lüllmann et al. 2003).

Andere antiöstrogene Substanzen

In dieser Untergruppe finden sich weitere antiöstrogen wirkende Substanzen wie Clomifen und Fulvestrant, die sich keinem der beiden erstgenannten Wirkprinzipien zuordnen lassen.

Myostatinhemmer

Die letzte Gruppe der Hormone befasst sich nicht mit den Östrogenen, sondern mit Myostatin und dessen Hemmstoffen. Myostatin zählt zu den körpereigenen Proteinen; es ist für die Steuerung des Muskelwachstums, genauer für die Hemmung von unkontrolliertem Muskelwachstum verantwortlich. Antagonisten am Myostatin-Rezeptor können im Tierversuch bereits ein verstärktes Muskelwachstum erzeugen. Des Weiteren wird in der Literatur von Mutationen am Myostatin-Gen berichtet, die ebenfalls ein verstärktes Muskelwachstum zur Folge haben (Matsakas u. Diel 2005).

Diuretika und andere Maskierungsmittel

Unter einem Diuretikum versteht man ein Arzneimittel, das zur Ausschwemmung von Wasser aus dem Körper eingesetzt wird. Dies wird in erster Linie dadurch er-

reicht, dass verschiedene Elektrolyte wie etwa Natrium und Kalium direkt in der Niere vermehrt ausgeschieden werden.

Aufgrund ihrer guten diuretischen Wirkung und ihres überschaubaren Nebenwirkungspotenzials – bei richtiger Dosierung – werden überwiegend folgende 3 Diuretika-Gruppen eingesetzt:

- Benzothiadiazin-Derivate (Hydrochlorothiazid, Xipamid)
- Schleifendiuretika (Furosemid, Torasemid) und
- die Kalium-sparenden Diuretika Triamteren und Amilorid (Mutschler et al. 2008).

In der Niere zeigen die Arzneigruppen durch diverse Angriffsorte an den verschiedenen Transportsystemen des Nephrons unterschiedlich starke Effekte. Therapeutisch werden Diuretika überwiegend in der Behandlung von Herzinsuffizienz und Hypertonie sowie zur Ausschwemmung von Ödemen eingesetzt.

Im Sport kommen Diuretika aus verschiedenen Gründen zum Einsatz:

- zur Gewichtsreduktion in all denjenigen Sportarten, in denen die Sportler in Gewichtsklassen eingeteilt werden, z. B. beim Gewichtheben, Judo und Ringen.
- bei Bodybildern zur Verbesserung ihres muskulären Erscheinungsbilds durch das gezielte Ausschwemmen von Wasser.
- um mögliche Nachweisgrenzen anderer Dopingsubstanzen bei einer Kontrolle zu unterschreiten bzw. eine forcierte Ausscheidung anderer Stoffe zu erreichen.

Diuretika werden laut Dopingliste der WADA den Maskierungsmitteln zugeordnet; ein positives Dopingergebnis liegt jedoch nur dann vor, wenn zusätzlich Spuren eines oder mehrerer anderer verbotener Substanzen nachgewiesen werden können.

Eine Ausnahmegenehmigung zur Behandlung verschiedener Erkrankungen kann insbesondere bei älteren Sportlern beantragt werden. In den bereits erwähnten gewichtsbezogenen Sportarten – Boxen, Judo, Karate, Skispringen und andere mehr – sind Diuretika grundsätzlich verboten.

Nebenwirkungen von Diuretika

Nebenwirkungen treten vor allem im Herz-Kreislauf-System auf; so kann es beispielsweise durch Dehydratation zur Exsikkose kommen, insbesondere bei Sportarten, die von vornherein mit einem hohen Flüssigkeitsverlust einhergehen wie die Ausdauersportarten Laufen und Radfahren. Eine vermehrte Ausscheidung von Salzen kann Muskelkrämpfe, aber auch Herzrhythmusstörungen verursachen. Weiterhin sind als mögliche Nebenwirkungen Hypotonie und vermehrte Thromboseneigung zu nennen (Mutschler et al. 2008). Problematisch ist besonders die Kombination verschiedener Dopingsubstanzen, die sich in diesen Effekten unter Umständen gegenseitig verstärken, so z. B. Diuretika und Erythropoetin.

Durch den Einsatz von Diuretika ist es bereits zu direkten Todesfällen während des Wettbewerbs gekommen, beispielsweise bei Jockeys (Clasing 2004).

6.2.2 Substanzen, die im Wettkampf verboten sind

Stimulanzien

Zu der ältesten Gruppe der Dopingmittel sind die Stimulanzien zu zählen, deren Einsatz bereits seit Hunderten von Jahren bekannt ist. Stimulanzien sind daher die „klassischen" Dopingmittel, die einen direkten Effekt im Wettkampf erzielen sollen und somit unmittelbar vor oder während des Wettbewerbes eingenommen werden.

Heute zeigen die verwendeten Stoffe meist Verwandtschaft zu den körpereigenen Katecholaminen wie Noradrenalin, deren Rezeptoren sie auch besetzen, und weisen eine Phenylethylaminstruktur auf (Clasing 2004). Bekannte Substanzen sind Amphetamin, Ephedrin, Methylphenidat und Fenetyllin. Es werden aber auch Stoffe mit anderen chemischen Strukturen eingesetzt, z. B. Kokain oder Modafinil.

Während der medizinische Einsatz von Stimulanzien vor einigen Jahrzehnten weit verbreitet war – unter anderem als Appetitzügler, Stimmungsaufheller und „Wachmacher" – findet man heutzutage kaum noch Medikamente, die dieser Gruppe zuzuordnen sind. Aufgrund vielfältiger und zum Teil lebensbedrohlicher Nebenwirkungen ist ein Großteil dieser Arzneistoffe vom Markt genommen worden. Weiterhin eingesetzt werden

- Methylphenidat zur Behandlung eines Aufmerksamkeitsdefizits-/Hyperaktivitätssyndroms – ADHS
- Sibutramin als Appetitzügler und
- Modafinil bei Narkolepsie

Einige dieser noch auf dem Markt befindlichen Stoffe unterliegen dem Betäubungsmittelgesetz.

Im Sport werden Stimulanzien eingesetzt, um die Leistungszeitspanne zu verlängern und somit die Ermüdungsgrenze hinauszuzögern. Durch den Einsatz von Stimulanzien steigt auch die Risikobereitschaft des Athleten. Dieser Aspekt spielt eine wichtige Rolle bei Sportarten, die grundsätzlich ein höheres Verletzungsrisiko aufweisen, wie Mountainbike-Downhill-Rennen. Zusätzlich lässt sich durch Stimulanzien Hunger vermeiden und somit eine mögliche Gewichtszunahme in trainingsarmen Zeiten, sodass deren Einsatz für manchen Sportler auch unabhängig vom Wettkampf interessant erscheint.

Nebenwirkungen

Die Nebenwirkungen beginnen bei harmloseren Magen-Darm-Störungen und führen über Unruhe und Herzrasen zu deutlich gefährlicheren Nebenwirkungen wie Bluthochdruck, Herzrhythmusstörungen, Psychosen, Halluzinationen und Wärmestau und steigern sich schließlich zur Abhängigkeit (Clasing 2004). Akut bedrohlich kann der Angriff der Stimulanzien auf die autonom geschützten Reserven des Sportlers sein. Das bedeutet, dass die eintretende körperliche Ermüdung komplett ignoriert wird, die durch Hitze, Dehydrierung oder eventuelle Verletzungen verstärkt wird, sodass der Sportler unter Umständen direkt während des Wettkampfes kollabiert.

Grenzwerte

Einige Stimulanzien nehmen eine Sonderrolle ein, da ihr Einsatz erst beim Überschreiten von Grenzwerten als verboten gilt. So sind Ephedrin und Methylephedrin bei Grenzwerten über 10 µg/ml Urin verboten, für Cathin gelten Werte über 5 µg/ml.

Einige andere Stoffe sind in das Überwachungsprogramm der WADA aufgenommen worden, um ihren Einsatz und ihre Bedeutung im Sport kontrollieren und verfolgen zu können und um einen möglichen Missbrauch aufzudecken. Beispiele für diese Stoffe sind Koffein und Pseudoephedrin, das heute ab Werten von über 150 µg/ml Urin verboten ist.

Narkotika

Unter Narkotika versteht man die Gruppe der starken Schmerzmittel, die in Deutschland den Vorschriften des Betäubungsmittelgesetzes unterliegen. Therapeutisch werden sie bei der Behandlung schwerer und schwerster Schmerzen etwa in der Krebstherapie oder postoperativ eingesetzt.

Nach Auswertung der Ergebnisse von Dopingkontrollen der letzten Jahre werden Narkotika im Sport nur sehr wenig angewendet. Sie sollen beim Sportler

- Schmerzen lindern
- die Leistungszeitspanne verlängern
- Verletzungsschmerzen ertragen lassen und
- die Stimmungslage anheben

Nebenwirkungen

Insbesondere bei Langzeitanwendung treten Obstipation und beim Mann Miktionsstörungen als Nebenwirkungen auf, weiterhin Übelkeit, Schwindel und natürlich die Opiatsucht (Mutschler et al. 2008). Bei Überdosierungen droht eine Morphinvergiftung mit einer möglichen Atemlähmung, was unbehandelt zum Tod führt. Alle Substanzen leiten sich chemisch vom Morphin ab und entsprechen in ihren Wirkungen und Nebenwirkungen in etwa diesem.

Im Gegensatz zu den anderen Arzneimittelgruppen der WADA-Liste, die meist den Passus enthalten „und andere Substanzen mit ähnlicher chemischer Struktur oder ähnlichen biologischen Wirkungen“, handelt es sich bei der Gruppe der Narkotika um eine geschlossene Liste mit zehn Substanzen.

Ausnahmen

Codein ist ebenfalls ein Morphinabkömmling und gleichzeitig das am meisten verwendete Antitussivum (Hustenstiller). Beim Codein treten durch chemische Veränderungen die schmerzstillende und euphorisierende Wirkung gegenüber dem Morphin deutlich in den Hintergrund, die Hauptwirkung liegt darin, den Hustenreiz zu stillen. Aus diesem Grund findet sich Codein seit vielen Jahren nicht mehr auf der Liste der verbotenen Substanzen.

Sonstige starke Schmerzmittel wie etwa Tramadol sind ebenfalls nicht verboten.

Cannabinoide

Bis zum Jahr 2003 waren Cannabinoide, wie sie in Haschisch und Marihuana vorkommen, nur in einzelnen Sportarten wie Snowboarden verboten und die Untersuchung wurde auch nur bei solchen Sportlern durchgeführt. Seit 2004 sind sie grundsätzlich im Wettkampf verboten.

Cannabinoide bzw. die Hauptsubstanz Δ-9-Tetrahydrocannabinol – THC – zeigen bisher keine belegbare leistungssteigernde Wirkung im Sport. Wahrscheinlich werden sie in verschiedenen Sportarten wie Mountainbike-Downhill- oder Snowboardwettbewerben dennoch eingesetzt, da sie häufig die Risikobereitschaft erhöhen und zu einem Gefühl der Erregung führen. Inwieweit Haschisch und Marihuana als Einstiegsdroge gelten und zu Abhängigkeiten führen können, ist hier nicht das Thema.

Nebenwirkungen von Cannabinoiden

Als direkte Nebenwirkungen können unter anderen Übelkeit und Erbrechen, Mundtrockenheit und Tachykardie (Herzrasen) auftreten. Cannabinoide unterliegen in Deutschland dem Betäubungsmittelgesetz.

Glucocorticoide

Glucocorticoide lassen sich ableiten vom körpereigenen Glucocorticoid Kortisol (Hydrokortison), das in der Nebennierenrinde gebildet wird und zu den Steroidhormonen zählt. Umgangssprachlich versteht man unter Glucocorticoiden Kortison-Präparate. Therapeutischen Einsatz finden Substanzen wie Prednison, Prednisolon und Betamethason zur Behandlung von allergischen oder entzündlichen Erkrankungen wie Asthma bronchiale, Rheuma, Morbus Crohn oder Ekzemen (Lüllmann et al. 2003). Zu Doping-Zwecken nutzen Sportler die entzündungshemmende und die Schmerzgrenze beeinflussende Wirkung aus. Die Applikationen für solche Stoffe sind vielfältig und können in Form von Tabletten, Injektionen, Dosieraerosolen, Zäpfchen und Cremes erfolgen.

Nebenwirkungen von Glucocorticoiden

Ebenso vielfältig sind die Nebenwirkungen, deren Ausprägung stark von der Anwendungsart und -dauer sowie von der gewählten Substanz und ihrer Dosierung abhängen. Auftreten können

- verzögerte Wundheilung
- erhöhtes Infektionsrisiko
- Atrophie der Haut
- psychische Störungen (Mutschler et al. 2008)
- Atrophie der Nebennierenrinde

Letzteres ist ein bedeutender und gegebenenfalls lebensbedrohlicher Effekt, der nach lang andauernder hoch dosierter Einnahme auftreten kann. Über eine negative Rückkopplung bleibt die Stimulation der Nebennierenrinde durch das adrenokortikotrope Hormon des Hypophysenvorderlappens aus, mit der Folge, dass sich die Nebennierenrinde zurückbildet. Beim plötzlichen Absetzen der externen Zufuhr der Glucocorticoide kann es zu lebensbedrohlichen Zuständen kommen, da der Körper nicht in der Lage ist, ausreichende Mengen des Stresshormons Kortisol zu bilden. Dies bedeutet, dass aus jeder länger dauernden Zufuhr von Glucocorticoiden langsam ausgeschlichen werden muss, um dem Körper die Zeit zum Wiederaufbau der Nebennierenrinde zu geben.

Je nach Applikationsart ist die Anwendung von Glucocorticoiden verboten, so etwa bei oraler oder rektaler Verabreichung und als Injektion. Die lokale Anwendung von Präparaten auf der Haut, im Auge, im Ohr, in der Nase, in der Mundhöhle oder am äußeren After ist nicht verboten und bedarf daher keiner Ausnahmegenehmigung.

Bei bestimmten Sportarten verbotene Substanzen

Alkohol (Ethanol) und die Gruppe der Betablocker, die medizinisch zur Behandlung von Hypertonie, Tachykardie und der koronaren Herzkrankheit eingesetzt werden, sind nur in einzelnen Sportarten verboten, da ihr Einsatz bei einem Großteil der Sportler unsinnig ist.

Alkohol

So wird im Wettkampf mittels Atem- oder Bluttest auf Alkohol getestet in Sportarten wie

- Luftsport
- Motorsport
- Bogenschießen

Betablocker

Betablocker können die Effekte einer vermehrten Noradrenalinausschüttung blockieren. Ein Test erfolgt im Wettkampf in Sportarten wie

- Schießen
- Billard
- Curling
- Skispringen

6.2.3 Beschaffung von Dopingmitteln

Für alle beschrieben Substanzen, die zu Dopingzwecken eingesetzt werden, gilt, dass ihre Beschaffung meist nicht auf legalem Wege möglich ist. Bei dem Großteil der Arzneistoffe handelt es sich in Deutschland um verschreibungspflichtige Arzneimittel, die zum Teil sogar dem Betäubungsmittelgesetz unterliegen. Noch gefährlicher sind Fälschungen, die über das Internet oder über Händler zumeist aus dem Ausland vertrieben werden. Für die meisten Laien und selbst für Fachleute sind gute Fälschungen von den Originalpräparaten kaum zu unterscheiden. Je nach Fälschung erhält der Athlet entweder ein überteuertes Placebo oder aber, im weitaus schlimmeren Fall, ein Präparat, das mit gesundheitsgefährdenden Begleitstoffen versehen ist.

6.3 Dopingmethoden

Abgesehen von den oben beschriebenen Arzneistoffen, die zu Dopingzwecken verwendet werden, gibt es auch die Möglichkeit, mit speziellen Methoden die Leistung zu steigern. In der aktuellen Verbotsliste der WADA finden sich auch hierzu Angaben. So ist es verboten, den Sauerstofftransfer zu erhöhen, Gendoping zu betreiben und die Dopingprobe physikalisch oder chemisch zu manipulieren. Möglichkeiten, die Dopingprobe direkt zu manipulieren, werden im Abschnitt Dopingkontrolle erläutert.

6.3.1 Erhöhung des Sauerstofftransfers

In ausdauerbetonten Sportarten wie Radsport, Skilanglauf und Laufen kann eine Erhöhung des Sauerstofftransfers von großem Nutzen sein; man erreicht dies, indem Blut oder Blutbestandteile zugeführt werden. Das infundierte Blut kann einerseits vom eigenen Körper stammen und im Vorfeld bereits abgenommen und entsprechend gelagert worden sein (autolog oder Eigenblut) oder aber von einer anderen Person stammen (homolog). Grundsätzlich sind alle Formen der Transfusion verboten, auto-

loge, homologe und heterologe (Fremdblut einer anderen Gattung).

Es ist auch verboten, die Aufnahme, den Transport oder die Abgabe von Sauerstoff durch den Einsatz entsprechender Chemikalien oder Arzneimittel wie Perfluorchemikalien oder Hämoglobinpräparate künstlich zu erhöhen.

6.3.2 Gendoping

Durch Gendoping wird auf die Regulation der Expression eigener Gene Einfluss genommen, die die sportliche Leistungsfähigkeit erhöhen können. Dies geschieht durch die Übertragung von Zellen und Genelementen bzw. die Zufuhr von pharmakologischen Substanzen. Auch wenn heute noch keinerlei Angaben dazu vorliegen, inwieweit solche Methoden bereits eine Rolle spielen, sind sie bereits seit einigen Jahren verboten. Im Tierversuch sind solche Manipulationen teilweise bereits möglich.

6.4 Dopingkontrolle

6.4.1 Dopingnachweis

Bei körpereigenen Substanzen treten immer wieder Probleme beim Dopingnachweis auf. Während bei vollsynthetischen Arzneistoffen ein Auffinden der Abbauprodukte im Urin des Athleten eindeutig auf eine Einnahme schließen lässt, stellt sich die Situation bei einem körpereigenen Stoff wie Testosteron deutlich komplizierter dar. Der Nachweis kann nur über indirekte Verfahren erfolgen und muss je nach Substanz weitere Parameter mit einbeziehen, um einen Athleten sicher zu überführen. Bei unphysiologisch hohen Werten im Körper des Athleten – die trotz allem natürlichen Ursprungs sein können – müssen weitere Untersuchungen des Sportlers Aufklärung bringen.

6.4.2 Arzneimittel in der Sportmedizin

Der erlaubte Einsatz von Arzneimitteln im Sport ist nicht Thema dieses Buches. Jedoch ist zu beachten, dass es bei fachlicher Unkenntnis durch die Einnahme verschiedener Medikamente zu positiven Dopingbefunden kommen kann. Um dem vorzubeugen, hat die Nationale Anti-Doping Agentur (NADA) auf ihrer Homepage eine Beispielliste zulässiger Medikamente veröffentlicht, die zur Behandlung von Erkrankungen bei Leistungssportlern erlaubt sind. Allerdings sollte jeder Einsatz eines Medikaments – sei es im Sport oder im Alltag – gut überlegt sein und nicht leichtfertig erfolgen.

6.4.3 Kontrollen

Zu unterscheiden ist zwischen Wettkampfkontrollen und Kontrollen außerhalb der Wettkämpfe (Trainingskontrollen).

Wettkampfkontrollen

Wettkampfkontrollen – „In-Competition-Testing“ – finden bei nationalen und internationalen Sportwettkämpfen nach den Regeln der jeweiligen Fachverbände statt. Als Beispiel werden die Abläufe bei den Olympischen Spielen dargestellt:

- Im Einzelwettbewerb werden die ersten 3 oder 4 sowie einige ausgeloste Athleten getestet.
- In Mannschaftssportarten werden zumeist 2–3 Sportler durch das Los ermittelt.
- Zusätzlich erfolgt die Kontrolle bei Sportlern, bei denen durch Auffälligkeiten bereits ein Dopingverdacht besteht (Clasing 2004).

Anhand der von der WADA veröffentlichten Liste ist ersichtlich, auf welche Stoffe getestet wird. In erster Linie sind Stimulanzien und Narkotika während des Wettbewerbs verboten, da ihr Einsatz hier aus Sicht des Sportlers den meisten Sinn machen würde.

Trainingskontrollen

Trainingskontrollen – „Out-of-Competition-Testing“ – verfolgen das Ziel, Arzneistoffe nachzuweisen, deren Einsatz während des Trainings erfolgt und deren kurzfristiger Einsatz zum Wettkampf unsinnig ist. Allen voran handelt es sich dabei um anabole Steroide und Hormone. Diese Substanzen sind grundsätzlich immer verboten, also sowohl während des Trainings als auch im Wettkampf.

Kontrollmethoden

Grundsätzlich unterscheidet man bei den Dopingkontrollen zwischen der Abnahme von Urin und Blut, wobei Urinproben den Großteil der Dopingproben ausmachen. Im Jahr 1997 wurde durch die Internationale Radsportunion (UCI) und den Internationalen Skiverband (FIS) die Bestimmung von Schwellenwerten für den Hämа-

tokrit und das Hämoglobin eingeführt; damit wurden erstmals auch Blutproben von Athleten genommen. Ziel dieser Maßnahmen war ein möglicher Schutz des Athleten bei zu hohen Blutwerten, die sehr wohl natürlichen Ursprungs sein konnten, aber auch Hinweise auf einen möglichen missbräuchlichen Einsatz von Erythropoetin gaben.

Ablauf der Kontrolle mittels Urinprobe

Grundsätzlich laufen Trainings- und Wettkampfkontrollen gleich ab:

- Zuerst wird die Identität des gewählten Sportlers mittels Lichtbildausweis festgestellt.
- Dann bekommt er die Möglichkeit, seinen Flüssigkeitshaushalt auszugleichen, indem er eigene oder zur Verfügung gestellte koffein- und alkoholfreie versiegelte Getränke trinkt.
- Auch die Kontrollpersonen weisen sich mit einem speziellen Ausweis für Dopingkontrollbeauftragte aus.
- Aus einer Anzahl einzeln versiegelter Plastikbeutel wählt der Athlet einen aus und überzeugt sich von dessen Unversehrtheit.
- In diesem Plastikbeutel befinden sich der Urinabgabebecher sowie 2 Flaschen mit 2 dazugehörigen Deckeln.
- Im Waschraum muss sich der Athlet im Beisein eines Dopingkontrolleurs des gleichen Geschlechts entkleiden. Der Körper muss von der Mitte des Oberkörpers bis zu den Knien und von den Ellenbogen bis zu den Händen frei von sämtlicher Kleidung sein.
- Unter direkter Aufsicht erfolgt die Urinabgabe von mindestens 75 ml in das zuvor gewählte Gefäß.
- Anschließend erfolgt die Aufteilung der Probe zu 2 Dritteln in die Flasche für die A-Probe und zu einem Drittel in die zweite Flasche für die B-Probe. Ein kleiner Rest Urin verbleibt im Probenabgabegefäß für direkte Untersuchungen.
- Beide Flaschen werden verschlossen und in einen Container gestellt, der anschließend mit einem patentierten Druckverschluss versiegelt wird.
- Nun wird die verbliebene Urinmenge mittels eines Labsticks auf den pH-Wert und mittels eines Refraktometers auf die Dichte getestet.
- Entsprechen pH-Wert und Urindichte nicht den Anforderungen – das ist der Fall, wenn der pH-Wert außerhalb des Bereichs von 5,0–8,0 und die Dichte über 1010 g/l liegt –, so verlangen die Kontrollpersonen eine weitere Urinprobe.
- Während der Dopingkontrolle wird ein Protokoll erstellt, in dem Name, Datum, Uhrzeit, Ort, Art des Identitätsnachweises, die persönliche Flaschencodenummer, abgegebene Urinmenge, pH-Wert und Urindichte in einem einheitlichen Vordruck vermerkt werden. Zusätzlich gibt der Athlet mögliche Medikamenteneinnahmen der letzten 72 Stunden an. Abschließend wird das Protokoll sowohl vom Athleten als auch von der Kontrollperson unterzeichnet und der Sportler erhält eine Kopie für seine Unterlagen.
- Der versiegelte Container mit den beiden Proben wird nun an eines der vom Internationalen Olympischen Komitee (IOC) akkreditierten Labors geschickt. In Deutschland sind das die Labors in Köln und Kreischa.

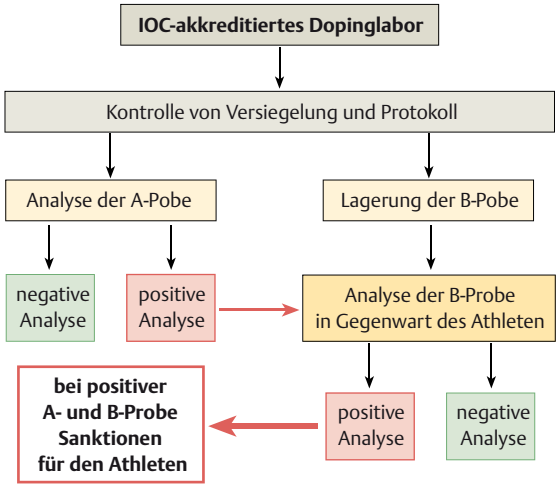


Abb. 6.3 Analyse der Urinprobe.

Weigert sich der Athlet, seinen Urin bei der Dopingkontrolle abzugeben, so gilt dies als positiver Befund.

Im Labor angekommen werden die Container auf Unversehrtheit überprüft. Anschließend wird der Urin der A-Probe entsprechend untersucht. Die B-Probe wird unter vorgeschriebenen Bedingungen gelagert und erst bei einem positiven Befund der A-Probe zur Untersuchung herangezogen. Bei der Untersuchung der B-Probe ist es dem Sportler gestattet, der Untersuchung beizuwohnen und einen Experten seiner Wahl hinzuzuziehen (**Abb. 6.3**).

6.4.4 Manipulationen der Dopingkontrolle

Fremdurin

Trotz der sehr strengen Vorschriften beim Ablauf der Dopingkontrolle fallen immer wieder Athleten auf, die versuchen, bei der Urinabgabe oder bereits im Vorfeld zu manipulieren. So ist es bekannt, dass Sportler durch die Abgabe von „sauberem“ Fremdurin einen möglichen positiven Befund der eigenen Probe zu verschleiern versuchen. Fremdurin kann beispielsweise durch das Einführen eines Harnnröhrenkatheters in die eigene Blase eingefüllt und anschließend bei der Kontrolle abgegeben werden. Eine andere Methode bedient sich einer mit Urin gefüllten Blase (z. B. einem Kondom), die rektal ein-

geführt und mithilfe eines an der Öffnung angebrachten und an den Genitalien vorbeigeführten Schlauches in den Probenbecher entleert wird. Wenn die Kontrolleure beim Urinieren wegschauen, ist es auch möglich, sonstige Gefäße mit Fremdurin mitzuführen und zu entleeren.

Fremdsubstanzen

Werden direkt in die Urinprobe Substanzen eingebracht, beispielsweise ein paar Krümel einer Spülmaschinentablette, lässt sich der Nachweis einzelner Dopingsubstanzen verhindern. Ebenso kann man den Urin mit Wasser oder sonstigen Flüssigkeiten auffüllen, um ihn zu verdünnen und somit die Nachweisgrenze einer Dopingsubstanz zu unterschreiten. Es sind auch Fälle bekannt, in denen versucht wurde, einen „sauberen" Ersatzmann bzw. eine Ersatzfrau zu schicken, die dann die gesamte Prozedur durchlaufen. Wie die Erfahrung zeigt, sind der Fantasie keine Grenzen gesetzt, was die Manipulationsmöglichkeiten angeht.

Wird ein Athlet bei einem solchen Vergehen überführt, gilt die Probe auch in diesem Fall als positiv.

6.5 Sanktionen und Strafen

Jeder positive Dopingbefund wird an den zuständigen Verband gemeldet, der dann für das weitere Prozedere verantwortlich ist. Während in anderen europäischen Ländern bereits spezielle Anti-Doping-Gesetze existieren, ist die gesetzliche Grundlage in Deutschland im Arzneimittelgesetz geregelt.

Das Dopingverbot im Arzneimittelrecht besagt, dass es verboten ist, Arzneimittel zu Dopingzwecken im Sport in den Verkehr zu bringen, zu verschreiben oder bei anderen anzuwenden. Beim Begehen einer solchen Straftat drohen Geld- und Freiheitsstrafen.

Die Anwendung von Dopingsubstanzen am eigenen Körper durch den Athleten stellt in Deutschland zurzeit noch keine Straftat dar.

Literatur

Clasing D. Doping und seine Wirkstoffe. Balingen: Spitta; 2004
Feiden K, Blasius H. Doping im Sport. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft; 2002
Lüllmann H, Mohr K, Wehling M. Pharmakologie und Toxikologie. 15. komplett überarbeitete Auflage. Stuttgart: Thieme; 2003
Mutschler E, Geisslinger G, Kroemer H, Ruth P, Schäfer-Korting M. Arzneimittelwirkungen. 9. vollständig neu bearbeitete Auflage. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft; 2008
Rote Liste 2008
Matsakas A, Diel P. The Growth Factor Myostatin, a Key Regulator in Skeletal Muscle Growth and Homeostasis. Int J Sports Med. 2005; 26(2): 83–89

7 Nahrung und Bewegung – ein erfahrenes Team

Leo Pruimboom, Tom Fox

„Wenn wir jedem Individuum das richtige Maß an Nahrung und Bewegung zukommen lassen könnten, hätten wir den sichersten Weg zur Gesundheit gefunden.“ (Hippokrates von Kos, 460–370 v. Chr.)

„Der Mensch ist, was er isst, und muss wieder werden, was er aß.“ (frei übersetzt nach Swynghedauw 2004)

Der Gesundheitszustand der Bevölkerung in den Industrieländern hat ein Stadium erreicht, in dem man Fragen zu gesunder Ernährung nicht mehr aus dem Wege gehen kann. Ernährung und Bewegung gehören zusammen und auch der Faktor Bewegung kommt oft zu kurz. Für Sportler ist Bewegung selbstverständlich. Eine „artgerechte“ Ernährung schützt nicht nur vor Krankheit, sondern beeinflusst auch in hohem Maße die Leistungsfähigkeit und das ist für Sport von besonderem Interesse.

7.1 Ernährung im Sport

Ernährung spielt bei regelmäßiger sportlicher Aktivität eine besondere Rolle. Sie zeichnet sich aus durch:

- erhöhten Energieverbrauch
- erhöhte Belastung der aktiven und passiven Strukturen
- erhöhte metabolische Belastung

Diese Faktoren machen deutlich, dass sportlich Aktive – hinsichtlich Intensität, Umfang, Dichte und Art der Belastung ergeben sich hier noch weitere Besonderheiten – ganz besonders auf die Qualität und Quantität ausgewählter Nahrungsbestandteile achten sollten. Welche Bestandteile dies im Einzelnen sind, ergibt sich aus den genannten Faktoren und einer Analyse der jeweiligen Rahmenbedingungen und Ziele. Aus der Analyse resultierende Konsequenzen sind

- eine erhöhte Kalorienzufuhr
- eine optimierte strukturelle Regeneration
- eine optimierte metabolische Regeneration
- die Aufrechterhaltung/Aktivierung der physiologischen Schutzmechanismen
- die angepasste Hydrierung

Ernährung für Sportler bedeutet die Anpassung derselben an die besonderen Anforderungen. Hinzu kommt erschwerend bei Leistungssportlern, dass sie nicht nur regelmäßig einer erhöhten körperlichen wie psychischen Belastung unterworfen sind, sondern auch in (un-)regelmäßigen Abständen Wettkämpfe mit besonderer Belastungsintensität bestreiten müssen. Intensität, Dauer und Regenerationszeit gehen vielfach über die Trainingsbedingungen hinaus. Dahin gehend erscheint die folgende Einteilung der Ernährung sinnvoll:

- vor großen Belastungen (Training oder Wettkampf)
- während großer Belastungen (Training oder Wettkampf)
- nach großen Belastungen (Training oder Wettkampf)

7.1.1 Erhöhter Energiebedarf

Der menschliche Organismus benötigt Energie für den Erhalt seiner funktionellen Systeme. Jede Zelle benötigt diese Energie zur Synthese zelltypischer Bausteine, Aufrechterhaltung osmotischer Prozesse, Gewährleistung der Transportvorgänge gegen bestimmte Konzentrationsgefälle sowie Leistung mechanischer Arbeit (Rehner u. Daniel 2002). Zahlreiche Stoffwechselprozesse könnten ohne zur Verfügung stehender Energie gar nicht stattfinden. Diese Energie kann im Organismus hergestellt werden (s. Kap. 7), muss allerdings in gewissen Mengen in Form unserer Nahrung aufgenommen werden. Die Mechanismen der Nahrungsaufnahme sollen hier aus Relevanzgründen nicht weiter erörtert werden. Dazu wird auf die einschlägige Sekundärliteratur hingewiesen. Durch die oben genannte erhöhte Belastung bzw. Inanspruchnahme der energiebenötigenden Systeme des menschlichen Organismus bei sportlicher Belastung steigt der Bedarf dieser von außen zuzuführenden Substanzen aus der Nahrung je nach Art der sportlichen Belastung, Intensität, Dauer, Regelmäßigkeit sowie Häufigkeit. Man spricht in diesem Zusammenhang von Energiebedarf. Dieser setzt sich aus mehreren Faktoren zusammen:

- Grundumsatz
- Leistungsumsatz
- Verlust durch Verdauungsprozesse
- postprandialer Thermogenese

Grundumsatz

Der Grundumsatz beschreibt den Energieverbrauch eines Menschen 12–14 h nach der letzten Nahrungsaufnahme bei einer körpernahen (neutralen) Temperatur von ca.

7 Nahrung und Bewegung – ein erfahrenes Team

Leo Pruimboom, Tom Fox

„Wenn wir jedem Individuum das richtige Maß an Nahrung und Bewegung zukommen lassen könnten, hätten wir den sichersten Weg zur Gesundheit gefunden.“ (Hippokrates von Kos, 460–370 v. Chr.)

„Der Mensch ist, was er isst, und muss wieder werden, was er aß.“ (frei übersetzt nach Swynghedauw 2004)

Der Gesundheitszustand der Bevölkerung in den Industrieländern hat ein Stadium erreicht, in dem man Fragen zu gesunder Ernährung nicht mehr aus dem Wege gehen kann. Ernährung und Bewegung gehören zusammen und auch der Faktor Bewegung kommt oft zu kurz. Für Sportler ist Bewegung selbstverständlich. Eine „artgerechte“ Ernährung schützt nicht nur vor Krankheit, sondern beeinflusst auch in hohem Maße die Leistungsfähigkeit und das ist für Sport von besonderem Interesse.

7.1 Ernährung im Sport

Ernährung spielt bei regelmäßiger sportlicher Aktivität eine besondere Rolle. Sie zeichnet sich aus durch:

- erhöhten Energieverbrauch
- erhöhte Belastung der aktiven und passiven Strukturen
- erhöhte metabolische Belastung

Diese Faktoren machen deutlich, dass sportlich Aktive – hinsichtlich Intensität, Umfang, Dichte und Art der Belastung ergeben sich hier noch weitere Besonderheiten – ganz besonders auf die Qualität und Quantität ausgewählter Nahrungsbestandteile achten sollten. Welche Bestandteile dies im Einzelnen sind, ergibt sich aus den genannten Faktoren und einer Analyse der jeweiligen Rahmenbedingungen und Ziele. Aus der Analyse resultierende Konsequenzen sind

- eine erhöhte Kalorienzufuhr
- eine optimierte strukturelle Regeneration
- eine optimierte metabolische Regeneration
- die Aufrechterhaltung/Aktivierung der physiologischen Schutzmechanismen
- die angepasste Hydrierung

Ernährung für Sportler bedeutet die Anpassung derselben an die besonderen Anforderungen. Hinzu kommt erschwerend bei Leistungssportlern, dass sie nicht nur regelmäßig einer erhöhten körperlichen wie psychischen Belastung unterworfen sind, sondern auch in (un-)regelmäßigen Abständen Wettkämpfe mit besonderer Belastungsintensität bestreiten müssen. Intensität, Dauer und Regenerationszeit gehen vielfach über die Trainingsbedingungen hinaus. Dahin gehend erscheint die folgende Einteilung der Ernährung sinnvoll:

- vor großen Belastungen (Training oder Wettkampf)
- während großer Belastungen (Training oder Wettkampf)
- nach großen Belastungen (Training oder Wettkampf)

7.1.1 Erhöhter Energiebedarf

Der menschliche Organismus benötigt Energie für den Erhalt seiner funktionellen Systeme. Jede Zelle benötigt diese Energie zur Synthese zelltypischer Bausteine, Aufrechterhaltung osmotischer Prozesse, Gewährleistung der Transportvorgänge gegen bestimmte Konzentrationsgefälle sowie Leistung mechanischer Arbeit (Rehner u. Daniel 2002). Zahlreiche Stoffwechselprozesse könnten ohne zur Verfügung stehender Energie gar nicht stattfinden. Diese Energie kann im Organismus hergestellt werden (s. Kap. 7), muss allerdings in gewissen Mengen in Form unserer Nahrung aufgenommen werden. Die Mechanismen der Nahrungsaufnahme sollen hier aus Relevanzgründen nicht weiter erörtert werden. Dazu wird auf die einschlägige Sekundärliteratur hingewiesen. Durch die oben genannte erhöhte Belastung bzw. Inanspruchnahme der energiebenötigenden Systeme des menschlichen Organismus bei sportlicher Belastung steigt der Bedarf dieser von außen zuzuführenden Substanzen aus der Nahrung je nach Art der sportlichen Belastung, Intensität, Dauer, Regelmäßigkeit sowie Häufigkeit. Man spricht in diesem Zusammenhang von Energiebedarf. Dieser setzt sich aus mehreren Faktoren zusammen:

- Grundumsatz
- Leistungsumsatz
- Verlust durch Verdauungsprozesse
- postprandialer Thermogenese

Grundumsatz

Der Grundumsatz beschreibt den Energieverbrauch eines Menschen 12–14 h nach der letzten Nahrungsaufnahme bei einer körpernahen (neutralen) Temperatur von ca.

Tab. 7.1 Beispiele für die Berechnung des Grundumsatzes (nach Schofield 1985)

Alter	Formel für die Voraussage des Grundumsatzes (GU) in kcal/Tag
Frauen	
19–30 Jahre	(0,062 × kg Körpergewicht +2,036) × 239
Männer	
19–30 Jahre	(0,063 × kg Körpergewicht +2,896) × 239

26 °C. Hinter diesem Wert verbergen sich Syntheseprozesse (z. B. Erhaltung und Speicherung von Körpersubstanz), Transportprozesse (z. B. durch Zellmembranen) sowie mechanische Arbeit (z. B. Muskeltonus oder Atmung). Die Bestimmung des Grundumsatzes erfolgt mithilfe einer Berechnungsformel. Diese Formel basiert auf Körperzusammensetzungswerten großer Bevölkerungsgruppen. Hier muss dann lediglich das Körpergewicht eingesetzt werden. Leider weichen diese Tabellen/Formeln bei zu hoher Körperfettmasse (z. B. Adipositas), zu hohem Körperflüssigkeitsgehalt (z. B. Erkrankung) oder abweichenden Muskelmassenanteilen so stark ab, dass die Ermittlung zu hohe Fehlerquoten hervorbringt. Somit eignet sich diese Methode nicht für Trainierte bzw. Hochtrainierte (Noack 2004, Horgan u. Stubbs 2003).

Tab. 7.1 liefert trotz der erwähnten Fehlerquellen wissenschaftlich gesehen eine nicht unerhebliche Präzision. Für den therapeutischen Alltag bzw. die unkomplizierte, praxisfreundliche Ermittlung des täglichen Grundumsatzes erscheint die allgemeine Formel

Grundumsatz kcal/Tag = Körpergewicht (kg) × 24 h

praktikabler. Allerdings gilt diese Formel nur für Männer. Bei Frauen ist der durchschnittliche Grundumsatz allein wegen der durchschnittlich geringeren Muskelmasse 5–10 % niedriger. Die Höhe des Grundumsatzes ist abhängig von weiteren Faktoren wie Alter, Geschlecht, hormonellen Faktoren, abweichenden Organleistungen, aber auch Stress und nicht zuletzt dem Trainingszustand. Genauere Angaben liefert hier – besonders auch im Hinblick auf den Leistungsumsatz – die Messung der Zusammensetzung der Atemgase, durch die Rückschlüsse auf die verbrauchten Kalorien und die Art des energetisch verwerteten Substrats möglich sind (Hollmann u. Hettinger 2000). Der Grundumsatz wird in der Regel auch als Ruhe-nüchtern-Umsatz bezeichnet, der den Grundumsatz ohne unmittelbar vorhergegangene Nahrungsaufnahme angibt. Nach der Nahrungsaufnahme erhöht sich der Grundumsatz aufgrund des erhöhten Energieaufwands durch Verdauung, Resorption und Transport der aufgenommenen Nährstoffe. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von der postprandialen Thermogenese. Die Differenz derselben ist sogar von der Art und Menge der aufgenommenen Nahrung abhängig. Normalerweise (unter den in den westlichen Industrieländern üblichen Ernährungsbedingungen) lassen sich ca. 10 % der täglich verbrauchten Energie auf die postprandiale Thermogenese zurückführen.

Leistungsumsatz

Beim Leistungsumsatz erhöht sich der Energieverbrauch des Grundumsatzes um den Wert des durch körperliche Aktivität entstehenden Energieverbrauchs. Dieser Unterschied kann mitunter bis auf das 20-Fache ansteigen. Maßgebliche Parameter sind in diesem Fall die eingesetzte Muskelmasse sowie Dauer und Intensität der Belastung (Konopka 2008). Die Methoden der Messung erreichen im wissenschaftlichen Bereich erstaunliche Präzision – im sportlichen oder therapeutischen Alltag finden diese bis auf die indirekte Kaloriemetrie innerhalb der spiroergometrischen Messung kaum Anwendung (s. auch Hollmann u. Hettinger 2000). **Tab. 7.2** gibt einen kleinen Überblick über unterschiedliche Aktivitäten hinsichtlich des erhöhten Energieumsatzes.

Tab. 7.2 Energiebedarf bei unterschiedlichen körperlichen Aktivitäten (Noack 2004)

Körperliche Aktivität	Faktor des erhöhten Energieverbrauchs	Durchschnittlicher Energieverbrauch (kcal/h)	
		♀ Alter: 35, Gewicht: 60 kg	♂ Alter: 35, Gewicht: 70 kg
Sitzen	1,2	65	85
Stehen	1,4	80	100
Gehen (3-8 km/h)	2–10	110–560	140–705
Laufen (11–19 km/h)	6–33	335–1840	420–2325
(leichte) Gymnastik	3	165	210
Schwimmen (0,6–4,2 km/h)	3–25	165–1395	210–1760
Radfahren (9–30 km/h)	3–12	165–670	210–845
Skilaufen (8–15 km/h)	12–16	670–890	845–1125
Tischtennis	4	225	280

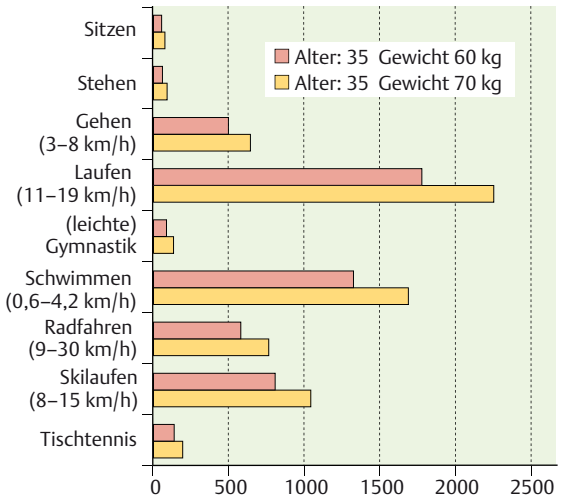


Abb. 7.1 Energiebedarf Frauen/Männer in kcal/h (nach Noack 2004).

Bei der Bewertung der Kalorienzufuhr, insbesondere bei regelmäßiger sportlicher Aktivität bis hin zu (Hoch-) Leistungssport, spielt die Menge der verbrauchten Kalorien eine entscheidende Rolle. Es geht hierbei nicht nur um die Erhaltung der notwendigen Brennstoffressourcen, sondern auch um die sorgfältige Abwägung der jeweiligen energieliefernden Nährstoffe/Substrate. Energieliefernde Substrate sind im Bereich körperlicher Aktivität insbesondere Kohlenhydrate und Fette sowie Proteine. Die Erläuterungen zur muskulären Energiebereitstellung sind in Kapitel 7.1.2 dargestellt. Hierbei ergibt sich meist die übliche Diskussion über das Verhältnis der makronutrienten Kohlenhydrate, Fette und Proteine in der Nahrung. Dabei ist es sinnvoll, die Besonderheiten unterschiedlicher Nahrungsmittel hinsichtlich ihrer Zusammensetzung sowie des kalorischen Gehalts zu beurteilen.

Welche Nahrung liefert die optimale Energiemenge?

Um festzustellen, welche Nahrung hinsichtlich der Energielieferung möglichst optimale Kriterien erfüllt, ist es wichtig, die Energiedichte unterschiedlicher Nahrungsmittel zu betrachten. Grundsätzlich kann man sagen, dass faserstoffreiche Nahrung weniger Energie liefert, sich dafür aber positiv auf die Funktionsweise des Verdauungstrakts auswirkt (Guarner 2006). Dieser verbraucht ebenfalls Energie und daher ist eine bestimmte Menge an Faserstoffen primär wichtig für den Verdauungskanal und sekundär für den Energiehaushalt. Weiterhin beeinflusst der Verdauungstrakt mit seiner bakteriellen Flora unter anderem das Immunsystem.

7.2 Zusammensetzung der Nahrung des Menschen

7.2.1 Proteine

Proteine stellen die wichtigste Substanzgruppe innerhalb des menschlichen Körpers dar. Dies wird auch durch den Namen deutlich – er ist vom griechischen Wort „protos“ = das Erste, das Wichtigste abgeleitet. Proteine bestehen aus mehreren Aminosäuren. Die Anzahl der Aminosäuren kann variieren, deshalb werden unterschiedlich lange Aminosäureketten auch mit unterschiedlichen Oberbegriffen versehen. Sobald 2 Aminosäuren oder mehr sich chemisch verbinden, spricht man von Peptiden. Die Anzahl der Aminosäuren wird durch die Vorsilben angegeben:

- 2 Aminosäuren = Dipeptid
- 3 Aminosäuren = Tripeptid
- bis ca. 10 Aminosäuren = Oligopeptid
- ab ca. 10 Aminosäuren = Polypeptid
- ab ca. 100 Aminosäuren = Protein

Aminosäuren sind die Bausteine, aus denen Proteine zusammengesetzt sind. Der Begriff Aminosäuren wird genau genommen nicht korrekt verwendet, da die 22 Aminosäuren, die in unserem Körper vorkommen und aus denen er zusammengesetzt ist, im Prinzip nur einen Teil der Aminosäuren darstellen: die proteinogenen (zu Proteinen zusammensetzbare) Aminosäuren. 8 (bzw. 9 in der Kindheit) dieser (proteinogenen) Aminosäuren sind essenziell (im menschlichen Organismus nicht herstellbar), sie müssen also über die Nahrung aufgenommen werden. Nichtessenzielle Aminosäuren hingegen können in unserem Organismus durch Umlagerung bestimmter Molekülbestandteile aus anderen Aminosäuren gebildet werden.

90 % aller Aminosäuren werden innerhalb des homöostatischen Stickstoffgleichgewichts verwendet. Stickstoff ist unter anderem notwendig für die Bildung der Erbsubstanz DNA und RNA sowie für die Produktion von Energie. Aminosäuren bestehen aus einer Hauptkette (C-Atom-Kette) mit mindestens einer Aminogruppe (NH_3-Gruppe) und mindestens einer COOH-Gruppe. Aminosäuren können im menschliche Körper sowohl anabole (Gewebe aufbauende) als auch katabole (Gewebe abbauende) Funktionen erfüllen.

In der anabolen Funktion dienen die Aminosäuren als

- Baustoff (z. B. Muskelprotein, Bindegewebe)
- Transportstoff (z. B. Transferrin, Hämoglobin)
- funktionelle Proteine (z. B. Hormone, Enzyme)

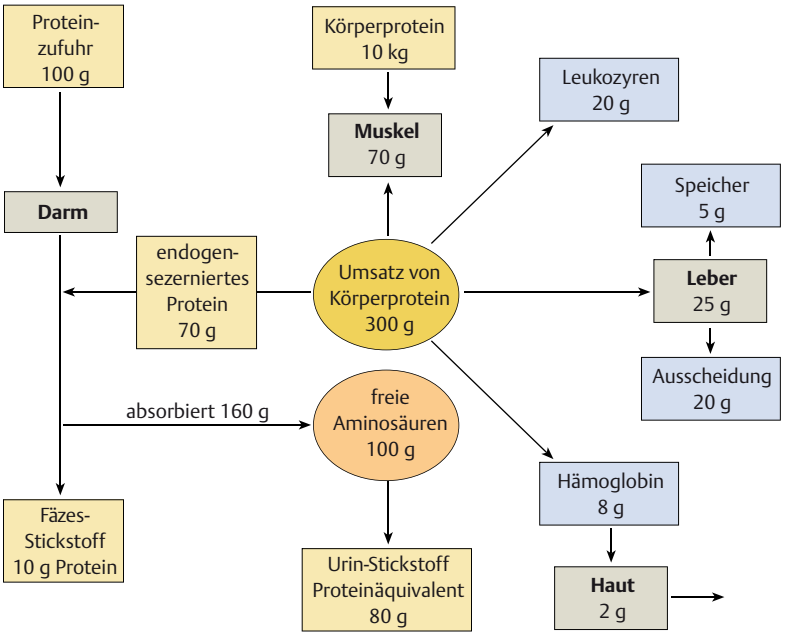


Abb. 7.2 Proteinstoffwechsel.

In ihrer katabolen Funktion können bestimmte Aminosäuren Energie in Form von Glukose liefern. In Abhängigkeit von der Belastungs- bzw. Sportart kann durch die Metabolisierung von Proteinen bis zu 37% des totalen Energiebedarfs gedeckt werden. **Abb. 7.2** zeigt eine kurze Übersicht über den Stoffwechsel der Proteine im gesamten Organismus.

Proteine werden nach Aufnahme im Magen in Poly- bzw. Oligopeptide (Fürst 2004) und später im Dünndarm in Tri- und Dipeptide bzw. Aminosäuren aufgespaltet. An der Dünndarmmukosa werden einige Bestandteile dann mithilfe von Peptidasen in die Epithelzellen aufgenommen sowie weiter in den Blutkreislauf transportiert (Rehner 2002). Allerdings wird nicht alles resorbiert: Ein Teil wird von der bakteriellen Darmflora in kurzkettige Fettsäuren (Energielieferanten für die Epithelzellen) oder belastende Toxine (z. B. biogene Amine oder Ammoniak) umgewandelt bzw. geht mit der Fäzes verloren (Guarner 2006, Beckmann u. Rüffer 2007). Nach der Resorption bestehen im Prinzip 3 Möglichkeiten:

1. Anaboler Stoffwechsel
   Hier spielt die Synthese neuer Proteine zur Bildung von Hormonen/Enzymen, Plasmaproteinen, Gewebsproteinen, die Synthese von Peptiden und nichtessenziellen Aminosäuren eine große Rolle. Letztlich ist noch der Erhalt eines vielfältigen Aminosäurenpools mit unterschiedlichen spezifischen Funktionsbereichen von Bedeutung.
2. Kataboler Stoffwechsel
   Der katabole Stoffwechselbereich der Aminosäuren bzw. Proteine bezieht sich im Großen und Ganzen lediglich auf die Erzeugung von Energie und den Abbau von Resten zu Harnstoff, der anschließend über die Nieren ausgeschieden wird.
3. Verlust über Haut und Nieren
   Einige Aminosäuren werden weder dem anabolen noch dem katabolen Stoffwechsel zugeführt, sondern gehen einfach über die Nieren unverändert bzw. als Ammoniak oder etwas langfristiger über die Haut mit Schweiß, Haaren oder abgeschilferten Zellen verloren.

Nach ca. 3 h ist die Resorption der Aminosäuren zu 70–80% abgeschlossen. Dabei ist es wichtig zu erwähnen, dass Aminosäuren aus tierischen Quellen aufgrund der fehlenden Zellulosebestandteile schneller resorbiert werden können als Aminosäuren aus pflanzlichen Quellen (Fürst 2004). Exogen zugeführtes Eiweiß (tierisches oder pflanzliches) ist aber grundsätzlich körperfremd, d.h. es muss im Verdauungstrakt „erkannt" und in seine Bestandteile zerlegt werden. Dazu wird es auch an der Epithelschicht des Darms durch die o. a. Mechanismen vor der Resorption in möglichst kleine Bestandteile zerlegt. Wenn längere Aminosäuren- oder Peptidketten in die Blutbahn eindringen, reagiert unter Umständen der immunologische Teil des Darms: das darmassoziierte Lymphgewebe („gut associated lymphoid tissue", GALT). 80% des B-zellulären Immunsystems sind in der Darmmukosa inkorporiert. Bei nicht ausreichend vorhandener bakterieller Darmflora bzw. beschädigter Epithelbarriere können eindringende Proteinstrukturen hier Probleme hervorrufen (Fasano u. Shea-Donohue 2005). Sie können möglicherweise ungehindert diese Barriere passieren und das dahinterliegende Immunsystem zu einer Reaktion provozieren. Eine herausragende Rolle spielen in

diesem Zusammenhang die Aminosäure Glutamin sowie die essenziellen, verzweigtkettigen Aminosäuren (BCAA) Valin, Leucin und Isoleucin (Cordain 2005). Glutamin als bedingt essenzielle Aminosäure (kann im Körper produziert werden, ihr Bedarf übersteigt aber häufig die Produktionskapazität) stellt ca. 20% des zirkulierenden Aminosäurenpools dar und im Muskelplasma sogar mehr als 50% (Castell u. Newsholme 2001, Fürst 2004). Während körperlicher Belastung kommt es aufgrund des veränderten Bedarfs unterschiedlicher Zellen bzw. Gewebe zu Glutaminschwankungen im Blutplasma in Abhängigkeit von Art und Dauer der Belastung (Lagranha et al. 2008). BCAA stellen ca. 30% des Muskelproteins und gelten aus metabolischer Sicht als Vorläufer für Glutamin (Bassit et al. 2002).

Die Ausscheidung von Proteinbestandteilen erfolgt im Wesentlichen über Niere und Darm (s.o.). Bei durchschnittlichem Proteinkonsum werden ca. 80–85% des gesamten Stickstoffs aus Proteinen über den Harn ausgeschieden (Fürst 2004, Gröbner 2004). Bei vermindertem Proteinkonsum verringert sich bei normaler Nierentätigkeit auch die Ausscheidung der Abbauprodukte aus dem Proteinstoffwechsel. Dies ist besonders in Phasen deutlich verringerter Nahrungsaufnahme von Bedeutung, die z.B. in einigen Sportarten mit Gewichtsklassen zur gängig praktizierten Wettkampfvorbereitung gehört. Einer dieser Stickstoffe ist Harnsäure, die aus dem Stoffwechsel der Purine (Zellkernmaterial) stammt. Diese können entweder durch einen gewissen Anteil an Eigenproduktion (Abbau von Zellmaterial im Rahmen des normalen Umsatzes) oder aus der Nahrung in den Körperkreislauf gelangen. Die Eigenproduktion steigt nach hoher metabolischer oder mechanischer Belastung (Liesen u. Baum 1997). Nahrungsquellen für Purine sind Fleischprodukte, tierische Nahrung aus dem Meer, aber auch vor allem fruktosereiche Lebensmittel, da Fruktose zu Harnsäure abgebaut werden kann. Weiter führt Alkoholkonsum durch den dadurch bedingten Laktatanstieg zu einer verringerten Harnsäureausscheidung und damit ebenfalls zu erhöhten Werten. Untersuchungen haben ergeben, dass erhöhte Harnsäurewerte die Wahrscheinlichkeit von Verletzungen steigern können. Dabei muss beachtet werden, dass häufige, intensive Beanspruchungen der Skelettmuskulatur für erhöhte Harnsäurewerte sorgen können, da hier große Mengen an Zellmaterial zerstört werden und dessen Bestandteile (u.a. Purine) über den normalen Zellstoffwechsel in den Körperkreislauf gelangen (s.o.). In diesem Fall stammen die erhöhten Harnsäurewerte aber aus der gegebenenfalls entstehenden katabolen Belastungsintensität mit gegebenenfalls sogar Tendenz zum Übertraining. Aus dieser Tatsache also auf eine Kausalität von Harnsäure aus Nahrungsmitteln in Bezug auf erhöhte Verletzungsgefahr zu schließen, erscheint aufgrund der Literaturlage nicht eindeutig (Macchi et al. 2008, Stathis et al. 1999, Yardim-Aykadin et al. 2004). In der Literatur finden sich zudem zahlreiche Hinweise auf einen deutlichen Zusammenhang zwischen erhöhtem Fruktosekonsum (v.a. aus verarbeiteten Lebensmitteln) und erhöhten Harnsäurewerten (Mayes 1993). Untersuchungsergebnisse, die belegen könnten, dass diese erhöhten Werte aus der Nahrung stammen müssen, sind bisher lückenhaft. Bedenkenswert ist zusätzlich, dass zum einen Harnsäure intramuskulär zum Teil auch als Fänger von freien Radikalen fungiert und dass bei Naturvölkern, die sich durch relativ hohen Konsum an tierischer Nahrung und damit auch höheren Harnsäurewerten auszeichnen, trotz vielfach erhöhter körperlicher Beanspruchung keinerlei gesteigerte Verletzungshäufigkeit nachgewiesen werden konnte (Lindeberg et al. 2004, Stathis et al. 1999). Angesichts der Tatsache, dass die Kausalität von erhöhtem Purinkonsum und muskulären Problemen teilweise unbegründet scheint, zielt dieser Ratschlag eher auf die Veränderung des Säure-Basen-Gleichgewichts ab, das durch erhöhten Harnsäurekonsum beeinflusst werden kann. Unabhängig von dieser ausstehenden Beweislage können unsere Nieren (ca. 70–80%) und der Darm (ca. 20–30%) lediglich eine begrenzte Menge dieser Substanz ausscheiden. Ein Enzym, das imstande wäre, die Harnsäure abzubauen – die Uricase – wird vom Menschen nicht synthetisiert.

Vor allem Sportlern aus (Schnell-)Kraftdisziplinen ist anzuraten, diese Tatsachen zu berücksichtigen, da ohnehin als Folge ihrer erhöhten metabolischen und strukturellen Belastung in Training und Wettkampf vermehrt Harnsäure produziert werden kann (Stathis et al. 1999). In Perioden intensiven Trainings kann eine Ernährungsweise mit zu hohen Mengen an verarbeiteten Lebensmitteln (v.a. mit hohen Mengen an Fruktose) zu Problemen führen. Allerdings kann die Toleranzmenge an Harnsäure durch verschiedene Faktoren beeinflusst werden. Substanzen wie z.B. Vitamin C scheinen in der Lage zu sein, die Ausscheidungsrate von Harnsäure in den Nieren positiv zu beeinflussen (Stein et al. 1976). Weiterhin kann durch Körperbewegung die renale Eliminierung von Harnsäure verändert werden (Stathis et al. 1999).

Abschließend gilt, dass ausreichend Eiweiß sowohl aus tierischen als auch aus pflanzlichen Quellen mit der Nahrung – insbesondere in intensiven Trainings- und Wettkampfperioden – aufgenommen werden muss. Bisherige Angaben, dass ca. 60–70% aus pflanzlichen Quellen stammen müssen, werden ein wenig entkräftet, wenn man betrachtet, dass der Gesundheits- und Fitnesszustand bei Naturvölkern, die mehr als 50% der Proteine über tierische Nahrung zu sich nehmen, den der westlichen Bevölkerung auch im Hinblick auf Leistungssportler ohne Weiteres übertrifft (Cordain 2005).

Essenzielle und nichtessenzielle Aminosäuren

Die Begriffe essenziell und nichtessenziell werden in erster Linie verwendet, um zu beschreiben, dass einige Aminosäuren *nicht schnell genug* aus *normalerweise vorkommendem* Material für die Instandhaltung eines *normalen Wachstums* synthetisiert werden können (essenziell bzw. indispensabel), während andere Aminosäuren diese Anforderungen wohl erfüllen (nichtessenziell).

Der Ausdruck „normalerweise vorkommend" ist in Bezug auf die nutritionell wichtigen Aminosäuren Valin, Isoleucin, Leucin (BCAAs), Phenylalanin (Phe) sowie Methionin (Met) von Bedeutung. Diese Aminosäuren können im Prinzip aus ihren α-Ketosäuren-Analogen gebildet werden. Diese Substanzen kommen meistens nicht in der Nahrung vor (sind also nicht „normalerweise vorkommend").

„Schnell genug" hat einen Stellenwert in Bezug auf Aminosäuren, die unter gewissen Stressbedingungen nicht in ausreichender Geschwindigkeit synthetisiert werden können (z. B. Arginin, Cystein, Prolin und möglicherweise sogar Glycin). Die Produktion von Arginin (Arg) hängt z. B. von der ausreichenden Anwesenheit von Arg-Vorläufern ab. Hier geht es vor allem um Prolin, Glutamat sowie einen gesunden Darm (Reeds 2001).

„Normales Wachstum" beschreibt die Tatsache, dass man in erster Linie Wachstumseinflüsse von Aminosäuren betrachtet; ein Glutamat-Defizit hat bei einigen Säugetieren beispielsweise zwar einen nur kleinen, aber signifikant negativen Effekt auf das Wachstum (und wahrscheinlich auch beim Menschen, **Tab. 7.3**, Reeds 2000).

Essenziell bedeutet eigentlich, dass bestimmte Aminosäuren innerhalb eines nutritionell-metabolisch-funktionellen Konzepts *nicht ausreichend* produziert werden können. Aus nutritioneller Sicht müssten lediglich Threonin, Lysin und gegebenenfalls Tryptophan als essenziell bezeichnet werden, da alle anderen *nahrungsessenziellen* Aminosäuren im Grunde aus ihren Ketosäureanalogen gebildet werden können. Dies gilt für Leucin, Isoleucin, Valin, Phenylalanin sowie Methionin.

Gleiches gilt für die Bezeichnung nichtessenziell. Streng genommen sind lediglich Glutaminsäure und Serin nichtessenziell: Sie sind die einzigen Aminosäuren, die aus einer Nicht-Aminosäure-Quelle für Stickstoff (Ammoniumion) und einer adäquaten Kohlenstoffquelle gebildet werden. In diesem Fall müssten diese beiden Aminosäuren als wichtigste Vorläufer für alle anderen nichtessenziellen Aminosäuren gelten und die höchste Syntheserate aufweisen. **Tab. 7.4** zeigt, dass dies tatsächlich der Fall ist; Glutamat und Serin zeigen die höchste Syntheserate sowohl im satten als auch im nüchternen Zustand. Aus metabolischer Sicht müssten somit lediglich Glutamat und Serin als nichtessenziell gelten. Dies ist allerdings nicht der Fall. Zahlreiche Aminosäuren können eher schlecht aus ihren Ketosäure-Vorläufern gebildet werden. Dadurch können Situationen entstehen, in denen diese Aminosäuren *nicht rechtzeitig in ausreichenden Mengen* gebildet werden können. Diese Aminosäuren sind somit funktionell nichtessenziell bzw. bedingt essenziell.

Einige Faktoren sorgen dafür, dass Aminosäuren als bedingt essenziell bezeichnet werden müssen, obwohl sie metabolisch gebildet werden können:

Präkursormangel. Die Aminosäuren Arginin, Cystein, Prolin sowie gegebenenfalls Glycin werden aus den Kohlenstoffdonatoren Glutamat bzw. Serin gebildet, während

Tab. 7.3 Glutamat-Defizit hat einen kleinen, aber signifikant negativen Effekt auf das Wachstum von Ratten und Schweinen (Reeds 2001)

Art	Alter (in Tagen)	Gewichtszunahme/Tag (in g/kg)	
		Totaldiät	Glutamatlos
Ratte	21	55,0	36,8
	49	11,1	8,8
	60	2,94	2,71
Schwein	24	37,1	32,8

Tab. 7.4 Syntheserate einiger nichtessenzieller Aminosäuren. Glutamat und Serin werden am häufigsten gebildet. Prolin wird im Sattzustand vom Körper nicht synthetisiert und muss somit über die Nahrung aufgenommen werden.

Aminosäure	Syntheserate	
	fed state (in %)	fasted state (in %)
Glutamat	98	98
Serin	94	95
Aspartat	76	78
Alanin	45	46
Glycin	35	35
Arginin	14	10
Prolin	0	7

Tab. 7.5 Bildung bedingt essenzieller Aminosäuren aus stets 2 Präkursoren außer Glycin. Glycin kommt beispielsweise so gut wie nicht in Mutter- und Kuhmilch vor; seine Bildung ist dann ausschließlich über den Präkursor Serin möglich. Serinmangel kann Glycinmangel verursachen. Diese Situation beeinflusst vor allem die Funktion des schnell wachsenden Hirns eines Neugeborenen. Die Folge können Epilepsie sowie weitere Erkrankungen mit erhöhter Aktivität exzitatorischer Neuronen wie z. B. ADHD sein

Produkt	Ausgangsstoff Karbon	andere Ausgangsstoffe
Arginin	Glutamat/Glutamin/Prolin	Ammoniak und Aspartat N
Prolin	Glutamat/Glutamin	Glutamat/Glutamin
Cystein	Serin	Methionin (S)
Glycin	Serin	

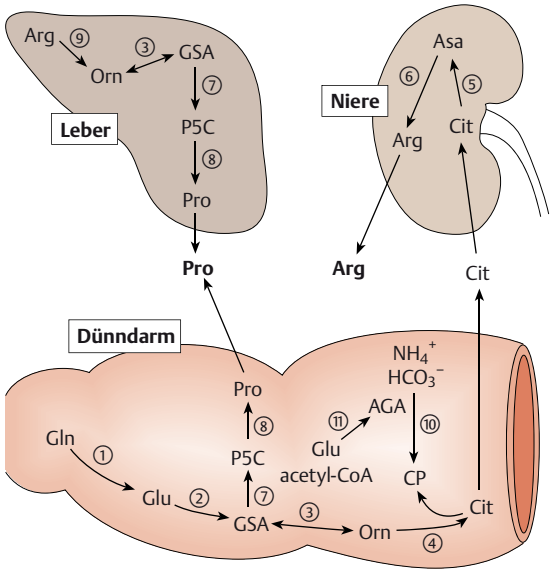


Abb. 7.3 Bildung von Arginin (Arg), Prolin (Pro) via De-Novo-Synthese aus resp. Glutamin (Gln) sowie Arginin.

die anderen Präkursoren aus einer weiteren Aminosäure oder Ammoniak bestehen (**Tab. 7.5**).

Einige Aminosäuren können nur in bestimmten Geweben produziert werden. Beispiel dafür sind Arginin sowie Prolin: Diese Aminosäuren können fast ausschließlich im Darm gebildet werden (**Abb. 7.3**).

Abb. 7.3 zeigt, wie Arginin aus einem Zwischenprodukt des Glutaminstoffwechsels (Citrullin) in der Niere produziert wird. Demnach dient Arginin wie Glutamin als Präkursor für Prolin. Daraus geht hervor, dass Prolin und Arginin lediglich aus nutritionellem Glutamin gebildet werden können (Stoll 1999). Darmstörungen und/oder ernährungsbedingter Glutaminmangel können dann die Ursache für *absoluten* Arginin- und Prolinmangel sein (Brunton 1999). Diese Mangelzustände können zu zahlreichen Störungen in Struktur und Funktion des Bindegewebes (Prolin), Störungen auf Energieniveau (Kreatinmangel) sowie neurologischen Störungen (Stickstoffoxidmangel) führen. Stickstoffoxidmangel kann wiederum Bluthochdruck, immunologische Pathologien sowie kardiovaskuläre Erkrankungen verursachen (Boger 2003).

Neben Arginin und Prolin hängt die Produktion zahlreicher weiterer Aminosäuren zu einem großen Teil vom Gesundheitszustand des Darms ab. Glutamat wird zu nahezu 100 % im Darm metabolisiert. Dasselbe gilt für die zu einem weiteren Teil in der Nahrung vorkommenden Aminosäuren Threonin, Leucin, Lysin sowie Phenylalanin.

Der dritte Grund, warum Aminosäuren bedingt essenziell werden, ist die Tatsache, dass die Autosynthese häufig der Notwendigkeit nicht gerecht wird, die bestimmte Situationen erfordern (Yu 2001, Beaumier 1995). Menschen mit Verbrennungen scheinen einen (viel) größeren Bedarf an Arginin und Prolin zu haben als gesunde Menschen (Scibior 2004, Yu 2001). Kinder kommen in den Wachstumsphasen häufig nicht mit der Autoproduktion von Arginin und Prolin aus; wenn diese Substanzen nicht in ausreichenden Mengen in der Nahrung vorhanden sind, können (ernsthafte) Wachstumsstörungen entstehen. Der Grund dafür ist die Tatsache, dass bei kleinen Kindern zahlreiche Enzyme (z. B. Argininosuccinat Synthetase sowie Argininosuccinat Lysase, die verantwortlich für die Umbildung von Citrullin in Arginin sind) noch nicht ausreichend aktiv sind, um die erforderliche Menge an Aminosäuren (in diesem Fall Arginin) zu produzieren.

Aminosäuren können im Körper nicht gespeichert werden. Das bedeutet, dass ein ständiger Bedarf an Aminosäuren besteht, um mehr als 250 000 unterschiedliche Proteine herstellen zu können.

- Ein Überschuss an Aminosäuren wird direkt verstoffwechselt.
- Aminosäurenmangel in der Nahrung kann die Autosynthese erschöpfen.
- Funktionell sind alle Aminosäuren essenziell (Reeds 2006, Reeds 2001).

Nahezu alle Aminosäuren können als glukogen bezeichnet werden. Das bedeutet, dass bei einem Mehrbedarf an Glukose ein großer Aminosäurenfluss in Richtung der Glukoneogeneseorgane (Leber und Nieren) entstehen kann. Eine solche Situation kann im Falle einer Insulinresistenz (metabolisches Syndrom, Diabetes, chronisch positive Energiebalance), Sepsis, größerer Traumata und einer negativen Energiebalance auftreten. Insulinresistenz ist heutzutage eher die Regel als die Ausnahme. Beispielsweise leiden in den Niederlanden mehr als 55 % der Menschen unter Übergewicht sowie Appetitstörungen; diese gehen häufig mit Stimmungsänderungen einher, die zu Depressionen und sogar suizidalen Neigungen führen können. Letztere beruhen auf der Tatsache, dass Störungen im Glukosehaushalt Veränderungen des Aminosäurenpools im Blut mit sich bringen. Eine Hyperinsulinämie erhöht die Menge des vorhandenen Tryptophans sowie Tyrosins, während die Menge der BCAAs drastisch abnimmt. Angesichts der Tatsache, dass auf Niveau der Blut-Hirn-Schranke alle 5 Aminosäuren dasselbe Transportsystem nutzen und dass dieses System unter normalen Plasmabedingungen so gut wie saturiert ist, können kleinere Änderungen in der Blutbahn im Verhältnis drastische Konsequenzen nach sich ziehen: Dies wirkt sich auf die Aminosäurenverhältnisse im Gehirn aus. Ein hyperinsulinämischer Moment erhöht den Index zwischen der Tyrosin- und Tryptophansumme (NAA) sowie der Summe aus Valin, Leucin und Isoleucin (BCAA). Die Folge ist eine erhöhte Aufnahme von Tyrosin und Tryptophan über die Blut-Hirn-Schranke.

$$\frac{\Sigma NAA}{\Sigma BCAA} = \text{LNAA Absorptions-Index}$$

Hierdurch kann die Menge der Neurotransmitterproduktion aus Tryptophan (Serotonin) und Tyrosin (Dopamin) drastisch zunehmen und gegebenenfalls zu einer manischen Periode bei Personen mit einer bipolaren Depression führen. Eine umgekehrte Situation entsteht bei Menschen mit Diabetes. Insulinmangel führt zu einer Erhöhung des BCAA-Pools im Blut sowie einer Senkung der ∑NAA (Tyrosin und Tryptophan). Die Folge ist, dass weniger Tryptophan sowie Tyrosin vom Hirn aufgenommen werden können. Die Produktion von Serotonin und Dopamin wird gestört und es kommt zu den typischen komorbiden Depressionssymptomen bei Menschen mit einem Diabetes (Manjarrez 2006).

Zusammenfassung

1. Es gibt lediglich 3 *echte* (= nutritionelle) essenzielle, nicht durch den Körper herstellbare Aminosäuren: Threonin, Lysin und gegebenenfalls Tryptophan.
2. Metabolisch gesehen gibt es 2 nichtessenzielle Aminosäuren: Glutamin und Serin. Diese Aminosäuren dienen als Präkursor für die anderen klassischen nichtessenziellen Aminosäuren.
3. Funktionell sind alle Aminosäuren essenziell.

Biologische Wertigkeit

Aufgrund der variablen Verteilung an Aminosäuren in den unterschiedlichen Proteinstrukturen des menschlichen Körpers ist es von Bedeutung, die richtigen Eiweißquellen zu wählen. Dazu wurden proteinhaltige Nahrungsquellen einer gewissen Einteilung hinsichtlich der biologischen Wertigkeit unterworfen (Koerber et al. 2004). Hierbei ist der Bedarf des Organismus entscheidend, seinen strukturellen und metabolischen Bedarf an Aminosäuren so optimal wie möglich abzudecken. Dies betrifft insbesondere die essenziellen Aminosäuren. Die biologische Wertigkeit gibt Auskunft über die Verwertbarkeit eines Nahrungsmittels in Bezug auf die darin zur Verfügung stehenden Aminosäuren. Je höher also die biologische Wertigkeit eines Nahrungsmittels ist, desto weniger muss davon zur Abdeckung des Bedarfs an Aminosäuren zugeführt werden. **Tab. 7.6** zeigt eine Übersicht über ausgewählte Nahrungsquellen hinsichtlich ihrer biologischen Wertigkeit (BW).

Dabei steht die Größe des Referenzwerts proportional zur biologischen Wertigkeit. Besonders interessant wird diese Einteilung bei Betrachtung der Möglichkeit, bestimmte Nahrungsmittel zu kombinieren. Durch die unterschiedlichen Aminosäurenkombinationen können sich so Aufwertungseffekte ergeben: Bestimmte essenzielle Aminosäuren, die in einem Lebensmittel in geringen Mengen vorhanden sind bzw. fehlen, können in einem anderen in höheren Mengen enthalten sein. Dadurch verändert sich auch die biologische Wertigkeit. Eine Übersicht ist in **Tab. 7.7** zu sehen. In Sportarten mit besonderer Bedeutung hinsichtlich der Versorgung mit Proteinen spielt diese Einteilung eine besondere Rolle, vor allem wenn es um die Nahrungsmenge bzw. eine adäquate Zufuhr an Kalorien geht.

Tab. 7.6 Biologische Wertigkeit (BW) ausgewählter Nahrungsquellen (nach Koerber et al. 2004)

Nahrungsquelle	BW
Vollei	100
Kartoffeln	86
Edamer Käse	85
Milch	84
Soja	84
Schweizer Käse	83
Thunfisch	83
Rindfleisch	83
Roggen	83
Roggenmehl (82 %)	76
Reis	83
Grünalgen	81
Mais	76
Bohnen	73
Weizen	58
Weizenmehl (83 %)	56

Tab. 7.7 Biologische Wertigkeit (BW) ausgewählter kombinierter Nahrungsquellen (nach Koerber et al. 2004)

Proteinanteil (in %)	Nahrungsquelle	Proteinanteil (in %)	Nahrungsquelle	BW durch Kombination
35	Vollei	65	Kartoffeln	138
60	Vollei	40	Soja	124
68	Vollei	32	Weizen	118
36	Vollei	64	Bohnen	108
75	Milch	25	Weizen	106
56	Milch	44	Roggen	101
52	Bohnen	48	Mais	101
55	Milch	50	Kartoffeln	92
77	Rindfleisch	23	Kartoffeln	90

Verdaulichkeit

Je mehr pflanzliche Anteile sich in der Nahrung befinden, desto verzögerter läuft der Verdauungs- bzw. Resorptionsprozess ab. Dies liegt vor allem an den in den Zell-

wänden von Pflanzenstrukturen enthaltenen Zellulosebestandteilen (v. a. Hülsenfrüchte und Getreide), die die Passage durch den Verdauungstrakt verzögern. Mit dem Frischezustand pflanzlicher Nahrung erhöht sich auch diese Einschränkung, da die Zellwände noch stabiler sind. Proteine aus diesen Quellen können aus diesem Grund auch nur unvollständig resorbiert werden. Dies trifft für tierische Nahrung größtenteils nicht zu (Fürst 2004, Koerber et al. 2004).

Zubereitung

Frische proteinhaltige Nahrung aus pflanzlichen Quellen erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass Proteine nur unzureichend resorbiert werden können (s.o.). Bei tierischen Nahrungsquellen spielt dieser Faktor eine untergeordnete Rolle. Allerdings gilt anzumerken, dass weitere Nahrungsinhaltsstoffe wie z. B. Vitamine in frischerer Nahrung in weitaus höheren Konzentrationen vertreten sind. Im Zweifel gilt es dann auch die Frische bzw. Zubereitungsart der Nahrung hinsichtlich der präferierten Nahrungsinhaltsstoffe zu beurteilen. Bei gewissen Zubereitungsarten wie z. B. starkem und langem Erhitzen kann allerdings die Qualität der Proteine beeinträchtigt werden. Ab Temperaturen von ca. 140 °C besteht die Möglichkeit, dass sich Zuckerbestandteile aus der Nahrung mit Proteinstrukturen verbinden. Bei dieser Maillard-Reaktion werden Aminosäuren in ihrer Verfügbarkeit eingeschränkt und es bilden sich zum Teil sogar toxisch wirkende Substanzen wie z. B. Acrylamid.

Schädliche Proteinstrukturen

Das Vorhandensein einer Intoleranz bzw. Allergie gegenüber bestimmten Proteinstrukturen in der Nahrung belastet vor allem das darmassoziierte Immunsystem. Bei Auftreten einer solchen Störung bestehen unterschiedliche Behandlungs- bzw. Beeinflussungsmethoden wie z. B. eine Sanierung der mikrobiellen Darmflora (Beckmann u. Rüffer 2007). Vor allem in vielen pflanzlichen Nahrungsmitteln befinden sich Lektine. Diese Proteinstrukturen wirken stimulierend auf das Immunsystem und belasten somit durch dessen erhöhten ATP-Bedarf den Organismus (Cordain et al. 2000). In Situationen körperlicher Belastung spielt eine optimale ATP-Versorgung eine besondere Rolle. Die Selektion lectinreicher Nahrung kann unter Umständen eine bedeutende Rolle spielen.

Milchprodukte als Proteinquellen

Proteine aus Milchprodukten, die in der westlichen Ernährungsweise vornehmlich aus Kuhmilch hergestellt werden, sind hinsichtlich verschiedener Kriterien differenziert zu betrachten. Kuhmilch enthält zahlreiche Substanzen, die in Bezug auf einen optimalen Gesundheits- und Fitnesszustand nicht unbedenklich erscheinen. So sollte nicht außer Acht gelassen werden, dass zahlreiche Populationen aufgrund genetischer Prädispositionen nach wie vor Probleme mit der Metabolisierung des Milchzuckers Laktose aufweisen. Eigentlich verfügen nur die Regionen in Europa – und dort am meisten diejenigen rund um Nord- und Ostsee – über flächendeckende Kapazitäten hinsichtlich des Abbaus von Laktose. Der Rest des Erdballs hat damit eher Schwierigkeiten, die sich meist in Form von Verdauungsproblemen zeigen. Laktose ist vor allem in unbehandelter und unbearbeiteter Milch vorhanden. Bei der Fermentierung zu z. B. Joghurt reduziert sich der Anteil. Bei der Verwendung von Milchprodukten ist dieser Tatsache Rechnung zu tragen. Weiter reagieren bestimmte Personen aufgrund einer nichtintakten Barriere des Verdauungskanals oder weiterer Gründe auf diverse Peptide in Milch. Dies gilt vor allem für Kuhmilchprodukte. Die Folgen können von Intoleranzreaktionen bis zu allergischen Reaktionen gegen Milchprodukte reichen. Milchprodukte enthalten oft nicht unbedenkliche Mengen eines Wachstumshormons: „Insulin-like growth factor 1“ (IGF-1). Dieses Hormon fördert die Zellproliferation und hemmt die Selbstzerstörungsrate von Zellen, die insbesondere bei der Selektion unbrauchbarer oder entarteter Zellen von Bedeutung ist (Velcheti u. Govindan 2006). Letztlich ist noch auf das in Milchprodukten (v. a. bei Kuhmilch) vorhandene schlechte Verhältnis bestimmter Omega-6- und Omega-3-Fettsäuren hinzuweisen. Ein schlechtes Verhältnis fördert die Wahrscheinlichkeit entzündlicher Prozesse und schadet somit regenerativen Prozessen.

Gemäß den Vorgaben der Deutschen Gesellschaft für Ernährung liegt die Empfehlung für die tägliche Proteinaufnahme bei 0,8 g/kg Körpergewicht pro Tag (DGE 2000). Diese Empfehlungen schließen einen erhöhten Bedarf an Proteinen bei gesteigerter körperlicher Aktivität aus. Untersuchungen belegen jedoch, dass sich die erforderliche Zufuhr an Proteinen mit der Intensität und Dauer der körperlichen Aktivität erheblich verändert (Friedrich 2008, Tipton u. Wolfe 2004, Lemon 1998). Die normalen Empfehlungen (s.o.) ergeben sich in der Regel aus den Ergebnissen einer ausgeglichenen Stickstoffbilanz (Verhältnis der aufgenommenen zu den ausgeschiedenen Aminosäuren). Da Athleten bzw. Sportler aufgrund unterschiedlicher Gründe (z. B. Muskelaufbau) ein Interesse an einer positiven Bilanz haben (um sie besser nutzen zu können), scheinen diese Werte dort nicht unbedingt übertragbar zu sein (Tipton u. Wolfe 2004, Tarnopolsky et al. 1992). Folgende Gründe sprechen für einen erhöhten Bedarf an Proteinen bei Sportlern (Friedrich 2008):

- Mehrbedarf für die Neubildung muskulärer Strukturen (Hypertrophie)
- Ausgleich für die erhöhte Muskelmassenabnutzung
- erhöhter Bedarf an funktionell aktiven Proteinen (z. B. Enzyme)

- erhöhte Energieumsatzrate – Schutz vor Abbau von weiteren Körperproteinen

Untersuchungen belegen, dass die Einnahme bestimmter Mengen essenzieller Aminosäuren unabhängig vom Alter die Syntheserate neuer Muskelproteine erhöht (Paddon-Jones et al. 2004). Gesteigerte Syntheseraten ergaben sich bereits bei Mengen ab 15 g/Tag. Die Effekte zeigten sich bei jüngeren Probanden allerdings deutlicher. Dabei scheinen besonders die BCAA von Bedeutung zu sein (Koopman et al. 2005). **Tab. 7.8** liefert eine Übersicht unterschiedlicher Quellen hinsichtlich der Mengenangaben aufzunehmender Proteine (in g/kg Körpergewicht/Tag).

Zu beachten ist, dass sich diese Angaben (bis auf den Gesundheitssport) auf tägliche sportliche Aktivität bzw. tägliches Training beziehen. Bei den Angaben kommen bezogen auf das Körpergewicht schnell Mengen zusammen, die man unter Umständen als gesundheitsgefährdend ansehen könnte. Untersuchungen haben allerdings ergeben, dass Proteinmengen von bis zu 40 En% (Energieprozent) gesundheitlich in keiner Weise als bedenklich anzusehen sind (Cordain 2005). Beim erhöhten Kalorienverbrauch sportlich aktiver Personen ist dieser Wert ohnehin nur schwer erreichbar.

Zur Vereinfachung ein Rechenbeispiel: Ein Kraftsportler mit einem Gewicht von 100 kg müsste nach der o.a. Tabelle bis zu 320 g Proteine täglich konsumieren. 1 g Protein enthält ca. 4 kcal. Würde er also die bedenklichen 40 En% erreichen (320 × 4 = 1280 kcal), so dürfte er lediglich 3200 kcal pro Tag mit der Nahrung aufnehmen. Bei einer ca. 2–3-stündigen Trainingseinheit verbraucht er aber schon ca. 1600–1800 kcal. Sein täglicher Ruheumsatz ergibt gerundet ca. 2400 kcal (24 h × 100 kcal). Er wäre also ohne jede weitere Aktivität bereits bei einem kalorischen Verbrauch von mehr als 4000 kcal.

Die Realität zeigt aber, dass diese Sportler eher höhere kalorische Verbrauchswerte aufweisen. Aus gesundheitlicher Sicht ist somit gegen die Einnahme solcher Proteinmengen im Sport nichts einzuwenden. Untersuchungen zeigen sogar, dass der Konsum von Proteinen in den in **Tab. 7.8** angegebenen Mengen unter mittlerer sportlicher Belastung die Bilanz zum Teil gerade ausgleicht (Pikosky et al. 2008). Der Annahme, dass erhöhte Proteinmengen in der Nahrung die Nierenfunktion negativ beeinträchtigen, stehen Untersuchungen entgegen, nach denen bei Kraftsportlern erst nach Aufnahme von 1,26 g Protein pro kg Körpergewicht pro Tag eine ausgeglichene Stickstoffbilanz erreicht werden konnte und bei Aufnahmemengen bis 2,8 g Protein pro Tag und kg Körpergewicht keinerlei Beeinträchtigungen der Nierenfunktion beobachtet werden konnten (Poortmans u. Dellalieux 2000). Bei Proteinmengen dieser Höhe kann die Aufnahme durch herkömmliche Nahrung problematisch werden. Dies spricht allein aus organisatorischer Sicht z. B. im Kraftsport durchaus für den selektiven Einsatz von Eiweißkonzentraten (Koopman et al. 2005). Es ist allerdings auch kaum sinnvoll, zur Deckung dieses Bedarfs ausschließlich Eiweißkonzentrate heranzuziehen. Dennoch können solche Konzentrate vor allem dem Kraftsportler eine wichtige Hilfe sein: Eiweißpulver reduzieren die nachteiligen Folgen von überhöhten Fett- und gegebenenfalls Cholesterinmengen, die bei tierischen Eiweißquellen (Fleisch, Fleischprodukte) stets begleitend sind, und sie lösen das Problem der Nahrungsmengen, die vor allem im Kraftsport bei hohem Proteinbedarf eingenommen werden müssten. Mithilfe einer gleichzeitigen bzw. zeitlich sogar leicht versetzten Aufnahme von Kohlenhydraten (max. 60 min vorher) wird der Insulinspiegel leicht erhöht, wodurch Proteine besser in die Zellen aufgenommen werden (Tipton u. Wolfe 2004, Koopman et al. 2005).

Tab. 7.8 Empfehlungen für den Proteinkonsum bei unterschiedlichen sportlichen Aktivitäten (g/kg Körpergewicht/Tag)

	Lemon (1998)	Tipton u. Wolfe (2004)	Konopka (2008)
Gesundheitssport	k. A.	k. A.	k. A.
Ausdauersport	1,2–1,6	bis 2,0	1,5–2,0
Schnellkraftsport	1,5–2,0	k.A.	1,5–3,0
Kraftsport	1,8–2,5	2,5–3,0	1,5–3,2

Die Annahme, dass zu hohe Proteineinnahmen im Verhältnis zu den aufgenommenen Kalorien in Fett umgewandelt werden, ist wissenschaftlich nicht eindeutig belegbar (Doenecke et al. 1994, Fürst 2004). Die Grundlage solcher Annahmen beruht meist auf Vergleichen mit der Harnstoffbilanz. Da diese Vergleiche aber meist an nicht außerordentlich sportlich aktiven Personen vorgenommen wurden, entbehrt die Übertragung auf Sportler aufgrund ihres viel höheren täglichen Kalorienverbrauchs weiterer Beweise. Zudem scheint es so zu sein, dass erhöhte Einnahmen an Proteinen (in En%) eher den Fettabbau stimulieren und das Hungergefühl senken (Johnstone et al. 2008, Pichon et al. 2006, Weigle et al. 2005). Annahmen, dass die Aufnahme einer Proteinmenge von mehr als 50 g pro Mahlzeit zu Depotfett führt, stehen zahlreiche Untersuchungen entgegen, nach deren Ergebnissen hohe Aufnahmen von Protein („High-protein diets“) selbst bei hohen Kalorienaufnahmemengen zu Gewichtsverlusten führen und zusätzlich sogar das Hungergefühl senken (Noakes et al. 2005, Nickols-Richardson et al. 2005, Johnstone et al. 2008, Claessens et al. 2009).

Bedarf an speziellen Aminosäuren bei regelmäßiger sportlicher Belastung

Gerade im Bereich des Hochleistungssports, aber auch im Fitnessport – in Abhängigkeit von Umfang und Intensität des Trainings – kann es sinnvoll sein, Aminosäuren isoliert, also nicht in ihrer Form als natürliches Eiweiß einzusetzen (Blomstrand et al. 2006, Shimomura et al. 2006, Karlsson et al. 2004, Paddon-Jones et al. 2004, Smriga et al. 2006, Norton u. Kaymann 2006). Die Einsatzbereiche bestehen in der Hauptsache in der Erhaltung muskulärer und weiterer beanspruchter Strukturen, wie z. B. des Stickstoffgleichgewichts, des Bindegewebes, der Stimulation der Proteinsynthese, der Unterstützung des Immunsystems sowie der Regeneration. Aminosäuren werden nicht nur im Rahmen des Baustoffwechsels verwendet, sondern auch als Ausgangssubstanzen für Peptidhormone, Neurotransmitter oder z. B. als Bestandteile von Transportproteinen (Horn et al. 2002). Zusätzlich besteht seitens des Immunsystems ein sehr hoher Bedarf an speziellen Aminosäuren, da die Aktivität einiger immunaktiver Zellen sowie Anteile des zellulären Schutzes gegen Oxidationsprozesse von diesen Aminosäuren abhängig sind (Gröber 2008). Aufgrund dieser Tatsachen soll im Folgenden versucht werden, ausgewählte, vor allem im Sport bedeutsame Aminosäuren hinsichtlich Funktion und Einsatz zu beschreiben.

Da die Versorgung mit Proteinbausteinen aufgrund der erhöhten zellulären Syntheseleistung sowie der gesteigerten Belastung des Immunsystems bei regelmäßiger sportlicher Belastung gegenüber Alltagsbelastungen erhöht sein sollte, ist es von Bedeutung, die wichtigsten Aminosäuren hervorzuheben, die hier eine Rolle spielen.

Valin, Leucin, Isoleucin (BCAA)

Während einer Belastung wird sowohl durch die metabolische als auch durch die mechanische Beanspruchung eine gewisse Menge an Proteinstrukturen zerstört. Diese Strukturen bestehen zu einem großen Teil aus den essenziellen, verzweigtkettigen Aminosäuren („Branched-chain amino acids“, BCAA) Valin, Leucin und Isoleucin sowie der bedingt essenziellen Aminosäure Glutamin. Es kommt zur Bildung von „low-molecular compounds“ = Bruchstückchen von Strukturmaterial mit einem niedrigen Molekulargewicht. Diese Bruchstücke sind extrem wichtig: Sie informieren den Zellkern und die Reparaturorganellen der Zelle, wie die Ribosomen, von Art und Umfang der „Zerstörung“. Der Zellkern „erkennt“ an Art und Umfang der „low-molecular compounds“, welches Reparaturprogramm gestartet werden muss (Haas 2001). Da Glutamin zum Teil auch aus BCAA hergestellt werden kann, sind vor allem die BCAA aufgrund ihrer Lebensnotwendigkeit von Bedeutung (Cordain 2005). BCAA gehören zur Gruppe der essenziellen Aminosäuren. Da sie ca. 30 % der kontraktilen Muskelmasse darstellen, sind sie nicht nur im Krafttraining von besonderer Bedeutung (Cordain 2005). Nahrungsquellen mit hohem Gehalt an BCAA sind z. B. Fleisch und Fisch, allerdings können manche Hülsenfrüchte hinsichtlich ihres BCAA-Gehalts die beiden erstgenannten sogar übertreffen (Elmadfa et al. 2008). In Untersuchungen zur Wirksamkeit von BCAA konnte nachgewiesen werden, dass die Regenerationsfähigkeit bei einer Gabe von ca. 5 g BCAA/d (Verhältnis Val/Leu/Iso = ca. 1 : 2 : 1) hinsichtlich des subjektiven Ermüdungsempfindens verbessert werden konnte (Shimomura 2006). Es konnte gezeigt werden, dass BCAA durch Konsum nach Belastungen einen positiven Effekt auf die Proteinsynthese der Muskelzellen hatten (Campbell et al. 2007). Wichtig ist es, auf die gleichzeitige Zufuhr von Kofaktoren zu achten. Hierzu zählen Vitamine (v. a. die Vitamine B_6 und C) und Spurenelemente (z. B. Zink).

Glutamin

Die Bedeutung der Aminosäure Glutamin sollte nicht unterschätzt werden, da sie die am häufigsten vorkommende Aminosäure des menschlichen Organismus ist und als wichtiger Nährstoff für das Immunsystem sowie als Energiequelle für das Verdauungssystem gilt. Zusätzlich ist sie die Ausgangssubstanz für ausgewählte Neurotransmitter (Gröber 2008). Da sie semiessenziell ist, wird die Versorgung immer dann wichtig, wenn aufgrund metabolischer Belastungen der Verbrauch die Zufuhr übersteigt. Da dies bei körperlicher Belastung in der Regel der Fall ist, sollte auf eine ausreichende Versorgung mit Glutamin geachtet werden (Fürst 2004, Cury-Boaventura et al. 2008, Favano et al. 2008, Gröber 2008, Stehle 2004). Gute Glutaminquellen sind z. B. Parmesan oder Cheddarkäse oder – in Form von Glutaminsäure – Fisch und Fleisch (Gröber 2008, Burgerstein 2002). Dabei ist anzumerken, dass Parmesan und Cheddar zu den Milchprodukten zählen und ein kritischer Umgang mit diesen Glutaminquellen angezeigt ist.

L-Carnitin

Bei dieser Substanz handelt es sich eigentlich nicht um eine Aminosäure, sondern um ein Vitaminoid. Da es aber aus den essenziellen Aminosäuren Lysin und Methionin synthetisiert werden kann, sich unter sportlicher Belastung aber häufig Mangelzustände entwickeln können, soll diese Substanz an dieser Stelle gemeinsam mit anderen wichtigen Aminosäuren genannt werden. L-Carnitin sorgt für den Transport langkettiger Fettsäuren durch die Mitochondrienmembran (Stehle 2004). Es gilt als wirksamer Entgiftungsfaktor der Mitochondrien, wenn es z. B. um den Abtransport von freien Fettsäuren aus den mitochondrialen Verbrennungsprozessen geht (Gröber 2008). Weiter verbessert L-Carnitin den Schutz vor Lipidperoxidation, indem es die Funktion von Vitamin E übernimmt (Sachan et al. 2005). Gute Quellen für L-Carnitin sind Fisch und Fleisch (Gröber 2008, Burgerstein 2002). Da

Carnitin im Organismus aus den Aminosäuren Methionin und Lysin gebildet werden kann, besteht die Möglichkeit einer unzureichenden Versorgung bei Fehlen oder Mangel an Nahrungsquellen mit Methionin und Lysin.

Arginin und Ornithin

Aufgrund der Tatsache, dass die semi-essenzielle Aminosäure Arginin und die nichtessenzielle Aminosäure Ornithin vor allem als Vorläufersubstanzen für die Bildung von Wachstumshormonen gelten, ist eine ausreichende Versorgung von enormer Bedeutung. Wachstumshormone verbessern die Regeneration sowie den Muskelaufbau und steigern den Abbau von Fettgewebe. Gute Quellen sind Erdnüsse und Mandeln (Gröber 2008). In der Praxis hat es sich z. B. bewährt, durch die Verabreichung von Arginin und Ornithin die Syntheserate der Wachstumshormone zu beeinflussen. Die Einnahme von 2–5 g einer Mischung von L-Arginin und L-Ornithin etwa eine halbe Stunde vor dem Schlafengehen kann die Produktion vom Wachstumshormon in den Tiefschlafphasen des Nachtschlafs positiv unterstützen (Besset et al.1982).

Kreatin

Kreatin ist eigentlich eine organische Säure, die aus den Aminosäuren Glycin, Arginin und Methionin hergestellt werden kann. Es gilt als energiereiche Phosphatverbindung und befindet sich in gewissen Mengen in der Muskulatur. Es regeneriert mittels einer alaktaziden Reaktion kontinuierlich das energiereiche Phosphat ATP und stellt somit eine wichtige Verbindung innerhalb des Erhalts der Energieversorgung dar. Die Anwendung von Kreatin ist vor allem im Kraftsport von Bedeutung. Durch Zufuhr von Kreatin in Mengen von bis zu 20 g pro Tag über einen Zeitraum von 5 Tagen konnte die Wirksamkeit dieser Substanz hinsichtlich einer Kraftsteigerung und Regenerationsverbesserung sowohl bei kurzen intensiven Belastungen (z. B. Maximalkraftsportarten) als auch hinsichtlich der anaeroben Kapazität im Ausdauerbereich nachgewiesen werden (Greenhaff 1995, Gröber 2008, Cooke et al. 2009, Law et al. 2009, Wright et al. 2007, Eckerson et al. 2005). Weitere Studienergebnisse zeigen eine verbesserte Wirkung der Kreatineinnahme in Kombination mit der Einnahme von Glukose (Preen 2003). Beim Einsatz von Kreatin als Supplement zur Unterstützung der sportlichen Leistungsfähigkeit mittels Regenerationsverbesserung wird die Ladephase von der Erhaltungsphase unterschieden (Cooke et al. 2009). Dabei ist das Ziel der Ladephase die intramuskuläre Erhöhung des Kreatinpools und in der Erhaltungsphase die weitgehende Aufrechterhaltung dieser Menge. In diversen Studien konnte sich eine Einnahmemenge von ca. 20 g Kreatin pro Tag bzw. 0,3 g pro kg Körpergewicht pro Tag in der Ladephase als effektiv erweisen (Law et al. 2009, Wright et al. 2007, Eckerson et al. 2005). Die Einnahme von Kreatin in der Erhaltungsphase weist laut Studienergebnissen bei ca. 10–25 % der Menge aus der Ladephase bereits positive Erfolge auf (Preen et al. 2003). Bei Personen, die sich vegetarisch ernähren, wurden geringere Kreatinspiegel gemessen. Die Supplementierung gerade bei diesem Personenkreis zeigte größere Veränderungen im Rahmen der ergogenen Effekte (Burke et al. 2003). Bei älteren Personen konnte unter Kreatineinnahme in Verbindung mit Krafttraining eine Verbesserung der Knochendichte sowie Muskelmassenzunahme nach Atrophie festgestellt werden (Chilibeck et al. 2005, Hespel 2001).

7.2.2 Kohlenhydrate

Kohlenhydrate zählen zu den am meisten verbreiteten organischen Substanzen auf der Erde. Pflanzen setzen durch Umbau von Kohlendioxid und Wasser mithilfe von Sonnenlicht Kohlenhydrate zusammen. Einfache Kohlenhydrate bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Man unterteilt die Kohlenhydrate wie die Proteine hinsichtlich ihrer Komplexität bzw. Anzahl der Einfachzucker (Monosaccharide) in:

- Einfachzucker (Monosaccharid): z. B. Glukose, Fruktose oder Galaktose
- Zweifachzucker (Disaccharid): z. B. Saccharose
- Mehrfachzucker (Oligosaccharid – 3–10 Monosaccharide)
- Mehrfachzucker (Polysaccharid – mehr als 10 Monosaccharide): z. B. Stärke, aber auch Glykogen

Polysaccharide binden Wasser: 1 g Kohlenhydrate bindet ca. 2,15 g Wasser

Aus den o.a. Monosacchariden werden Disaccharide aufgebaut:

- Glukose + Fruktose = Industriezucker (Saccharose)
- Glukose + Glukose = Malzzucker (Maltose)
- Glukose + Galaktose = Milchzucker (Laktose)

Die längeren Ketten werden mithilfe von Enzymen zu Disacchariden abgebaut. Die a-Amylase ist z. B. eines dieser Enzyme, das mit dem Speichel in der Mundhöhle und mit den Verdauungssäften des Pankreas ausgeschieden wird. Die Disaccharide (Maltose, Saccharose und Laktose) werden mit Enzymen, die in der Mukosa (Schleimschicht) des Dünndarms lokalisiert sind, zu den jeweiligen Monosacchariden Glukose, Fruktose und Galaktose abgebaut (**Tab. 7.9**).

Während Glukose und Galaktose aktiv mithilfe eines natriumabhängigen Transportsystems in der Schleimschicht des Darms absorbiert werden, wird Fruktose konzentrationsabhängig mittels erleichterter Diffusion mithilfe des Glukosetransporters 5 durch die Darmwand transportiert. Alle Monosaccharide gelangen schließlich in die Blutbahn.

Diese Prozesse können durch unterschiedliche Faktoren gestört werden. Eins der häufigsten Probleme ist die Absorptionsstörung durch Laktasemangel.

Tab. 7.9 Disaccharide werden mit Enzymen zu Monosacchariden abgebaut

Enzym	Zu zerlegendes Disaccharid	Entstehende(s) Monosaccharid(e)
Maltase	Maltose	2 Moleküle Glukose
Laktase	Laktose	1 Molekül Glukose und 1 Molekül Galaktose
Saccharase	Saccharose	1 Molekül Glukose und 1 Molekül Fruktose

Absoluter Laktasemangel kommt häufig bei Nichteuropäern, wie z. B. bei Ureinwohnern von Australien, aber auch in einigen Gebieten Asiens sowie bei vielen Bevölkerungsgruppen mit dunkler Hautfarbe in den unterschiedlichen Erdteilen vor. Allerdings findet man diesen Mangel auch bei ca. 16–40 % der weißen Bevölkerung Europas.

Relativer Laktasemangel tritt im Allgemeinen während der Geschlechtsreife auf. Erwachsene weisen demnach eine geringere Laktosetoleranz als kleine Kinder auf. Gelangt in diesen Fällen Laktose in den Dickdarm, kann dies dort zu erhöhten Flüssigkeitsansammlungen aufgrund osmotischer Veränderungen an der Mukosa und in der Folge zu Diarrhö führen. Weiter besteht die Möglichkeit der Fermentierung von Laktose durch Darmbakterien; zu den Nebenerscheinungen gehört z. B. erhöhte Gasbildung (Ingram et al. 2009). Weitere Absorptionsstörungen von Kohlenhydraten sind wegen der fehlenden Häufigkeit für den sportphysiotherapeutischen Alltag weniger von Bedeutung (Peterson u. Herber 1967).

Monosaccharide gelangen erheblich schneller in die Blutbahn als Polysaccharide, da mit zunehmender Kettenlänge des Kohlenhydratmoleküls mehr Enzymaktivität benötigt wird. Dies hat Konsequenzen auf den Blutglukosespiegel. Je kürzer das Kohlenhydrat, desto schneller der Anstieg der Blutglukose. Um die Lösbarkeit unterschiedlicher Zuckerformen in verschiedenen Lebensmitteln und deren Einfluss auf den Organismus zu bestimmen, hat man den glykämischen Index (GI) etabliert. Dieser Wert gibt die Entwicklung der Blutglukosekurve in den ersten 2 h nach Nahrungsaufnahme von je 50 g Glukose eines jeweiligen Lebensmittels an. Dabei gilt Glukose als Referenz, daher wird dessen GI mit dem maximalen Wert 100 angegeben (Aufnahme von 50 g Glukose = 100). Je nach Anteil weiterer Nahrungsinhaltsstoffe verändert sich der GI wegen des verzögerten Blutzuckeranstiegs. Allerdings ist dieser Wert ursprünglich als Laborparameter entstanden und bezieht sich eben lediglich auf eine bestimmte Menge Glukose (50 g pro Portion). Um z. B. aber 50 g Glukose aus Wassermelonen in einer Portion aufzunehmen, erfordert dies den vorhergegangenen Konsum von mehr als 1 kg dieses Lebensmittels. Dieser Wert eignet sich also in der Praxis nicht. Eine bessere Einschätzung liefert der Wert der glykämischen Last (GL), der die Menge des verzehrten Lebensmittels, die Art und physikalische Einbindung der Zuckerform sowie den Gehalt an Faserstoffen, Fetten und Proteinen einbezieht (Worm 2003, Foster-Powell et al. 2002). Je kleiner der Wert der GL, desto langsamer der Anstieg des Blutzuckers. **Tab. 7.10** liefert einige Beispiele.

Tab. 7.10 Glykämische Ladung ausgewählter Lebensmittel

Lebensmittel	Portion (KH)*	Glykämischer Index	Glykämische Last
Nudeln weiß	180 (45)	45	22
Müsli	30 (24)	66	17
Baguette	30 (15)	95	15
Vollkornbrot	30 (14)	55	9
Banane	120 (25)	51	13
Ananas	120 (10)	66	6
Birne	120 (13)	33	4
Apfel	120 (13)	32	4
Wassermelone	120 (6)	72	4
Karotten	80 (6)	47	3

* *Menge des Lebensmittels in g pro Portion (die in einer Portion enthaltene Kohlenhydratmenge in g)*

Die Regelung des Blutglukosespiegels wird im Wesentlichen von 2 Hormonen übernommen: Insulin und Glukagon. Beide Hormone werden in der Bauchspeicheldrüse gebildet. Insulin hat unter anderem die Aufgabe, die im Blut befindliche Glukose ins Zellinnere zu transportieren. Es sorgt es unter anderem für den Einbau der Glukose in Muskel- oder Fettzellen (Chakravarthy u. Booth 2004) und senkt somit den Blutglukosespiegel. Glukagon sorgt für eine Bereitstellung der Glukose aus z. B. Speichern in der Leber und kann diesen Spiegel somit erhöhen (Klinke u. Silbernagel 2003). Insulin ist zudem in der Lage, Glukose in seine Speicherform Glykogen in Leber und Muskulatur zu transportieren. Dieses Muskelglykogen wird ausschließlich in der Muskulatur auf anaerobem oder aerobem Stoffwechselweg verbrannt. Aus ökonomischen Gründen wird an dieser Stelle darauf verzichtet, diesen Stoffwechselweg detailliert zu erörtern, und auf die einschlägige Literatur verwiesen (Cabri 1999).

Glykogen aus der Leber dient eher der Stabilisierung des Glukosespiegels zum Zweck der Verbrennung in der Muskulatur und vor allem zur Energiebereitstellung für das Gehirn. Die beiden Hormone stabilisieren im Normalfall den Blutglukosespiegel zwischen 70 und 120 mg/dl. Diese Regulierung ist notwendig, um extreme Schwankungen des Blutglukosespiegels zu verhindern. Starke Abweichungen findet man beispielsweise bei der Laktatazidose (belastungsabhängige Übersäuerung der Muskulatur) oder bei Störungen im Kohlenhydratstoffwechsel. Die dann auftretenden Symptome können von starkem Hunger auf süße Speisen, Herzklopfen, starkem Schwitzen, Muskel- und Körperzittern bis hin zur Ohnmacht (Koma) reichen. Ist der Druck der Glukose im Serum zu

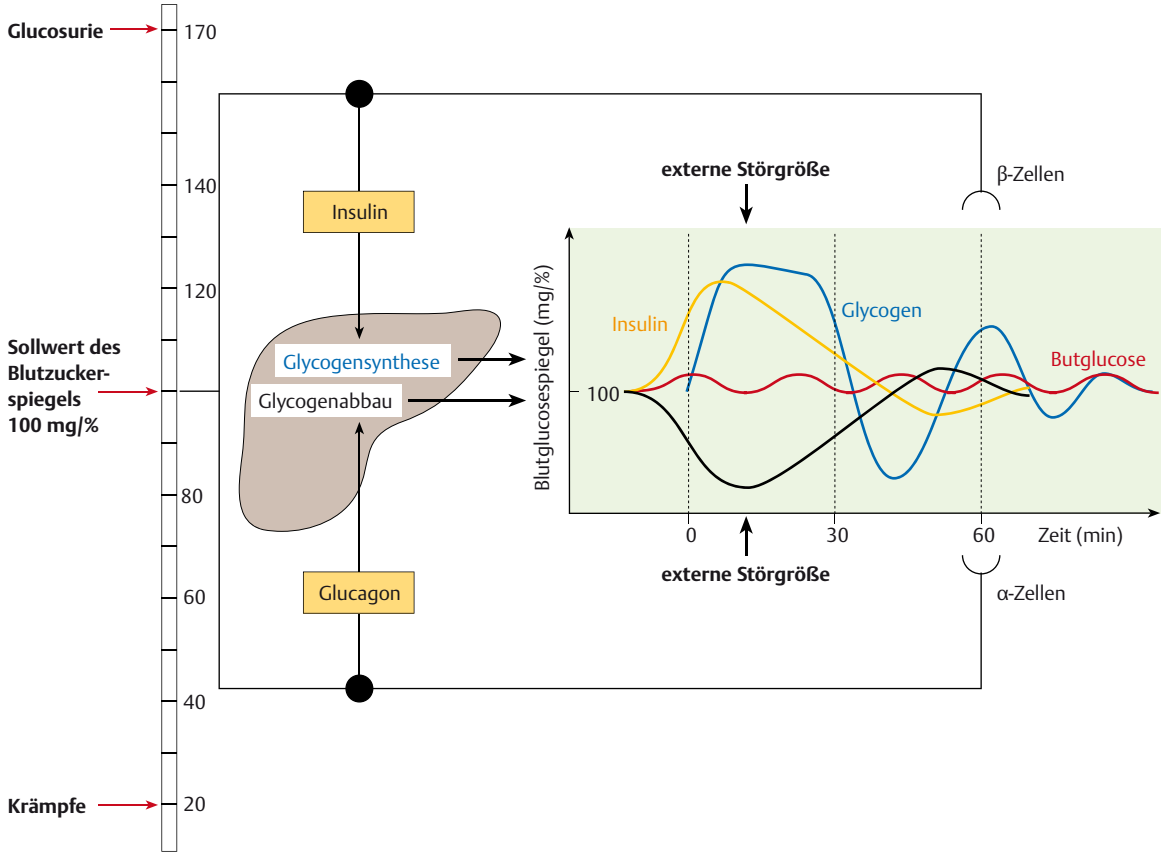


Abb. 7.4 Kurzfristige Regelung der Blutglukose durch Insulin und Glukagon.

hoch, besteht die Gefahr, dass der Glukosegewebedruck zu sehr steigt. Die kann zur Folge haben, dass Glukose in Gewebe aufgenommen wird, die normalerweise keine Glukose speichern können. Dies kann wiederum dazu führen, dass Proteine mit Glukose reagieren und pathologische Molekülverbindungen bilden. **Abb. 7.4** zeigt die kurzfristige Glukoseregelung durch die Hormone Insulin und Glukagon.

Bei der Regelung des Einbaus von Glukose in die Muskelzellen aktiviert Insulin die auf den Zelloberflächen befindlichen Insulinrezeptoren. Diese wiederum stimulieren über weitere Enzymkaskaden den Transport der intrazellulär in Vesikeln vorhandenen Glukosetransporter. Diese Transporter werden daraufhin an die Zellmembran befördert, inkorporiert und können dann Glukosemoleküle aufnehmen und so in das Zellinnere transportieren (Epstein 1999). Die Menge der im Serum vorhandenen Glukose ist entscheidend für die von der Bauchspeicheldrüse gebildeten Insulinmenge: Rezeptoren auf den β-Zellen der Bauchspeicheldrüse sind sensibel für Insulin und bewirken dessen Sekretion. Häufige und langfristig hohe Blutglukosespiegel sorgen dafür, dass die Bauchspeicheldrüse eine höhere Menge an Insulin produziert (Hyperinsulinämie). Der Blutglukosespiegel kann so viel häufiger schnell absinken (Hypoglykämie). Die erhöhte Insulinproduktion kann zur Folge haben, dass sich die Sensibilität der Insulinrezeptoren auf den Zelloberflächen verringert (Fernández-Veledo et al. 2008). Dies wiederum führt zu langfristig erhöhten Blutglukosespiegeln (Hyperglykämie). Durch die erhöhte Insulinproduktion werden vermehrt Fette und Eiweiß in die Zellstrukturen eingelagert. Ohne Änderung dieses metabolischen Zustands kann dies zu Typ-II-Diabetes führen (Warram et al. 1990).

Glukose-Alanin-Zyklus

Die Folgen eines überhöhten Zuckerkonsums (insbesondere Einfachzucker) gestalten sich wie beschrieben. Das Gegenteil (zu geringe Zufuhr von Glukose) kann ebenfalls zu Komplikationen führen. Gehirn sowie Erythrozyten und das Immunsystem brauchen zur Erhaltung ihrer normalen Funktion einen ständigen Zustrom von Glukose, der durch das Leberglykogen bereitgestellt wird. Es ist jedoch z. B. bei Nahrungskarenz bzw. intensivem Verbrauch der Reserven (z. B. durch Sport) möglich, dass die Glykogenvorräte erschöpfen. In dieser Situation springt der Glukose-Alanin-Zyklus ein: Dieser in der Leber lokalisier-

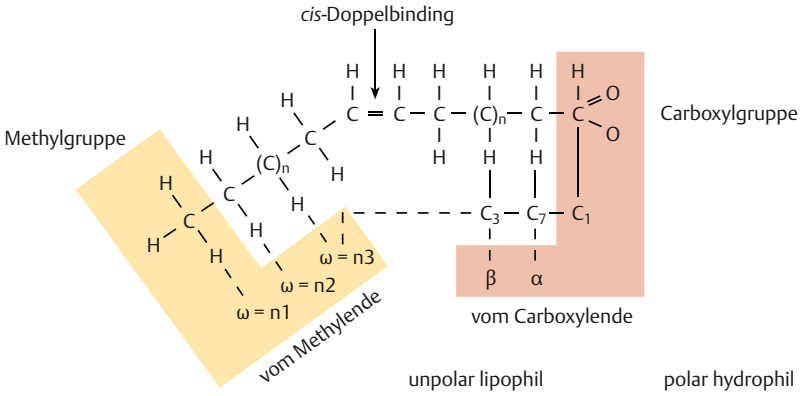


Abb. 7.5 Struktur der Fettsäuren (Biesalski 2004).

te Stoffwechselweg kann aus bestimmten Aminosäuren Glukose zur energetischen Absicherung der wichtigen Aufgaben von Hirn und Blut herstellen. Diese „Notlösung" bedeutet allerdings, dass im Körper eine katabole Stoffwechselsituation entsteht: Es kommt zum Abbau von Körpereiweiß. Zu diesen glykolisierbaren Aminosäuren gehören vor allem Valin, Leucin und Isoleucin, die zu Vorstufen für im Zitratzyklus verwendbare Substrate umgebaut werden können (Doenecke et al. 1994). Reserven dieser 3 verzweigtkettigen Aminosäuren befinden sich in der Muskulatur (sie stellen dort ca. 30% des totalen Aminosäurenpotenzials) und sind in den Immunglobulinen (Proteinstrukturen, die von weißen Blutkörperchen zur Bekämpfung von Erregern gebildet werden) enthalten (Bassit et al. 2002). Diese katabole Stoffwechselsituation kann sowohl zum Abbau von Muskeleiweiß als auch zur Einschränkung der Immunfunktion führen (Wagenmakers 1998).

Die Lösung des Problems kann aufgrund dieser Tatsachen nicht ausschließlich in einer Vergrößerung des Kohlenhydratkonsums liegen. Hier sollte auch der Eiweißkonsum entsprechend dem Energiemetabolismus ansteigen (s. **Tab. 7.8**). Wie sehen aber der Kohlenhydratverbrauch und die Empfehlungen unter sportlicher Belastung aus? Bei regelmäßiger sportlicher Belastung im Leistungs- oder sogar Hochleistungsbereich sollte die Zufuhr der jeweiligen Sportart angepasst werden. Dabei sind die Mengen im Ausdauersport stets höher anzusetzen als z. B. im Kraftsport. Verglichen mit den bereits beschriebenen Ernährungsformen bei Naturvölkern bedeutet dies aber lediglich eine erhöhte Aufnahme an Kohlenhydraten im Rahmen extremer körperlicher Belastungsphasen. Studien zur Kohlenhydratspeicherung („Carbo-Loading") vor Wettkampfphasen haben ergeben, dass diese lediglich ab Trainingsumfängen von 18 h pro Woche von Bedeutung sind (Costill 1986). Weitere Untersuchungen bestätigen, dass auch im Ausdauerbereich jenseits von 3 h Wettkampfbelastung keinerlei Vorteile durch Kohlenhydratspeicherung entstehen (Burke et al. 2000). Es besteht mitunter sogar die Gefahr, dass ein zu hoher Konsum an Kohlenhydraten Nachteile mit sich bringt: Jedes Gramm Kohlenhydrate bindet ca. 2,15 g Wasser. Bei mangelhafter Nutzung dieser Kohlenhydratmenge bedeutet der überhöhte Kohlenhydratkonsum lediglich eine Erhöhung des Körpergewichts. Die Empfehlungen hinsichtlich der Verteilung und Energieprozent der Mahlzeiten werden im Folgenden noch angegeben.

7.2.3 Fette

Sämtliche Fette bestehen ähnlich wie Kohlenhydrate aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. In ihrer Transportform bzw. vor der Verdauung sind sie im Organismus häufig in Form von Triglyzeriden anzutreffen. Jedes Triglyzerid besteht aus einem Glyzerolmolekül und 3 Fettsäuren. Deren Grundstruktur besteht aus einer langen Kette von Kohlenstoffatomen, die größtenteils mit Wasserstoff gesättigt sind (**Abb. 7.5**). Der Begriff „gesättigt" bedeutet, dass die freien Bindungsstellen des Kohlenstoffs mit Wasserstoff besetzt sind. „Ungesättigt" würde bedeuten, dass eine (= einfach ungesättigt) oder mehrere (= mehrfach ungesättigt) dieser Bindungsstellen des Kohlenstoffatoms zur Bildung einer Doppelbindung genutzt werden. An ungesättigten Stellen hat das Fettmolekül normalerweise einen „Knick". In der Chemie spricht man dann von einer cis-Isomerie (Doenecke et al. 1994). Dies ist mitunter notwendig, um Proteine (z. B. Rezeptoren) in Zellmembranen einbauen zu können, hat aber auch Auswirkungen auf den Schmelzpunkt. Dies wiederum ist wichtig für das reibungslose Funktionieren der Zellmembranen. Gesättigte Fettsäuren sowie Transfettsäuren (gehärtete Fettsäuren) weisen keine „geknickten" Stellen innerhalb der Kohlenstoffketten auf. Der Schmelzpunkt dieser Fettsäuren ist dahin gehend auch verändert. Zur Darstellung der Nomenklatur der Fettsäuren ist in **Tab. 7.11** die Einteilung hinsichtlich des Sättigungszustandes dargestellt.

Fette haben neben ihrer Funktion als Baumaterial für die Zellmembranen in erster Linie die Aufgabe, Energie für „schlechte Zeiten" im Körper einzulagern. Sie können als Depotfett aus überschüssigen Kohlenhydraten und

aus Eiweiß entstehen. Nahrungsfett, das nicht sofort in Energie umgewandelt wird, findet ebenfalls seinen Weg in die Fettspeicherzellen.

Einige Fettsäuren können vom Organismus hergestellt werden. Das liegt daran, dass unsere Zellen über Enzyme verfügen, die die Länge von Fettsäureketten verändern (Elongasen) sowie Einfluss auf den Zustand der Sättigung ausüben können (Desaturasen). Der Organismus ist ab einer bestimmten Fettsäurelänge nicht mehr in der Lage, Doppelbindungen einzufügen. Deshalb sind einige Fettsäuren essenziell und müssen mit der Nahrung aufgenommen werden. Diese Fettsäuren gehören unter anderem zu den Membranbestandteilen oder sind Vorläufer bestimmter Gewebshormone, der Eicosanoide (Spittler et al. 2004). **Tab. 7.12** liefert eine für die Nahrungsaufnahme relevante Übersicht.

Die empfohlene Aufnahmemenge vor allem der verschiedenen Klassen von Fettsäuren in Deutschland, Österreich und der Schweiz ist in **Tab. 7.13** dargestellt. Verglichen mit den Verteilungen bei z. B. Naturvölkern sind die empfohlenen Mengen zum Teil sehr unterschiedlich. Da bei regelmäßiger sportlicher Aktivität vor allem im Bereich des Spiel- und Ausdauersports der Kalorienverbrauch durchaus mit dem der erwähnten Populationen vergleichbar ist, erscheint die Empfehlung im Sport sinnvollerweise auch unter Berücksichtigung dieser Werte (Cordain et al. 2002, Cordain 2005). In den Mittelmeerländern, wo generell mehr Pflanzenöle (v. a. kalt gepresstes Olivenöl mit der wertvollen einfach-ungesättigten Fettsäure Ölsäure) Verwendung finden, sind Menge und Verteilung der unterschiedlichen Fettsäuren in der Nahrung kaum problematisch (Bergouignan et al. 2009).

Gesättigte Fettsäuren können am einfachsten zu Azetyl-CoA oxidiert werden. Einfach sowie mehrfach ungesättigte Fettsäuren weisen eine andere chemische Struktur hinsichtlich der Anzahl der Kohlenstoffatome sowie der räumlichen Struktur durch ihre cis-Doppelbindungen auf. Daher ist ihre Oxidation für den Energiestoffwechsel etwas aufwendiger (Doenecke et al. 1994). Diese Fettsäuren spielen vor allem auch eine Rolle bei der Zusammensetzung der Zellmembranen sowie beim Metabolismus von Zytokinen im Rahmen von Entzündungsgeschehen. Die einfach ungesättigte Ölsäure z. B. ist bekannt für ihre cholesterinsenkende Wirkung, ihr werden ebenfalls antiinflammatorische Wirkungen zugeschrieben (Beauchamp et al. 2005, Massaro et al. 1999). Mehrfach ungesättigte Fettsäuren wie Linolsäure und α-Linolensäure spielen im Rahmen des Entzündungsgeschehens im Gewebe eine große Rolle.

Es handelt sich in diesem Fall um die Fettsäuren des Omega-3- bzw. Omega-6-Typs. Die Fettsäure, aus der die Omega-3-Fettsäuren Eicosapentaensäure (EPA) sowie Docosohexaensäure (DHA) gebildet werden können, ist die essenzielle α-Linolensäure. Diese Synthese ist im menschlichen Organismus nur zu einem Bruchteil wirksam. Das liegt an der Tatsache, dass die Enzyme, die dies katalysieren, ebenfalls für die Umbildung von Omega-6-Fettsäuren zuständig sind. Der Mensch ist somit auf die Zufuhr dieser lebenswichtigen Fettsäuren (EPA, DHA) angewiesen. Man findet sie insbesondere in Fischen, die in tiefen, kalten Gewässern leben und sich dort von Plank-

Tab. 7.11 Fettsäuren und ihre Einteilung hinsichtlich des Sättigungszustands

Sättigungszustand	Beispiel	Vorkommen
gesättigte Fettsäuren	Stearinsäure, Palmitinsäure	Tier- und Pflanzenfette
einfach ungesättigte Fettsäuren	Ölsäure, Palmitoleinsäure	Tier- und Pflanzenfette
mehrfach ungesättigte Fettsäuren	Linolsäure, α-Linolensäure	Tier- und Pflanzenfette

Tab. 7.12 Wichtige Fettsäuren

Fettsäure	Sättigungszustand	Relevanz	Weitere Kennzeichen	Vorkommen
Stearinsäure	gesättigt	nichtessenziell		Tiere und Pflanzen
Ölsäure	einfach ungesättigt	nichtessenziell	Omega-9	Tiere und Pflanzen
Linolsäure	mehrfach ungesättigt	essenziell	Omega-6	Tiere und Pflanzen
Arachidonsäure	mehrfach ungesättigt	nichtessenziell	Omega-6	Tiere
α-Linolensäure	mehrfach ungesättigt	essenziell	Omega-3	Tiere und Pflanzen
Docosahexaensäure	mehrfach ungesättigt	nichtessenziell	Omega-3	Fisch, Gehirn, Landtiere
Eicosapentaensäure	mehrfach ungesättigt	nichtessenziell	Omega-3	Fisch

Tab. 7.13 Empfehlungen der Energieprozent der einzelnen Fettsäureklassen im Vergleich mit der tatsächlichen Verteilung in der Nahrung von Jäger- und Sammlerkulturen

Fettsäurenklasse	Empfehlungen für Erwachsene (DGE 2000)	Jäger und Sammler (Cordain 2005)
Gesamtfett	max. 30 En%*	28–57 En%
davon gesättigte Fettsäuren	33 %	10–15 %
davon einfach ungesättigte Fettsäuren	33–43 %	55–65 %
davon mehrfach ungesättigte Fettsäuren	23–33 %	20–25 %

**bei mittelschwerer Arbeit*

ton ernähren: Hochseelachs, Hering, Sardine, Makrele etc. (Souci et al. 2008).

Eine weitere mehrfach ungesättigte Fettsäure, die häufig nur in unzureichenden Mengen dem menschlichen Organismus zur Verfügung steht, ist γ-Linolensäure. Natürliche Quellen sind Nachtkerzen- und Borretschöl. Obwohl die menschlichen Zellen in der Lage sein sollten, wenigstens teilweise (zu 2–12%) den Bedarf an dieser Fettsäure zu decken, konnten Wissenschaftler feststellen, dass ein Teil der Bevölkerung in westlichen Industrieländern zu wenig Delta-6-Desaturase bildet – ein Enzym, das als Katalysator für die Synthese der γ-Linolensäure dient. Diese Menschen sind nicht imstande, die gewünschte Fettsäuremenge zu produzieren.

Und schließlich spielen bei der Herstellung dieser Fettsäuren einige essenzielle Nahrungsinhaltsstoffe wie Magnesium, die Vitamine B_3, B_6, C sowie das Spurenelement Zink eine wesentliche Rolle. Fehlen diese Faktoren, ist die Synthese oft eingeschränkt bis unzureichend.

Aufnahme von Fetten

Die Verdauung von Fetten verläuft über nahezu den gesamten Verdauungstrakt, bis sie schließlich mit Sekreten aus der Leber (Gallensalze) und der Bauchspeicheldrüse (Pankreaslipase) zu einer Form aufbereitet werden, die den Transport in der Blutbahn (wässriges Milieu) erlaubt: Mizellen. Diese Tatsache verweist erneut auf die Notwendigkeit der möglichst einwandfreien Funktionsweise von Leber und Bauchspeicheldrüse. In der Blutbahn werden Fettsäuren meist in Form von Phospholipiden, Triglyzeriden in Chylomikronen (postprandial) oder Lipoproteinen (Hungerzustand) transportiert (Woods 2006, Biesalski 2004). Dann werden Fettsäuren an den Zellmembranen von z. B. Muskel- oder Fettzellen aufgenommen. Diese Aufnahme wird unter anderem durch das Hormon Insulin gesteuert – dies ist eine der Schnittstellen zwischen Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsel.

Hier findet ein Großteil der Fettverwertung (als Energiequelle) statt. Fette bzw. Fettsäuren können ebenfalls in Körperdepots wie z. B. Adipozyten, aber auch intramuskulär gespeichert werden (Chakravarthy u. Booth 2004). Um freie Fettsäuren der Energieverwertung zuleiten zu können, besteht die Notwendigkeit, bestimmte Transportproteine zur Verfügung zu halten (z. B. Albumine).

Für den Sport, vor allem für den Ausdauersport sind die mittelkettigen Fettsäuren interessant. Diese Fettsäuren sind in Triglyzeridform vorhanden und werden demnach auch MCT-Fette genannt („medium-chained triglycerides"). Der Vorteil besteht in der Länge: Diese Fettsäuren werden nach wie vor über die Mechanismen des Fettstoffwechsels metabolisiert, erhöhen aber aufgrund ihrer Moleküllänge die Energiedurchflussrate. Zudem werden MCT nahezu energielos transportiert, gespeichert und verwendet. Ihr Transport geschieht durch die Vena portae Richtung Leber, während die langkettigen Fettsäuren (LCF) durch das Lymphsystem transportiert werden. Der Stoffwechsel muss sich allerdings erst an die Verfügbarkeit solcher kurzen Energiesubstrate gewöhnen; die Verwendung erfordert eine optimale metabolische Flexibilität (s. u.). Eine der wichtigsten Quellen für MCT ist die Muttermilch (Schmeits 1999). MCT sind notwendig für ein normales Wachstum; Neugeborene haben ein noch nicht ausgereiftes Verdauungssystem, wodurch die Absorptionskapazität verringert ist. MCT in Muttermilch werden einfach aufgenommen. Dasselbe gilt für MCT in Kokos (Pehowich et al. 2000); die Fettsäuren in Kokosmilch haben zudem fungizide und allgemeine antimikrobielle Wirkungen (Ogbolu et al. 2007).

7.2.4 Versorgung mit Vitaminen, Mineralstoffen und Spurenelementen im Sport

Körperbewegung durch Sport – vor allem im Leistungs- oder sogar Hochleistungssport – belastet den Organismus in höherem Maße. Insbesondere Muskulatur, Bindegewebe und Immunsystem werden durch sportliche Aktivität vermehrt beansprucht. Bei allen durch körperliche Bewegung gegebenen Vorteilen auf den allgemeinen Gesundheitszustand können hinsichtlich der Versorgung mit Vitaminen, Mineralstoffen und Spurenelementen durchaus Mangelerscheinungen auftreten. Die Folgen sind mitunter ein erhöhtes Verletzungsrisiko, Leistungsverlust, reduzierte Regenerationsfähigkeit sowie eine Schwächung des Immunsystems (z. B. erhöhte Infektanfälligkeit, Gröber 2008).

Vitamine

Vor allem Antioxidanzien zur Stärkung des Immunsystems, aber auch zur Abwehr gegen freie Radikale sind im Sport von großer Bedeutung. Bei der Bekämpfung freier Radikaler sollten aber nicht nur die antioxidativ wirkenden Vitamine, sondern auch die indirekt antioxidant wirkenden Substanzen Berücksichtigung finden. Es geht hier insbesondere um eine große Zahl an bioaktiven Substanzen aus Obst und Gemüse. Der regelmäßige und reichliche Verzehr dieser Nahrungsmittel sollte gerade im Sport verstärkt beachtet werden. Antioxidativ wirkende Substanzen verbessern die Abwehr gegen Oxidationsschäden z. B. an Gewebe. Zusätzlich verbessert sich durch die Aufnahme von Antioxidanzien der Eisenstatus, der vor allem im Leistungssport häufig Probleme darstellt (Aguilo et al. 2004). Im Zusammenhang mit der zusätzlichen Versorgung insbesondere mit Vitaminen darf im Sport nicht vergessen werden, dass die externe Gabe von antioxidativen Vitaminen zu einer reduzierten Eigenproduktion der zelleigenen Antioxidanzien führen kann (Gomez-Cabrera et al. 2007, Lambertucci et al. 2007). Dennoch hat ein

Tab. 7.14 Ausgewählte Vitamine und der Bedarf im Sport (in Anlehnung an Gröber 2008, Konopka 2008)

Vitamin	Funktion	Gute Nahrungsquellen	Tägl. Bedarf im Sport
Vitamin A	Zelldifferenzierung vor allem im Bindegewebe (Regeneration), immunstimulierend	Fischleber, Milchprodukte	bis 5 mg
β-Carotin	Antioxidans v. a. bei UV-Bestrahlung	rote, gelbe, grüne Obst- und Gemüsesorten	bis 30 mg
Vitamin C	Bindegewebssynthese, Wundheilung, Antioxidans	Acerola, Brennnessel	bis 3000 mg
Vitamin D	Knochenaufbau, Erregungsleitung, Immunregulation	Lebertran, Fisch	bis 55 µg*
Vitamin E	Antioxidans, Entzündungshemmung	pflanzliche Öle, Eier	bis 1000 mg
Vitamin B_1	mitochondrialer Energiestoffwechsel	Bierhefe, Weizenkeime	bis 100 mg
Vitamin B_3	Energiestoffwechsel, Blutzuckerregulierung	Getreide, Fleisch	bis 200 mg
Vitamin B_6	Neurotransmittersynthese, Immunregulation	Bierhefe, Fleisch	bis 100 mg
Vitamin B_{12}	Zellteilung, Wachstum (Regeneration)	Rinderleber, Seelachs	bis 500 µg
Folsäure	Aminosäurenstoffwechsel, DNA-Reparatur	grünes Blattgemüse	bis 800 µg

(Muskiet u. Veer 2007)

Organismus, der regelmäßiger und mitunter überdurchschnittlicher Belastung unterworfen ist, einen höheren Bedarf an vor allem B-Vitaminen, da diese im Wesentlichen als Kofaktoren im zellulären Energiestoffwechsel fungieren (Rehner u. Daniel 2002, Gröber 2008, Konopka 2008). **Tab. 7.14** liefert eine Übersicht über die wichtigsten im Sport relevanten Vitamine.

Mineralstoffe und Spurenelemente

Mineralstoffe und Spurenelemente sind im Rahmen der Erhaltung eines physiologischen Stoffwechsels insbesondere bei regelmäßiger sportlicher Aktivität von großer Bedeutung (Williams 2005). Sie spielen eine besondere Rolle bei zahlreichen metabolischen Prozessen wie:

- Muskelkontraktion
- Herztätigkeit
- Impulsweiterleitung
- Sauerstofftransport
- oxidativer Phosphorylierung
- Aktivierung von Enzymen
- Immunfunktion
- antioxidativer Kapazität
- Knochenwachstum
- Säure-Basen-Haushalt

Im Folgenden soll eine Auswahl an relevanten Aspekten hinsichtlich der Bedeutung von Mineralstoffen und Spurenelementen bei regelmäßiger sportlicher Aktivität bzw. Leistungssport dargestellt werden. Eine Übersicht und der Bedarf dieser Stoffe finden sich in **Tab. 7.15**.

Kalzium

Da ca. 99 % des Körperkalziums in den Knochen gespeichert sind, spielt es eine herausragende Rolle im Knochenstoffwechsel. Weiter vermittelt es die Freisetzung von Neurotransmittern und stabilisiert die Zellmembranen (Williams 2005, Gröber 2008). Kalziummangelzustände können zu muskulärer Hypererregbarkeit sowie Destabilisierung der Knochensubstanz führen. Der Kalziumhaushalt ist hormonell geregelt, bei mangelnder Zufuhr greift der Organismus auf die im Knochen gespeicherten Reserven zurück. Vitamin D erhöht die Resorption von Kalzium im Darm und steigert die Einlagerung in den Knochen. Bei einer Kalziumsupplementierung im Sport sollte beachtet werden, dass Kalzium die Resorption von Eisen hemmen kann (Gröber 2008, Burgerstein 2002).

Magnesium

Magnesium ist Bestandteil von über 300 Enzymen und besonders wichtig innerhalb der Muskelkontraktion (ein Zentralatom von ATP ist Magnesium), Sauerstoffversorgung sowie der Proteinbiosynthese (Williams 2001). Es stellt gemeinsam mit Kalium einen wichtigen Faktor bei der Erhaltung eines physiologischen Säure-Basen-Gleichgewichts dar (Alexy et al. 2005). Das Interesse bezüglich des Stellenwerts von Magnesium innerhalb sportlicher Belastungen begann eigentlich bei der Sportart Tennis, als nach intensiven Trainingseinheiten wiederholt muskuläre Probleme festgestellt werden konnten. Im Anschluss zeigte die Labordiagnostik erniedrigte Magnesiumwerte. Nach Gabe von Magnesium verschwand die Problematik (Lukaski 2000). Die meisten Muskelkrämpfe können relativ gut mit der Gabe von Magnesium positiv beeinflusst werden (Gröber 2008, Burgerstein 2002, Brilla et al. 1992). Bei körperlichem sowie psychischem Stress ist die erhöhte Freisetzung von Katecholaminen (v. a. Adrenalin, Noradrenalin) mit einer Reduktion der intrazellulären Magnesiumkonzentration verbunden. Da durch Schweißverlust dem Körper ebenfalls viel Magnesium entzogen wird, ist die Versorgung hier von großer Bedeutung. Da die Aufnahme von Magnesium allerdings mit erhöhtem

ATP-Verbrauch verbunden ist, sollte die Auffüllung der Magnesiumdefizite nicht unbedingt während starker Belastungen geschehen und stets in Verbindung mit einer Gabe der als Kofaktoren wirkenden B-Vitamine stehen.

Kalium

Kalium gilt als das wichtigste intrazelluläre Kation. 95% des Kaliums im menschlichen Organismus befinden sich intrazellulär. Die Aufrechterhaltung dieser intrazellulären Konzentration geschieht über die Aktivität der Natrium-Kalium-ATPase, ein membranständiges, ATP verbrauchendes Transportprotein. Kalium ist an Aufbau und Erhalt des Membranpotenzials beteiligt und hat somit erheblichen Einfluss auf die Muskelkontraktion vor allem von Skelett- und Herzmuskel. Die häufigsten Kaliummangelsymptome sind Herzrhythmusstörungen sowie Verschiebungen im Säure-Basen-Haushalt (Gröber 2008, Silbernagel u. Lang 1998, Alexy et al. 2005). Kaliummangel kann sowohl Muskelschwäche als auch Muskelkrämpfe verursachen. Da es zur Glykogenspeicherung notwendig ist und gemeinsam mit Glykogen eingelagert wird, verschiebt sich der Kaliumgehalt unter Belastung von intra- nach extrazellulär. Daher ist neben dem Aspekt des unnötigen ATP-Verbrauchs die Gabe von Kalium nach Belastungen der während einer Belastung vorzuziehen.

Die heutige Kaliumeinnahme liegt im Vergleich mit modernen Jäger- und Sammlerkulturen deutlich niedriger (Sebastian et al. 2006). Ein Organismus funktioniert am besten in Umständen, die durch das Genom „beschrieben" werden. 159 untersuchte Steinzeitdiäten haben gezeigt, dass die damalige Einnahme bei durchschnittlich rund 400 ±125 mEq/d lag, wobei die heutige empfohlene und wirklich aufgenommene Menge 4-mal niedriger ist. Kaliumreiche Nahrung wie Obst, grüne Blattgemüse und Wurzelgemüse wurden allmählich ersetzt durch energiereiche, aber an Mikronutrienten arme Nahrungsmittel wie vegetarische Ölsorten, raffinierte Zucker und raffinierte Getreide. Die heutige Kaliumeinnahme ist so niedrig, dass Phänomene wie Bluthochdruck, Insulinresistenz, ein gestörtes Säure-Basen-Gleichgewicht und Störungen in der Aldosteron-Produktion damit zusammenhängen (Sebastian et al. 2006, Morris et al. 2006)

Natrium

Der überwiegende Teil des im Körper anwesenden Natriums befindet sich in den extrazellulären Körperflüssigkeiten. Die Regulierung ist hormonell gesteuert. Die Hauptaufgabe von Natrium ist die Aufrechterhaltung des osmotischen Drucks sowie des Volumens der extrazellulären Flüssigkeiten. Klinisch gesehen hat dies Auswirkungen vor allem auf den diastolischen Blutdruck. Weiter spielt Natrium eine entscheidende Rolle bei der Aktivierung der enzymatischen Spaltung von Kohlenhydraten sowie der intestinalen Resorption von Glukose, Aminosäuren und wasserlöslichen Vitaminen. Zur Auffüllung der Glykogenspeicher nach Belastung ist die Berücksichtigung dieser Tatsache sinnvoll (Gröber 2008). Unglücklicherweise wird in den Industrieländern eine sehr hohe Menge an Natrium durch den Konsum von Kochsalz aufgenommen. Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung gibt eine ausreichende Zufuhr von Natrium in Form von Speisesalz (Natriumchlorid) mit 6 g pro Tag an. Angesichts der Tatsache, dass sich bereits in vielen Speisen und vor allem in Fertiggerichten eine zum Teil nicht durch den Geschmack erkennbare relativ hohe Menge Natriumchlorid befindet, ist bei der zusätzlichen Zufuhr von Natriumchlorid Vorsicht geboten (Haddy u. Pamnani 1995). Bei mehrstündigen Ausdauerbelastungen vor allem bei erhöhter Außentemperatur ist allerdings aufgrund des Schweißverlusts auf eine ausreichende Versorgung mit Natrium zu achten, um ggf. hyponatriämische Zustände zu vermeiden.

Eisen

Eisen ist ein wichtiger Bestandteil von Hämo- sowie Myoglobin, den Cytochromen (wichtig für die Zellatmung) sowie einer großen Anzahl von Enzymen in den Muskelzellen. Die gemeinsame Funktion dieser Substanzen zeichnet sich durch die Beteiligung am aeroben Stoffwechsel unter Belastung aus (Williams 2001). Eisen spielt gemeinsam mit α-Ketoglutarat und Ascorbinsäure eine wichtige Rolle bei der Stabilisierung der Kollagenbestandteile. Der größte Verlust an Eisen geschieht durch Blutverlust, aber auch durch Schweißsekretion können zum Teil erhebliche Mengen an Eisen während Belastungsphasen verloren gehen. Eisenmangel kommt demzufolge bei (insbesondere weiblichen) Leistungssportlern nicht selten vor. Symptomatisch äußert sich dies häufig durch Müdigkeit oder vor allem bei Sportlern durch häufigeres unerwartetes Leistungsdefizit, selten durch Blutbeimengungen im Urin. Allerdings sollte beachtet werden, dass z. B. Ausdauertraining langfristig das Blutvolumen erhöht und unmittelbare relative erniedrigte Hämoglobinkonzentrationen auftreten können (Speich et al. 2001). Da Ascorbinsäure die Eisenresorption insbesondere aus pflanzlichen Quellen steigert, sollte dies bei einer Eisensupplementierung berücksichtigt werden (Gröber 2008, Burgerstein 2002).

Zink

Dieses Spurenelement ist neben Eisen das zweithäufigste Spurenelement im menschlichen Organismus und ähnlich wie Magnesium an zahlreichen enzymatischen Reaktionen als Kofaktor beteiligt. Zink ist zum größten Teil in der Muskulatur (60%) und den Knochen (30%) gespeichert und gilt als eine der wichtigen Substanzen im Rahmen des Ablaufs einer physiologischen Wundheilung (Speich 2001). Zink beeinflusst die Funktion der Insulinrezeptoren und gilt zudem in Bezug auf die Beeinflussung des Testosteronspiegels als einer der wichtigsten Kofaktoren bei der Proteinbiosynthese (Faure et al. 1991, Gröber 2008, Lukaski 2000, Speich 2001). Es spielt eine

Tab. 7.15 Übersicht über ausgewählte Mineralstoffe und Spurenelemente und deren Bedarf im Sport (nach Gröber 2008, Konopka 2008, Burgerstein 2002)

Substanz	Funktion	Quellen	Tägl. Bedarf im Sport
Kalzium	Knochenaufbau, Muskelkontraktion	Milchprodukte (Käse), Obst und Gemüse	bis 1000 mg
Magnesium	Enzymaktivierung (im Kontraktionszyklus), Knochenaufbau, Säure-Basen-Haushalt	Obst und Gemüse, Getreideprodukte	bis 1000 mg
Kalium	intrazellulärer osmotischer Druck, Reizleitung, Säure-Basen-Haushalt	(grünes) Gemüse, Obst	bis 1000 mg*
Natrium	extrazellulärer osmotischer Druck, Enzymaktivierung	Kochsalz, Käse, Fleisch- und Wurstwaren	bis 1 g**
Eisen	Hämoglobin- und Myoglobinbestandteil, Bindegewebsstabilität	Fleisch, Hülsenfrüchte, Meeresfrüchte	bis 30 mg***
Zink	Enzymaktivierung, Proteinsynthese, Wundheilung	Meeresfrüchte, Fisch, Hülsenfrüchte	bis 30 mg
Selen	Oxidationsschutz	Fisch, Getreide, Fleisch	bis 200 µg

** hohe Mengen v. a. in der Regenerationsphase*
*** je nach Belastungsdauer und Schweißverlust*
**** v. a. bei Mangelerscheinungen*

entscheidende Rolle im Kohlenhydrat-, Fett- sowie Proteinstoffwechsel. Letztlich ist es gerade im Sport noch wichtig, dass es die Bildung der Wachstumshormone mit beeinflusst. Zinkabhängige Metalloenzyme spielen beim Schutz gegen freie Radikale eine wichtige Rolle. Nahrungsformen reich an Kohlenhydraten vor allem aus Getreidequellen bedingen mitunter die Bildung einer hohen Menge an Phytinsäure, die als Komplexbildner Elemente wie Magnesium, Eisen und Zink bindet und damit deren Resorption verhindert (Harland u. Oberleas 2001). Vor allem bei Zink kann dies eine bedeutende Rolle spielen. Zink wird unter Belastung vermehrt über den Schweiß ausgeschieden und gleichzeitig hemmen sich Eisen, Zink, Kupfer, Kalzium und Magnesium gegenseitig in der Resorption (Lukaski 2000). Dies ist insbesondere bei Supplementierungen zu berücksichtigen.

Selen

Selen ist im menschlichen Organismus an die Aminosäuren Methionin oder Cystein gebunden. Mehr als 20 verschiedene Proteine sind selenabhängig. Es spielt eine wichtige Rolle bei der Aufrechterhaltung der zellulären Entgiftung von aggressiven und zelltoxischen Sauerstoffverbindungen. Vor allem in Bezug auf die Oxidation der Erythrozytenmembranen sowie der Muskelzellen erscheint dies im Zusammenhang mit Sport sinnvoll (Williams 2005). Durch die Beeinflussung des Enzyms Glutathionperoxidase reguliert Selen die Bildung entzündungsfördernder Prostaglandine und Leukotriene (Gröber 2008, Burgerstein 2002, Thomson et al. 1993). Insbesondere im Leistungssport sind Athleten immer wieder Belastungsphasen unterworfen, die eine Schwächung des Immunsystems mit sich bringen. Die Supplementierung mit Selen kann hier unterstützend wirken.

7.3 Ernährung im Hochleistungssport

Der Nutrientenbedarf bei normaler körperlicher Tätigkeit ist weit niedriger als beispielsweise im Leistungssport. Davon spricht man ab einem zum normalen Grundumsatz hinzuzurechnenden Kalorienverbrauch von rund 8400 kcal pro Woche (Stehle 2004). Der energetische Wert (physiologischer Brennwert) von Fetten unterscheidet sich von dem der Kohlenhydrate und Eiweiße. 1 g Kohlenhydrate oder Eiweiße liefert 4,1 kcal Energie, während in 1 g Fett 9,3 kcal enthalten sind (Noack 2004). Die energetische Bilanz aus Fetten ist also günstiger. Eine Ernährung mit höheren Protein- und Fettmengen wie z. B. bei der mediterranen Ernährungsform ist demnach vor allem auch hinsichtlich der positiven Effekte auf der metabolische Ebene außerhalb des Energiestoffwechsels anzuraten (Malaguti et al. 2008). Allerdings gilt es zu beachten, dass bei vorheriger kohlenhydratlastiger Ernährungsweise eine Umstellung häufig mit kurzfristigem subjektivem Energieverlust sowie mit einem Leistungsabfall verbunden ist. Es handelt sich hierbei um die metabolische Flexibilität. Metabolische Flexibiltät (MF) umfasst 2 Prozesse:

1. die Kapazität eines Organismus, die Energienotwendigkeit an die anwesende Energiequelle zu adaptieren (Galgani et al. 2008)

2. die Kapazität eines Organismus, bei häufigerer Anwesenheit von Fettsäuren diese auch vermehrt als Energiequelle zu nutzen und schnell zwischen Fettsäure und Glukose wechseln zu können (Corpeleijn et al. 2009)

Spitzenausdauersportler (Marathon, Triathlon) verfügen über eine sehr hohe metabolische Flexibilität – körperlich inaktive Individuen weisen eine niedrige metabolische Flexibilität auf (Bickel 2004, Ainslie et al. 2003). Untersuchungen von Kerin O'Dea (O'Dea 2005, O'Dea 1984) zeigen, dass man innerhalb eines Zeitraums von 7 Wochen metabolisch wieder optimal funktionieren kann. Die untersuchten Probanden klagten lediglich in den ersten 10 Tagen über Nebenerscheinungen, danach hat ihr allgemeines Wohlbefinden immer weiter zugenommen.

Dennoch ist Vorsicht geboten bei allzu restriktivem Entzug stark kohlenhydrathaltiger Nahrung im Sport, insbesondere in Disziplinen mit kurzer bis mittlerer Belastungsdauer. In diesen Sportarten ist der Bedarf an schneller verfügbaren Energiequellen ungleich höher als z. B. in Ausdauersportarten von mehr als 1–2 h Dauer. Demzufolge darf vor allem in diesen Sportarten unter regelmäßiger sportlicher Belastung der Kohlenhydratanteil höher sein als bei nicht sportlich aktiven Personen. Als gute Kohlenhydratquellen gelten Süßkartoffeln, Bananen, Trauben und Feigen.

Die folgenden grundlegenden Aspekte erscheinen hinsichtlich einer sinnvollen Ernährung im Leistungssport wichtig.

7.3.1 Aufrechterhaltung ausreichender Energiedepots

Die Erhaltung der energetischen Reserven ist eine der wichtigsten Bedingungen für das Erbringen optimaler Leistung. Kurzfristig beeinflussbare Speicher sind vor allem die muskulären Glykogenvorräte. Dabei ist wichtig zu beachten, dass das Auffüllen dieser Speicher insbesondere bei regelmäßigen Belastungen durch Training und Wettkampf größtenteils in der Phase nach Belastungen geschieht (Cordain 2005, Hawley et al. 1997). Die Bereitstellung der richtigen Menge und Art an Kohlenhydratquellen ist also insbesondere während einer Belastung bzw. in der Nachbelastungsphase besonders wichtig. Dabei hat sich die Aufnahme von Kombinationen aus Proteinen und Kohlenhydraten als besonders erfolgversprechend erwiesen. Es scheint, dass die Aufnahme von Mengen zwischen 6 und 20 g verzweigtkettiger Aminosäuren (BCAA) und zzgl. 30–40 g hochglykämischer Kohlenhydrate innerhalb der ersten 3 h nach Belastung die Proteinbiosynthese in der Muskulatur besonders signifikant stimuliert (Kerksick et al. 2008). Die ständige Einnahme hoher Mengen Kohlenhydrate, aber auch Proteine vor allem aus Nahrungsquellen, die den Säure-Basen-Haushalt negativ beeinflussen, beeinträchtigt den Muskelaufbau, die Knochenzusammensetzung sowie eine adäquate Bereitstellung wichtiger Substanzen für das optimale Funktionieren des Immunsystems (Cordain 2005, Alexy et al. 2005, Frassetto et al. 2001). Letztlich macht – wie bereits erwähnt – eine ständige Aufnahme hoher Kohlenhydratmengen allerhöchstens bei extrem hohen Trainingsumfängen Sinn (Costill 1986, Hawley et al. 1997). Dies hat Konsequenzen für die Verteilung der Energieprozente in der Nahrung bei Sportlern. Die empfohlene Verteilung der Makronutrienten bzgl. der Energiezufuhr basiert auf Durchschnittswerten. Damit kann der Bedarf sportlich aktiver Personen, wie man sie zum Teil im (Hoch-)Leistungssport findet, mitunter nicht gedeckt werden (DGE 2000). Die Empfehlungen in Deutschland, Österreich und der Schweiz zeigt **Tab. 7.16**.

Tab. 7.16 Empfehlungen für die heutige Energiezufuhr in Energieprozent (En%) im Vergleich mit ermittelten Werten aus der Steinzeit

	Empfehlungen DACH (2000)	**Naturvölker bzw. Jäger- und Sammlerkulturen (Cordain 2006, Eaton u. Konner 1985)**
Kohlenhydrate	> 50	22–40
Fette	ca. 30	35–40
Proteine	max. 20	19–35

Im Vergleich dazu sind die Verteilungen von Jäger- und Sammlerkulturen aus der Steinzeit angegeben. Dieser Vergleich ist gerade für den Sport interessant: In Studien konnte belegt werden, dass die sportliche Leistungsfähigkeit von Personen aus diesen Gruppen durchaus mit der von Leistungssportlern vergleichbar ist (Cordain 2005). Diese Leistungsfähigkeit ist exemplarisch anhand der maximalen Sauerstoffausnahmekapazität ($VO_{2\,max}$) in **Abb. 7.6** dargestellt. Diese Abbildung zeigt die Durchschnittswerte in ausgewählten Jäger- und Sammlerkulturen im Vergleich mit Durchschnittswerten aus der Bevölkerung der Industrieländer.

Selbstverständlich darf nicht unterschätzt werden, dass in den aufgeführten Kulturen andere Bewegungsumfänge zur Alltagsnormalität gehören. Allerdings spielt die Ernährung ebenfalls eine wesentliche Rolle. Jüngere Untersuchungen mit Probanden aus Industrieländern zeigen, dass eine sogar kurzfristige Umstellung auf eine Art der Ernährung, wie sie von einigen dieser Naturvölker noch praktiziert wird und wie sie im Wesentlichen der unserer Vorfahren aus der Steinzeit entspricht, die gleichen anhand klinischer Werte nachweisbaren Effekte erzielen kann (Frassetto 2009). Die auf den Fettspeichern basierenden energetischen Reserven haben bei Jäger- und Sammlerkulturen sicherlich eine größere Rolle gespielt

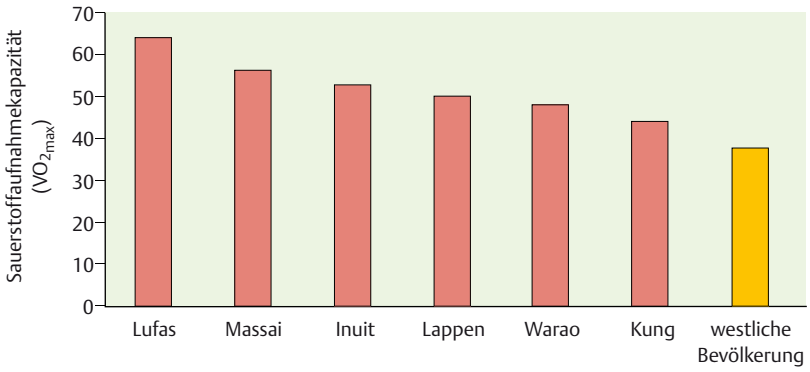


Abb. 7.6 Maximale Sauerstoffaufnahmekapazität ($VO_{2\,max}$) unterschiedlicher Menschenpopulationen (nach Cordain 2005).

als heutzutage. Weiterhin darf man auch nicht versuchen, einen heutigen Hochleistungssportler mit Jägern und Sammlern zu vergleichen. Eine mögliche Schlussfolgerung ist, dass eine einfache Angabe der Energieprozente in der Nahrung bei Leistungssportlern bzw. regelmäßig überdurchschnittlich sportlich aktiven Personen nicht genau genug erscheint. Insbesondere vor dem Hintergrund, dass es für diese Personengruppe Zeiten gibt, in denen die energetischen Reserven in Form von Glykogen wiederaufgefüllt werden sollten (Nachbelastungsphase), sowie Zeiten, in denen ein Überangebot an Kohlenhydraten gegebenenfalls auf Kosten der Aufnahme von Fetten und Proteinen gehen kann, macht die Einteilung in bestimmte Phasen der Nahrungsaufnahme bei Sportlern mehr Sinn. Dabei steht nicht mehr so sehr die Berechnung der Energieprozente im Vordergrund, sondern die primären Ziele, die mit der Nahrungsaufnahme erreicht werden sollen (Cordain 2005). Allerdings muss angemerkt werden, dass diese Angaben für Sportarten gelten, die durch die (teilweise) Ausschöpfung der energetischen Reserven gekennzeichnet sind. Dazu gehören insbesondere Ausdauer- sowie Spielsportarten.

Energieaufnahme vor Belastung

Vor der Belastung steht hinsichtlich der Auffüllung der Energiereserven der Ausgleich des über Nacht verlorenen Glykogens im Vordergrund. Ein Teil dessen geht durch den Bedarf für Gewebesynthese sowie -reparatur, muskuläre Aktivität des Herz-Kreislauf-Systems, Verdauung usw. verloren. Glykogen stellt insbesondere für solche Zwecke eine sehr gut verfügbare Energiequelle dar. Bereits nach einigen Stunden Schlaf können auf diese Weise durchaus bis zu 260 kcal verloren gehen. Um den Verdauungstrakt während der Belastung nicht unnötig zu beanspruchen, wird empfohlen, pro Stunde davor in Abhängigkeit vom Körpergewicht 200–300 kcal aufzunehmen. Dabei sollte es sich um kohlenhydratreiche Nahrung handeln (z. B. Obst). Je kleiner das Zeitfenster zwischen Nahrungsaufnahme und Belastungsbeginn ist, desto höher darf die glykämische Last sein. Vorsicht ist in diesem Fall bei Aufnahmen kurzkettiger Kohlenhydrate vor Belastungen geboten – es besteht je nach Menge die Möglichkeit eines ungewollten postprandialen Insulinanstiegs in der ersten Phase der Belastung. Dies kann mit Ermüdungserscheinungen und/oder Konzentrations- sowie Koordinationsverlust einhergehen (Cordain 2005, Jeukendrup 2003).

Beispiele für geeignete Nahrung vor der Belastung sind:

- Proteinriegel
- Obst mit z. B. Eiern oder Proteinpulver
- Babynahrung (vorwiegend Obst und Gemüse mit gegebenenfalls Fleisch oder Fisch)
- flüssige Kohlenhydratquellen (z. B. püriertes Obst mit Fruchtsaft und Proteinpulver)

Energieaufnahme während Belastung

Während Belastungen bis zu 90 min sollten insbesondere bei Trainierten die Glykogenspeicher vorher ausreichend gefüllt sein. Hierzu sind die Nahrungsaufnahme vor der Belastung und vor allem die Auffüllungsphase nach der letzten erschöpfenden Belastung besonderes geeignet. Bei Belastungen von länger als 90 min bis hin zu mehreren Stunden steht die Kompensation des Verlustes an energetischen Reserven insbesondere in Form von Glykogen im Vordergrund (Cordain 2005, Jeukendrup 2004). Die Aufnahme von Kohlenhydraten ist begrenzt. Dies hat zur Folge, dass in Abhängigkeit von der Arbeitsintensität der Verlust an Glykogen während einer Belastung häufig höher ist als der Ausgleich durch Aufnahme mit der Nahrung. Die Menge der während einer Belastung aufgenommenen Kohlenhydrate sollte allerdings z. B. in einem Getränk nicht oberhalb von 6% liegen, da ansonsten die Flüssigkeitsresorption gestört werden kann (Jeukendrup et al. 2009).

Der Verlust an Glykogen führt dazu, dass mit steigender Belastungsdauer Proteinreserven genutzt werden, um Energiequellen glukoneogenetisch bereitzustellen (Jeukendrup et al. 2006). Dazu werden insbesondere Muskelproteine verwendet. Bei der Nahrungsauswahl während der Belastung sollte dieser Tatsache durch die zusätzli-

che Verwendung kleiner Mengen Proteine (vorzugsweise BCAA) Rechnung getragen werden. Ein wichtiger Aspekt ist der Verlust an Natrium über den Schweiß sowie die Tatsache, dass die Aufnahme von Natrium und Glukose im Darm aneinandergekoppelt ist (Klinke u. Silbernagel 2003). Bei der Zufuhr von Kohlenhydraten während der Belastung sollte eine geringe Menge Natrium als Elektrolyt (z. B. über ein Mineralwasser) enthalten sein (Cordain 2005). Die Art der Energieaufnahme bzw. des Ausgleichs während einer Belastung ist somit durch Nahrungsquellen in flüssiger Form am besten geeignet. Der Magen-Darm-Trakt wird dadurch nicht zusätzlich belastet und gegebenenfalls energetische Reserven der Arbeitsmuskulatur entzogen.

Energieaufnahme nach Belastung

Da die Zielsetzung an energetische Ressourcen bei der Aufnahme nach Belastungen unterschiedlich ist, erscheint es wichtig, dies dementsprechend zu differenzieren.

Unmittelbar nach der Belastung

Dies ist die wohl bedeutendste Phase zur Wiederauffüllung der verloren gegangenen Glykogenspeicher. Die enzymatische Aktivität in Bezug auf die Auffüllung der Energiespeicher sowie die Neusynthese während der Belastung beschädigter Proteinstrukturen sind in dieser Phase am höchsten (Ivy et al. 2008). Hier erscheint es sinnvoll, eine Mischung aus Kohlenhydraten und BCAA in einem Verhältnis von 4 : 1 bzw. 5 : 1 (KH : BCAA) zu konsumieren. Geeignete Nahrungsquellen für diese Aminosäuren sind hier Eiweiß und Molke bzw. Fleisch und Fisch (Cordain 2005, Souci et al. 2008). Dabei darf nicht vergessen werden, dass gerade in dieser Phase ein Schwerpunkt auf die Regulierung des Säure-Basen-Haushalts gelegt werden muss. Nach intensiven Belastungen ist das Milieu durch das Anfallen metabolischer Abbauprodukte tendenziell sauer. Die Kohlenhydratquellen sollten deshalb so ausgewählt werden, dass dieser Tatsache Rechnung getragen werden kann. Im Gegensatz zu Getreideprodukten, die den Säure-Basen-Haushalt jetzt eher negativ beeinflussen, sind gute Quellen hier eher Obst und Gemüse (Cordain 2005, Remer 2001).

Bis Stunden nach der Belastung

Je länger die Dauer der Belastung, desto länger sollte auch die Zeitspanne der Wiederauffüllung der energetischen Reserven sein. Bei Belastungen von mehr als 90 Min Dauer erfolgt eine sinnvolle Auffüllung ebenfalls mitunter über Stunden. Eine zügige Glykogenauffüllung kann mit Kohlenhydratmengen von etwa 1 g pro kg Körpergewicht pro 2 h erfolgen. Die in einem Zeitfenster von 24 h nach der Belastung erreichte aufgenommene Kohlenhydratmenge kann dann bis zu 7–10 g pro kg Körpergewicht betragen (Burke 1997). Die dazu eingesetzten Nahrungsquellen sollten kurzfristig höhere, mittelfristig niedrigere glykämische Last aufweisen (Cordain 2005, Burke 1997).

Bis Tage nach der Belastung

In dieser Phase gewinnen bei zahlreichen Sportlern vermehrt die Alltagsbeschäftigungen an Bedeutung, die nicht unmittelbar an den Sport geknüpft sind. Die Vernachlässigung bestimmter Schwerpunkte in der Nahrungsaufnahme kommt hier häufiger vor. Das Ziel in diesem Zeitabschnitt sind die Erhaltung der Glykogenreserven, der (Wieder-)Aufbau von Muskelmasse, die Erhaltung eines neutralen pH-Wertes, das Vermeiden bzw. Reduzieren entzündlicher Prozesse im Gewebe sowie die Erlangung eines für die jeweilige Sportart optimalen Körpergewichts. Hochglykämische Nahrung mit niedrigem Nährstoffgehalt sollte in dieser Phase ganz im Gegensatz zur Phase vor und während der Belastung eher im Hintergrund stehen (Cordain 2005). In dieser Phase ist es vertretbar, auch Getreideprodukte zu verwenden, wenn der Anteil in der Nahrung nicht zu hoch ist. Gute Quellen sind Obst, Gemüse, Fisch und Fleisch, aber auch Hülsenfrüchte in kleineren Mengen. Der Anteil an kohlenhydratreichen Nahrungsquellen sollte hier dem jeweiligen Kalorienbedarf angepasst werden. Das bedeutet bei täglicher sportlicher Aktivität wie im Leistungssport z. B. durchaus die Aufnahme von 3000–4000 Kalorien täglich. Die Zusammensetzung der Nahrung mit 50 % Anteil an Kohlenhydraten ist hier vertretbar (Cordain 2005, Jeukendrup 2004).

Ein wichtiger Faktor in der Ernährung in dieser Phase ist die Zufuhr an ausreichend Proteinen. Nach den in **Abb. 7.6** angegebenen Proteinmengen sollten die Nahrungsquellen dann so gewählt werden, dass die Mengen ohne große Mühe zu bewältigen sind. Dabei eignen sich proteinreiche Nahrungsquellen wie Fisch, Fleisch aber auch Hülsenfrüchte gut (Cordain 2005). Letztlich ist noch zur Aufnahme von Fetten zu erwähnen, dass aufgrund der positiven Wirkungen auf die Blutfettwerte sowie die Vermeidung von Herz-Kreislauf-Problemen die Nahrung reich an mehrfach ungesättigten Fettsäuren sein sollte. Geeignete Nahrungsquellen sind hier Oliven sowie Olivenöl, Avocados und einige Nusssorten (Cordain 2005, Elmadfa et al. 2008, Souci et al. 2008). Mehrfach ungesättigte Fettsäuren verhindern die in belasteten Geweben stets drohenden Überlastungserscheinungen mit der Folge entzündlicher Prozesse. Die Integration von Nahrungsquellen, die diese Fettsäuren beinhalten, ist hier ebenfalls von Bedeutung. Dabei sollte allerdings das Verhältnis der Omega-6- zu den Omega-3-Fettsäuren bestenfalls 1 : 0,7 betragen.

7.3.2 Nahrung, Bewegung und Immunsystem

Körperlich aktive Menschen haben im Allgemeinen einen besseren Gesundheitszustand als Menschen mit einem eher inaktiven Lebensstil. Der Einfluss von Bewegung auf die Gesundheit wird seit langer Zeit innerhalb einer Vielzahl von Gesundheitswissenschaften von Immunologie über Sportwissenschaften, Neurologie, Endokrinologie bis hin zur Onkologie diskutiert (Bishop u. Gleeson 2009, McTiernan 2008, Castell 2003). Die Kombination der richtigen Ernährungsweise mit Bewegung scheint exponentielle Gesundheitseffekte zu haben (Aoi 2009). Diese Effekte finden innerhalb zahlreicher Wirkungsmechanismen statt, die Auswirkungen auf die Funktion des Immunsystems, des Hormonsystems, des Nervensystems und nicht zuletzt auf das psychoemotionale Wohlbefinden des sich bewegenden Menschen haben (Staud et al. 2009, Staud 2006).

Abb. 7.7 zeigt die möglichen Interaktionen zwischen den unterschiedlichen Anteilen des menschlichen Organismus und der Skelettmuskulatur. Faktoren wie kalorienreiche Ernährung („high-calorie diet"), psychischer Stress sowie ein Mangel an Mikronutrienten aktivieren das Zentralnervensystem sowie insbesondere bestimmte Stressachsen: den Sympathikus und die HPA-Achse (HPA = „Hypothalamic-pituitary-adrenocortical axis"). Der Sympathikus produziert Noradrenalin, während innerhalb der HPA-Achse am Ende Hydrokortison ausgeschüttet wird. Dies führt zur (häufig chronischen) Aktivierung des Immunsystems, während das Hormonsystem in Richtung Stressaktivität gesteuert wird (weniger Thyreoidea-stimulierendes Hormon (TSH), Wachstumshormon (GH) sowie Sexualhormone). Die Folge kann ein chronischer „low-grade inflammation"-Prozess sein. Dasselbe gilt für den umgekehrten Prozess: Eine chronische Entzündung aktiviert die Stressachsen, wodurch wiederum das Hormonsystem erst richtig Richtung Stressaktivität genötigt wird. Das Immunsystem erledigt seine Aufgaben über eine erhöhte Produktion proinflammatorischer Zytokine (Interleukin-1 Beta = IL1B, Tumornekrosefaktor = TNF, Interleukin 6 = IL6), während die zentralen Stressachsen insbesondere CRF („Corticotropin Releasing Factor") sowie ACTH freisetzen. Eine weitere Folge der chronischen Aktivierung der Stressachsen sowie des Immunsystems ist die verminderte Produktion von Regenerationshormonen wie z. B. GH, IGF-1 („Insulin-like growth factor 1") sowie der Sexualhormone (Testosteron und Östrogen).

Eine paläolithische (= altsteinzeitliche) Ernährungsweise sowie Bewegung (insbesondere moderates Ausdauertraining und „High-intensity low-burst exercise") können die Störungen, die durch die o. a. Faktoren verursacht wurden (psychologischer Stress, „High-calorie diet" etc.), größtenteils kompensieren (Frassetto et al. 2009, Brestoff et al. 2009, White u. Castellano 2008a, White u. Castellano 2008b). Hierbei hat vermutlich die Kombination beider Methoden den größten Effekt (Aio 2009, Florentino 2009, Larzelere u. Jones 2008).

Zusammengefasst kann formuliert werden, dass Ernährung und Bewegung im Allgemeinen sowie spezielle Formen der Körperbewegung im Besonderen (**Abb. 7.7**) regulierende Wirkung für die Immunabwehr (bessere

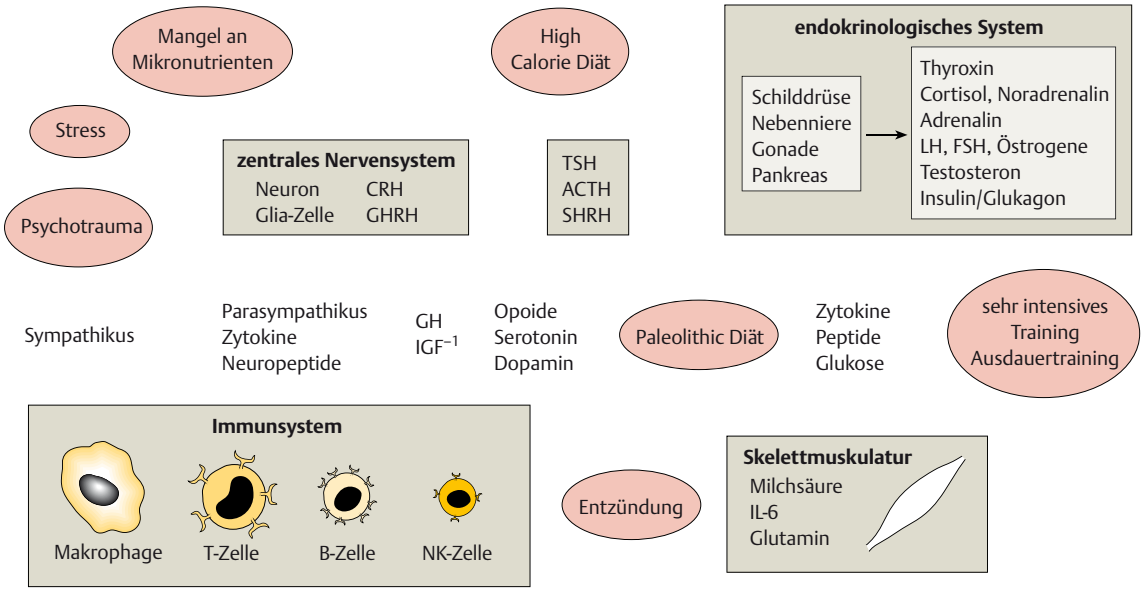


Abb. 7.7 Interaktion zwischen Skelettmuskulatur, Hormonsystem, Immunsystem und Zentralnervensystem. Psychische Faktoren, Stress, Ernährung, Bewegung sowie Entzündungen gelten als mögliche aktivierende Faktoren der Verbindung zwischen den Systemen.

Tab. 7.17 Energieverbrauch pro Organ. Es fällt auf, dass 5 vitale Organe 68 % (Gesamt A) und Muskeln, Lungen sowie Haut zusammen lediglich 21 % (Gesamt B) der gesamten Energie in Ruhe verbrauchen. Die restlichen 11 % (Gesamt C) werden durch das Immunsystem sowie die übrigen Organe verbraucht

Organ	Organgewicht kg/65 kg	% Körpergewicht	Organspezische metabolische Rate (W/kg)	Gesamtenergieverbrauch (W/24 Stunde)	% Gesamt BMR (1600 kcal)	kcal/24 Stunde
Herz	0.3	0.5	32.3	9.7	10.7	171
Niere	0.3	0.5	23.3	7.0	7.7	123
Leber	1.4	2.2	12.2	17.1	18.9	302
Darm	1.1	1.7	12.2	13.4	14.8	236
Gehirn	1.3	2	11.2	14.6	16.1	257
Gesamt A	**4.4**	**6.9**	**79**	**61.8**	**68.2**	**1089**
Muskulatur	27	41.5	0.5	13.5	14.9	239
Lunge	0.6	0.9	6.7	4.0	4.4	70
Haut	5	7.7	0.3	1.5	1.7	27
Gesamt B	**32.6**	**50.1**	**7.5**	**19**	**21**	**336**
Ratio A : B	1 : 7.4	1 : 7.3	10.5 : 1	3.2 : 1	3.2 : 1	
Immunsystem	3.2	5	1.2	3.8	5.4	86
Knochen	9.7	15	0.12	1.2	1.4	23
Fett	9.0	13.8	0.25	2.3	2.5	41
Sex Organe	0.5	0.7	1.0	0.5	0.6	10
Gesamt C	**22.4**	**34.5**	**2.57**	**7.8**	**9.5**	**160**
Andere Organe	5.6	8.6	0.77	4.3	4.6	75

antivirale und antibakterielle Kapazität), Stressreduktion, eine optimale Produktion des Wachstumshormons, die Beseitigung einer Insulinresistenzsituation (zzgl. der Vermeidung von Übergewicht) sowie für die Schmerzreduktion haben (Frassetto et al. 2009, Brestoff et al. 2009, Thakker-Varia 2009, Haaland et al. 2008, Pedersen 2006).

Menschen wie Spitzensportler, die körperlich sehr aktiv sind, leiden oft an Krankheitshypersensibilitäten, auch wenn die Allgemeingesundheit besser ist als durchschnittlich. Insbesondere die Empfindlichkeit für Infektionserkrankungen im Allgemeinen sowie der oberen Atemwege verursacht durch Immundepression im Besonderen können als eine Art „Flaschenhals“ für viele Spitzensportler angesehen werden (Gleeson 2008, Gleeson 2006, Nieman 2007, Konig et al. 1998). In den ersten 72 h nach einer Belastung ist die Infektionsgefahr signifikant erhöht (Nieman 2007, Gleeson 2006). Jüngere Untersuchungen bezüglich der Ursachen von Wirkungsmechanismen, die zu einer immunologischen Unterdrückung führen, ermöglichen die Anwendung einiger evidenzbasierter Interventionen mit dem Ziel der Prävention sowie Behandlung von Immunsuppression bei Sportlern.

Die wichtigste Ursache sportbedingter Immunsuppression ist eine Störung in der Energieverteilung zwischen Immunsystem und weiteren Bereichen des Körpers (s.u.). Diese Störung kann durch eine intensive Belastung verursacht werden; sie wird aber vor allem durch Faktoren ausgelöst, die sowohl mit Ernährung als auch mit der Aufnahme von Flüssigkeit zu tun haben:

- Mangel an immunologischen Energiequellen (Glukose, Glutamin, bestimmte Fettsäuren)
- Eiweißmangel
- Mangel an bestimmten für das Immunsystem essenziellen Mikronutrienten (Magnesium, Zink, Selen sowie Eisen)
- Dehydrierung – insbesondere wegen der Speichelbildung, denn darin sind wichtige Abwehrstoffe (Immunglobulin A) gegen Viren und Bakterien enthalten
- Mangel an z. B. Vitaminen B, A, C, D

Folgende Mechanismen führen am häufigsten zu einer sportabhängigen Immunsuppression:

- reduzierte Menge an Immunglobulinen im Speichel
- Hemmung des angeborenen Immunsystems (v. a. die Reduzierung der natürlichen Killerzellen)
- Reduzierung des systemisch humoralen Anteils des Immunsystems (Plasma-Immunglobuline)
- verringerte Funktion des Common Mucosal Immune System

Energieallokation

Tab. 7.17 zeigt den Energieverbrauch pro Organ pro Tag bei einer männlichen Person von 65 kg in Ruhe (Martin et al. 2008, Segerstrom 2007a, Segerstrom u. Miller 2004,

Raberg et al. 2002, Raberg et al. 1998, Aiello u. Wheeler 1995). Einiges ist auffällig: zum einen die Tatsache, dass 5 vitale Organe 68 % der Energie (gesamt A) verbrauchen (BMR = „basal metabolic rate“, Grundumsatz); zum anderen, dass Muskeln, Lungen sowie Haut zusammen lediglich 21 % der gesamten Energie in Ruhe verbrauchen (gesamt B). Weiterhin fällt auf, dass das Immunsystem in Ruhe nur 3 % der gesamten Energie verbraucht (Lochmiller u. Deerenberg 2000).

Gehirn, Nieren, Leber sowie der Magen-Darm-Trakt sind in Ruhe eindeutig die „teuren“ Organe. Muskeln sowie das Immunsystem kann man in Ruhe als eher „billig“ ansehen. Die Energieverteilung der unterschiedlichen Körperteile verändert sich nahezu drastisch während Sporttreibens bzw. Bewegung und in Situationen, in denen das Immunsystem aktiviert wird.

Das Immunsystem (IS) gilt als eines der wichtigsten „Organe“ für das menschliche Überleben. Es schützt gegen tödliche parasitäre Infektionen (Bakterien, Viren, Pilze) und ist für einen wichtigen Teil der Wundheilung zuständig. Aus evolutionärer Sicht hat es sich erheblich entwickelt. Wirbeltiere mit Kieferknochen haben ein IS, das aus einem angeborenen sowie einem adaptiven bzw. erworbenen Teil besteht: Wirbellose sowie Wirbeltiere ohne Kieferentwicklung verfügen lediglich über ein angeborenes Immunsystem (Martin et al. 2008, Marcos et al. 2003, Raberg et al. 2002). Die evolutionäre Entwicklung eines neuen Organs geht meist bei gleichbleibendem Grundumsatz mit dem Verlust großer Organe und ihrer Funktionen einher, wenn diese dieselben Energiequellen wie das neue Organ verwenden (Lochmiller u. Deerenberg 2000). Der Grundumsatz des modernen Menschen ist sogar niedriger als bei früheren Hominiden. Organe wie Hirn, Leber und Nieren standen immer hoch innerhalb der Hierarchie biologischer Prioritäten und haben somit nichts Besonderes während der evolutionären Entwicklung des IS beigetragen. Das einzige Organsystem, das etwas beitragen konnte, ist die Muskulatur; sie verwendet mehr oder weniger dieselben Energiequellen wie das IS (Glukose, Glutamin, Fettsäuren). Durch die Tatsache, dass der Mensch immer mehr sein Gehirn gebrauchte, konnte die Muskelmasse abnehmen, um auf diese Weise ein effektiveres Immunsystem entwickeln zu können. Durch diesen Prozess, den man auch als „Evolutionäre Auswechslung“ bezeichnet, konnte eine größere Chance zum Überleben garantiert werden (Segerstorm 2007a, McDade 2003).

Von dem Moment, als sich das Immunsystem bei Säugetieren evolutionär entwickelte, entstand eine Art Wettkampf zwischen Gehirn, Magen-Darm-Trakt, Reproduktionskapazität, Muskulatur sowie Immunsystem. Immunaktivierung beim modernen Menschen benötigt viel mehr Energie als in Ruhe (**Tab. 7.18**; Segerstrom 2008, Segerstrom 2007a, Segerstrom 2007b, Segerstrom 2007c, Lochmiller 2000). Ein gutes Beispiel hierfür ist Fieber. Die

Tab. 7.18 Aktivierung des Immunsystems erhöht den Energieverbrauch desselben dramatisch. In Situationen wie z. B. Sepsis durch eine Wunde (z. B. bei einem Verbrennungsopfer) kann die BMR sogar um 57 % gesteigert werden. Menschen, die an einer Sepsis leiden, sterben häufig durch die Tatsache, dass der Energiehaushalt derart verändert wird, dass man von Multiorganversagen („multiple organ failure“) spricht (Lochmiller u. Deerenberg 2000)

Species	Immune challenge	Cost (in %)
Mensch	Sepsis	30
	Sepsis	30
	Sepsis and injury	57
	Typhoid vaccination	16
	Sickle cell disease	15
Laborratte	IL-1 infusion	18
	Inflammation	28
Labormaus	KLH challenge[a]	30
Schaf	Endotoxin	28
	Endotoxin	10–49

Energie, die eine männliche Person mit einem Körpergewicht von 70 kg benötigt, um seine Körpertemperatur um 1 °C zu erhöhen, wird auf mehr als 250 kcal geschätzt, während dieselbe Person für die Erhaltung der Funktion seines Gehirns 380 kcal und beim Herz 178 kcal täglich verbraucht. Eine Immunaktivierung durch beispielsweise einen viralen oder bakteriellen Infekt geht meist mit einem bestimmten Krankheitsverhalten einher. Wahrscheinlich ist das Krankheitsverhalten durch die Tatsache zu erklären, dass die Energiemenge, die ein aktiviertes Immunsystem benötigt, so erheblich hoch ist (bei einer Sepsis bis zu 57 % mehr als die BMR), sodass Gehirn und Muskeln „bewusst“ weniger funktionell gesteuert werden. Typische Kennzeichen für ein Krankheitsverhalten sind (Martin et al. 2008, Segerstrom 2007a):

- erhöhtes Schlafbedürfnis
- Rückzugsverhalten
- Verlust an Bewegungsmotivation
- verringerte Sozialisation
- Erschöpfung
- reduziertes Libidoverhalten
- Appetitverlust
- verzögerte Thermoregulation

Alle Kennzeichen haben gemeinsam, dass die Organe, die dieselben Energiequellen wie das Immunsystem verwenden, einen niedrigeren Metabolismus aufweisen. Die auf diese Weise frei werdende Energie kann für das aktivierte Immunsystem verwendet werden; diese Aktivierung betrifft nicht allein bestehende Zellen, sondern auch die Proliferation neuer Immunzellen. Eben der letztgenannte Prozess ist sehr energieaufwendig und kann nur stattfinden, wenn die energetische Situation der betreffenden Person dies zulässt (Segerstrom u. Miller 2004).

Bewegung erfordert eine Energieverteilung in Richtung Muskeln, Nervensystem, Herz, Lungen sowie Gehirn. Die viszeralen Strukturen verbrauchen während einer sportlichen Aktivität lediglich eine Spur der Energie in Ruhe (4%). Sogar das Immunsystem „darf" während des Sports nicht zu viel Energie verbrauchen. Nichtsdestoweniger kann Bewegung als eine Art physiologischer Stress betrachtet werden. Während einer Stressreaktion (diese Reaktion ist physiologisch) besteht die Gefahr, dass Parasiten infiltrieren und Verletzungen entstehen. Das Immunsystem wird deshalb währenddessen wohl aktiviert – allerdings auf einem viel niedrigeren Niveau, als es bei einer Immunreaktion in Ruhe der Fall ist (Segerstrom 2007a, Segerstrom u. Miller 2004, Long u. Nanthakumar 2004). Vor allem bereits bestehende Immunzellen werden während Bewegung rekrutiert: Dieser Prozess ist relativ energiesparend. Eine teure Proliferation kann nicht stattfinden, da sie viel zu viel Energie kosten würde.

Letztgenannter Prozess, die Aktivierung bereits bestehender weißer Blutkörperchen ohne Proliferation bzw. Neuzellbildung, bildet wahrscheinlich die Grundlage für die erhöhte Infektionsgefahr, an der Menschen leiden, die intensiv Sport treiben und/oder körperliche Arbeit verrichten (Gomez-Merino et al. 2005, Lakier Smith 2003). **Abb. 7.8** zeigt, dass z. B. ein Marathontraining mit einer Immunsuppression einhergeht, die nahezu 16 h anhält (Nieman 2007a). Innerhalb dieses Zeitraums unterliegt der Athlet einer erhöhten Wahrscheinlichkeit, Infektionen vor allem in den oberen Atemwegen zu bekommen („upper respiratory tract infections" = URTI, Nieman 2008, Nieman et al. 2007a, Nieman et al. 2007b, Gleeson 2006a). Die Immunsuppression nach Belastung wird wahrscheinlich durch die Notwendigkeit der Glukoseallokation in Richtung der Organe verursacht, die während des Trainings/Wettkampfes belastet werden (Muskulatur, Nervensystem und Gehirn), sowie der Organe, die für die Glykogenspeicherung verantwortlich sind (Leber und Muskeln). In dem Moment, wenn das IS für erhöhte Glukoseallokation sorgen muss, findet eine neue Trainingseinheit statt. Das chronische immunologische Energiedefizit bewirkt, dass das Immunsystem sich nicht bzw. nur unzureichend erneuern kann, wodurch es unter Belastung weniger effektiv, weniger selektiv und auf Dauer auch weniger aktiv wird (Nieman 2008, Nieman et al. 2007a, Gleeson 2006a). Es fällt auf, dass die Immunsuppression nach psychologischem Stress von derselben Art ist wie nach chronisch intensiver körperlicher Belastung. Dieses Fazit ist vor allem für (Hoch-)Leistungssportler von großer Bedeutung. Ein Bundesligafußballer muss sich seiner Sache sicher sein, um die körperliche Belastung sowie den psychologischen Druck eines Champions-League-Spiels heil zu überstehen.

Das Immunsystem, das Gehirn und die Skelettmuskulatur stehen derart miteinander in Verbindung, dass jüngere Untersuchungen von Skinner et al. (Skinner et al. 2009) zeigen, dass ein Erschöpfungsgefühl, aber vor allem ein Gefühl von Lethargie und Verlust an Bewegungsmotivation, optimale biologische Marker für „low-grade inflammation"-Erkrankungen sind. Verletzungsempfindlichkeit wird mithilfe biochemischer Laboruntersuchungen sowie „hightech medicine" gemessen (MRI, Echografie). Diese Untersuchungsmethoden sind häufig kostenintensiv und für den Sportler invasiv bis aggressiv. Die Ermittlung des Lethargieniveaus, der Körpertemperatur, des Müdigkeitsgrades sowie des „Sinnes" in Bezug auf das Training/die Bewegung ist weitaus weniger invasiv (Skinner et al. 2009, Hopwood et al. 2009). Jede Entzündungsreaktion geht mit der Produktion proinflammatorischer Zytokine wie Interleukin-1 Beta, Interleukin 6, Tumornekrosefaktor sowie Gamma-Interferon einher (IL1B, IL6, TNF, INF-γ). Diese Substanzen beeinflussen nicht nur das Immunsystem, sondern auch das Zentralnervensystem, das Hormonsystem sowie die Skelettmuskulatur (Dantzer et al. 2008, Strouse 2008). Ein jeder kennt das Gefühl bei einer viralen oder bakteriellen Infektion. Man klagt über Unwohlsein, hat erhöhte Körpertemperatur und weniger Appetit und Durst; man ermüdet schneller, schläft schlecht und reduziert soziale Kontakte. Man spricht zuweilen auch von leichten kognitiven Störungen (Konzentrations-, Gedächtnisverlust), ist reizbar und manchmal sogar etwas depressiv.

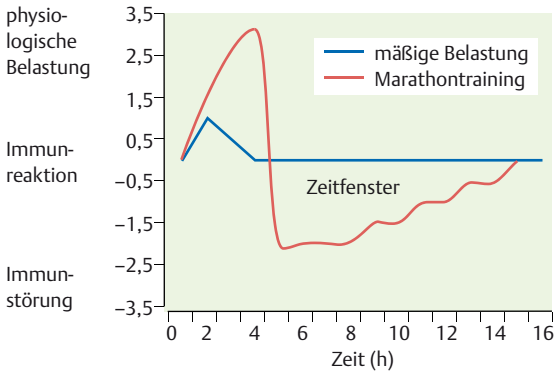


Abb. 7.8 Immunreaktion nach körperlicher Belastung. Mäßige Belastung führt zu einer gemäßigten Immunreaktion. Nach Belastung findet keinerlei Immunsuppression statt. Marathontraining/-wettkampf ruft während der Belastung sowohl eine starke Immunreaktion als auch eine Immunsuppression hervor (nach Nieman et al. 2007a).

Beim Auftreten dieser Anzeichen ohne deutliche Ursache kann man von einer leichten Entzündungsreaktion in irgendeinem Teil des Körpers sprechen. Dies bedeutet, dass das Immunsystem einen erhöhten Bedarf an Glukose, Fettsäuren und überraschenderweise auch Proteinen hat. Der Grundumsatz ist erhöht, während die Nahrungsaufnahme gleichbleibend oder sogar reduziert ist. Energie und Nahrungsinhaltsstoffe werden von den Geweben des Bewegungsapparats „geraubt"; dieses Gewebe befindet sich nun in Ruhe und während einer Entzündung so-

gar auf einer der letzten Plätze innerhalb der Hierarchie biologischer Prioritäten. Muskeln, Kapsel, Ligamente und weitere Bindewebestrukturen sind in diesem Moment viel sensibler für Überlastung und Schäden. Im Grunde sind alle Zellen und Gewebe, die an Energiemangel (ATP) leiden, für die Entwicklung von Schäden sensibler. ATP ermöglicht das Entstehen zahlreicher enzymatischer Reaktionen, wovon ca. 12 000 pro sec in jeder aktiven Zelle stattfinden. Diese Reaktionen haben zum Ziel, beispielsweise nach der Ausführung einer Zellfunktion so schnell wie möglich die Homöostase zurückzugewinnen. Durch ATP-Mangel wird der Zellstoffwechsel träger; die Folge ist eine nicht rechtzeitige Wiedergewinnung der Homöostase. Eine darauffolgende Zellbelastung kann dann zu „Überbelastung" und Schäden führen. Passiert dies in einer Zelle innerhalb eines Gewebes, hat das keine Folgen. Leidet allerdings ein ganzer Teil eines Gewebes an ATP-Mangel, ist die Entstehung einer Läsion nahezu vorhersehbar und logisch.

Immunnahrung

Die positiven Effekte von Sport auf die Gesundheit sowie das Funktionieren des Immunsystems sind abhängig von der richtigen Nahrung sowie der richtigen Menge an Flüssigkeit. Dasselbe gilt bei der Prävention negativer Effekte chronischer schwerer körperlicher Belastung: Auch hier kann der Einsatz der richtigen Art und Menge an Nahrung mindestens einen Teil der Lösung darstellen (Nieman 2008, Nieman et al. 2007a, Nieman et al. 2007b, Gleeson 2006a).

Kohlenhydrate, Proteine und Fette haben gemeinsam sowohl energetische als auch Baustofffunktionen innerhalb des Immunsystems. Es ist allgemein bekannt, dass Proteinmangel für (zum Teil ernste) immunologische Störungen verantwortlich sein kann. Das Immunsystem besteht aus Zellen und Gewebe mit einer hohen Proliferationsgeschwindigkeit (Eiweißbedarf). Diese Zellen sind für die Produktion wichtiger systemischer (aus Eiweiß gebildeten) Substanzen wie Immunoglobuline, Akute-Phase-Proteine sowie Zytokine verantwortlich. Eiweißmangel hat bei Menschen vor allem immunologische Folgen (Aoi 2009, Gleeson 2006a):

- Verminderte Reifung der T-Lymphozyten
  T-Lymphozyten gelten zunächst als naive Zellen. Diese Zellen wissen noch nicht, gegen welche Antigene sie sich rüsten müssen (T_0-Zellen). Nach Aktivierung werden T-Zellen spezialisiert, um Antikörper gegen ein Antigen zu produzieren bzw. selbst zu einem Antikörper zu werden. Sie können nur dann Parasiten (Viren, Bakterien, Pilze) bekämpfen, wenn sie vollständig gereift sind. Unvollständige Reifung bedeutet somit einen Verlust der Bildung spezifischer Antikörper und eine erhöhte Gefahr zur Entwicklung von Infektionskrankheiten.
- Thymusatrophie
  Der Thymus ist für die Bildung der Immunzellen verantwortlich – dabei lernen diese, einen Unterschied zu machen zwischen selbst und nichtselbst. Atrophiert der Thymus, und diese Situation kommt weitaus häufiger vor als vielleicht angenommen, werden die Selektivität sowie die Spezifizität des Immunsystems untergraben (Wong et al. 2009, Hosea Blewett et al. 2008, Hosea et al. 2007, Fraker u. King 2004, Cousins et al. 2003, Savino 2002).
- Reduzierung der phagozytierenden Kapazität der Makrophagen
  Makrophagen beseitigen sowohl endogenen als auch exogenen Abfall. Eine eingeschränkte phagozytierende Kapazität kann zu chronischer Entzündung, allergischen Reaktionen und verzögerter Wundheilung führen.
- Das Cd4/Cd8-Verhältnis (T4/T8) wird drastisch reduziert. In diesen Zusammenhang werden T4-Zellen durch T8-Zellen gehemmt. T4-Zellen sind zytotoxisch (bekämpfen Parasiten), T8-Zellen sorgen dafür, dass T4-Zellen nicht entgleisen. Ein kleineres T4/T8-Verhältnis bewirkt ein gehemmtes Immunsystem (Immunosuppression) und eine höhere Erkrankungswahrscheinlichkeit.
- Verringerte Zytokinproduktion
  Zytokine regulieren die Funktionen aller Anteile des Immunsystems. Die Art der immunologischen Störung bestimmt somit auch die geringer produzierten Zytokine.

All diese Veränderungen sorgen für Hypersensibilität bei der Entwicklung von vor allem viralen Infektionen sowie für verzögerte Wundheilung. Sportler werden wahrscheinlich nicht an absolutem Eiweißmangel leiden; allerdings kann ein leichter Mangel bereits Einfluss auf die Funktionen des Immunsystems und den allgemeinen Gesundheitszustand haben. Insbesondere Sportler, deren Körpergewicht von besonderer Bedeutung ist (Boxer, Turner, Leichtathleten, Tänzer, Ruderer, Gewichtheber), neigen dazu, „zu wenig" und „fehlerhaft" zu essen. Fehlerhaft bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Nahrung häufig „leer" ist. Leer ist hier gemeint im Sinne von Mangel an Mikronutrienten innerhalb der Makronutrienten. Mikronutrienten können in diesem Zusammenhang als „Immunnahrung" angesehen werden. Als gute Beispiele dienen hier Zink und Magnesium. Nahrungsrestriktion kann bei diesen Sportlern sogar zu einer neuen subklinischen Essstörung führen, die man als „athletische Anorexie" bezeichnet (Resch 2007, Bachner-Melman et al. 2006, Sundgot-Borgen u. Torstveit 2004, Beals u. Manore 1994). Diese subklinische Störung scheint bei mehr als 25 % der untersuchten Sportler vorzukommen (Resch u. Haász 2009, Resch 2007). Eines der Kennzeichen dieser Art Anorexie ist der (zuweilen notwendige) Gewichtsverlust;

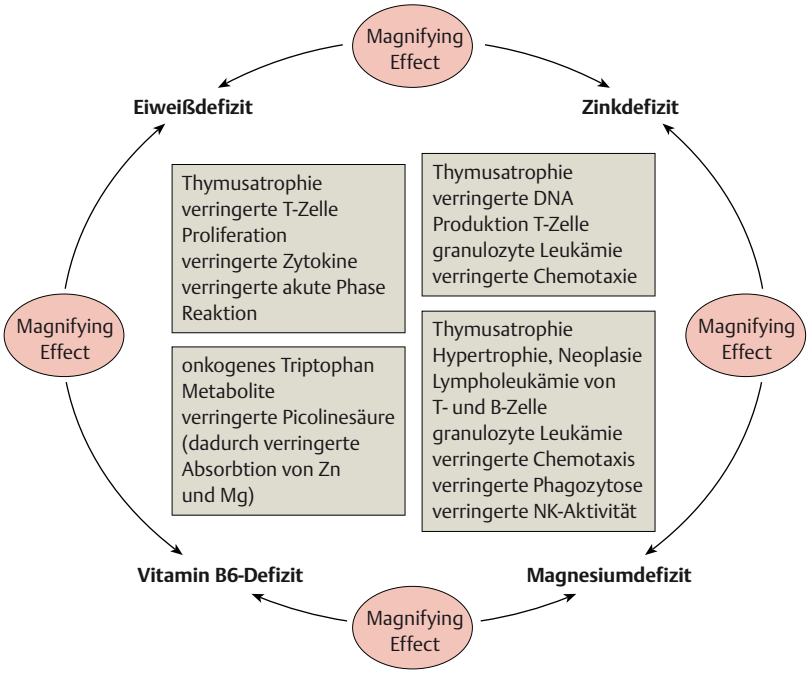


Abb. 7.9 Mangel an Magnesium, Zink, Vitamin B_6 sowie Proteinen und der Einfluss auf die Funktion des Immunsystems über „magnifying effects". Athletische Anorexie gilt häufig als die Hauptursache dieser Mangelzustände; dieses Syndrom tritt bei mehr als 25 % aller Menschen auf, die körperlich arbeiten oder intensiv Sport treiben.

ein Verlust an Körpergewicht von 2 kg innerhalb 2 Wochen kann allerdings zu einer signifikanten Verringerung der Makrophagenaktivität hinsichtlich der Phagozytose führen (Gleeson 2006a). **Abb. 7.9** zeigt die Interaktion zwischen Proteinen und 3 Mikronutrienten, die als „Spiegel" eines gesunden Immunsystems in Allgemeinen und des Thymus im Besonderen gelten (Moore 2006, Prentice 1999). Vitamine B_6, Zink sowie Magnesium können demnach bei Menschen, die sich viel bewegen, körperlich belastet werden und/oder sportlich aktiv sind, als Teil einer Basissupplementierung angesehen werden (Aio 2009, Prentice 1999, Seelig 1982).

Die minimale Einnahme an Proteinen bei körperlich belasteten Menschen liegt um ca. 1,5 g pro kg Körpergewicht pro Tag. Die optimale Zinkeinnahme beträgt ca. 25–100 mg pro Tag, bei Vitamin B_6 sowie Magnesium sind es 25–100 mg bzw. 175–1000 mg/Tag. Die Zink-, Mg- und B_6-Spiegel sind nicht allein von der Aufnahme über die Nahrung abhängig, sondern auch von der Menge Mikronutrienten, die über Verdauung, Harn und Schweiß ausgeschieden werden. Insbesondere innerhalb der ersten Belastungsstunde wird eine große Menge Magnesium, Vitamin B_6 und Zink über den Schweiß ausgeschieden. Anschließend nimmt der Verlust mit jedem Liter Schweiß ab; dieser Sparmodus dient dem Überleben.

Glukose kann als die wichtigste Energiequelle für die Funktion des Immunsystems angesehen werden (Glutamin steht an zweiter Stelle). Die Aktivität der Stressachsen (Sympathikus und HPA-Achse) bestimmt zu einem großen Teil die Energieverteilung im Allgemeinen und die Glukoseverteilung im Besonderen. Die nach einer Belastung auftretende Immunsuppression wird insbesondere durch eine erhöhte Produktion an Stresshormonen während und direkt nach Belastung verursacht, wodurch die Energie in Richtung Muskeln, Hirn und Herzkreislauforgane geleitet wird. Die Stressachsen werden während und nach Belastung vor allem durch energetische Defizite jedweder Art (u. a. Immunsystem) aktiviert (Gleeson 2006a). Durch die Verwendung hoch qualitativer Glukosequellen kann während und nach Bewegung ein großer Teil der Immunsuppression – verursacht durch erhebliche physische Belastung – verhindert werden. Dieser Effekt wird wahrscheinlich durch die Hemmung zentraler Stressachsen (u. a. Hypothalamus) und damit einer geringeren Produktion an Stresshormonen erreicht (Gleeson 2006a). Daneben scheinen weniger proinflammatorische Zytokine (u. a. IL1 und IL6) durch Immunzellen produziert zu werden. Die Produktion an IL6 durch die Muskulatur wird gleichzeitig durch die Aufnahme an Kohlenhydraten gehemmt. Man kann dies als einen negativen Effekt einer KH-Supplementierung bei Sportlern bezeichnen; dieser Effekt lässt an der Supplementierung von KH zweifeln. Nichtsdestoweniger hat sich herausgestellt, dass insbesondere die sekundären Pflanzenstoffe, die in hoch qualitativen KH-Quellen vorkommen, positive Effekte zeigen. Dies liegt an Menge und Art indirekter Antioxidanzien in Obst (eine hoch qualitative KH-Quelle) und Gemüse (Gleeson 2006a). Substanzen wie beispielsweise Resveratrol oder Isothiocyanate in unter anderem Trauben und Kohlsorten hemmen den immunsuppressiven Effekt von Bewegung durch das Abfangen freier Radikale sowie die

Aktivierung der Produktion der immunstimulierenden Substanz Glutathion.

Zusammengefasst kann festgestellt werden, dass „immunologische“ Nahrung vor allem aus der adäquaten Menge und Art an Proteinen, ausreichend Zink, Magnesium und Vitamin B_6 sowie bei Bedarf aus den entsprechenden Glukosequellen (in Situationen, die mehr „schnellere“ Energie für das Immunsystem und den sich regenerierenden Bewegungsapparat benötigen) bestehen sollte. Gute Nahrungsquellen sind vor allem Obst wie z. B. Bananen, Trauben, Waldfrüchte sowie Avocados und Süßkartoffeln.

Flüssigkeitshaushalt

Um sich den Flüssigkeitshaushalt unter körperlicher Belastung genauer anzuschauen, ist es sinnvoll, sich die Hauptfunktionen von Wasser im Körper ins Gedächtnis zu rufen:

- Wasser dient zur Lösung aller Substanzen mit elektrischer Ladung wie z. B. Elektrolyte.
- Wasser regelt unter anderem die Erhaltung des Temperaturgleichgewichts zwischen 36,8 und 37 °C. Diese Thermoregulation ist unter anderem wichtig in Anbetracht der Tatsache, dass Enzyme bzw. Katalysatoren umsetzungsspezifisch arbeiten. Abweichende Temperaturen haben nichtlineare Änderungen der katalytischen Aktivität zur Folge, was zu einer Produkthemmung, d.h. zum Ausbleiben des jeweiligen metabolischen Schrittes, führen kann.
- Wasser dient als Transportmittel.

Wasserhaushalt und muskuläre Arbeit

Bei muskulärer Aktivität lassen sich die Auswirkungen auf den Wasserhaushalt wie folgt beschreiben:

1. Muskuläre Aktivität bedingt zur Thermoregulation Schweißverlust (zu ⅔ aus der Blutbahn und zu ⅓ aus den Flüssigkeitsreserven im Interstitium).
2. Zentralisierung des Kreislaufs auf aktuelle Aufgaben (wie Durchblutung von Muskulatur und Haut), dadurch Nierenminderdurchblutung. Es erfolgt eine 4-fach erhöhte Aldosteronausschüttung zur Regulation der Nierenversorgung.
3. Durch den hohen Flüssigkeitsverlust kommt es im Sport zunehmend zu einem abgesenkten Plasmavolumen, dadurch verminderte Gehirnaktivität durch gesenkten Glutamatstoffwechsel. Folge: gestörte Motorik, Koordination und Konzentration.

Konsequenz: Bei stark dehydrierenden Sportarten (z. B. Marathonlauf) muss für ständige Flüssigkeitszufuhr gesorgt sein, sonst kommt es zu großen gesundheitlichen Schäden!

Also trinken, aber was? Was verbraucht/verliert der Körper beim Sporttreiben? Hier müssen 3 Bereiche unterschieden werden:

- Wasser, in diesem Fall Schweiß
- im Schweiß gelöste Substanzen
- Energie

Gerade die Rolle des Wassers als Thermoregulator spielt im Bereich des Sports eine herausragende Rolle. Die Notwendigkeit, die Körperkerntemperatur auf ca. 37 °C zu halten (s. o.), bedingt, dass schon beim Ruhestoffwechsel ca. 75 % des totalen Energiekonsums als Wärme freigesetzt werden. Wäre das nicht der Fall, würden (als Folge des Temperaturabfalls) viele metabolische Prozesse unseres Stoffwechsels nicht oder nicht optimal verlaufen können. Jene 75 % werden aber bei steigender Energiestoffwechselintensität dem Körper zur Last: Nun droht Überwärmung. Auch diese Homöostasestörung geht mit einer Beeinträchtigung des metabolischen Geschehens einher. Demnach ist der Körper bestrebt, überflüssige Wärme durch Verdunsten von Körperflüssigkeit aus dem Organismus zu entfernen.

Beispiel

Beim Marathonlauf werden ca. 2200 kcal umgesetzt. 75 % von diesem Betrag (ca. 1650 kcal) werden als Wärme frei. Der resultierende Wärmestau wäre geeignet, die Körperstammtemperatur eines ca. 70 kg schweren Mannes um ca. 3,5–4 °C auf Werte zwischen 40,5 und 41 °C ansteigen zu lassen. Bei Fechtern der Deutschen Nationalmannschaft und bei American-Football-Spielern wurden ähnliche Werte tatsächlich gemessen; in diesen Sportarten ist die Möglichkeit, Wärme aus dem Körper abzuführen, durch die Schutzkleidung extrem eingeschränkt.

Die Verdunstung von 1 l Schweiß entzieht dem Körper im Idealfall ca. 580 kcal. Dieser Idealfall tritt jedoch kaum ein: Meistens übersteigt die Schweißproduktionsrate die Möglichkeit, den produzierten Schweiß vollständig verdunsten zu lassen. Ein gewisser Anteil tropft ab. So werden dem Körper im Mittel ca. 320 kcal pro Liter produzierten Schweiß entzogen. Ein Marathonläufer wird demnach ca. 5 l Schweiß verlieren. Beim angenommenen Körpergewicht von 70 kg wird der Wasseranteil ca. 45 kg betragen. Somit verliert er beim Lauf ca. 12 % der totalen Körperflüssigkeit oder ca. 7 % bezogen auf sein Körpergewicht. In einer ausdauerorientierten Disziplin wie dem Marathonlauf bedeutet dieser Verlust nicht nur eine Beeinträchtigung der Dauerleistungsfähigkeit um ca. 20 %, sondern auch eine Änderung der Blutzusammensetzung (z. B. Viskosität, Anhäufung von Stoffwechselmetaboliten) in einem Ausmaß, das eine lebensgefährliche Bedrohung darstellt.

Für die Aufrechterhaltung der metabolischen Prozesse des Organismus – sowohl ohne als auch unter körperli-

cher Belastung – wird neben den bisher beschriebenen Substanzen vor allem Wasser benötigt. Wasser stellt die Hauptsubstanz dar, aus der Zellen bestehen. Der menschliche Organismus besteht zu ca. 60% aus Wasser. Ein Teil davon befindet sich in den Körperzellen (ca. 60–70%) und ein weiterer im Extrazellularraum (ca. 30–40%). Alle Organe sind von einer ausreichenden Versorgung mit Flüssigkeit abhängig. Das Gehirn, die Leber sowie die Muskulatur sind davon in besonderem Maße betroffen, da diese Organe im Vergleich zu anderen eine höhere Menge benötigen (Konopka 2008). Die Versorgung der einzelnen Organe sowie die Verteilung der Flüssigkeitsmengen im gesamten Organismus werden durch osmotische Kräfte geregelt. Diese Mechanismen sind von der Anwesenheit und Menge bestimmter Hormone, Enzyme, Proteinstrukturen, Mineralstoffe sowie Spurenelemente abhängig. Durst entsteht eigentlich durch 3 Stimuli: zelluläre Dehydrierung, extrazelluläre Dehydrierung sowie durch das Hormon Angiotensin II (Takei 2000). Der Flüssigkeitshaushalt kann also vom Hormon- sowie Elektrolythaushalt nicht getrennt werden. Im Zentralnervensystem wird z. B. durch die Aktivierung von Osmorezeptoren im Subfornikalorgan und im Organum vasculosum laminae terminalis (OVLT) das Durstzentrum im Hypothalamus aktiviert.

Hormonell wird der Flüssigkeitshaushalt in erster Linie vom Antidiuretischen Hormon (ADH) sowie dem Mineralocorticoid Aldosteron geregelt. Bei Blutdruckabfall, Abnahme des Blutvolumens oder Natriummangel wird von den juxtaglomerulären Zellen der Nieren vermehrt Renin abgegeben. In der Blutbahn spaltet Renin das von der Leber gebildete Angiotensinogen zu Angiotensin I. Dieses wird von einem weiteren Enzym, dem Angiotensin Converting Enzyme (ACE) durch Abspaltung eines Tripeptids in Angiotensin II umgewandelt. Angiotensin II wirkt in erster Linie gefäßverengend und damit blutdruckerhöhend, fördert aber vor allem die Produktion von Aldosteron in den Nebennieren und stimuliert das Durstzentrum im Hypothalamus, wodurch ein Durstreiz entsteht. Im Durstzentrum des Hypothalamus werden zusätzlich durch hyperosmolares Blut (= zu wenig Flüssigkeit) Neuronen aktiviert, die im Anschluss das Trinkverhalten auslösen.

Aldosteron, ein Mineralcorticoid, steigert die Rückresorption von Natrium und bewirkt damit eine Flüssigkeitsrückresorption in den proximalen und distalen Tubuli der Nieren. Zusätzlich fördert Aldosteron sowohl im Ileum und Colon als auch in den Schweißdrüsen die Rückresorption von Natrium, um etwaige dort entstehende Verluste zu verhindern.

Diese Hormone wirken also über die Nieren bzw. den Hypothalamus auf die Resorption bzw. Exkretion bestimmter Elektrolyte. Eine besondere Rolle spielt dabei Natrium. Die osmotischen Verhältnisse im Körper werden durch die unterschiedlichen Konzentrationen der

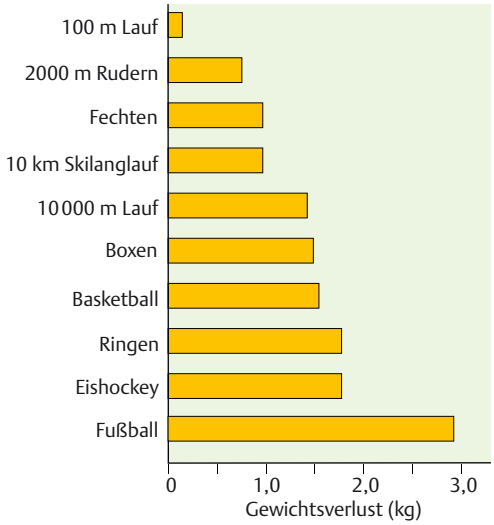


Abb. 7.10 Gewichtsverlust bei der Ausführung unterschiedlicher Sportarten (Konopka 2008).

verschiedenen darin gelösten Substanzen beeinflusst. Natrium bewirkt dabei durch seine Eigenschaften hinsichtlich der Osmolarität eine Flüssigkeitsretention. In der Summe bedeutet dies, dass weniger Flüssigkeit ausgeschieden wird.

Muskelarbeit – vor allem ab 50% der maximalen Leistungsfähigkeit – beeinflusst dieses Gleichgewicht erheblich, da Muskelzellen einen großen Teil der Körperflüssigkeit enthalten (Hollmann u. Hettinger 2000). Bei körperlicher Arbeit kann ein untrainierter Mann durchaus 10–15 ml/h Schweiß verlieren. In 1 h sind das hochgerechnet 600–90 0 ml, ohne Berücksichtigung zusätzlicher Hitzeeinwirkungen. Pro Tag können auf diese Weise z. B. an Arbeitsplätzen, an denen Personen starker Hitze ausgesetzt sind, durchaus Schweißverluste von 12 l in 9 h entstehen (Hollmann u. Hettinger 2000). Dies macht sich natürlich auch hinsichtlich des Körpergewichts bemerkbar. **Abb. 7.10** zeigt hier eine kurze Übersicht. Ein Großteil dieses Gewichtsverlustes ist durch den Verlust von Flüssigkeit zu erklären (Konopka 2008).

Für den Erhalt der extrazellulären Flüssigkeitsmenge im Organismus sind hauptsächlich Na^+ sowie Cl^- verantwortlich (Hollmann u. Hettinger 2000). Der Verlust an Flüssigkeit ist allerdings ohne die dazuzurechnenden Verluste der Mineralstoffe Kalium und Magnesium um ein Vielfaches höher als der Verlust an den daran verantwortlichen Ionen (6–8%). Dies hat in der Regel einen Anstieg der Konzentrationen verschiedener Elektrolyte zur Folge. Bei der Aufnahme von Flüssigkeit sollte deshalb (besonders im Leistungssport) in erster Linie der Ersatz von verloren gegangenem Wasser im Vordergrund stehen (Cordain 2005). Durch die vor allem bei eher untrainierten Personen schlechtere Rückresorption von Natrium kann sich allerdings bei diesem Personenkreis bei zu ho-

her Aufnahmemenge von Wasser das Problem einer zu starken Abnahme der Natriumionen stellen (Almond et al. 2005).

Kalium- und Magnesiumresorption

Die Verluste von Kalium und Magnesium dürfen nicht unterschätzt werden und zum anderen verschieben sich diese beiden insbesondere intrazellulär vorzufindenden Mineralien in den Extrazellularraum (Hollmann u. Hettinger 2000).

Bei der Bestimmung der aufzunehmenden Flüssigkeitsmenge muss beachtet werden, dass diese sich folgendermaßen zusammensetzt:

- ca. 60 % Trinken
- ca. 30 % Wasser aus Nahrung
- ca. 10 % Wasser aus Oxidationsprozessen

Davon gehen auf den folgenden Wegen verloren:

- ca. 60 % Urin
- ca. 20 % Schweißverlust
- ca. 15 % Abatmung über die Lunge
- ca. 5 % Stuhlverlust

Um Flüssigkeit ohne unnötigen Energieverlust aufnehmen zu können, sollte sie annähernd die gleiche osmolare Qualität aufweisen wie unsere Blutflüssigkeit. Ist eine Flüssigkeit im Vergleich mit unserer Blutflüssigkeit zu konzentriert, spricht man von einer hypertonen Flüssigkeit, weist sie eine geringere Konzentration auf, nennt man diese hypotone Flüssigkeit. Eine annähernd gleiche Konzentration bezeichnet man als isotonische Flüssigkeit. Diese Variante stellt die optimale Versorgung für unseren Organismus dar. Bei der Aufnahme von Flüssigkeit unter Belastung sollte allerdings beachtet werden, dass die Aufnahme von Elektrolyten wie Kalium oder Magnesium insofern einen erhöhten Energieverbrauch darstellt, als dieselben unter ATP-Spaltung in die Zellen transportiert werden müssen. Diese Energie steht nun indirekt der Arbeitsmuskulatur nicht mehr zur Verfügung. Während einer Belastung geht aber dennoch eine gewisse Menge Natrium verloren. Weiter ist ein gewisser Ausgleich des während einer Belastung verlorenen Wassers wegen der Aufrechterhaltung der metabolischen Prozesse und vor allem wegen der Temperaturregelung wichtig. Dies sollte dann hinsichtlich der Auswahl bzw. Zusammenstellung eines Belastungsgetränks beachtet werden.

Direkt im Anschluss an eine Belastung ist aufgrund des nun nicht mehr zu beachtenden unnötigen Energieverbrauchs der optimale Zeitpunkt, um die verloren gegangenen Flüssigkeitsmengen aufzunehmen. Gleichzeitig ist diese Phase aber auch günstig, um Glykogenspeicher aufzufüllen: Die Glykogenreserven füllen sich vor allem in den ersten Stunden nach einer Belastung (Cordain 2005) und lassen sich hervorragend durch ein Getränk bestehend aus Flüssigkeit, einer gewissen Menge Kohlenhydrate und (je nach Belastungsdauer und -intensität) Proteinen auffüllen, um den Verlust innerhalb der Muskelmasse sowie des Immunsystems auszugleichen.

Um diese Faktoren so effektiv nutzen zu können sowie nicht unnötige Zeit mit der Aufnahme von Flüssigkeit während einer Belastung zu verbringen, ist es von entscheidender Bedeutung, das eigene Hydrierungsgewicht zu kennen, also das Gewicht, das man hat, wenn der Körper ausreichend hydriert ist. Es gilt allerdings zu beachten, dass bei der Aufnahme hoher Kohlenhydratmengen das Hydrierungsgewicht abweichen kann, da jedes Gramm Glykogen ca. 2,6 g Wasser speichert. Die Aufnahme zu hoher Kohlenhydratmengen kann diesen Wert also verwischen sowie die Gesamtgewichtsmenge erhöhen.

Schlussfolgerung. Sportgetränke sollte die Aufgabe erfüllen, den Schweißverlust weitestgehend zu kompensieren. In diesem Zusammenhang ist erwähnenswert, dass bei zunehmender Dehydrierung des Gesamtorganismus die Magenverweildauer von Flüssigkeiten – unabhängig von ihrer jeweiligen Zusammenstellung – immer länger wird. Die Umverteilung von Blut zugunsten der zunehmend schwierigeren Thermoregulation bedingt eine Minderdurchblutung des Gastrointestinaltraktes und somit eine Verschlechterung der Resorptionskapazität. Bezogen auf die mittlere tägliche Aufnahme der Elektrolyte macht der Verlust von 1200 mg Natrium pro Liter Sportschweiß (bei einer täglichen mittleren Aufnahme bei den Einwohnern Deutschlands von ca. 20–35 g Kochsalz) lediglich 6–8 % aus. 1 l Schweiß kann jedoch, bezogen auf Kalium und Magnesium, bis zu 30 % der täglich aufgenommenen Mengen dieser Elektrolyte enthalten. Auch Spurenelemente, mit zum Teil wichtigen Aufgaben im auf den Sport bezogenen Stoffwechselgeschehen (z. B. Eisen oder Zink), werden in nicht geringen Mengen (bezogen wiederum auf die mittlere Tagesaufnahme) mit bis zu 15 % pro Liter Schweiß, resultierend aus muskulärer Belastung, ausgeschieden. Der Sportdrink sollte also in der Lage sein, sowohl den Wasserverlust als auch den durch die sportliche Belastung herbeigeführten Elektrolyt- bzw. Spurenelementverlust zu kompensieren. Ein sportgerechtes Getränk sollte während der Belastung in erster Linie Wasser und Energie zuführen (mit einer Messerspitze Natrium – ca. 0,9 g/l –, da die Wasser- und Kohlenhydrataufnahme im Dünndarm mit einem Carriersystem arbeitet, das natriumabhängig ist), jedoch in der Nachbelastungsphase zusätzlich die Elektrolytverluste kompensieren.

Sport braucht demnach 2 Getränke: ein Belastungsgetränk und ein Regenerationsgetränk.

Letzteres sollte so konzipiert sein, dass es mit der Menge Flüssigkeit, die zur Kompensation der Schweißverluste nötig ist, dem Organismus in den ersten 4 h nach Beendigung der Belastung schon ca. 4 g Kohlenhydrate pro kg Körpergewicht und 60–80 % der bei der Belastung verloren gegangenen Elektrolyte bereitstellt. Ein tatsächlich empfehlenswertes Beispiel wäre hier aufgrund des

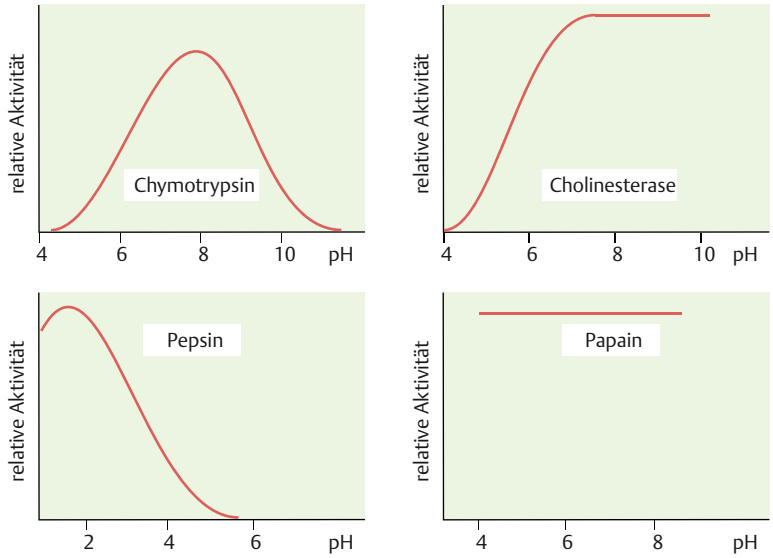


Abb. 7.11 Aktivität einiger Enzyme und optimaler pH-Wert. Jedes Enzym hat seinen eigenen optimalen pH-Wert, der in den unterschiedlichen Körperabschnitten zeitabhängig geregelt wird.

Elektrolytgehalts ein alkoholfreies Weizenbier. Allerdings sollte beachtet werden, dass selbst in alkoholfreien Getränken immer noch kleine Mengen an Alkohol enthalten sind.

Alkohol

Alkohol verhindert den Superkompensationseffekt, der im Wesentlichen von 2 Hormonen (Testosteron und Wachstumhormon) abhängt – beide werden durch Alkohol blockiert.

Die Folge sind eine reduzierte Regeneration sowie verminderte Gewebssynthese, Hormonaktivität und Zellsynthese (z. B. in den Mitochondrien).

Eine gute Faustregel ist, Alkohol in den ersten 4 h nach Beendigung eines Wettkampfs oder intensiven Trainings zu vermeiden, da in dieser Phase der Maximalanstieg von Testosteron und Wachstumshormon (GH) stattfindet. Diese Substanzen sind von größter Bedeutung für Superkompensation, Homöostase sowie für sämtliche Synthesevorgänge.

Säure-Basen-Haushalt

Das Säure-Basen-Gleichgewicht (pH_G) kann als eines der wichtigsten für alle Menschen geltenden homöostatischen Gleichgewichtssysteme angesehen werden. Eine Vielzahl an Faktoren hat Einfluss auf homöostatische Gleichgewichtssysteme (HSG) im Allgemeinen und auf das pH_G im Besonderen. Ist dieses Gleichgewicht gestört, werden spezielle Mechanismen aktiviert, um dieses so schnell wie möglich wieder herzustellen. Die Geschwindigkeit der Wiederherstellung bestimmt die adaptogene Kapazität und kann als eine der sigifikanten Messgrößen für die Bestimmung des Gesundheitszustands angesehen werden (Mastorakos Pavlotav et al. 2005, Mastorakos 2005). Der für sich bereits als ein homöostatisches Gleichgewicht geltende pH-Wert in Geweben beeinflusst *alle* weiteren Gleichgewichtssysteme über die Regulierung der enzymatischen Aktivität. Enzyme können in diesem Zusammenhang als die Substanzen betrachtet werden, die für die Produktion der Stoffe sorgen, die von den die Homöostase regulierenden Systemen für ihre Funktion verwendet werden. Hydrokortison, Noradrenalin sowie Schilddrüsenhormone sind Beispiele für HSG-Regulatoren. Die Hydrokortisonproduktion ist abhängig von einen Enzym namens Cytochrom P450 (CYP17), die Bildung von Noradrenalin und Thyroxin (Schilddrüse) hängt ihrerseits von den Enzymen Tyrosinhydroxylase und Deiodinase (Sewer u. Jagarlapudi 2009, Dammer et al. 2007, Sewer u. Waterman 2002) ab. Jedes dieser Enzyme ist hinsichtlich seiner Aktivität von einem speziellen pH-Wert sowie von einer bestimmten Temperatur abhängig. Das Verhältnis von Enzymaktivität und pH-Wert gleicht häufig einer Glockenkurve. Beispiele für diese Verhältnisse werden in **Abb. 7.11** wiedergegeben. Das Enzym CYP17 unterliegt einem sehr kleinen optimalen pH-Bereich von 6,8–7,9 (Lee-Robichaud et al. 1997). Verändert sich die enzymatische Aktivität durch einen ungünstigen Umgebungs-pH, so hat dies längere Störungen beim einen oder anderen HSG zur Folge. Die Möglichkeit, zu erkranken oder zu verletzen, nimmt zu (McDermid et al. 1988).

Der pH-Wert einer Flüssigkeit ist der negative dekadische Logarithmus aus der Wasserstoffionenkonzentration. Die möglichen pH-Werte werden also auf einer logarithmischen Skala dargestellt (**Abb. 7.12**).

Ein pH-Wert von 7 ist dabei neutral, d.h. es sind genauso viele H^+- wie OH^--Gruppen vorhanden.

Überwiegen die sauren Komponenten, wandert der pH-Wert unter 7; überwiegen basische Komponenten, liegt der pH-Wert über 7.



Abb. 7.12 Logarithmische pH-Skala.

In der Blutbahn sollte der pH-Wert 7,37–7,45 betragen (Heil 2004). Dieser eng begrenzte Bereich ist in allen Lebensabschnitten konstant. Dieser pH-Bereich ist ebenso wichtig für die Struktur und Funktion von Proteinen, für das Verteilungsmuster der (geladenen) Elektrolyte, für die Permeabilität von Membranen und die Funktion von Knochen und Bindegewebe.

Durch die mitochondriale Aktivität, die Produktion an HCl (Proteinverdauung) sowie durch exogene Faktoren (Stress, intensive Körperbewegung, Wahl der Nahrungsmittel), die den pH-Wert verändern können, ist die CO_2-Produktion innerhalb des Energiestoffwechsels hoch. Vor allem die beiden Letzteren scheinen von besonderer Bedeutung zu sein. Unsere Ernährungsweise hat sich innerhalb der letzten 10 000 Jahre vor allem durch Landwirtschaft und Viehzucht auf eine Weise verändert, wie sie innerhalb der Evolution so noch nie vorgekommen ist (Frassetto et al. 2001, Sebastian 2006, Cordain 2005). Vergleicht man das Ernährungsverhalten vor und nach der Einführung dieser Veränderungen, fällt das Vorkommen evolutionär „neuer" Nahrungsmittel auf:

- Milchprodukte
- Getreideeprodukte
- raffinierter Zucker
- raffinierte Öle
- Alkohol
- Kochsalz
- Fruktose
- Kartoffeln
- Tomaten
- Erdnüsse
- Hülsenfrüchte

Diese neuen Nahrungsmittel machen durchschnittlich 72,1 % der konsumierten Gesamtenergiemenge aus (Cordain 2005). Das bedeutet ebenfalls, dass heutzutage andere Lebensmittel weniger vorkommen. Dazu gehören vor allem Obst und Gemüse – diese Nahrungsmittel hatten bei präagrikulturellen Einwohnern noch einen Anteil um die 40 En%.

Alle aufgenommenen Nahrungsinhaltsstoffe werden den Nieren zur Messung der „Nettoladung" in Bezug auf die Alkalität bzw. Azidität (H^+-Ionen) zugeführt. Der niedrigste pH-Wert im Urin, den die Nieren produzieren können, liegt bei 5. Nahrungsmittel mit einem niedrigeren pH-Wert müssen deshalb durch das endogene Puffersystem, das insbesondere auf dem Vorrat an Kalium und Kalzium gepuffert wird. Beispiel: Erfrischungsgetränke können mitunter Phosphorsäure enthalten, die zu einem pH-Wert von 3 führt. Angesichts der Tatsache, dass der niedrigste Urin-pH-Wert bei 5 liegt, müsste die Menge Phosphorsäure in 330 ml Erfrischungsgetränk (etwa 1 Dose) mit Faktor 100 verdünnt werden, um ausgeschieden werden zu können. Es geht in diesem Fall um ca. 33 Liter Wasser. Dies ist nahezu unmöglich oder, anders gesagt, evolutionär nicht vorgesehen. Zur Pufferung der pH-Veränderungen stehen dem Organismus einige Mechanismen zur Verfügung, die vor allem auf Speicherung und Ausscheidung basieren:

Säurespeicherung

- Kalium-Bikarbonatpuffer – ca. 52 % der Pufferkapazität
- Hämoglobinpuffer – ca. 31 % der Pufferkapazität
- Glutaminpuffer – ca. 15 % der Pufferkapazität
- Phosphatbuffer – ca. 2 % der Pufferkapazität

Säureausscheidung

- Nieren (H^+)
- Lungen (CO_2)

Ein saures Milieu beansprucht vor allem den Kalzium-, Kalium- und Glutaminvorrat. Diese Vorräte befinden sich in erster Linie in Knochen (Kalzium), Muskeln (Kalium,

Tab. 7.19 Netto-Effekt (= PRAL-Wert) einiger Lebensmittel hinsichtlich der Wirkung auf den pH-Wert (PRAL = „potential renal acid load", potenzielle renale Säurelast von Nahrungsmitteln, Remer u. Manz 1995)

Lebensmittel	PRAL-Wert	Lebensmittel	PRAL-Wert
Getreide		**Fleisch, Fisch, Eier**	
Naturreis	12,5	Forelle	10,8
Haferflocken	10,7	Truthahn	9,9
Weißbrot	8,2	Huhn	8,7
Spaghetti	7,3	Eier	8,2
Cornflakes	6,0	Rindfleisch	7,8
weißer Reis	4,6	Kabeljau	7,1
Milchprodukte		**Obst**	
Parmesan	34,2	Rosinen	–21,0
Schmelzkäse	28,7	schwarze Johannisbeeren	–6,5
Hartkäse	19,2	Bananen	–5,5
Hüttenkäse	8,7	Aprikosen	–4,8
Vollmilch	0,7	**Gemüse**	
Hülsenfrüchte		**Spinat**	**–14,0**
Erdnüsse	8,3	–5,2	
Linsen	3,5	–4,9	
Erbsen	1,2	–2,5	

positive Werte = sauer (kalziumerschöpfend)
negative Werte = alkalisch (Säurepuffer)

Glutamin) und Anteilen des Immunsystems (resp. Glutamin) Frassetto et al. 1997). Aus evolutionärer Sicht neue Nahrungsmittel haben häufig säuernde Wirkung. Obst und Gemüse haben den bedeutendsten alkalisierenden Einfluss (**Tab. 7.19**).

Natriumchlorid (NaCl, Kochsalz) hat durch den Chloridteil eine saure Wirkung (Devine et al. 1995, Lutz 1984). Die Chlorid-Pufferung läuft über Kalzium; dabei „entkalkt" das NaCl die Knochensubstanz und wirkt indirekt osteoporotisch (Cordain 2005). Dieser Prozess kann gleichzeitig zu NaCl-induzierten Nierensteinen führen (Massey 2007, Halperin et al. 2006).

Die Einnahme von Kaliumbikarbonat ($KHCO_3$) schützt das Puffersystem des Organismus vor Erschöpfung, hat antiosteoporotische Wirkung und verringert die Chance auf die Entwicklung von Nierensteinen (New et al. 2000, Tucker et al. 1999). Eine Supplementierung mit Kaliumbikarbonat bzw. eine Erhöhung des Konsums an Obst und Gemüse zählen zu den effektivsten Maßnahmen gegen durch Nahrung und intensive körperliche Belastung hervorgerufene Übersäuerung (Morris et al. 2006, Morris et al. 1999).

Intensive körperliche Belastung führt durch die Produktion von Laktat zur Säuerung des Milieus. Hinsichtlich der Ausscheidung über die Nieren konkurriert Laktat mit Harnsäure. Diese ist insbesondere ein Nebenprodukt aus dem Fruktosestoffwechsel (Johnson et al. 2009a, Johnson et al. 2009b). Fruktose wird über ein nichtgesättigtes Enzymsystem in Triglyzeride umgewandelt. Dieser Prozess läuft über das Enzym Ketohexokinase (KHK, Johnson 2009a, **Abb. 7.13**).

KHK und das Enzym, das den Glukosestoffwechsel reguliert (Phosphorfruktokinase [PFK]), unterscheiden sich darin, dass PFK durch ihren eigenen Metaboliten (Fruktose-1,6-Biphosphat) gebremst wird, was bei KHK nicht der Fall ist. PFK wird also durch negative Rückkoppelung gebremst und KHK nicht. Die enzymatische Umwandlung von Glukose und Fruktose erfordert eine Aktivierungsenergie, ATP. ATP wird nach Verwendung in ADP umgewandelt und danach normalerweise wieder in ATP. Die Rückumwandlung von ADP in ATP kann dadurch gestört

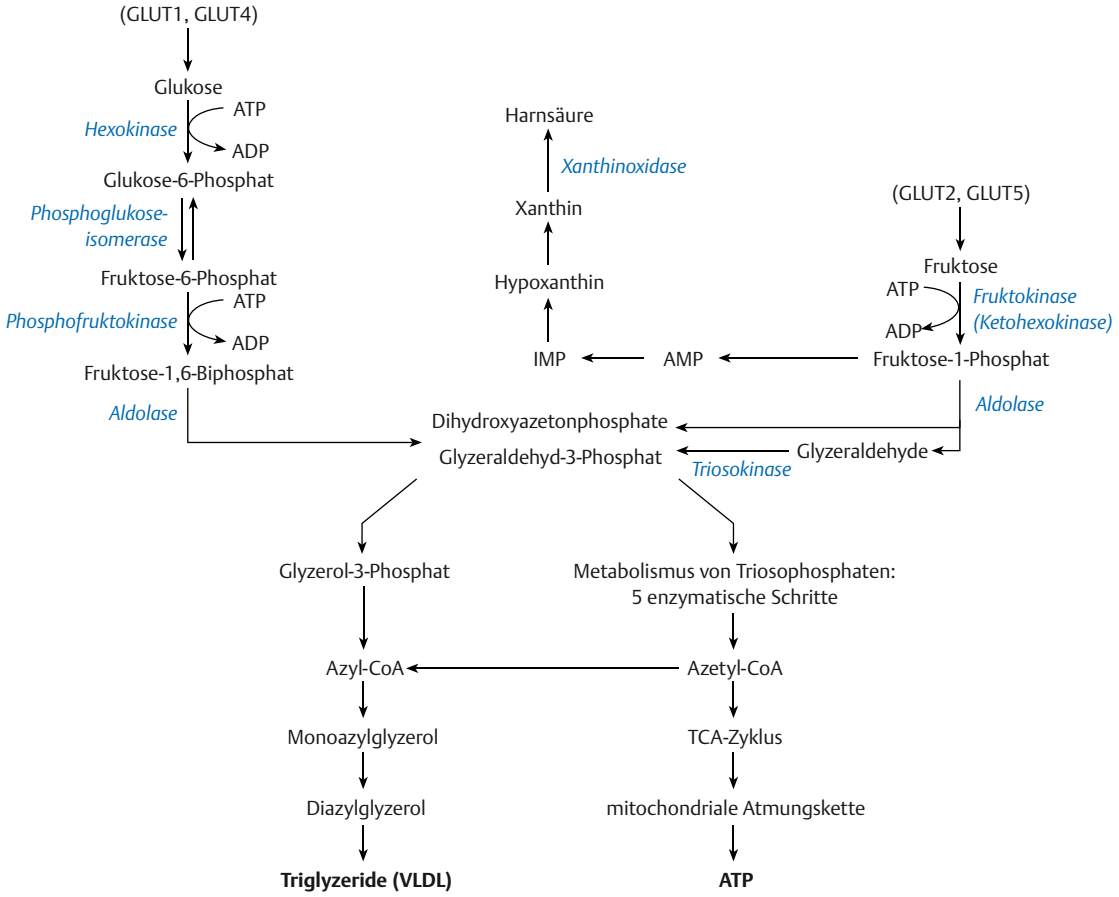


Abb. 7.13 Umbildung von Glukose und Fruktose über spezielle Wirkungsmechanismen. Der Fruktosestoffwechsel wird nicht gehemmt, wohingegen die Glukoseumbildung über ein negatives Feedback von Fruktose-1,6-Biphosphat auf die Phosphofruktokinase limitiert wird.

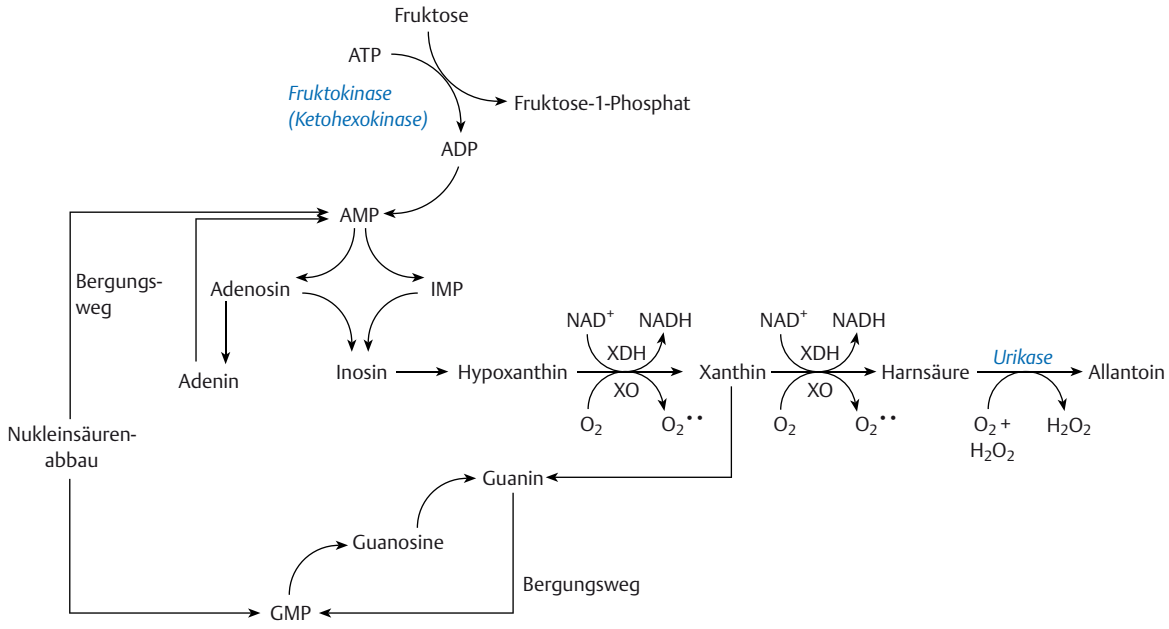


Abb. 7.14 Produktion von Urinsäure durch Abbau von ATP in einem kontinuierlichen Fruktosemetabolismus. Die entstandene Urinsäre kann nicht anschließend aufgespaltet werden, da der Mensch die Fähigkeit, Urikase zu produzieren, schon vor Millionen von Jahren durch das Auftreten von 3 Mutationen innerhalb des urikasebildenden Gens verloren hat (nach Johnson et al. 2009a).

werden, dass der ATP-Vorrat zu Ende geht – eine Situation, die aufgrund der negativen Rückkopplung innerhalb des Glukosemetabolismus aber nur selten auftritt. Der Fruktosestoffwechsel kennt keine derartige Bremse, wodurch eine erhöhte Fruktosezufuhr zu einem kontinuierlichen Verbrauch von ATP führen kann. ATP wird zunächst in ADP umgewandelt, dann in AMP und Xanthin. Als letztes entsteht schließlich Urinsäure (**Abb. 7.14**, Johnson et al. 2009a). Aufgrund einer Mutation des Gens für die Urikaseproduktion sind Menschen nicht in der Lage, Urinsäure durch Urikase in Allantoine aufzuspalten (Watanabe et al. 2002).

Seit 1976 ist die Fruktosezufuhr von durchschnittlich 19 englischen Pfund auf 64 Pfund gestiegen (USA, Gerrior 2001). Diese Zunahme kommt auch durch den Verzehr von Softdrinks und Fruchtsäften zustande, vor allem aber dadurch, dass unzähligen Lebensmitteln Fruktose hinzugefügt wird, da sie 10-mal mehr Süßewirkung hat als Sukrose (Zucker) und daher viel kostengünstiger ist. Die sehr hohe Fruktosezufuhr wird mit vielen Krankheitsbildern assoziiert, z. B. Diabetes, Übergewicht, Herz- und Gefäßproblemen (Bluthochdruck), Osteoporose, Muskelverletzungen und Fettlebersyndrom (Johnson et al. 2009a, Johnson et al. 2009b, Le et al. 2009, Spruss u. Bergheim 2009, Cave et al. 2007).

Eine logische Folge der Produktion von Urinsäure aufgrund erhöhten Konsums von fruktosehaltigen Lebensmitteln (Zucker, Softdrinks, Fruchtsäfte, zusätzliche Süßungsmittel, Fruktoseanreicherung) ist eine verminderte Ausscheidungskapazität von Milchsäuren und damit eine potenzielle Grenze der körperlichen Belastbarkeit. Daher erhöht die Kombination von Sport und Fruktoseverbrauch die Urinsäurewerte und verringert die Leistungsfähigkeit (Ohno et al. 2008).

Zusammenfassung

Für alle Menschen, für Sportler ebenso wie für jeden Menschen, der körperliche Arbeit verrichtet, sind nichtraffinierte Lebensmittel wie Gemüse und Früchte die beste Quelle für Kohlenhydrate. Fruchtsäfte müssen als raffiniertes Produkt mit einem zu hohen Fruktosegehalt betrachtet werden, der zu einer Überproduktion von Urinsäure und damit zu vermindertem Milchsäureabbau und geringerer Milchsäureausscheidung führt. Milchsäure kann bis zu einer bestimmten Menge vom zentralen Nervensystem verbraucht werden; wird die Stoffwechselgrenze erreicht, treten durch die doppelte Versäuerung von Urin- und Milchsäuren Muskelermüdung und zentrale Erschöpfung auf. Sportler sollten so wenig Kochsalz wie möglich zu sich nehmen. Eine akzeptable Alternative ist der Gebrauch von Natriumzitrat. Kaliumchloride kommen nicht infrage, weil ihr Chloridanteil Versäuerung bewirkt und dem Bewegungsapparat dadurch wichtige Mineralien verloren gehen. Optimale Lebensmittel sind Fisch, Fleisch, Nüsse, Obst und Gemüse.

Literatur

Aguilo A et al. Antioxidant diet supplementation influences blood iron status in endurance athletes. Int J Sport Nutr Exerc Metab 2004; 14(2): 147–160.

Aiello L, Wheeler P. The expensive tissue hypothesis. Current Anthropology 1995; 36(2): 199–221.

Ainslie PN, Campbell IT et al. Physiological, metabolic, and performance implications of a prolonged hill walk: influence of energy intake. J Appl Physiol 2003; 94(3): 1075–1083.

Alexy U et al. Long-term protein intake and dietary potential renal acid load are associated with bone modeling and remodeling at the proximal radius in healthy children. Am J Clin Nutr 2005; 82: 1107–1114.

Almond C et al. Hyponatremia among runners in the Boston Marathon. N Engl J Med 2005; 352(15): 1550–1556.

Aoi W. Exercise and food factors. Forum Nutr 2009; 61: 147–155.

Bachner-Melman R, Zohar AH et al. How anorexic-like are the symptom and personality profiles of aesthetic athletes? Med Sci Sports Exerc 2006; 38(4): 628–636.

Bassit R et al. Branched-Chain Amino Acid Supplementation and the Immune Response of Long-Distance Athletes Nutrition 2002; 18: 376–379.

Beals KA, Manore MM. The prevalence and consequences of subclinical eating disorders in female athletes. Int J Sport Nutr 1994; 4(2): 175–195.

Beauchamp G et al. Phytochemistry: Ibuprofen-like activity in extra-virgin olive oil. Nature 2005; 437: 45–46.

Beaumier L, Castillo L, Ajami AM, Young VR. Urea cycle intermediate kinetics and nitrate excretion at normal and "therapeutic" intakes of arginine in humans. Am J Physiol. 1995; 269 (5 Pt 1): E884–96.

Beckmann G, Rüffer A. Mikroökologie des Darmes. Bad Bocklet: Schlütersche; 2007.

Bergouignan A et al. Metabolic fate of saturated and monounsaturated dietary fats: the Mediterranean diet revisited from epidemiological evidence to cellular mechanisms. Prog Lipid Res 2009; 48(3–4): 128–147.

Besset A et al. Increase in sleep related GH and Prl secretion after chronic arginine aspartate administration in man. Acta Endocrinol (Kopenh) 1982; 99(1): 18–23.

Bickel PE. Metabolic fuel selection: the importance of being flexible. J Clin Invest 2004; 114(11): 1547–1549.

Biesalski K. Fette. In: Biesalski K. Ernährungsmedizin. Stuttgart: Thieme; 2004.

Bishop NC, Gleeson M. Acute and chronic effects of exercise on markers of mucosal immunity. Front Biosci 2009; 14: 4444–4456.

Blomstrand E et al. Branched-Chain Amino Acids Activate Key Enzymes in Protein Synthesis after Physical Exercise. J Nutr 2006; 136: 269S–273S.

Boger RH. When the endothelium cannot say "NO" anymore. ADMA, an endogenous inhibitor of NO synthase, promotes cardiovascular disease. Eur Heart J. 2003; 24 (21): 1901–1902.

Brestoff JR, Clippinger B et al. An acute bout of endurance exercise but not sprint interval exercise enhances insulin sensitivity. Appl Physiol Nutr Metab 2009; 34(1): 25–32.

Brilla L et al. Effect of magnesium supplementation on strength training in humans. J Am Coll Nutr 1992; 11: 326–329.

Brunton JA, Bertolo RF, Pencharz PB, Ball RO. Proline ameliorates arginine deficiency during enteral but not parenteral feeding in neonatal piglets. Am J Physiol. 1999; 277 (2 Pt 1): E223–231.

Burgerstein L. Handbuch der Nährstoffe. Stuttgart: Thieme; 2002.

Burke D et al. Effect of Creatine and Weight Training on Muscle Creatine and Performance in Vegetarians. Sports & Exercise 2003; 35(11): 1946–1955.

Burke L et al. Carbohydrate loading failed to improve 100-m cycling performance in a placebo controlled trial. J Appl Physiol 2000; 88: 1284–1290.

Burke L. Nutrition for post-exercise recovery. Aust J Sci Med Sport 1997; 29(1): 3–10.

Cabri J. Kontraktile Elemente der quergestreiften Muskulatur. In: van den Berg F. Angewandte Physiologie. Band 1. Stuttgart: Thieme; 1999.

Calder PC. N-3 polyunsaturated fatty acids and inflammation: from molecular biology to the clinic. Lipids 2003; 38(4): 343–352.

Campbell B et al. International Society of Sports Nutrition position stand: protein and exercise. Journal of the International Society of Sports Nutrition 2007; 4: 8.

Castell L, Newsholme E. The relation between glutamine and the immunodepression observed in exercise. Amino Acids 2001; 20: 49–61.

Castell L. Glutamine supplementation in vitro and in vivo, in exercise and in immunodepression. Sports Med 2003; 33(5): 323–345.

Cave M, Deaciuc I et al. Nonalcoholic fatty liver disease: predisposing factors and the role of nutrition. J Nutr Biochem 2007; 18(3): 184–195.

Chakravarthy M, Booth F. Eating, exercise, and "thrifty" genotypes: connecting the dots toward an evolutionary understanding of modern chronic diseases. J Appl Physiol 2004; 96: 3–10.

Chilibeck P et al. Creatine monohydrate and resistance training increase bone mineral content and density in older men. J Nutr Health Aging 2005; 9(5): 352–353.

Claessens M et al. The effect of a low-fat, high-protein or high-carbohydrate ad libitum diet on weight loss maintenance and metabolic risk factors. Int J Obes (Lond) 2009; 33(3): 296–304.

Cooke M et al. Creatine supplementation enhances muscle force recovery after eccentrically-induced muscle damage in healthy individuals. Journal of the International Society of Sports Nutrition 2009; 6: 13.

Cordain L et al. Modulation of immune function by dietary lectins in rheumatoid arthritis. British Journal of Nutrition 2000; 83: 207–217.

Cordain L et al. The paradoxical nature of hunter-gatherer diets: meat-based, yet non-atherogenic. Eur J Clin Nutr 2002; 56 (Suppl 1): 42–52.

Cordain L. The paleo diet for athletes. USA 2005.

Corpeleijn E, Saris WH et al. Metabolic flexibility in the development of insulin resistance and type 2 diabetes: effects of lifestyle. Obes Rev. 2009; 10(2): 178–193.

Costill D. Inside running. Indianapolis; 1986.

Couillard C et al. Effects of endurance exercise training on plasma HDL cholesterol levels depend on levels of triglycerides: evidence from men of the Health, Risk Factors, Exercise Training and Genetics (HERITAGE) Family Study. Arterioscler Thromb Vasc Biol 2001; 21(7): 1226–1232.

Cousins RJ, Blanchard RK et al. Regulation of zinc metabolism and genomic outcomes. J Nutr 2003; 133 (5, Suppl 1): 1521S–1526S.

Currell K, Jeukendrup A. Superior endurance performance with ingestion of multiple transportable carbohydrates. Med Sci Sports Exerc 2008; 40(2): 275–281.

Cury-Boaventura M et al. Effects of exercise on leukocyte death: prevention by hydrolyzed whey protein enriched with glutamine dipeptide. Eur J Appl Physiol 2008; 103: 289–294.

Dammer EB, Leon A et al. Coregulator exchange and sphingosine-sensitive cooperativity of steroidogenic factor-1, general control nonderepressed 5, p54, and p160 coactivators regulate cyclic adenosine 3',5'-monophosphate-dependent cytochrome P450c17 transcription rate. Mol Endocrinol 2007; 21(2): 415–438.
Dantzer R, O'Connor JC et al. From inflammation to sickness and depression: when the immune system subjugates the brain. Nat Rev Neurosci 2008; 9(1): 46–56.
Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE). Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Frankfurt; 2000.
Devine A et al. A longitudinal study of the effect of sodium and calcium intakes on regional bone density in Postmenopausal women. Am J Clin Nutr 1995; 62: 740–745.
Doenecke D et al. Karlsons Biochemie und Pathobiochemie. Stuttgart: Thieme; 1994.
Duus P. Neurologisch topische Diagnostik – Anatomie, Physiologie, Klinik. Stuttgart: Thieme; 2001.
Eaton S, Konner M. Paleolithic nutrition. A consideration of its nature and current implications. N Engl J Med 1985; 312(5): 283–289.
Eckerson J et al. Effect of creatine phosphate supplementation on anaerobic working capacity and body weight after two and six days of loading in men and women. J Strength Cond Res 2005; 19(4): 756–763.
Elmadfa I et al. Die große GU Nährwert Kalorien Tabelle. München: Gräfe & Unzer; 2008.
Epstein F. Glucose Transporters and Insulin Action. The New England Journal of Medicine 1999; 341(4): 248–257.
Fasano A, Shea-Donohue T. Mechanisms of Disease: the role of intestinal barrier function in the pathogenesis of gastrointestinal autoimmune diseases. Nature Clinical Practice Gastroenterology & Hepatology 2005; 2(9): 416–422.
Fatouros IG, Nikolaidis MG et al. The Intensity of Resistance Exercise Determines Adipokine and Resting Energy Expenditure Responses in Overweight Elderly. Diabetes Care 2009
Faure H et al. Parenteral supplementation with zinc in surgical patients corrects postoperative serum-zinc drop. Biol Trace Elem Res 1991; 30(1): 37–45.
Favano A et al. Peptide Glutamine Supplementation For Tolerance Of Intermittent Exercise in Soccer Players. Clinics 2008; 63(1): 27–32.
Fernández-Veledo S et al. Hyperinsulinemia induces insulin resistance on glucose and lipid metabolism in a human adipocytic cell line: paracrine interaction with myocytes. J Clin Endocrinol Metab 2008; 93(7): 2866–2876.
Florentino RF. Symposium on diet, nutrition and immunity. Asia Pac J Clin Nutr 2009; 18(1): 137–142.
Foster-Powell K et al. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. Am J Clin Nutr 2002; 76: 5–56.
Fraker PJ, King LE. Reprogramming of the immune system during zinc deficiency. Annu Rev Nutr 2004; 24: 277–298.
Frassetto L et al. Diet, evolution and aging. The pathophysiologic effects of the post-agricultural inversion of the potassium-to-sodium and base-to-chloride ratios in the human diet. Eur J Nutr 2001; 40: 200–213.
Frassetto L et al. Metabolic and physiologic improvements from consuming a paleolithic, hunter-gatherer type diet. European Journal of Clinical Nutrition 2009; 1–9.
Frassetto L et al. Potassium bicarbonate reduces urinarynitrogen excretion in postmenopausal women. J Clin Endocrinol Metabol 1997; 82: 254–259.
Friedrich W. Optimale Sporternährung. Balingen: Spitta; 2008.
Fürst P. Proteine. In: Biesalski K, Hrsg. Ernährungsmedizin. Stuttgart: Thieme; 2004.
Galgani JE, Moro C et al. Metabolic flexibility and insulin resistance. Am J Physiol Endocrinol Metab 2008; 295(5): E1009–1017.
Gleeson M. Can nutrition limit exercise-induced immunodepression? Nutr Rev 2006a; 64(3): 119–131.
Gleeson M. Dosing and efficacy of glutamine supplementation in human exercise and sport training. J Nutr 2008; 138(10): 2045S–2049S.
Gleeson M. Immune system adaptation in elite athletes. Curr Opin Clin Nutr Metab Care 2006b; 9(6): 659–665.
Gomez-Cabrera M et al. Moderate exercise is an antioxidant: Upregulation of antioxidant genes by training. Free Radical Biology & Medicine 2007
Gomez-Merino D, Drogou C et al. Effects of combined stress during intense training on cellular immunity, hormones and respiratory infections. Neuroimmunomodulation 2005; 12(3): 164–172.
Greenhaff P. Creatine and its application as an ergogenic aid. Int J Sport Nutr 1995; Suppl 5: 100–110.
Gröber U. Orthomolekulare Medizin. Stuttgart: Hippokrates; 2008.
Gröbner W. Hyperurikämie und Gicht. In: Biesalski K et al. Ernährungsmedizin. Stuttgart: Thieme; 2004.
Guarner F. Enteric flora in health and disease. Digestion 2006; 73 (Suppl 1): 5–12.
Haaland DA, Sabljic TF et al. Is regular exercise a friend or foe of the aging immune system? A systematic review. Clin J Sport Med 2008; 18(6): 539–548.
Haas H. Trainingstherapie. In: van den Berg F. Angewandte Physiologie. Bd. 3. Stuttgart: Thieme; 2001.
Haddy F, Pamnani M. Role of dietary salt in hypertension. J Am Coll Nutr 1995; 14(5): 428–438.
Halperin ML, Cheema-Dhadli S et al. Control of potassium excretion: a Paleolithic perspective. Curr Opin Nephrol Hypertens 2006; 15(4): 430–436.
Harland B, Oberleas D. Effects of Dietary Fiber and Phytate on the Homeostasis and Bioavailability of Minerals. In: Spiller A. CRC Handbook of Dietary Fiber in Human Nutrition. 3rd edition. CRC Press 2001; 161–170.
Hawley J et al. Carbohydrate-loading and exercise performance. An update. Sports Med 1997; 24(2): 73–81.
Hollman W, Hettinger T. Sportmedizin – Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin. Stuttgart: Thieme; 2000.
Hopwood N, Maswanganyi T et al. Comparison of anorexia, lethargy, and fever induced by bacterial and viral mimetics in rats. Can J Physiol Pharmacol 2009; 87(3): 211–220.
Horgan GW, Stubbs J. Predicting basal metabolic rate in the obese is difficult. EJCN 2003; 57: 335.
Horn F et al. Biochemie des Menschen. Stuttgart: Thieme; 2002.
Hosea Blewett HJ, Rector ES et al. Altered ex vivo cytokine production in zinc-deficient, pair-fed and marginally zinc-deficient growing rats is independent of serum corticosterone concentrations. Br J Nutr 2008; 100(4): 820–828.
Hosea HJ, Rector ES et al. Dietary zinc deficiency lowers the proportions of splenic CD90+ (Thy-1+) B-cells and late thymic emigrant T-cells in growing rats. Br J Nutr 2007; 98(6): 1108–1111.
Ingram C et al. Lactose digestion and the evolutionary genetics of lactase persistence. Hum Genet 2009; 124: 579–591.
Ivy J et al. Post exercise carbohydrate-protein supplementation: phosphorylation of muscle proteins involved in glycogen synthesis and protein translation. Amino Acids 2008; 35(1): 89–97.

Jeukendrup A et al. Exogenous carbohydrate oxidation during ultraendurance exercise. J Appl Physiol 2006; 100: 1134–1141.
Jeukendrup A. Carbohydrate Intake During Exercise and Performance. Nutrition 2004; 20: 669–677.
Jeukendrup A. Effects of pre-exercise ingestion of differing amounts of carbohydrate on subsequent metabolism and cycling performance. Eur J Appl Physiol 2003; 88: 444–452.
Jeukendrup A. et al. Effect of beverage glucose and sodium content on fluid delivery. Nutrition & Metabolism 2009; 6: 9.
Johnson RJ, Perez-Pozo SE et al. Hypothesis: could excessive fructose intake and uric acid cause type 2 diabetes? Endocr Rev 2009a; 30(1): 96–116.
Johnson RJ, Sautin YY et al. Lessons from comparative physiology: could uric acid represent a physiologic alarm signal gone awry in Western society? J Comp Physiol B 2009b; 179(1): 67–76.
Johnstone A et al. Effects of a high-protein ketogenic diet on hunger, appetite, and weight loss in obese men feeding ad libitum. Am J Clin Nutr 2008; 87: 44–55.
Karlsson H et al. Branched-chain amino acids increase p70S6k phosphorylation in human skeletal muscle after resistance exercise. Am J Physiol Endocrinol Metab 2004; 287: E1–E7.
Kerksick C et al. International Society of Sports Nutrition position stand: Nutrient Timing. Journal of the International Society of Sports Nutrition 2008; 5: 17.
Klinke R, Silbernagel S. Lehrbuch der Physiologie. Stuttgart: Thieme; 2003.
Koerber K, Männle T, Leitzmann C. Vollwert-Ernährung. Stuttgart: Haug; 2004.
Konig D, Weinstock C et al. Zinc, iron, and magnesium status in athletes – influence on the regulation of exercise-induced stress and immune function. Exerc Immunol Rev 1998; 4: 2–21.
Konopka P. Sporternährung – Leistungsförderung durch vollwertige und bedarfsangepasste Ernährung. München: BLV; 2008.
Koopman R et al. Combined ingestion of protein and free leucine with carbohydrate increases postexercise muscle protein synthesis in vivo in male subjects. Am J Physiol Endocrinol Metab 2005; 288: E645–E653.
Kurpad A et al. Branched-Chain Amino Acid Requirements in Healthy Adult Human Subjects. J Nutr 2006; 136: 256S–263S.
Lagranha C et al. The effect of glutamine supplementation and physical exercise on neutrophil function. Amino Acids 2008; 34: 337–346.
Lakier Smith L. Overtraining, excessive exercise, and altered immunity: is this a T helper-1 versus T helper-2 Lymphozyte response? Sports Med 2003; 33(5): 347–364.
Lambertucci R et al. Effects of aerobic exercise training on antioxidant enzyme activities and mRNA levels in soleus muscle from young and aged rats. Mechanisms of Ageing and Development 2007; 128: 267–275.
Larzelere MM, Jones GN. Stress and health. Prim Care 2008; 35(4): 839–856.
Law Y et al. Effects of two and five days of creatine loading on muscular strength and anaerobic power in trained athletes. J Strength Cond Res 2009; 23(3): 906–914.
Le KA, Ith M et al. Fructose overconsumption causes dyslipidemia and ectopic lipid deposition in healthy subjects with and without a family history of type 2 diabetes. Am J Clin Nutr 2009; 89(6): 1760–1765.
Lee-Robichaud P, Kaderbhai MA et al. Interaction of human CYP17 (P-450(17alpha), 17alpha-hydroxylase-17,20-lyase) with cytochrome b5: importance of the orientation of the hydrophobic domain of cytochrome b5. Biochem J 1997; 321(Pt 3): 857–863.
Lemon P. Effects of exercise on dietary protein requirements. Int J Sport Nutr 1998; 8(4): 426–447.
Li P, Yin YL et al. Amino acids and immune function. Br J Nutr 2007; 98(2): 237–252.
Liesen H, Baum M. Sport und Immunsystem. Stuttgart: Thieme; 1997.
Lindeberg S et al. Serum uric acid in traditional Pacific Islanders and in Swedes. Journal of Internal Medicine 2004; 255: 373–378.
Long KZ, Nanthakumar N. Energetic and nutritional regulation of the adaptive immune response and trade-offs in ecological immunology. Am J Hum Biol 2004; 16(5): 499–507.
Lukaski H. Magnesium, zinc, and chromium nutriture and physical activity. Am J Clin Nutr 2000; 72 (Suppl): 585s–593s.
Macchi C et al. Higher circulating levels of uric acid are prospectively associated with better muscle function in older persons. Mechanisms of Ageing and Development 2008; 129: 522–527.
Malaguti M et al. High-protein-PUFA supplementation, red blood cell membranes, and plasma antioxidant activity in volleyball athletes. Int J Sport Nutr Exerc Metab 2008; 18(3): 301–312.
Manjarrez G, Herrera R, Leon M, Hernandez RJ. A low brain serotonergic neurotransmission in children with type 1 diabetes detected through the intensity dependence of auditory-evoked potentials. Diabetes Care. 2006; 29 (1): 73–77.
Marcos A, Nova E et al. Changes in the immune system are conditioned by nutrition. Eur J Clin Nutr 2003; 57 (Suppl 1): S66–69.
Marcotty C et al. Insulin-like growth factor I (IGF-I) from cow colostrum: purification and characterization. Growth Regul 1991; 1(2): 56–61.
Martin LB, Weil ZM et al. Seasonal changes in vertebrate immune activity: mediation by physiological trade-offs. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci 2008; 363(1490): 321–339.
Massaro M et al. Direct vascular antiatherogenic effects of oleic acid: a clue to the cardioprotective effects of the Mediterranean diet. Cardiologia 1999; 44(6): 507–513.
Massey LK. Food oxalate: factors affecting measurement, biological variation, and bioavailability. J Am Diet Assoc 2007; 107(7): 1191–1194; Quiz 1195–1196.
Mastorakos G, Pavlatou M et al. Exercise and the stress system. Hormones (Athens) 2005; 4(2): 73–89.
Mastorakos G, Pavlatou M. Exercise as a stress model and the interplay between the hypothalamus-pituitary-adrenal and the hypothalamus-pituitary-thyroid axes. Horm Metab Res 2005; 37(9): 577–584.
Mayes P. Intermediary metabolism of fructose. Am J Clin Nutr 1993; 58 (Suppl): 754–765.
McDade TW. Life history theory and the immune system: steps toward a human ecological immunology. Am J Phys Anthropol Suppl 2003; 37: 100–125.
McDermid AS, McKee AS et al. Effect of environmental pH on enzyme activity and growth of Bacteroides gingivalis W50. Infect Immun 1988; 56(5): 1096–1100.
McTiernan A. Mechanisms linking physical activity with cancer. Nat Rev Cancer 2008; 8(3): 205–211.
Moore SE, Collinson AC et al. Early immunological development and mortality from infectious disease in later life. Proc Nutr Soc 2006; 65(3): 311–318.
Morris Jr. RC, Schmidlin O et al. Differing effects of supplemental KCl and $KHCO_3$: pathophysiological and clinical implications. Semin Nephrol 1999; 19(5): 487–493.
Morris Jr. RC, Schmidlin O et al. Relationship and interaction between sodium and potassium. J Am Coll Nutr 2006; 25(Suppl 3): 262S–270S.

Muskiet F, Veer E. Vitamine D: waar liggen de grenzen van deficiëntie, adequate status und toxiciteit? Ned Tijdschr Klin Chem Labgeneesk 2007; 32: 150–158.
Muskiet F. Our meals should be based on primitive man's eating patterns. Universität Groningen, 2008. Online im Internet: http://www.rug.nl/corporate/nieuws/opinie/2008/010_08?lang=en; Stand: 17.05.2010.
New SA et al. Dietary influences on bone mass and bone metabolism: further evidence of a positive link between fruit and vegetable consumption and bone health? Am J Clin Nutr 2000; 71: 142–151.
Nickols-Richardson S. et al. Perceived hunger is lower and weight loss is greater in overweight premenopausal women consuming a low-carbohydrate/high-protein vs high-carbohydrate/low-fat diet. J Am Diet Assoc 2005; 105(9): 1433–1437.
Nieman DC, Bishop NC. Nutritional strategies to counter stress to the immune system in athletes, with special reference to football. J Sports Sci 2006; 24(7): 763–772.
Nieman DC, Henson DA et al. Beta-glucan, immune function, and upper respiratory tract infections in athletes. Med Sci Sports Exerc 2008; 40(8): 1463–1467.
Nieman DC, Henson DA et al. Immune changes: 2 h of continuous vs. intermittent cycling. Int J Sports Med 2007a; 28(7): 625–630.
Nieman DC, Henson DA et al. Quercetin reduces illness but not immune perturbations after intensive exercise. Med Sci Sports Exerc 2007b; 39(9): 1561–1569.
Nieman DC. 2007; Marathon training and immune function. Sports Med 37(4–5): 412–415.
Nieman DC. Immunonutrition support for athletes. Nutr Rev 2008; 66(6): 310–320.
Noack R. Energiehaushalt. In: Biesalski HK et al. Ernährungsmedizin. Stuttgart: Thieme; 2004.
Noakes M et al. Effect of an energy-restricted, high-protein, low-fat diet relative to a conventional high-carbohydrate, low-fat diet on weight loss, body composition, nutritional status, and markers of cardiovascular health in obese women. Am J Clin Nutr 2005; 81(6): 1298–1306.
Norton L, Kayman D. Leucine Regulates Translation Initiation of Protein Synthesis in Skeletal Muscle after Exercise. J Nutr 2006; 136: 533S–S537.
O'Dea K. Marked improvement in carbohydrate and lipid metabolism in diabetic Australian aborigines after temporary reversion to traditional lifestyle. Diabetes 1984; 33: 596–603.
O'Dea K. Preventable chronic diseases among indigenous Australians: the need for a comprehensive national approach. Heart Lung Circ 2005; 14(3): 167–171.
Ogbolu DO, Oni AA et al. In vitro antimicrobial properties of coconut oil on Candida species in Ibadan, Nigeria. J Med Food 2007; 10(2): 384–387.
Ohno M, Ka T et al. Effects of exercise and grape juice ingestion in combination on plasma concentrations of purine bases and uridine. Clin Chim Acta 2008; 388(1–2): 167–172.
Paddon-Jones et al. Amino acid ingestion improves muscle protein synthesis in the young and elderly. Am J Physiol Endocrinol Metab 2004; 286: E321–E328.
Pedersen BK. The anti-inflammatory effect of exercise: its role in diabetes and cardiovascular disease control. Essays Biochem 2006; 42: 105–117.
Pehowich DJ, Gomes AV et al. Fatty acid composition and possible health effects of coconut constituents. West Indian Med J 2000; 49(2): 128–133.
Peterson M, Herber R. Intestinal sucrase deficiency. Trans Assoc Am Phys 1967; 80: 275–283.
Pichon L et al. A High-Protein, High-Fat, Carbohydrate-Free Diet Reduces Energy Intake, Hepatic Lipogenesis, and Adiposity in Rats. J Nutr 2006; 136: 1256–1260.
Pikosky M et al. Increased protein maintains nitrogen balance during exercise-induced energy deficit. Med Sci Sports Exerc 2008; 40(3): 505–512.
Poortmans J, Dellalieux O. Do regular high protein diets have potential health risks on kidney function in athletes? Int J Sport Nutr Exerc Metab 2000; 10(1): 28–38.
Preen D et al. Creatine supplementation: a comparison of loading and maintenance protocols on creatine uptake by human skeletal muscle. Int J Sport Nutr Exerc Metab 2003; 13(1): 97–111.
Prentice AM. The thymus: a barometer of malnutrition. Br J Nutr 1999; 81(5): 345–347.
Protein intake and by sodium bicarbonate ingestion. Am J Clin Nutr 1984; 39: 281–288.
Raberg L, Grahn M et al. On the adaptive significance of stress-induced immunosuppression. Proc Biol Sci 1998; 265(1406): 1637–1641.
Raberg L, Vestberg M et al. Basal metabolic rate and the evolution of the adaptive immune system. Proc Biol Sci 2002; 269(1493): 817–821.
Reeds DN, Cade WT, Patterson BW, Powderly WG, Klein S, Yarasheski KE. Whole-body proteolysis rate is elevated in HIV-associated insulin resistance. Diabetes 2006; 55 (10): 2849–2855.
Reeds PJ, Burrin DG. Glutamine and the bowel. J Nutr 2001; 131 (9 Suppl): 2505S-S8S, discussion 2523S-4S.
Rehner G, Daniel H. Biochemie der Ernährung. Heidelberg: Spektrum; 2002.
Remer T. Influence of nutrition an acid-base balance – metabolic aspects. Eur J Nutr 2001; 40(5): 214–220.
Resch M, Haász P. The first epidemiologic survey among Hungarian elite athletes: eating disorders, depression and risk factors. Orv Hetil 2009; 150(1): 35–40.
Resch M. Eating disorders in sports – sport in eating disorders. Orv Hetil 2007; 148(40): 1899–1902.
Rosner MH. Exercise-Associated hyponatremia. Seminars in Nephrologie. 2009; 29(3): 271–281
Rowlands DS, Johnson NA et al. Exogenous glucose oxidation is reduced with carbohydrate feeding during exercise after starvation. Metabolism 2009; 58(8): 1161–1169.
Sachan D et al. Decreasing Oxidative Stress with Choline and Carnitine in Women. Journal of the American College of Nutrition 2005; 24(3): 172–176.
Savino W. The thymus gland is a target in malnutrition. Eur J Clin Nutr 2002; 56 (Suppl 3): S46–S49.
Schmeits BL, VanderJagt DJ et al. Selective retention of n-3 and n-6 fatty acids in human milk lipids in the face of increasing proportions of medium chain-length (C10-14) fatty acids. Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids 1999; 61(4): 219–224.
Schofield C. Predicting basal metabolic rate, new standards and review for previous work. Human Nutrition, Clinical Nutrition 1985; 39(Suppl 1): 5–41.
Scibior D, Czeczot H. Arginine-metabolism and functions in the human organism. Postepy Hig Med Dosw (Online). 2004; 58: 321–332.
Sebastian A, Frassetto LA et al. The evolution-informed optimal dietary potassium intake of human beings greatly exceeds current and recommended intakes. Semin Nephrol 2006; 26(6): 447–453.
Seelig MS. Magnesium requirements in human nutrition. J Med Soc N J 1982; 79(11): 849–850.

Segerstrom SC, Miller GE. Psychological stress and the human immune system: a meta-analytic study of 30 years of inquiry. Psychol Bull 2004; 130(4): 601–630.
Segerstrom SC, Nes LS. Heart rate variability reflects self-regulatory strength, effort, and fatigue. Psychol Sci 2007; 18(3): 275–281.
Segerstrom SC. Optimism and resources: Effects on each other and on health over 10 years. J Res Pers 2007b; 41(4): 772–786.
Segerstrom SC. Social networks and immunosuppression during stress: relationship conflict or energy conservation? Brain Behav Immun 2008; 22(3): 279–284.
Segerstrom SC. Stress, Energy, and Immunity: An Ecological View. Curr Dir Psychol Sci 2007a; 16(6): 326–330.
Sewer MB, Jagarlapudi S. Complex assembly on the human CYP17 promoter. Mol Cell Endocrinol 2009; 300(1–2): 109–114.
Sewer MB, Waterman MR. Transcriptional complexes at the CYP17 CRS. Endocr Res 2002; 28(4): 551–558.
Shimomura Y et al. Nutraceutical Effects of Branched-Chain Amino Acids on Skeletal Muscle. J Nutr 2006; 136: 529S–532S.
Silbernagel S, Lang F. Taschenatlas der Pathophysiology. Stuttgart: Thieme; 1998.
Singh R, Gopalan S et al. Immunonutrition. Indian J Pediatr 2002; 69(5): 417–419.
Skinner GW, Mitchell D et al. Avoidance of physical activity is a sensitive indicator of illness. Physiol Behav 2009; 96(3): 421–427.
Smriga M et al. Exercise-Dependent Preference for a Mixture of Branched-Chain Amino Acids and Homeostatic Control of Brain Serotonin in Exercising Rats. J Nutr 2006; 136: 548S–552S.
Souci S, Fachmann W, Kraut H. Die Zusammensetzung der Lebensmittel, Nährwert-Tabellen. Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft; 2008.
Speich M et al. Minerals, trace elements and related biological variables in athletes and during physical activity. Clinica Chimica Acta 2001; 312: 1–11.
Spittler A, Manhart N, Roth E. Immunologie und Ernährung. In: Biesalski K. Ernährungsmedizin. Stuttgart: Thieme; 2004.
Spruss A, Bergheim I. Dietary fructose and intestinal barrier: potential risk factor in the pathogenesis of nonalcoholic fatty liver disease. J Nutr Biochem 2009; 20(9): 657–662.
Stathis C et al. Purine loss after repeated sprint bouts in humans. J Appl Physiol 1999; 87: 2037–2042.
Staud R, Nagel S et al. Enhanced central pain processing of fibromyalgia patients is maintained by muscle afferent input: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. Pain 2009; 145(1–2): 96–104.
Staud R, Rodriguez ME. Mechanisms of disease: pain in fibromyalgia syndrome. Nat Clin Pract Rheumatol 2006; 22: 90–98.
Staud R. Dietary factors as novel therapies for muscle pain. Curr Rheumatol Rep 2006; 8(6): 409–410.
Stefanidou M, Maravelias C et al. Zinc: a multipurpose trace element. Arch Toxicol 2006; 80(1): 1–9.
Stehle P. Sport und Ernährung. In: Biesalski K. Ernährungsmedizin. Stuttgart: Thieme; 2004.
Stein H et al. Ascorbic acid-induced uricosuria. A consequency of megavitamin therapy. Ann Intern Med 1976; 84(4): 385–388.
Strouse TB. The relationship between cytokines and pain/depression: a review and current status. Curr Pain Headache Rep 2007; 11(2): 98–103.
Sundgot-Borgen J, Torstveit MK. Prevalence of eating disorders in elite athletes is higher than in the general population. Clin J Sport Med 2004; 14(1): 25–32.
Swynghedauw B. Evolutionary medicine. Acta Chir Belg 2004; 104: 132–139.
Takei Y. Comparative Physiology of body fluid regulation in vertebrates with special reference to thirst regulation. Jap J Physiol 2000; 50: 171–186.
Tarnopolsky M et al. Evaluation of protein requirements for trained strength athletes. Journal of Applied Physiology 1992; 73: 1986–1995.
Thakker-Varia S, Alder J. Neuropeptides in depression: role of VGF. Behav Brain Res 2009; 197(2): 262–278.
Thomson C et al. Long-term supplementation with selenate and selenomethionine: selenium and glutathione peroxidase in blood components of New Zealand women. Br J Nutr 1993; 69: 577–588.
Tipton K, Wolfe R. Protein and amino acids for athletes. Journal of Sports Sciences 2004; 22: 65–79.
Tucker KL et al. Potassium, magnesium and fruit and vegetable intakes are associated with greater bone mineral density in elderly mean and women. Am J Clin Nutr 1999; 69: 727–736.
Velcheti V, Govindan R. Insulin-Like Growth Factor and Lung Cancer. J Thorac Oncol 2006; 1: 607–610.
Wagenmakers A. Muscle amino acid metabolism at rest and during exercise: role in human physiology and metabolism. Exerc Sport Sci Rev 1998; 26: 287–314.
Warram J et al. Slow glucose removal rate and hyperinsulinemia precede the development of type II diabetes in the offspring of diabetic parents. Ann Intern Med 1990; 113(12): 909–915.
Watanabe S, Kang DH et al. Uric acid, hominoid evolution, and the pathogenesis of salt-sensitivity. Hypertension 2002; 40(3): 355–360.
Weigle D et al. A high-protein diet induces sustained reductions in appetite, ad libitum caloric intake, and body weight despite compensatory changes in diurnal plasma leptin and ghrelin concentrations. Am J Clin Nutr 2005; 82: 41–48.
White LJ, Castellano V. Exercise and brain health – implications for multiple sclerosis: Part 1 – neuronal growth factors. Sports Med 2008a; 38(2): 91–100.
White LJ, Castellano V. Exercise and brain health – implications for multiple sclerosis: Part 2 – immune factors and stress hormones. Sports Med 2008b; 38(3): 179–186.
Williams M. Dietary supplements and sports performance: Minerals. Journal of the International Society of Sports Nutrition 2005; 2(1): 43–49.
Wong CP, Song Y et al. Zinc supplementation increases zinc status and thymopoiesis in aged mice. J Nutr 2009; 139(7): 1393–1397.
Woods P. How fat works. London: Verlag; 2006.
Worm N. Glücklich und schlank. Lünen: Systemed; 2003.
Wright G et al. The effects of creatine loading on thermoregulation and intermittent sprint exercise performance in a hot humid environment. J Strength Cond Res 2007; 21(3): 655–660.
Yardim-Akaydin S et al. Oxidation of uric acid in rheumatoid arthritis: is allantoin a marker of oxidative stress? Free Radic Res 2004; 38(6): 623–628.
Yu YM, Ryan CM, Castillo L, Lu XM, Beaumier L, Tompkins RG, Young VR. Arginine and ornithine kinetics in severely burned patients: increased rate of arginine disposal. Am J Physiol Endocrinol Metab 2001; 280 (3): E509-17.

8 Patientenmotivation und psychologische Intervention nach Sportverletzungen

Thorsten Weidig

Viele Freizeitsportler können darauf verweisen, sich schon einmal beim Sport verletzt zu haben. Untrennbar sind Sportverletzungen mit dem Leistungssport verknüpft. Kaum ein Leistungssportler bleibt in seiner Karriere verschont von Verletzungen der Muskulatur oder des Bewegungsapparats. Etablierte Rehabilitationsmaßnahmen zur Behandlung von Sportverletzungen orientieren sich bislang vornehmlich an medizinisch fundierten Konzepten. Die sportpsychologische Forschung und Praxis bietet in zunehmendem Maße Interventionen und Therapiekonzepte an, die nachweislich den Rehabilitationsverlauf nach Sportverletzungen positiv beeinflussen. Dieses Kapitel integriert psychologische Wissens- und Handlungskompetenz in den Rehabilitationsprozess und die therapeutische Arbeit.

8.1 Patientenmotivation und deren Gestaltung im therapeutischen Prozess

Der Erfolg einer physiotherapeutischen Behandlung hängt wesentlich von der Motivation des Patienten ab. Ohne den Wunsch und das Bestreben, eine gesundheitliche Verbesserung zu erreichen – körperliche Wiederherstellung oder Symptomlinderung –, wird der Patient kaum Anstrengungen unternehmen, aktiv am Rehabilitationsprozess mitzuwirken. Andererseits ist eine starke Eigenmotivation nicht immer zielführend, sondern kann sogar den therapeutischen Prozess behindern.

Zielsetzung dieses ersten Abschnitts ist es, deutlich zu machen,

- was Motivation bedeutet
- welche Konsequenzen sich daraus für das Handeln und Denken von Personen ableiten und
- welche Empfehlungen für die Gestaltung des therapeutischen Prozesses daraus resultieren

Motiviert sein heißt, ein Ziel anzustreben.

Ziele können mannigfaltig sein und betreffen alle Lebensbereiche:

- Ich möchte das Spiel gewinnen.
- Ich möchte mit Freunden einen schönen Abend verleben.
- Ich möchte eine Praxis mit Angestellten leiten.
- Ich möchte eine harmonische Partnerschaft führen.
- Ich möchte Fallschirm springen.

8.1.1 Motivation

Nicht alle Personen schätzen diese Ziele gleich wichtig ein. Der Grund ist ein unterschiedlich starkes Bedürfnis – *Motiv* – nach Verwirklichung. Nach dem heutigen Verständnis der Motivationspsychologie bestimmen Motive maßgeblich die Persönlichkeit einer Person (Heckhausen, Heckhausen 2006). Jede Person hat grundsätzlich die gleichen Motive. Die Persönlichkeit einer Person drückt sich in der individuellen Motivausprägung, also seiner Bedürfnisstärke aus. Je stärker ein Motiv ausgeprägt ist, desto mehr werden Situationen oder Gelegenheiten aufgesucht beziehungsweise dahin gehend interpretiert, das Bedürfnis zu befriedigen. Hat eine Situation einen hohen Aufforderungscharakter, also eine hohe Motivanregung, dann resultiert *Motivation* als zielgerichtetes Verhalten, das Bedürfnis zu befriedigen.

Fußballspielen bietet einer Person die Möglichkeit,

- Teil einer Gemeinschaft zu werden
- sich gegenseitig zu unterstützen
- Freundschaften zu schließen

Ebenso kann das Fußballspielen dazu dienen,

- eigene Leistungsstärke zu demonstrieren
- sportlichen Erfolg zu erleben

Das Beispiel macht deutlich, dass ein und dasselbe Verhalten aufgrund verschiedener persönlicher Präferenzen unterschiedlich motiviert sein kann.

Die 3 am besten untersuchten Motive sind das Bedürfnis

- nach Leistung
- nach sozialem Anschluss und
- nach Macht

Murray (1938) listet einschließlich der 3 genannten insgesamt 20 Bedürfnisse auf – unter anderem Aggression, Selbstdarstellung, Fürsorglichkeit. Die Ausprägungsstärke eines Motivs wird in früher Kindheit – insbesondere durch Erziehung – gelernt und erweist sich als stabiles, zeitlich überdauerndes Persönlichkeitsmerkmal. Das individuelle Motivprofil kann am besten erklären, warum

8 Patientenmotivation und psychologische Intervention nach Sportverletzungen

Thorsten Weidig

Viele Freizeitsportler können darauf verweisen, sich schon einmal beim Sport verletzt zu haben. Untrennbar sind Sportverletzungen mit dem Leistungssport verknüpft. Kaum ein Leistungssportler bleibt in seiner Karriere verschont von Verletzungen der Muskulatur oder des Bewegungsapparats. Etablierte Rehabilitationsmaßnahmen zur Behandlung von Sportverletzungen orientieren sich bislang vornehmlich an medizinisch fundierten Konzepten. Die sportpsychologische Forschung und Praxis bietet in zunehmendem Maße Interventionen und Therapiekonzepte an, die nachweislich den Rehabilitationsverlauf nach Sportverletzungen positiv beeinflussen. Dieses Kapitel integriert psychologische Wissens- und Handlungskompetenz in den Rehabilitationsprozess und die therapeutische Arbeit.

8.1 Patientenmotivation und deren Gestaltung im therapeutischen Prozess

Der Erfolg einer physiotherapeutischen Behandlung hängt wesentlich von der Motivation des Patienten ab. Ohne den Wunsch und das Bestreben, eine gesundheitliche Verbesserung zu erreichen – körperliche Wiederherstellung oder Symptomlinderung –, wird der Patient kaum Anstrengungen unternehmen, aktiv am Rehabilitationsprozess mitzuwirken. Andererseits ist eine starke Eigenmotivation nicht immer zielführend, sondern kann sogar den therapeutischen Prozess behindern.

Zielsetzung dieses ersten Abschnitts ist es, deutlich zu machen,

- was Motivation bedeutet
- welche Konsequenzen sich daraus für das Handeln und Denken von Personen ableiten und
- welche Empfehlungen für die Gestaltung des therapeutischen Prozesses daraus resultieren

Motiviert sein heißt, ein Ziel anzustreben.

Ziele können mannigfaltig sein und betreffen alle Lebensbereiche:

- Ich möchte das Spiel gewinnen.
- Ich möchte mit Freunden einen schönen Abend verleben.
- Ich möchte eine Praxis mit Angestellten leiten.
- Ich möchte eine harmonische Partnerschaft führen.
- Ich möchte Fallschirm springen.

8.1.1 Motivation

Nicht alle Personen schätzen diese Ziele gleich wichtig ein. Der Grund ist ein unterschiedlich starkes Bedürfnis – *Motiv* – nach Verwirklichung. Nach dem heutigen Verständnis der Motivationspsychologie bestimmen Motive maßgeblich die Persönlichkeit einer Person (Heckhausen, Heckhausen 2006). Jede Person hat grundsätzlich die gleichen Motive. Die Persönlichkeit einer Person drückt sich in der individuellen Motivausprägung, also seiner Bedürfnisstärke aus. Je stärker ein Motiv ausgeprägt ist, desto mehr werden Situationen oder Gelegenheiten aufgesucht beziehungsweise dahin gehend interpretiert, das Bedürfnis zu befriedigen. Hat eine Situation einen hohen Aufforderungscharakter, also eine hohe Motivanregung, dann resultiert *Motivation* als zielgerichtetes Verhalten, das Bedürfnis zu befriedigen.

Fußballspielen bietet einer Person die Möglichkeit,

- Teil einer Gemeinschaft zu werden
- sich gegenseitig zu unterstützen
- Freundschaften zu schließen

Ebenso kann das Fußballspielen dazu dienen,

- eigene Leistungsstärke zu demonstrieren
- sportlichen Erfolg zu erleben

Das Beispiel macht deutlich, dass ein und dasselbe Verhalten aufgrund verschiedener persönlicher Präferenzen unterschiedlich motiviert sein kann.

Die 3 am besten untersuchten Motive sind das Bedürfnis

- nach Leistung
- nach sozialem Anschluss und
- nach Macht

Murray (1938) listet einschließlich der 3 genannten insgesamt 20 Bedürfnisse auf – unter anderem Aggression, Selbstdarstellung, Fürsorglichkeit. Die Ausprägungsstärke eines Motivs wird in früher Kindheit – insbesondere durch Erziehung – gelernt und erweist sich als stabiles, zeitlich überdauerndes Persönlichkeitsmerkmal. Das individuelle Motivprofil kann am besten erklären, warum

verschiedene Personen sich unterschiedlich voneinander, aber konsistent über Situationsgelegenheiten und Zeit hinweg verhalten (Heckhausen, Heckhausen 2006).

Das Leistungsmotiv

Die physiotherapeutische Behandlung stellt aus Patientensicht zwangsläufig eine Situation dar, die einen stark leistungsbezogenen Charakter aufweist. Der Patient entscheidet durch aktive Mitarbeit während der Therapie und vor allem durch angemessenes selbstständiges Training über die verschriebenen Behandlungen hinaus über den Therapieerfolg (Kap. 4.4). Dies kann Schmerzreduktion, Mobilitätszuwachs oder gar Genesung sein (Basler et al. 1993, Friedrich et al. 1996, Ice 1985). Um das Therapieziel zu erreichen, ist es notwendig, sich maßgeblich durch Eigenleistung zu beteiligen, daher muss das Leistungsmotiv genau betrachtet werden.

Das *Leistungsmotiv* wird als das zeitlich überdauernde Bestreben definiert, „sich mit Gütestandards auseinander zu setzen und die eigene Tüchtigkeit zu erhöhen" (Brunstein, Heckhausen 2006, S. 188). Wer leistungsmotiviert ist, will etwas gut, besser oder am besten machen – eine bestimmte Aufgabe, Tätigkeit oder Fertigkeit. Allerdings kann nur dann von Leistungsmotivation gesprochen werden, wenn Leistungsziele – z. B. der konsequente Muskelaufbau zur Verminderung von Rückenschmerzen – als verbindlich angesehen werden und deren Erfüllung aus eigenem Antrieb verfolgt wird. Ein Patient wird also nur dann leistungsmotiviert am Therapieprozess teilhaben, wenn er die Therapieziele teilt und aus eigener Initiative anstrebt.

Das Leistungsmotiv wird in 2 unabhängige Komponenten unterteilt:
- Hoffnung auf Erfolg und
- Furcht vor Misserfolg (Atkinson 1957, Heckhausen et al. 1985).

Dieser Differenzierung liegt die Annahme zugrunde, dass Personen grundsätzlich motiviert sind, Erfolg zu erreichen und Misserfolg zu vermeiden. Beide Motivkomponenten sind unterschiedlich stark ausgeprägt, wobei sich die stärkere Komponente im Verhalten durchsetzen wird. Ist eine Person stärker misserfolgsorientiert, dann resultiert daraus ein Leistung meidendes Verhalten, um der Möglichkeit des Scheiterns aus dem Weg zu gehen. Dominiert die erfolgsorientierte Motivkomponente, dann wird das Verhalten leistungsaufsuchend sein, um die eigene Handlungskompetenz zu beweisen. Bereits in den 1950er-Jahren ist festgestellt worden, dass sich erfolgs- und misserfolgsmotivierte Personen hinsichtlich des bevorzugten Schwierigkeitsgrades bei der Aufgabenwahl unterscheiden (Atkinson 1957).

Für Erfolgsmotivierte stellen Aufgaben mittlerer Schwierigkeit, also mit einer Lösungswahrscheinlichkeit von etwa 50 %, den größten Erfolgsanreiz da.

Im Gegensatz dazu werden Aufgaben mittlerer Schwierigkeit von Misserfolgsmotivierten gemieden, da hier der Leistungsanspruch am höchsten ist. Sie bevorzugen extreme – unrealistische – Aufgabenschwierigkeiten, denn bei diesen ist die Wahrscheinlichkeit des Misserfolgs am geringsten. Mit dieser Wahl gehen sie einer Leistungssituation aus dem Weg, denn sehr leichte Aufgaben werden sicher gelöst – z. B. minimale Therapiefortschritte – und sehr schwierige Aufgaben müssen aufgrund der Unwahrscheinlichkeit eines möglichen Erfolgs nicht gelöst werden – z. B. der zeitnahe Wiedereinstieg in den Leistungssport nach einem erlittenen Kreuzbandriss.

Ursachenzuschreibung

Personen sind grundsätzlich bestrebt, die Ursachen für eingetretene Handlungsergebnisse – eine Aufgabe wurde gelöst oder nicht, ein Therapieziel wurde erreicht oder nicht – zu erkunden. Denn nur eine genaue Kenntnis der Ursachen erlaubt es, erwünschte Ergebnisse erneut zu erzielen beziehungsweise unerwünschte Ergebnisse in Zukunft zu vermeiden, indem beispielsweise versucht wird, die Ursachen abzustellen.

Die *Attribution* – Ursachenzuschreibung – beeinflusst das Erleben und Verhalten nachhaltig (Kap. 1.2). Wenn ein 100-m-Läufer nach einem gewonnenen Rennen zu dem Schluss kommt, dass das intensive Training und die konzentrierte Wettkampfvorbereitung Ursache für das erfolgreiche Abschneiden sind, dann wird er mit sich zufrieden sein, möglicherweise Stolz empfinden und die folgenden Trainingseinheiten und Wettkämpfe selbstbewusster bestreiten. Die Wahrscheinlichkeit einer ansteigenden Leistungsentwicklung nimmt zu. Kommt er dagegen zu der Überzeugung, dass vor allem die Schwäche der Gegner und die günstigen klimatischen Bedingungen die Ursachen für den Erfolg waren, dann bleibt ein bestärkender affektiver und kognitiver Effekt aus. Das Trainings- und Wettkampfverhalten und damit die Leistungsentwicklung des Läufers erfahren bei dieser Ursachenzuschreibung keinen funktionalen Impuls. Weiner (1986) zeigt, dass in Abhängigkeit von der dominierenden Leistungsmotivkomponente unterschiedliche Attributionsstile vorherrschen.

Erfolgsmotivierte führen
- erfolgreiches Handeln auf die eigene Kompetenz – Fähigkeit und Anstrengung – und
- misslungenes Handeln auf außerhalb der Person liegende Einflussfaktoren – zu hohe Aufgabenschwierigkeit, Pech, schlechte Bedingungen – oder mangelnde Anstrengung zurück.

Tab. 8.1 Erfolgsorientierte und misserfolgsorientierte Personen im Vergleich

Merkmal	Motivausprägung erfolgsorientiert	Motivausprägung misserfolgsorientiert
Anspruchsniveau/Zielsetzung	realistisch, mittelschwere Aufgaben	unrealistisch, zu leichte oder zu schwere Aufgaben
Ursachenzuschreibung bei Erfolg	Anstrengung, eigene Fähigkeiten	leichte Aufgabe, Glück
Ursachenzuschreibung bei Misserfolg	fehlende Anstrengung, Pech	mangelhafte eigene Fähigkeiten
resultierende Selbstbewertung	positive Erfolgs-Misserfolgs-Bilanz	negative Erfolgs-Misserfolgs-Bilanz

Bei Misserfolgsmotivierten kehrt sich der Attributionsstil um:

- erfolgreiches Abschneiden wird mit günstigen Umständen – Leichtigkeit der Aufgabe, Glück, gute Bedingungen – erklärt,
- während Misserfolge der eigenen fehlenden Begabung zugeschrieben werden.

Zusammenfassend demonstrieren die Wahl der Aufgabenschwierigkeit und der Attributionsstil, dass es sich beim leistungsmotivierten Verhalten um ein *selbststabilisierendes Verhalten* handelt (**Tab. 8.1**).

Die Wahl realistischer Ziele – Aufgaben mittlerer Schwierigkeit –, die Erklärung von Erfolg mit eigenem Können und von Misserfolg mit nicht beeinflussbaren äußeren Faktoren oder zu geringer Anstrengung erleichtern es erfolgsorientierten Personen, sich als kompetent und handlungswirksam zu erleben.

Im Gegensatz dazu führen bei misserfolgsorientierten Personen das Setzen unrealistischer Ziele – Aufgaben extremer Schwierigkeit –, das Erklären von Erfolg mit günstigen Umständen und von Misserfolg mit unzureichenden Fähigkeiten zu einem Mangel an Kompetenzerleben und Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten.

8.1.2 Umsetzung in physiotherapeutische Behandlung

- Welche Voraussagen lassen sich aus den Befunden zum Leistungsmotiv für die physiotherapeutische Behandlung machen?
- Welche praktischen Empfehlungen können für die Gestaltung der Therapeut-Patient-Zusammenarbeit gegeben werden, um eine zielführende Therapie im Sinne einer körperlichen Rehabilitation bestmöglich zu gewährleisten?

Nach mehrjähriger sportpsychologischer Beratung und Betreuung von leistungssportorientierten Personen und Spitzensportlern sowie durch die enge Zusammenarbeit mit im Leistungssport tätigen Physiotherapeuten und Medizinern komme ich zu einem eindeutigen Ergebnis: Ein erfolgsorientierter Patient wird stärker davon überzeugt sein, durch aktive Mitarbeit und Anstrengung gesundheitliche Fortschritte zu machen.

Erfolgsorientierung unterstützt die Therapie.

Ein misserfolgsorientierter Patient wird dazu neigen anzunehmen, dass sein Handeln wenig zu einem erfolgreichen Therapieverlauf beiträgt. *Misserfolgsorientierung* kann einen *therapiehemmenden Einfluss* ausüben. In der Therapeut-Patient-Zusammenarbeit sollte als Behandlungsmaxime deshalb die Vermittlung von selbstverantworteter Handlungskompetenz – *Selbstwirksamkeit* – angestrebt werden (Göhner u. Eid 2001).

Eine Person, die von ihren eigenen Fähigkeiten, ein bestimmtes Verhalten durchführen zu können, überzeugt ist, verfolgt dieses Verhalten häufiger. Erwartungen eigener Handlungswirksamkeit folgen dem zugrunde liegenden Attributionsstil (Stiensmeier-Pelster u. Heckhausen 2006, Weiner 1986). Nur auf internale Faktoren, also Leistungsfähigkeit und Anstrengungsbereitschaft zurückgeführte Behandlungsfortschritte werden eigene Kompetenzerwartungen erhöhen.

Der Therapeut sollte während der physiotherapeutischen Behandlung deutlich machen, dass der Rehabilitationsverlauf maßgeblich vom aktiv handelnden Patienten mitbestimmt wird, z. B. durch selbstständiges Training, und nicht – nur – von externalen Faktoren, wie beispielsweise der Medikation, dem medizinischen Fachpersonal oder der Unterstützung durch Partner und Freunde abhängt.

Therapieziele

Die Motivation zum selbstinitiierten Handeln ist an die Bedingung der adäquaten Zielsetzung geknüpft. „Goals are effective because they influence psychological states such as self-confidence, direct attention to important aspects of the task, mobilize effort, increase persistence, and foster the development of new learning strategies“. (Ziele sind effektiv, weil sie positiv das Selbstvertrauen und die Aufmerksamkeitssteuerung beeinflussen, Anstrengungsbereitschaft hervorrufen, das Durchhaltevermögen steigern und die Entwicklung neuer Lernstrategien fördern. Gould 2006, S. 255, s. Kap. 4.4)

Werden unrealistisch hohe Ziele gesetzt, so führt dies zu Misserfolg und Motivationsverlusten (Weinberg et al. 2001). Die sportpsychologische Zielsetzungsforschung hat, mit Locke und Latham (1985, 1990) beginnend, Kriterien für leistungsförderliche Ziele definiert. Es empfiehlt sich demnach für Physiotherapeuten mit Patienten, vor und während des Behandlungsprozesses Therapieziele zu vereinbaren.

Therapieziele sind

- konkret
- schwierig, aber das Leistungsvermögen nicht übersteigend
- überprüfbar
- von beiden akzeptiert und
- sowohl ergebnis- als auch prozessorientiert (Weinberg et al. 2005)

Misserfolgsorientierte Personen

Bei dem letztgenannten Kriterium ist unbedingt zu beachten, dass mit misserfolgsorientierten Personen in erster Linie prozessorientierte Ziele – z. B. die detaillierte Planung, wann und wie Übungen selbstständig außerhalb der physiotherapeutischen Praxis durchgeführt werden können – vereinbart werden sollten (Sagar et al. 2009). Die gedankliche Vorwegnahme eines erfolgreichen Therapieverlaufs im Ganzen – z. B. in Form einer Schmerzreduktion, eines Mobilitätszuwachses oder gar einer Genesung – kann bei ihnen zu depressiven Verstimmungen führen (Langens u. Schmalt 2002). Ebenso sollten Zielsetzungen aufsuchend – positiv – formuliert sein, da meidende Ziele – z. B. „Erwarte nicht zu viel", „Vermeide gesundheitliche Rückschläge" – bei misserfolgsorientierten Personen mit einem geringeren Kompetenzerleben und einer verminderten Zufriedenheit einhergehen (Elliot u. Sheldon 1997).

Erfolgsorientierte Personen

Eine hohe Erfolgsorientierung kann bei komplexen und fehleranfälligen Aufgaben zu einer Übermotivation führen, die Leistungseinbußen zur Folge hat. Komplexe Aufgaben werden dann schnell, aber auf Kosten der Genauigkeit ausgeführt (zusammenfassend Brunstein u. Heckhausen 2006). Ist ein derartiger Übereifer eines Patienten beim Erlernen einer Bewegungsausführung zu beobachten, dann kann ein regelgeleitetes Feedback des Patienten zur Ausführung der Bewegung eine Erfolg versprechende Behandlungsstrategie sein. Eine solche Methode zum Bewegungslernen bietet beispielsweise Eberspächer (2007) an (Kap. 4.1).

Kommunikationsstrategien für die Therapeut-Patient-Zusammenarbeit:

- Fördern und fordern Sie das Kompetenzerleben Ihres Patienten durch das Aufzeigen selbstverursachter, also auf Leistungsfähigkeit und Anstrengungsbereitschaft basierender Therapiefortschritte.
- Vereinbaren Sie mit Ihrem Patienten Therapieziele, die positiv formuliert, konkret, schwierig, aber das Leistungsvermögen nicht übersteigend, überprüfbar, von beiden akzeptiert und sowohl ergebnis- als auch prozessorientiert – insbesondere bei Misserfolgsorientierung – sind.

8.2 Psychologische Intervention als Therapiebaustein in der Rehabilitation nach Sportverletzungen

In den letzten 2 Jahrzehnten ist die Anzahl sportpsychologischer Publikationen zur Rehabilitation nach Verletzungen kontinuierlich angestiegen.

- Das Hauptaugenmerk der Forschung ist die Entwicklung und Evaluation gezielter therapiebegleitender psychologischer Interventionsmaßnahmen, die den Rehabilitationsverlauf nach einer Sportverletzung funktional unterstützen sollen.
- Leistungssportorientierte Personen – Sportler und Trainer – zeigen verstärkt Interesse an sportpsychologischen Beratungs- und Betreuungsangeboten, um eine schnelle Wiederherstellung der optimalen Leistungsfähigkeit des Sportlers zu erzielen (Larson et al. 1996).
- Physiotherapeuten und Sportmediziner betonen die potenzielle Bedeutung psychologischer Interventionen in der Rehabilitation nach Sportverletzungen und berichten von einschlägig guten Erfahrungen (Gordon et al. 1998).

In diesem zweiten Abschnitt wird zunächst verdeutlicht, dass das Erleben und Bewältigen von Stress eine Schlüsselfunktion im Rehabilitationsverlauf einnimmt. Anschließend werden psychologische Interventionsansätze in der Rehabilitation von Sportverletzungen vorgestellt.

8.2.1 Stress

Stress kann

- das Verletzungsrisiko erhöhen (Ivarsson et al. 2010, Noh et al. 2005, Williams u. Andersen 1998)
- zur bedeutenden Einflussgröße für einen ungünstigen Rehabilitationsverlauf werden (Brewer 1994; Wiese-Bjornstahl et al. 1998).

Dabei ist es wichtig zu verstehen, dass nicht das objektiv belastende Ereignis an sich – die Verletzung, der Leistungsdruck etc. – negativ wirkt, sondern in erster Linie die mit dem Ereignis einhergehenden kognitiven Bewertungen und das daraus resultierende emotionale Befinden.

Stressbewältigung

Lazarus und Folkman (1984) beschreiben als wichtigste Determinante der Stressbewältigung die Kongruenz zwischen wahrgenommener Kontrollierbarkeit der situativen Gegebenheiten und im Verhaltensrepertoire existierenden Bewältigungsstrategien. Sie unterscheiden zwischen problemorientierten und emotionsorientierten Stressbewältigungsstrategien – Coping.

- *Problemorientiertes Coping* zielt auf eine Veränderung der die Überforderung auslösenden Situation ab – z. B. direkte Veränderung der Situation, Suche nach Informationen zur Problemlösung.
- *Emotionsorientiertes Coping* richtet das Augenmerk auf die Regulierung der eigenen Emotionen – z. B. Entspannung, Ablenkung (Kap. 3.1.2).

Die Autoren betonen, dass die Wirksamkeit von Bewältigungsstrategien in Abhängigkeit von der Situation variiert. Vitaliano et al. (1990) bewerten problemorientiertes Coping in veränderbaren Situationen als effektiveren Bewältigungsansatz. Schlicht (1989) kommt zu einer vergleichbaren Einschätzung von Bewältigungsmaßnahmen in sportbezogenen Situationen.

Kim und Duda (2003) verfolgen die Frage, welche Copingstrategien bei auftretenden Schwierigkeiten während eines Wettkampfes – z. B. Ärger, Übererregung, Konzentrationsverlust – am effektivsten sind, um diese zu meistern. Zu diesem Zweck befragten sie amerikanische und koreanische Athleten aus Mannschafts- und Individualsportarten. Die Autoren kommen zu dem Ergebnis, dass kurzfristig emotionsorientiertes Coping – z. B. der Versuch, der Schwierigkeit aus dem Weg zu gehen oder diese zu ignorieren – ebenso wirksam sein kann wie problemorientiertes Coping. Jedoch stellen sie heraus, dass die wiederholte Verwendung emotionsorientierten Copings sukzessive die Funktionalität von Stressbewältigung gefährdet.

Erwartete Stressfaktoren

Die Frage nach der Wahl der richtigen Bewältigungsstrategie ist mit der Notwendigkeit der kognitiven und emotionalen Vorwegnahme potenzieller Stressoren verbunden. Herausfordernde Ereignisse, denen Sportler im Rehabilitationsverlauf oder während eines Wettkampfes begegnen können – z. B. Leistungsdruck, Ermüdung, Verfehlung von Handlungszielen –, werden als weniger bedrohlich beurteilt, wenn sie erwartet werden. Ferner setzt Bewältigungshandeln bei unerwarteten Stressoren zögerlicher oder weniger entschieden ein als bei erwarteten Stressoren. Für die Wettkampfvorbereitung kann deshalb resümiert werden: „These findings suggest that competitively functional primary and secondary cognitive appraisals of stressors may result from the preparation … for potentially distressing events and circumstances associated with … competitions“. (Eine erfolgreiche gedankliche Bewältigung von Wettkampfstress resultiert aus der Vorbereitung auf mögliche Stressoren, die mit dem Wettkampf in Zusammenhang stehen. Dugdale et al. 2002, S. 20)

8.2.2 Psychologische Intervention

Das grundlegende Ziel psychologischer Interventionen in der Rehabilitation ist, zuerst die subjektiv bedeutsame Belastung durch eine Sportverletzung ausfindig zu machen, um dann entsprechende individuelle Bewältigungsressourcen gezielt und kontinuierlich zu stärken (Brand u. Schlicht 2008, Ross u. Berger 1996).

In der klinischen Psychologie erweisen sich kognitiv-verhaltenstherapeutische Techniken als sehr effektiv, um Stress zu bewältigen (Davison et al. 2007). Für die Rehabilitation nach Sportverletzungen werden psychologische Interventionsformen entwickelt, die, häufig dem kognitiv-verhaltenstherapeutischem Paradigma folgen (Hermann u. Eberspächer 1994, Ievleva u. Orlick 1991, Rotella u. Heyman 1986). Gutkind (2004) hat integrativ ein sportpsychologisches Therapiekonzept bei Sportverletzungen vorgelegt, das auf der lösungsorientierten Kurztherapie basiert (de Shazer u. Berg 1997, de Shazer et al. 1986).

Im Folgenden werden verschiedene *psychologische Interventionsansätze* vorgestellt, die allesamt das Ziel verfolgen, Sportlern die Möglichkeit zu geben, selbstverantwortlich den Genesungsverlauf mit zu gestalten.

Vorstellungstraining

Hare et al. (2008) führten mit einem Schwimm-Olympiamedaillengewinner nach erfolgter Schulteroperation ein *Vorstellungstraining* durch. Sie definieren Vorstellungstraining wie folgt: „Imagery is an experience that mimics real experience. We can be aware of ‘seeing’ an image, feeling movements as an image, or experience an image of smell, tastes or sounds without actually experiencing the real experience“. (Das Vorstellen ahmt das tatsächliche Erleben nach. Die Sinnesmodalitäten – Sehen, Bewegungsempfinden, Riechen, Schmecken und Hören – können bewusst erlebt werden ohne tatsächliche Konfrontation mit einem Reiz. Hare et al. 2008, S. 411) Nachdem der Sportler in die Techniken des Vorstellungstrainings eingewiesen wurde, dokumentierten die Autoren den mehrwöchigen Einsatz des selbstständig durch den Sportler durchgeführten Trainings während des Re-

habilitationsprozesses. Der Sportler erlebt sich dank des Vorstellungstrainings

- motiviert
- optimistisch
- wenig ängstlich und frustriert
- ausdauernd und
- vor allem selbstbewusst bis zum erfolgreichen Wiedereinstieg in das Wettkampfgeschehen.

In einer Untersuchung mit 30 Patienten nach erfolgter Kreuzbandoperation werden durch den regelmäßigen therapiebegleitenden Einsatz eines Vorstellungstrainings

- eine höhere Muskelkraft am verletzten Knie der Sportler
- eine niedriger ausgeprägte Wiederverletzungsangst und
- ein geringeres Schmerzempfinden der Sportler am Ende des 6-monatigen Rehabilitationsprogramms

erzielt (Cupal u. Brewer 2001). In dieser Untersuchung wird das Vorstellungstraining mit einem *Entspannungstraining* kombiniert.

Entspannungstraining

Frühere Studien belegen die positive Wirkung von Entspannungsverfahren – z. B. die progressive Muskelrelaxation – auf physiologische und psychologische Parameter. Die folgenden Effekte sind dadurch nachzuweisen:

- durchblutungsfördernd
- schmerzreduzierend
- Reduzieren der Verletzungshäufigkeit (Benson 1975, Davis 1991, Weiss u. Troxel 1986, s. Kap. 4.1.2).

Zielsetzungen

Am Anfang dieses Kapitels wurde die außerordentliche Bedeutung von *Zielsetzung* für motivationale Prozesse dargelegt. Die Studienergebnisse von Ievleva und Orlick (1991) demonstrieren, wie die Häufigkeit von Zielsetzungen die Dauer des Rehabilitationsverlaufs beeinflusst. Die Autoren untersuchten 32 Patienten mit Knie- oder Sprunggelenksverletzungen nach Abschluss der Rehabilitationsmaßnahmen. Ihre Ergebnisse deuten darauf hin, dass der Heilungsprozess umso schneller erfolgt, je häufiger die Patienten Behandlungsziele formulieren.

Armatas et al. (2007) geben einen umfassenden Überblick über die Bedeutung von Zielsetzungen in der Rehabilitation von Sportverletzungen.

Biofeedbackverfahren

In einigen wenigen Studien ist der Einsatz eines *elektromyografischen Biofeedbacktrainings* dokumentiert. Das Biofeedbackverfahren erweist sich im Hinblick auf die Gelenkmobilität und die muskuläre Kraftentwicklung einer standardorthopädischen Rehabilitationsmaßnahme überlegen (zusammenfassend Durso-Cupal 1998).

Kombinierte Techniken

Marcolli (2001) kombiniert Visualisierungs-, Entspannungs- und Zielsetzungsübungen mit weiteren psychoregulativen Techniken – z. B. das Führen positiver Selbstgespräche – und entwickelt daraus ein therapiebegleitendes Trainingsprogramm. Die Evaluation des Programms mit leistungssportlich aktiven Personen, bei denen zumindest Teilrupturen des vorderen Kreuzbands, der Patellarsehne oder der Achillessehne operativ versorgt wurden, zeigt, dass sportpsychologisch betreute Sportler deutlich schneller ihre Verletzung auskurieren als Sportler ohne therapiebegleitendes Trainingsprogramm.

Zusammenfassung

Die Entwicklung sportpsychologischer Interventionen in der Rehabilitation nach Sportverletzungen und die Überprüfung ihrer Effektivität stellen ein vergleichsweise junges Forschungsfeld dar. Vielversprechende Interventionsansätze, wie die oben dargestellten, halten Einzug in die empirische Forschung. Allerdings sollte zukünftig vermehrt auf kontrollierte, experimentelle Versuchspläne zurückgegriffen werden, um die bis dato häufig in Studien anzutreffenden methodischen Mängel zu vermeiden (Brand u. Schlicht 2008). Trotzdem verdeutlichen die aufgeführten Forschungsergebnisse den therapeutischen Nutzen psychologischer Interventionsmaßnahmen in der Rehabilitation von Sportverletzungen.

Die psychologische Weiterqualifikation des in der Rehabilitation tätigen therapeutischen Personals – Physiotherapeuten und Sportmediziner – und die Zusammenarbeit mit einem fundiert ausgebildeten Sportpsychologen sind Möglichkeiten, die psychologische Wissens- und Handlungskompetenz in den Rehabilitationsprozess zu integrieren.

Literatur

Armatas V, Chondrou E, Yiannakos A, Galazoulas C, Velkopoulos C. Psychological aspects of rehabilitation following serious athletic injuries with special reference to goal setting: A review study. Physical Training 2007; 8(1)

Atkinson JW. Motivational determinants of risk-taking behavior. Psychological Review. 1957; 64: 359–372

Basler HD, Beisenherz-Hahn B, Frank A, Griss P, Herda C, Keller S. Rücken stärken – Konzept und Evaluation einer Rückenschule für den Arbeitsplatz. Der Schmerz. 1993; 7: 268–279

Benson H. The relaxation response. New York: Morrow; 1975

Brand R, Schlicht W. Sportpsychologische Interventionen in der Therapie und Rehabilitation. In: Beckmann J, Kellmann M. Hrsg. Enzyklopädie der Psychologie. Themenbereich D, Serie V, Band 2: Anwendungen der Sportpsychologie. Göttingen: Hogrefe; 2008

Brewer BW. Review and critique of psychological adjustments to athletic injury. Journal of Applied Sport Psychology. 1994; 6: 87–100
Brunstein J, Heckhausen H. Leistungsmotivation. In: Heckhausen J, Heckhausen H. Hrsg. Motivation und Handeln. 3. überarbeitete Auflage. Heidelberg: Springer; 2006
Cupal DD, Brewer BW. Effects of relaxation and guided imagery on knee strength, reinjury anxiety, and pain following anterior cruciate ligament reconstruction. Rehabilitation Psychology. 2001; 46: 28–43
Davis JO. Sport injuries and stress management: An opportunity for research. The Sport Psychologist. 1991; 5: 175–182
Davison GC, Neale JM, Hautzinger M. Klinische Psychologie. 7. überarbeitete Auflage. Weinheim: PVU; 2007
de Shazer S, Berg IK. What works? Remarks on research aspects of solution-focused therapy. Journal of Family Therapy. 1997; 19: 121–124
de Shazer S, Berg IK, Lipchik E, Nunnally E, Molnar A, Gingerich W, Weiner-Davis M. Brief therapy: Focused solution development. Family Process. 1986; 25: 207–221
Dugdale JR, Eklund RC, Gordon S. Expected and unexpected stressors in major international competition: Appraisal, coping, and performance. The Sport Psychologist. 2002; 16: 20–33
Durso-Cupal DD. Psychological interventions in sport injury prevention and rehabilitation. Journal of Applied Sport Psychology. 1998; 10: 103–123
Eberspächer H. Mentales Training: Das Handbuch für Trainer und Sportler. München: Copress; 2007
Elliot AJ, Sheldon KM. Avoidance achievement motivation: A personal goals analysis. Journal of Personality and Social Psychology. 1997; 73: 171–185
Friedrich M, Cermak T, Maderbacher P. The effects of brochure use versus therapist teaching on patients performing therapeutic exercise and on changes in impairments status. Physical Therapy. 1996; 76: 1082–1088
Göhner W, Eid M. Selbstständiges Training in der Physiotherapie – Anwendung eines sportpsychologischen Motivationsmodells zur Vorhersage physiotherapeutischen Eigentrainings. Psychologie und Sport. 2001; 8: 3–18
Gordon S, Potter M, Ford IW. Toward a psychoeducational curriculum for training sport-injury rehabilitation personnel. Journal of Applied Sport Psychology. 1998; 10: 140–156
Gould D. Goal setting for peak performance. In: Williams JM. Hrsg. Applied sport psychology – personal growth to peak performance. Boston: McGraw-Hill; 2006
Gutkind SM. Using solution-focused brief counseling to provide injury support. The Sport Psychologist. 2004; 18: 75–88
Hare R, Evans L, Callow N. Imagery use during rehabilitation from injury: A case study of an elite athlete. The Sport Psychologist. 2008; 22: 405–422
Heckhausen J, Heckhausen H. Motivation und Handeln. 3. überarbeitete Auflage. Heidelberg: Springer; 2006
Heckhausen H, Schmalt H-D, Schneider K. Achievement motivation in perspective. New York: Academic Press; 1985
Hermann H-D, Eberspächer H. Psychologisches Aufbautraining nach Sportverletzungen. München: BLV; 1994
Ice R. Long-term compliance. Physical Therapy. 1985; 65: 1832–1839
Ievleva L, Orlick T. Mental links to enhanced healing: An exploratory study. The Sport Psychologist. 1991; 5: 25–40
Ivarsson A, Johnson U. Psychological factors as predictors of injuries among senior soccer players. A prospective study. Journal of Sport Science and Medicine. 2010; 9: 347–352
Kim M-S, Duda JL. The coping process: Cognitive appraisals of stress, coping strategies, and coping effectiveness. The Sport Psychologist. 2003; 17: 406–425
Langens TA, Schmalt H-D. Emotional consequences of positive daydreaming: The moderating role of fear of failure. Personality and Social Psychology Bulletin. 2002; 28: 1725–1735
Larson GA, Starkey C, Zaichkowsky LD. Psychological aspects of athletic injury as perceived by athletic trainers. The Sport Psychologist. 1996; 10: 37–47
Lazarus RS, Folkman S. Stress, appraisal, and coping. New York: Springer; 1984
Locke EA, Latham GP. The application of goal setting to sports. Journal of Sport Psychology. 1985; 7: 205–222
Locke EA, Latham GP. A theory of goal setting and task performance. Englewood Cliffs NJ: Prentice Hall; 1990
Marcolli C. Die psychologische Rehabilitation nach Sportverletzungen. Zürich: Gesellschaft zur Förderung der Sportwissenschaften an der ETH Zürich; 2001
Murray HA. Explorations in personality. New York: Oxford University Press; 1938
Noh Y-E, Morris T, Andersen MB. Psychosocial factors and ballet injuries. International Journal of Sport and Exercise Psychology. 2005; 3: 79–90
Ross MJ, Berger MS. Effects of stress inoculation training on athletes' postsurgical pain and rehabilitation after orthopaedic injury. Journal of Consulting and Clinical Psychology. 1996; 64: 406–410
Rotella R, Heyman S. Stress, injury, and the psychological rehabilitation of athletes. In: Williams JM. Hrsg. Applied sport psychology: Personal growth to peak performance. Mountain View CA: Mayfield; 1986
Sagar SS, Lavallee D, Spray CM. Coping with the effects of fear of failure: A preliminary investigation of young elite athletes. Journal of Clinical Sports Psychology. 2009; 3: 73–98.
Schlicht W. Belastung, Beanspruchung und Bewältigung. Erster Teil: Theoretische Grundlagen. Sportpsychologie. 1989; 3(2): 10–17
Stiensmeier-Pelster J, Heckhausen H. Kausalattribution von Verhalten und Leistung. In: Heckhausen J, Heckhausen H. Hrsg. Motivation und Handeln. 3. überarbeitete Auflage. Heidelberg: Springer; 2006
Vitaliano PP, DeWolfe DJ, Maiuro RD, Russo J, Katon W. Appraised changeability of a stressor as a modifier of the relationship between coping and depression: A test of the hypothesis of fit. Journal of Personality and Social Psychology. 1990; 59: 582–592
Weinberg RS, Butt J. Goal setting in sport and exercise domains: The theory and practice of effective goal setting. In: Hackfort D. Hrsg. Handbook of research in applied sport and exercise psychology: International perspectives. Morgantown WV: Fitness Information Technology; 2005
Weinberg RS, Butt J, Knight B, Perritt N. Collegiate coaches' perceptions of their goal setting practice: A qualitative investigation. Journal of Applied Sport Psychology. 2001; 13: 374–398
Weiner B. An attributional theory of motivation and emotion. New York: Springer; 1986
Weiss MR, Troxel RK. Psychology of the injured athlete. Athletic Training. 1986; 21: 104–109
Wiese-Bjornstahl DM, Smith AM, Shaffer SM, Morrey MA. An integrated model of response to sport injury: Psychological and sociological dynamics. Journal of Applied Sport Psychology. 1998; 10: 46–69

Williams JM, Andersen MB. Psychosocial antecedents of sport injury: Review and critique of the stress and injury model. Journal of Applied Sport Psychology. 1998; 10: 5–25



9 Fallbeispiel: Rehabilitation nach Femoro-azetabulärem Impingement (FAI) – Eishockey

Mario Bizzini

9.1 Vorstellung des Patienten

Der 18-jährige T. spielt seit seinem 6. Lebensjahr Eishockey und hat in allen Jugendauswahlen seines Klubs als Torhüter mitgewirkt. Am Anfang der Saison 2002/2003 ist er Stammtorwart einer Profimannschaft in der Topliga der Schweizer Meisterschaft. Außerdem wurde er bereits im Kader der Schweizer Nationalmannschaft als Nachwuchsspieler (Draft) in der National Hockey League (NHL) unter Vertrag genommen. Bis zu diesem Zeitpunkt hatte er nie gesundheitliche Probleme.

Im Herbst 2002 beklagte er sich zum ersten Mal über diffuse Adduktoren- und Leistenschmerzen rechts, die nach Spielen und im weiteren Verlauf auch nach Trainings, einsetzten. Verschiedene Untersuchungen konnten nichts Pathologisches aufzeigen. T. absolvierte in der Folge ein spezifisches Kräftigungs- und Stabilisationsprogramm für den Rumpf-Becken-Hüft-Bereich.

Hölmich konnte die Effizienz eines spezifischen Übungsprogramms in der Behandlung von chronischer Adduktorenproblematik im Vergleich zu passiven Maßnahmen, wie Ultraschall und Stretching, nachweisen (Hölmich et al. 1999). Das Programm beinhaltet Übungen zur selektiven Kräftigung der Abduktoren und Adduktoren (vor allem isometrisch und exzentrisch), der Rumpfmuskulatur (Stabilisation) und enthält Koordinations- und Balanceübungen (vor allem Einbeinübungen auf instabilen Ebenen) für die untere Extremität.

T. konnte im März 2003 die Saison einigermaßen gut beenden. Er berichtete über eine leicht abklingende Symptomatik in der rechten Leistengegend. Nach den Ferien begann er im Mai 2003 das Sommertraining zur Vorbereitung der neuen Saison. Neben dem physischen und technischen Training absolvierte T. ein präventives Programm für den Rumpf-Becken-Hüft-Bereich.

Tyler konnte zeigen, dass ein eishockeyspezifisches Übungsprogramm die Anzahl der Adduktorenverletzungen (innerhalb einer nordamerikanischen NHL-Mannschaft) signifikant reduziert (Tyler et al. 2002). Kraft-, Koordinations- und Stabilisationsübungen waren die Hauptsäulen dieses Programms. Interessanterweise konnte festgestellt werden, dass Spieler mit einem bestimmten Kraftverhältnis, festgestellt mithilfe isometrischer Maximalkraftmessungen, in der Abduktoren-Adduktoren-Gruppe (>80 %) ein deutlich niedrigeres Verletzungsrisiko der Adduktoren zeigten. Andere Studien aus den letzten Jahren (Arnason 2008, Tyler et al. 2001) unterstützen die Bedeutung des Kraftpotenzials, bezogen auf die exzentrische Kraft, in der Prävention von Muskelverletzungen im Sport und nicht die der Flexibilität (Herbert u. Gabriel 2002). Silvers untersuchte ebenfalls die Auswirkung eines Präventionsprogramms in professionellen Fußballteams der Major League Soccer in den Vereinigten Staaten (Silvers u. Mandelbaum 2008) (mit ähnlichen Inhalten wie Tyler et al. 2002). Mannschaften, die das präventive Programm verfolgten, zeigten signifikant weniger Adduktoren- und Leistenproblematiken während der Saison 2005/2006.

Bereits während der Vorbereitungsspiele für die Saison, die im Juli/August 2003 stattfanden, bemerkte T. eine zunehmende Asymmetrie in seiner rechten Butterfly-Abwehrbewegung (**Abb. 9.16**), die mit leichten, diffusen Leistenschmerzen verbunden war. Die klinische Untersuchung zeigte eine verminderte passive Innenrotation der rechten Hüfte im Seitenvergleich: nur knapp 10° im Vergleich zu 40° auf der Gegenseite, ausgehend von 90° Fle-

xionsstellung. Endgradig war die Bewegung schmerzhaft, das Stoppgefühl war reflektorisch und hart. Die anderen Bewegungen des Hüftgelenks waren unauffällig und symptomfrei.

Eine verminderte Innenrotationsbewegung des Hüftgelenks ist ein Zeichen einer möglichen intraartikulären Pathologie. Wyss zeigte, dass in der 90°-Flexionsstellung die Innenrotation primär ossär arretiert wird (Femurhals steht gegenüber der Gelenkpfanne) (Wyss et al. 2007). Die Symptome werden vor allem durch ein geschädigtes Labrum verursacht. Diese Struktur enthält viele freie Nervenendigungen, die die Schmerzen auslösen können (Kim u. Azuma 1995).

Eine lange Geschichte von Leistenschmerzen sollte immer an eine mögliche Hüftgelenksbeteiligung denken lassen (MacAuley u. Best 2002). Bradshaw fand in 218 konsekutiven Patienten mit chronischen Leistenschmerzen eine Prävalenz von 44 % für Hüftgelenkspathologien (Bradshaw et al. 2008).

Die verminderte Innenrotation im rechten Hüftgelenk war für T. leistungslimitierend, weil er seine normalen Abwehrbewegungen im Butterflystil nicht mehr ausführen konnte (Daccord 1998). Deswegen musste er seine Technik und sein Bewegungsverhalten als Torhüter anpassen und hatte folglich Leistungseinbußen zu beklagen. Während der ersten Monate der Saison 2003/2004 nahm die Symptomatik in der rechten Hüfte-Leisten-Gegend zu. Nur Massagen der umliegenden Muskulatur, vor allem des M. tensor fasciae latae, der tiefen Rotatoren und der Glutaealmuskulatur sowie Traktionen des Hüftgelenks konnten zu einer kurzzeitigen Linderung beitragen. Forcierte Mobilisation und Dehnen führten eher zu einer Verschlechterung der Symptome.

Im weiteren Verlauf bestätigten verschiedene klinische Tests den Verdacht auf eine Impingement-Problematik des Hüftgelenks. Die verminderte Innenrotation und passive Beweglichkeit in 90°-Flexionsstellung und beim Leg-Roll-Test ließen klar auf eine Hüftgelenksproblematik schließen (Byrd 2006, Leunig et al. 2006). Wenn beim Faber-Test, SRL (Straight-Leg-Raise) gegen Widerstand und vor allem beim Scour-Test ventrale, tief in der Leiste sitzende Schmerzen und/oder Symptome reproduziert werden können, dann deutet dies auf eine intraartikuläre Hüftpathologie hin (Byrd 2006). Bei der Innenrotation in 90°-Flexionsstellung der Hüfte bewegt sich der vordere Schenkelhals nah am anterosuperioren Azetabulumrand. Eine im Seitenvergleich limitierte Innenrotation in dieser Stellung kann nur durch veränderte (abnorme) ossäre Verhältnisse verursacht werden (Wyss et al. 2007). Mit dem anterosuperioren Impingement-Test kann der Untersucher die typische FAI-Symptomatik reproduzieren (**Abb. 9.1**) (Leunig et al. 2006).

Bei diesem Manöver werden die Kapsel- und Labrumstrukturen, die oft durch die pathologischen Prozesse lädiert sind, durch das verminderte Offset (Übergang Femurkopf–Femurhals) zwischen Pfannenrand und Schenkelhals eingeklemmt. Bei T. war dieser Test im Sinne der Provokation und Reproduktion der Schmerzsymptomatik positiv. Anschließend wurden bildgebende Untersuchungen durchgeführt, die die Diagnose eines Cam-FAI, eine Form des Femoroazetabulären Impingements, ergaben (Lavigne et al. 2004, Leunig et al. 2006, 2009).



Abb. 9.1 Impingement-Test. T. befindet sich in entspannter Rückenlage. Der Untersucher führt eine Kombinationsbewegung aus Flexion, Adduktion und Innenrotation im Hüftgelenk aus. Bei symptomatischem Cam-FAI erfährt T. tief einschießende Schmerzen in der Leiste.

Es werden 2 Typen von FAI-Pathologien beschrieben (Leunig et al. 2009). Der Cam-Typ (Nockenwellen-Typ) kann vor allem bei jungen, sehr aktiven Männern vorkommen, der Pincer-Typ (Beißzangen-Typ) vor allem bei hypotonen, jungen Frauen. Außerdem unterscheidet man zwischen einer anterioren und einer posterioren FAI (Leunig et al. 2006). Cirka 70 % aller FAI-Fälle bestehen jedoch aus einer Kombination von Cam- und Pincer-Typ (Leunig et al. 2006). In ca. 90 % der Fälle sind assoziierte Labrum- und Gelenkknorpelläsionen vorhanden. FAI wird als Auslöser der Koxarthrose betrachtet (Leunig et al. 2006). Zur Ätiologie der FAI-Pathologie gibt es einige Hypothesen, die von einer in Fehlstellung ausgeheil-

ten Epiphysiolisis capitis femoris (Lösung der Epiphyse des Femurkopfs) bis zur genetischen Disposition reichen (Leunig et al. 2006, 2009).

Trotz dieser Situation versuchte T. bis zum Ende des Jahres 2003 zu spielen. Am 30. November 2003 verletzte er sich bei einem extremen Abwehrversuch, bei dem die Hüfte in maximale Innenrotation gebracht wurde, an der symptomatischen Hüfte. Bei dieser Gelegenheit zog er sich als Folge der FAI einen Riss des Labrums zu. Die passive Beweglichkeit bei Innenrotation des Hüftgelenks betrug jetzt 0°, und das ganze Bein hielt T. in einer Schonstellung. Auch beim Gehen konnte er wegen der Schmerzen das Bein nicht normal belasten und musste Gehhilfen verwenden. Man entschloss sich zu einer Operation.

9.2 Operative Therapie

Schon vor dem Eingriff ist es wichtig, dass der Patient bzw. der Athlet bestens über Pathologie, Operation und Rehabilitation aufgeklärt wird (Griffin 2001, Robinson u. Griffin 2005). Die Besprechung der Patientenerwartungen, der Operationsmethode und der Rehabilitationsabläufe sind essenzielle Bestandteile der präoperativen Instruktion und Aufklärung. Sie bilden die Basis eines guten Ergebnisses. Die Zusammenarbeit von Patient, Chirurg und Physiotherapeut beginnt idealerweise hier und sie ist während des gesamten Rehabilitationsprozesses eminent wichtig.

Die Operation wurde am 18.12.2003 von einem Hüftspezialisten durchgeführt, der eine offene Technik auswählte. Dabei wird eine chirurgische Hüftluxation durchgeführt, für die eine trochantäre Osteotomie notwendig ist. So können auch die lädierten intraartikulären Strukturen dargestellt werden. Der Labrumriss wird am präparierten Azetabulumrand refixiert und ein „normales“ Offset wird mithilfe eines Meißels herausgearbeitet, bis ein sphärischer Femurkopf modelliert ist. Die trochantäre Osteotomie wird anschließend mit 2 Schrauben fixiert (Lavigne et al. 2004, Leunig et al. 2006).

Lavigne und Leunig stellen die Operationstechnik detailliert vor (Lavigne et al. 2004, Leunig et al. 2006). Die intraoperativen Bilder dieses Falls sind in einem Artikel von Bizzini enthalten (Bizzini et al. 2006). Es sei bemerkt, dass FAI auch arthroskopisch behandelt werden kann. Hüftspezialisten aus den USA haben die arthroskopischen Techniken in den letzten Jahren verfeinert (Byrd 2006, Philippon et al. 2007). Eine Studie, die die beiden Operationstechniken miteinander vergleicht, ist derzeit noch nicht vorhanden.

Die Zahl der Peer-reviewed-Publikationen über Rehabilitationen nach offener oder arthroskopischer FAI-Operation ist gering (Voight 2007). Es handelt sich meistens um Fallberichte oder technische Berichte, die in der Evidenzskala weit unten liegen (Sackett 2000).

9.3 Initiale Therapie

Ziele der Rehabilitation waren für T.

- eine optimale Heilung der operierten Strukturen
- die Beseitigung der Symptomatik und
- die Rückkehr zu seinen sportlichen Leistungen vor der Verletzung

Die Rehabilitation wurde in 5 Phasen unterteilt: Phase I wurde vor Beginn der Maßnahmen zeitlich definiert, während Phasen II–V an den individuellen Fortschritten von T. im Rehabilitationsprozess ausgerichtet wurden. Die volle Wiederaufnahme des sportlichen Pensums wurde erst nach durchlaufener Trainingsprogression und umfangreichen Testkontrollen erlaubt (Bizzini et al. 2006, 2007).

In der Folge werden die postoperativen Rehabilitationsphasen beschrieben. Ziele, Maßnahmen, Kriterien und die Diskussion von relevanten Rehabilitationsaspekten ergeben ein umfassendes Bild der sportphysiotherapeutischen Vorgehensweise.

Die Übungsprogramme im Rehabilitationsprozess können auf unterschiedlichen Kriterien fußen (Bizzini 2000). Man unterscheidet Time-based-Programme, die auf zeitlichen Vorgaben basieren, z. B. Joggen nach 12 Wochen, von Criterion-based-Programmen, die auf der Erfüllung von bestimmten funktionellen Kriterien basieren, z. B. Joggen nach absolviertem Lauftraining, nur mit genügender neuromuskulärer Kontrolle und ausreichendem Kraftpotenzial (**Tab. 9.1**).

9.3.1 Rehabilitationsphase I

Schutzphase

- Zeitraum: 6–8 Wochen postoperativ
- Ziele: Heilung der Labrumrekonstruktion und der trochantären Osteotomie (Fixation durch 2 Schrauben)
- Maßnahmen:
  - keine aktiven Hüftbewegungen

Tab. 9.1 Postoperative Rehabilitation nach Hüftoperation. Unterschiede zwischen 2 gängigen Rehabilitationsprogrammen (Bizzini 2000)

Art des Programms	Time-based-Programm (auf zeitlichen Limits basierend)	Criterion-based-Programm (auf Kriterien basierend)
Kriterien der Anpassung	Allgemeines Rehabilitationsprogramm restriktives Programm, das ausschließlich auf Pathologie/chirurgischen Eingriffen und erwarteten Heilungszeiten basiert	individuelles Rehabilitationsprogramm Die Progressionsstufen des Programms hängen von der Erfüllung bestimmter funktioneller Kriterien ab.
Ausrichtung	Alle Patienten erhalten unabhängig von der Reaktion auf der Behandlung das gleiche Therapieniveau.	Das Niveau der Therapie richtet sich nach der Reaktion des Patienten auf die Behandlung
Beispiel	Joggen wird 12 Wochen postoperativ erlaubt	Joggen wird postoperativ erlaubt nach: Prüfung des Hüftstatus: keine Schmerzen, keine Symptome, freie Beweglichkeit genügendem Stabilisierungs- und Kraftpotenzial der Becken-Hüftmuskulatur durchgemachter Progression im sensomotorischen Training

  - Teilbelastung an Gehhilfen für 6–8 Wochen
  - Lymphdrainage
  - Elektromuskelstimulation für die wichtigsten Muskelgruppen der unteren Extremität: Quadrizeps, ischiokrurale Muskulatur, Wadenmuskulatur
- Kriterien für den Übergang in Rehabilitationsphase II: siehe **Tab. 9.2**

T. bleibt postoperativ 5 Tage in der Klinik. In diesen ersten Tagen nach der Operation nehmen Schwellungen und Hämatome im operierten Bereich und am lateralen Oberschenkel wegen der fortschreitenden Körpermobilisation (Aufstehen, Gehen mit Gehhilfen) zu.

Um das operierte Gelenk passiv und schonend zu mobilisieren (Bewegungsspielraum zwischen 0° und 70°), wird eine Bewegungsmaschine (Continuous Passive Motion) 3–4 Stunden am Tag eingesetzt (Lavigne et al. 2004). Man versucht damit, möglichen Verklebungen um die Osteotomiestelle am Femurhals vorzubeugen (Enseki et al. 2006). Nach dem Klinikaufenthalt geht T. zur Fortführung einer ambulanten Sportphysiotherapie nach Hause. Die passive Bewegung mithilfe der CPM wird weiterhin täglich für 2–4 Stunden beübt (maximal bis 90° Flexion). Außerdem geht T. zur Entlastung weiterhin mit Gehhilfen. Ebenfalls täglich wird die Elektro-Muskel-Stimulation (EMS) durchgeführt. Für die großen Muskelgruppen werden spezielle Programme angewendet (Gerät: COMPEX2, MediCompex SA, Ecublens, Schweiz).

Untersuchungen an Patienten mit ruhiggestellter Muskulatur haben gezeigt, dass die Elektro-Muskel-Stimulation einer Atrophie der Oberschenkelmuskulatur vorbeugt (Gibson et al. 1988) und die Defizite der Aktivierung des M. quadriceps minimieren kann (Meier 2008).

In der ambulanten Physiotherapie erhält T. Lymphdrainage für die operierte untere Extremität. Diese Maßnahme reduziert Schwellungen und Hämatome innerhalb von 3 Wochen (7 Sitzungen) signifikant.

Für die ersten 4 postoperativen Wochen wird das betroffene Bein komplett entlastet, T. soll dabei möglichst auch auf das Gehen mit Gehhilfen verzichten. Ab Woche 5 darf T. das operierte Bein teilweise belasten (mit ca. 10–15 % des Körpergewichts, bei T. ca. 10 kg). Das wird bis zur ersten Kontrolle beibehalten.

Untersuchungen haben gezeigt, dass die isolierte Kontraktion des M. glutaeus medius in der Standphase beim Gehen eine hohe Kompression im Hüftgelenk auslöst (Crowninshield et al. 1978). Das Gehen mit Gehhilfen in Teilbelastung (z. B. Belastung nur mit Eigengewicht des Beins) ist die beste Methode, um diese Kompressionskräfte, die in den ersten Wochen symptomatisch sein können, zu reduzieren (Robinson u. Griffin 2005).

Ergebnis der ersten Phase

Nach ca. 6 Wochen wird eine klinische Kontrolle mit Röntgenbildern und körperlicher Untersuchung gemacht. Diese ergibt eine gute Konsolidierung der trochantären Osteotomie, einen Rückgang der Schmerzen (Wert 3 auf einer visuell-analogen Skala von 0–10) sowie der Schwellung rund um die pelvitrochantäre Muskulatur. Die passive Hüftflexionsbeweglichkeit beträgt ca. 80°, die passive Abduktion ca. 30°, die Innenrotation ca. 20° und die Außenrotation ca. 30° (untersucht in liegender Position). Der Operateur gibt grünes Licht für den Übergang von der Teil- in die Vollbelastung.

Tab. 9.2 Klinische und funktionelle Kriterien, um den Athleten nach einer Hüftoperation von Phase zu Phase führen können. Somit kann eine individuell angepasste Rehabilitation gewährleistet werden (modifiziert nach Bizzini 2000, 2006, 2007)

Phase I => II	Phase II => III	Phase III => IV	Phase IV => „Sport“
▪ minimale Schmerzen/Symptome ▪ wenige muskuläre Verhärtungen ▪ gute Innervation der Muskulatur (in Teilbelastung und auf 2 Beinen) ▪ „okay“ vom Chirurgen für die freie Vollbelastung	▪ keine Schmerzen/ Symptome ▪ praktisch symmetrische Beweglichkeit ▪ gute neuromuskuläre Kontrolle in Vollbelastung (im Alltag, Gehen, Treppe) ▪ kein Hinken ▪ genügendes Kraftpotenzial der Rumpf-Hüftmuskulatur	▪ keine Schmerzen/ Symptome ▪ volle Beweglichkeit ▪ keine muskulären Probleme ▪ optimale neuromuskuläre Kontrolle in der Dynamik ▪ gutes Kraftpotenzial der Rumpf-Hüftmuskulatur ▪ genügende kardiovaskuläre Ausdauer	▪ keine Schmerzen/ Symptome ▪ volle Beweglichkeit ▪ optimale sportartspezifische reaktive neuromuskuläre Kontrolle (Rumpf-Bein) ▪ optimales Kraftpotenzial Rümpf-Hüftmuskulatur ▪ durchgemachte Progression mit dem Team-Training ▪ optimale sportartspezifische Fitness ▪ Absolvierung von sportartspezifischen Tests



Abb. 9.2 Innervationstraining für den M. glutaeus medius in der Seitlage. T. versucht, das oben liegende Bein mit gebeugtem Knie (kurzer Hebel für die Muskulatur) isometrisch gegen die Schwerkraft zu halten. Wichtig dabei ist eine gute Stabilisation des Beckens und der Lendenwirbelsäule, ohne in Ausweichbewegungen zu verfallen.

9.3.2 Rehabilitationsphase II

Kontrollierte Vollbelastung

- Zeitraum: 9–12 Wochen postoperativ
- Ziel: Optimale neuromuskuläre Kontrolle der Rumpf-Becken-Hüft-Region im Alltag
- Maßnahmen:
  - sensomotorisches Training in Teil- und Vollbelastung
  - passive und leichte aktive Mobilisation des Hüftgelenks
  - Innervationsschulung der pelvitrochantären Muskulatur
- Begleitend:
  - Wassertraining (Geh- und Bewegungsübungen)
  - paralleles Training für die nichtbetroffenen Körperregionen (linkes Bein, obere Extremitäten) (Biedert et al. 1997)
- Kriterien für den Übergang in Rehabilitationsphase III: siehe **Tab. 9.2**

Die postoperative Rehabilitation erfordert tägliche sportphysiotherapeutische Maßnahmen, mit Ausnahme des Wochenendes. Eine solche Therapieplanung ermöglicht die ständige Kontrolle des Verlaufs und ist erforderlich, um Profisportler wieder an Höchstleistungen heranzuführen.

In dieser Phase steht das sensomotorische Training im Vordergrund. Beweglichkeit und Dehnbarkeit werden unforciert geübt. Da eine qualitativ gute Stabilisation und Kontrolle des Rumpf-Becken-Bereichs entscheidend ist, wird diese in verschiedenen Situationen trainiert. Die Stabilisation in der offenen Übungssituation (z. B. in Seitlage) (**Abb. 9.2**) ergänzt die in geschlossenen Übungssituationen (z. B. auf 2 Beinen) im Sinne eines Innervationstrainings.

Bei der Operation tritt eine nicht zu unterschätzende reflektorische Inhibition der umliegenden Muskulatur auf. Schmerzen, intraartikuläre Ergüsse und periartikuläre Schwellungen führen zu einer individuell unterschiedlichen Inhibition der Muskelaktivierung. Dieses Phänomen, auch wenn bisher nur am Kniegelenk für den M. quadriceps femoris nachgewiesen (De Andrade et al.

1965, Spencer et al. 1984), scheint mitverantwortlich für Veränderungen oder Anpassungen der neuromuskulären Kontrolle zu sein (Bizzini 2000).

Ein typisches Beispiel dafür ist der M. glutaeus medius. Ähnlich wie beim M. quadriceps nach einer Knieoperation hat der Patient Mühe, den M. glutaeus medius selektiv zu aktivieren (Griffin 2001).

Deswegen ist die Innervationsschulung der Muskulatur sehr wichtig (Robinson u. Griffin 2005). Autoren wie Hodges haben die Rolle der lokalen stabilisierenden Muskulatur, z. B. M. transversus abdominis und der Mm. multifidii lumbales in der Behandlung von Patienten mit chronischen Rückenschmerzen beschrieben (Hodges 2003).

Comerford und Mottram entwickelten eine funktionelle Klassifikation (Kinetic Control) des Muskelsystems, die interessante Richtlinien für die Rehabilitation speziell in dieser Frühphase liefern kann (Comerford u. Mottram 2001, 2001).

Studien belegen, dass die isolierte Arbeit in der offenen Kette, vor allem dynamische Bewegungen gegen Widerstand in Flexion und Abduktion, hohe Scherkräfte am proximalen Femur auslöst (Lu 1997). Klinische Erfahrungen zeigen außerdem, dass solche Übungen in der Frühphase Reizzustände und andere Beschwerden verursachen können. Die typische Glutaeus-medius-Übung mit einer repetitiven Bewegung des Beins in Abduktion aus der Seitlage wird eher für die Rehabilitationsphase III reserviert.

Verschiedene Übungen unter Belastung folgen, zuerst auf 2 Beinen, dann mit der Belastung auf dem operierten Bein. Dies sind z. B. Übungen auf instabilen Ebenen, Übungen gegen externe Widerstände und Übungen mit destabilisierenden Momenten. Für die Praxis eignet sich ein Übungsprogramm mit kontrollierter Progression vom Zweibein- zum Einbeinstand, wobei der Schwierigkeitsgrad der Übungen aufsteigend ist (Bizzini 2000). Dies hat zum Ziel, Muskelaktivierungen, die neuromuskuläre Kontrolle und die Stabilisation zu fördern. Es ist sinnvoll bereits in dieser Frühphase einige sportartspezifische Elemente in die Übungen zu integrieren, wie z. B. die Benutzung der eigenen Schlittschuhe beim Stabilisationstraining (**Abb. 9.3**). Dies dient einerseits der Förderung der neuromuskulären Kontrolle, andererseits ist es ein positiver psychologischer Input für den verletzten Sportler.

Schon bei den ersten Übungen unter Belastung sollte man auf eine gute Stabilisation des Beckens im Hüftgelenk bei gleichzeitig optimaler Stabilisation der unteren Extremität achten (Cave: kein Medialkollaps!) (Bizzini 2000). Die exzentrische Stabilisation der Glutäalmuskulatur und der Rotatoren sollte gesondert trainiert werden (Bizzini 2000, Perry 1992, Torry et al. 2006) (**Abb. 9.4**a-b).

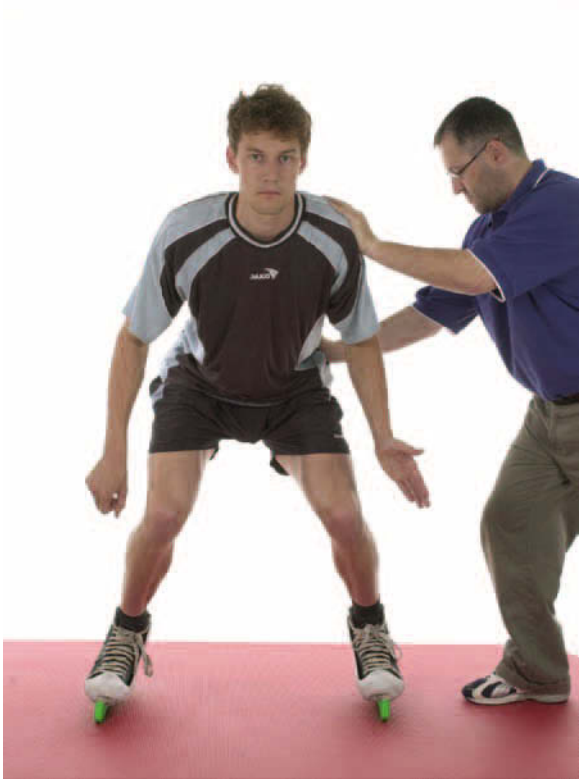


Abb. 9.3 Stabilisationstrainig mit Schlittschuhen auf 2 Beinen. T. versucht eine Mini-Kniebeugenstellung beizubehalten, während der Physiotherapeut destabilisierende Momente setzt.

Beim Medialkollaps „hängen" die Gelenke der unteren Extremität in ihren medialen Kapselbandstrukturen als Konsequenz der fehlenden koordinierten synergistischen Arbeit der Muskulatur. Man beobachtet (von distal): Aufgabe des inneren Längsgewölbes, mediale Rotation und Abkippung der Tibia, mediale Rotation der Femurkondylen im Kniegelenk, Außenrotation/Adduktion des Beckens im Hüftgelenk (Bizzini 2000).

In der Literatur findet man nur wenige Ausführungen zur Biomechanik verschiedener Übungssituationen bei FAI (fast alle beziehen sich auf die Rehabilitation bei Totalendoprothesen) (Bergmann et al. 1996, Tackson et al. 1997, Torry et al. 2006). Die Belastungsprogression genau zu dosieren ist nicht einfach. Einerseits zeigen die vorhandenen Daten, dass Aktivitäten unter Belastung hohe Kompressionskräfte im Hüftgelenk erzeugen können. Diese Kräfte sind im Stehen höher als beim Gehen. Andererseits wird vermutet, dass Übungen in der geschlossenen Kette, wie z. B. beim Zweibein- und Einbeinstand, eine Druckverteilung in den Gelenken und eine homogene Stressverteilung in den Weichteilen der unteren Extremität ermöglichen (Snyder-Mackler 1996).

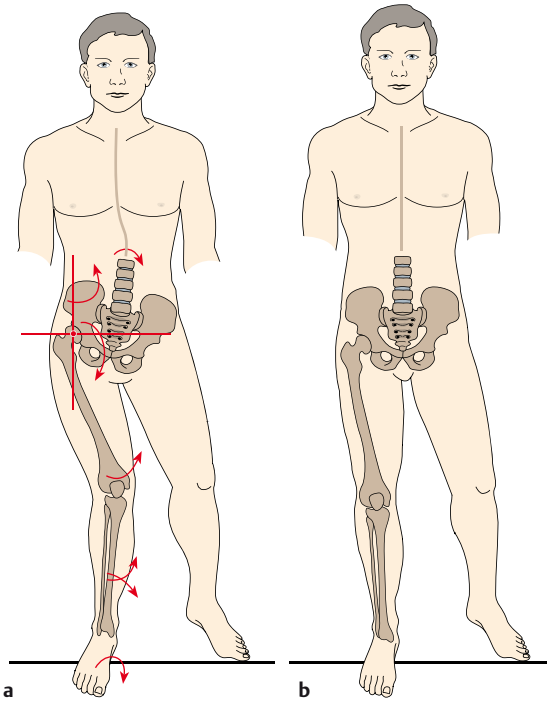


Abb. 9.4 Einbeinstand.
a destabilisierter Einbeinstand: medialer Kollaps der unteren Extremität mit defizitärer Beckenstabilisation im Hüftgelenk (Bizzini 2000).
b stabilisierter Einbeinstand: optimale Kontrolle der unteren Extremität bei stabilisiertem (abduktorisch/rotatorisch) Becken im Hüftgelenk (Bizzini 2000).

T. konnte ca. 10 Wochen nach der Operation ohne Gehhilfen auf ebenem Boden gehen, wenn auch unter leichtem Hinken. Nach 12 Wochen war er in der Lage, Treppen sowohl auf als auch ab problemlos zu überwinden.

Beweglichkeit des operierten Hüftgelenks

Nach einer Operation ist das Hüftgelenk typischerweise eher in den Bewegungsmustern Flexion, Abduktion und Innenrotation eingeschränkt. Dies entspricht den Capsular Pattern of Restriction nach Maitland (Maitland 1977). Wegen der Kapselerweiterung und der Eingriffe während der Operation kommt es zu einer Reizung der Synovialis. Die passive Beweglichkeit wird in allen Richtungen geübt, jedoch ohne zu forcieren. Speziell die Flexion sollte nicht über 90° durchgeführt werden, um negative Reaktionen am Gelenk und in den Weichteilen zu verhindern. Leichte Traktionen des Hüftgelenks sind in dieser Phase ebenfalls ein hilfreiches Mittel zur Kapsel- und Gelenkmobilisation (Griffin 2001). Ein anderes schonendes Mittel zur Mobilisation des operierten Hüftgelenks ist der Einsatz eines Fahrradergometers (Wettstein u. Dienst 2006).

Bei T. war die passive Rotation, sowohl die Außenrotation als auch die Innenrotation, in Neutralstellung des Hüftgelenks (Test in Bauchlage) nach ca. 8 Wochen postoperativ seitengleich. Der Seitenunterschied bei der Flexion und der Abduktion betrug zu diesem Zeitpunkt jeweils noch ca. 10°.

9.3.3 Rehabilitationsphase III

Kontrolliertes Training

- Zeitraum: 13–18 Wochen postoperativ
- Ziel: Steigerung von Koordination, Kraft und Ausdauer
- Maßnahmen:
  - sensomotorisches Training (dynamisch)
  - Krafttraining mit und ohne Geräte
  - Ausdauertraining (Fahrradergometer)
- Begleitend: Wassertraining (Wet Vest)
- Kriterien für den Übergang in Rehabilitationsphase IV: siehe **Tab. 9.2**

Bei T. stehen 2 Aspekte im Vordergrund: die Förderung der eigenen Sensomotorik und die Verbesserung des Stabilisations- und Kraftpotenzials des Becken-Hüft-Bereichs (**Abb. 9.5**, **Abb. 9.6**, **Abb. 9.7**, **Abb. 9.8**).

Das sensomotorische Training ist in dieser Phase entscheidend für die Wiedererlangung der Stabilisations- und Bewegungsfertigkeiten (Bizzini 2000). Die reaktiven Stabilisationsfähigkeiten sind dabei besonders wichtig und man kann sie mit gezielten Übungen trainieren. Die Forschung auf diesem Gebiet hat gezeigt, dass unter anderem die motorischen Reflexe im Rückenmark, die für den Muskeltonus und die Gelenkstabilisation verantwortlich sind, modulierbar sind (Leonard 1998). Mit einem Perturbationstraining (= reaktives Training) kann man am besten die reflektorische Stabilisierung fördern (Fitzgerald et al. 2000).

Ziel dieses spezifischen Trainings ist, dass die Muskulatur aktive Vorspannungsmechanismen (neuromuskuläre Reaktionsbereitschaft) automatisiert, um negative Auswirkungen plötzlicher Änderungen eines Bewegungsablaufs zu neutralisieren (Bizzini 2000).

> Beim Perturbationstraining soll der Patient trotz destabilisierender Momente seine Körperstellung halten.

In dieser Phase werden die reaktiven Stabilisationsfähigkeiten intensiver trainiert. Der Körper muss in der Lage sein, Verschiebungen im Raum (z. B. seitlich) bei unterschiedlichen Bewegungsgeschwindigkeiten optimal zu kontrollieren (Tippett u. Voight 1995). Sowohl Rotationen des Rumpfs gegenüber dem Becken und der Hüfte als auch umgekehrt werden spezifisch, im Sinne der Stabilisation, geübt.

Außerdem wird gezielt an der Rumpf-Hüft-Kraft gearbeitet, vor allem durch Übungen, die sowohl Kraft als auch Stabilisation fördern.



Abb. 9.5 T. bewegt sich in einer Waagestellung und versucht dabei, eine optimale Stabilisation des Beckens im abduzierten und rotierten Hüftgelenk zu erreichen.



Abb. 9.6 T. macht seitliche Schritte gegen den Widerstand eines Gummibands und versucht dabei, sich in der Einbeinstellung, mit dem Augenmerk auf Becken und Rumpf, reaktiv zu stabilisieren.



Abb. 9.7 T. bewegt sich mit Stock und Fanghandausrüstung seitwärts dynamisch-rhythmisch auf der Rutschmatte und versucht dabei, seine Körperstabilisation zu gewährleisten.



Abb. 9.8 Stabilisations-Krafttraining für die Rumpf-, Becken- und Hüftmuskulatur. T. stützt sich zwischen Ellbogen und Fuß ab und hält für eine bestimmte Zeit statisch diese Position, ohne in Ausweichbewegungen zu verfallen. Die Übung wird im weiteren Therapieverlauf auch dynamisch durchgeführt.

In dieser kontrollierten Trainingsphase sollte auf eine zu schnelle Progression mit Spitzenbelastungen verzichtet werden (Griffin 2001). Deshalb sind Krafttraining an der Beinpresse in Flexionswinkeln über 90°, Joggen und Sprungtraining kontraindiziert. Bei der Beinpresse und bei Kniebeugen wird deshalb strikt auf einen Flexionswinkel >90° verzichtet, um zu hohe Kompressions- und Scherkräfte im operierten Bereich zu vermieden. Erfahrungsgemäß benötigt die Muskulatur viel Zeit, bis sie ungefähr das Leistungspotenzial vor der Operation errei-

chen kann (Bizzini 2006, 2007). Ein unkontrolliertes Training könnte eine supraphysiologische Belastung für die operierte Hüfte bedeuten (Dye 1996). Dies gilt es zu vermeiden, denn die resultierenden Symptome und Schmerzen haben oft eine Verlangsamung des Rehabilitationsprozesses zur Folge.

Bei T. können die präoperativen Werte der Rumpfmuskulatur nach 4,5 Monaten noch nicht erreicht werden. Dies konnte man so genau feststellen, weil in jeder Saison alle Spieler der Mannschaft durch eine Testpalette gecheckt werden. Die Werte der rechten lateralen Rumpfkette zeigen bei T. ein ca. 25%iges Defizit gegenüber den präoperativen Werten. Die isolierte Abduktorenkraft, vor allem des M. glutaeus medius, hat im Seitenvergleich einen Unterschied von ca. 30%.

In den letzten Jahren wurde von Spezialisten des Swiss Olympic Medical Centers in Magglingen in der Schweiz eine interessante Rumpfkrafttestung entwickelt (Bourban et al. 2001). Diese valide und zuverlässige Testpalette ist auch für Athleten nach offenen und arthroskopischen Hüftoperationen geeignet, weil alle dorsalen, ventralen und lateralen Muskelketten der unteren Extremität angesprochen werden (**Abb. 9.9**a-c). Es ist ebenfalls von Interesse, die Kraftwerte der Abduktoren in ihrer selektiven Funktion zu evaluieren. Untersuchungen haben gezeigt, dass die Seitenlage die beste Position für die Validität und Zuverlässigkeit der Messungen der isometrischen Kraft via Dynamometer ist (Widler et al. 2008). Muskeln, wie der M. glutaeus medius und der M. glutaeus minimus, die durch die verschiedenen chirurgischen Zugänge direkt oder indirekt tangiert werden, sollten postoperativ sorgfältig in ihrer Funktion geprüft werden.



Abb. 9.9 Testpalette zur Messung der Rumpfkraft nach Bourban et al. (2001).
a Ventrale Muskelketten.
b Laterale Muskelketten.
c Dorsale Muskelketten.

Bei einem solch intensiven Training treten oft kapsuläre und muskuläre Verpannungen auf. Bei T. äußerte sich dies als ab und zu spürbares tiefes Ziehen in der Leiste.

Es ist wichtig, Verhärtungen jeweils vor, während und nach der Trainingseinheit zu behandeln. Dazu eignen sich angepasste Traktionen des Hüftgelenks und manuelle Bearbeitungen der Muskulatur, insbesondere der Adduktoren, des M. tensor fasciae latae, des M. iliopsoas sowie der Außenrotatoren. Weiterhin sind individuell dosierte Dehnungsübungen für die Flexibilität der Rumpf-, Becken- und Beinmuskulatur sinnvoll.

9.3.4 Rehabilitationsphase IV

Intensive Trainingsphase

- Zeitraum: 19–24 Wochen postoperativ
- Ziel: bestmögliche Vorbereitung auf die Rückkehr zu den sportlichen Leistungen vor der Verletzung
- Maßnahmen: Intensivierung des gesamten Trainings in Bezug auf Koordination, Kraft, Power und Ausdauer
- Kriterien für den Übergang in Rehabilitationsphase IV: siehe **Tab. 9.2**

Für die meisten Patienten wird die Rehabilitation mit der Phase III abgeschlossen. Bei Leistungssportlern wie T. beginnt der harte Teil der Arbeit mit der Rehabilitationsphase IV.

Die Rehabilitation verlief für T. bisher komplikationslos. In der Vorbereitungsphase für das sommerliche Eistraining stehen 2 Aspekte im Vordergrund:

- Optimierung von Stabilisations- und Kraftpotenzial des operierten Beines
- Training von eishockeyspezifischen Fertigkeiten, wie z. B. Schnelligkeit und Reaktionsvermögen

Weiterhin steht ein Training der Rumpfmuskulatur auf dem Programm. In dieser Phase werden die Rumpfmuskeln auf einem hohen Schwierigkeitsniveau trainiert (**Abb. 9.10**). Ebenso liegt das Augenmerk auf der Verbes-

Tab. 9.3 Ein typischer Trainingstag für T. in Rehabilitationsphase III

Tageszeit	Aktivität	Trainingsinhalt
8:30	Aufwärmen	10 min Fahrradergometer bei leichter bis mittlerer Intensität 5 min lockeres Dehnen
8:45	passive Mobilisation der Hüfte	Innenrotation/Außenrotation in 90°-Flexionsstellung in Rückenlage und 0-Stellung (Bauchlage) Mobilisation und Massage des M. tensor fasciae latae
8:55	Übungen mit Fokus auf Beckenstabilisation	Dynamische seitliche Stütze mit Füßen auf einem kleinen Ball Becken-Abduktion und -Adduktion mit Einbeinstand auf einem Kasten Im Zweibeinstand auf einer Schaukel stehen und statisch reaktiv stabilisieren
9:10	Lockerung der Muskulatur	Leichte Hüfttraktionen und Weichteilbehandlungen rund um die Hüfte
9:15	Übungen mit Fokus auf neuromuskulärer Kontrolle	T. mit Schlittschuhen: dynamische einbeinige Waage seitliche Ausfallschritte mit Stabilisationsmomenten und gegen Gummibandwiderstand reaktive Stabilisation im Einbeinstand verschiedene Simulationen von Abwehrversuchen auf Torschüsse im Zweibeinstand
9:30	kleine Hüftmobilisationen	leichtes Dehnen der verspannten Muskulatur (M. pectineus, M. adductor longus, M. iliopsoas)
9:40–10:00	Pause	
10:45–11:30	Trainingseinheit im Wasser	reine Beweglichkeitsübungen
12:00–15:00	Mittagessen und Pause	
15:00–16:00	Trainingseinheit im Wasser	Intervalltraining mit Wet Vest
16:00–16:30	Pause	
16:30	Relaxationsübungen	
17:00	Ende des Reha-Tages	

serung sowohl der Stabilisationsfähigkeiten (**Abb. 9.11**) als auch der Koordinationsfähigkeiten (**Abb. 9.12**). Einige Beispielübungen, die sich in der Praxis bewährt haben, sind entnommen aus Bizzini 2000, 2006, 2007, Twist 2007, Verstegen u. Williams 2006.

Um die Schnelligkeitskomponenten zu trainieren, werden progressiv plyometrische Übungen eingeführt



Abb. 9.10 Stabilisations-Krafttraining für die Rumpf-, Becken- und Hüftmuskulatur – erschwerte Form. T. stützt sich zwischen Ellbogen und Fuß ab und hält statisch diese Position (ohne Ausweichbewegungen). Dabei bewegt er sein oben liegendes Bein für eine bestimmte Zeit auf und ab.



Abb. 9.11 Rotatorisches Stabilisationstraining für die Rumpf-, Becken- und Hüftmuskulatur. T. stützt sich zwischen beiden Händen und einem Fuß auf einem Gymnastikball ab. Das andere Bein bewegt er in horizontaler Abduktion bzw. Adduktion im Hüftgelenk und versucht dabei, seine Körperposition stabil zu halten.

(**Abb. 9.13**). Im Rehabilitationsverlauf mit den Athleten verwendet man in der Regel angepasste Formen des plyometrischen Trainings. Mit dieser Trainingsform sind weitere Aspekte, wie Reaktionsvermögen (Quickness) und Wendigkeit (Agility), verknüpft. Dazu gehören Fähigkeiten, wie Bremsen, Beschleunigen und schnelle Richtungswechsel, ohne an Körperkontrolle, Geschwindigkeit oder Kraft zu verlieren (Brown et al. 2000).

Das plyometrische Training ist Bestandteil von praktisch allen Trainingsplänen im Sport (Chu 1998). Der Begriff Plyometrie wurde in den 1970er-Jahren vom F. Wilt geprägt, einem amerikanischen Leichtathletiktrainer, und bedeutet messbare Verbesserung. Plyometrie wird unter anderem definiert als Übungstechnik, die den Muskel befähigt, in schnellstmöglicher Zeit die maximale Kraftleistung zu erbringen. Das Ziel eines solchen Trainings ist, die Zeit zwischen dem Ende der exzentrischen und dem Beginn der konzentrischen Kontraktion (Amortisation Time Phase) zu minimieren.

Vor allem am Anfang des Trainingsprogramms wird viel Wert auf eine qualitativ gute Bewegungsausführung und



Abb. 9.12 Stabilisations-Krafttraining für die Rumpf-, Becken- und Hüftmuskulatur. T. befindet sich in einer Ausfallschrittposition auf einer speziellen Schaukel. Er bewegt sich dynamisch vor und zurück und versucht stets, bei guter Rumpf- und Beckenkontrolle, seine Balance und seinen Körper stabil zu halten.



Abb. 9.13 Beispiel eines plyometrischen Trainings. Seitliche Körperbewegungen im Raum mit verschiedenen Hilfsmitteln (Hut, Kasten). T. trainiert einige Varianten von einbeinigen und zweibeinigen Sprüngen und landet dabei entweder auf 1 Bein oder auf 2 Beinen. Entscheidend ist eine gute Körperstabilisation sowohl beim Absprung als auch bei der Landung. Im Verlauf des Trainings wird auf zunehmende Bewegungsexplosivität und verkürzte Bodenkontaktzeiten hingearbeitet.

Bewegungskontrolle sowie auf stabilisierende Momente gelegt (z. B. bei der Landung nach einem Sprung). Die Plyometrie ist die Fortsetzung des sensomotorischen Trainings, jedoch auf einer höheren Schwierigkeitsstufe des motorischen Lernens (Bizzini 2000). Bei zunehmender Beherrschung der verschiedenen Übungssituationen, z. B. vom Zwei- zum Einbeinstand, wird die Geschwindigkeit der Bewegungen, z. B. durch Springen, erhöht und die Kontaktzeit am Boden, die Zeit zwischen Landung und nächstem Absprung, reduziert.

Bei T. werden besonders folgende Situationen geübt: laterale doppelbeinige und einbeinige Sprünge, seitliche Körperverschiebungen sowie schnelle Wechsel von Zwei- und Einbeinbelastungen. Entscheidende Elemente für T. als Eishockeytorhüter sind die schnellen Wechsel bei gleichzeitiger Stabilität und optimaler Bewegungskontrolle. Praktische und hilfreiche Hilfsmittel für dieses Training sind eine Rutschmatte (Sliding Mat), eine Übungsleiter (**Abb. 9.14**), kleine Hindernisse und ein Kasten, der



Abb. 9.14 Reaktions-Wendigkeits-Übung. Beispiel einer Reaktions-Wendigkeits-Übung für die Rumpf-Becken-Kontrolle durch eine seitwärts und rotatorisch ausgeführte Bewegung mit einer Übungsleiter. T. trainiert schnelle, seitliche Körperbewegungen mit jeweils einer Überkreuzung des führenden Beins. Dabei bewegen sich die Füße außerhalb oder innerhalb der Übungsleiter. Die Leiter soll nicht berührt werden. Dabei ist eine gute Körperstabilisation während der gesamten Übung entscheidend.

auf verschiedene Höhen eingestellt werden kann (Bizzini 2000, Brown et al. 2000, Twist 2007).

In dieser Phase absolviert T. auch ein intensives Kraft- und Ausdauertraining. Dazu trainiert er ca. 3-mal pro Woche im Kraftraum und arbeitet an Gewichtsmaschinen für alle wichtigen Muskelgruppen. Circa 2-mal pro Woche fährt er im Rahmen eines Ausdauer- und Intervalltrainings Inlineskates.

Nach 5 Monaten Rehabilitation sind die die isokinetischen Kraftwerte des M. quadriceps und der Muskeln der Hamstringgruppe auf beiden Seiten praktisch gleich, nämlich mit einem Unterschied von weniger als 10 %. T. kann nach etwas mehr als 6 Monaten seine präoperativen Kraftwerte im Bereich der Rumpfmuskulatur (Rumpftestung-M) wieder erreichen.

Nach einer anschließenden 2-wöchigen Regenerationsphase wird der Übergang zur Rehabilitationsphase V eingeleitet.

9.3.5 Rehabilitationsphase V

Rückkehr zum Leistungssport

- Zeitraum: Beginn ca. 7 Monate postoperativ mit dem Start des Trainingscamps auf dem Eis
- Ziele:
  - Wiedererlangung aller torhüterspezifischen Bewegungsabläufe auf dem Eis
  - progressive Teilnahme am Mannschaftstraining
  - vollständige Integration ins Mannschaftsspiel
- Maßnahmen:
  - Eistraining; zuerst individuell, dann im Team
  - Fortsetzung des plyometrischen Trainings
- Kriterien für die Rückkehr zum Leistungssport: siehe **Tab. 9.2**

Die Vorbereitung des Comebacks sollte optimal abgestuft werden: zuerst sportartspezifisches Training, dann reduziertes Teamtraining, anschließend Teamtraining ohne Einschränkung, danach über die dosierte Rückkehr zum Leistungssport, z. B. in Form von Freundschaftsspielen oder Teileinsätzen, hin zur 100 %igen Rückkehr zum Profisport (Bizzini 2006, 2007).

Der Fokus dieser letzten Phase liegt eindeutig in den Trainingseinheiten auf dem Eis. In den ersten 2 Wochen trainiert T. allein, um seine eigenen torhüterspezifischen Bewegungsabläufe zu üben (Daccord 1998, Bizzini 2006). Dies ist ein wichtiger Schritt, um die Bewegungsmuster wieder zu erlernen und um das Vertrauen in das operierte Hüftgelenk zu steigern. Obwohl alles bisher gut verlaufen war (Operation, Rehabilitation, Training), braucht T. diese Gewöhnung ans Eis, um zu spüren, dass seine Hüfte wirklich voll funktionsfähig ist.

Die torhüterspezifischen Bewegungsmuster, wie z. B. Halb-Butterfly, Full Butterfly, Kicksave (**Abb. 9.15**) werden zu Anfang langsam bis kontrolliert eingeübt (Bizzini 2006). Mit dem Einstieg ins Teamtraining ändert sich der Modus auf kontrolliert bis schnell. Ab der 4. Woche nimmt T. voll am Teamtraining teil. Dabei müssen seine Bewegungen zwischen den Pfosten auch explosionsartig ablaufen, um den Anforderungen des Spiels gerecht zu werden.



Abb. 9.15 Training von Abwehrbewegungen auf dem Eis. T. trainiert in der Rehabilitationsphase V Abwehrbewegungen auf dem Eis. Hier ist das Bewegungsmuster Kicksave abgebildet (Daccord 1998). Beide Hüftgelenke werden dabei maximal abduziert. Auf der abstützenden Seite ist das Knie gebeugt, auf der bewegenden Seite ist es gestreckt. Mit dem gestreckten Bein versucht der Torwart mithilfe seines Beinschoners den Puck wegzukicken. Die Bewegung muss beim Training und im Spiel in einer schnellen und explosiven Art durchgeführt und dabei kontrolliert werden.

Während dieser Wochen trainiert T. weiter an seiner Schnelligkeit und Wendigkeit, insbesondere durch Übungssequenzen mit der Leiter (schnelle Schritte) und gegen den Widerstand von starken Gummibändern (z. B. Pendellauf auf 2 Beinen) (Bizzini 2000).

Weiterhin ist eine Pflege der trainierten Muskulatur wichtig, die durch Maßnahmen wie die Beseitigung von Verhärtungen, allgemeine Massage und Dehnen erreicht wird. Einer Überlastungsproblematik der Gelenke wird z. B. durch Traktionen und Mobilisation der operierten Hüfte vorgebeugt, da die potenzielle Gefahr einer entsprechenden Symptomausbildung in solch intensiven Trainingseinheiten besteht. Deshalb ist die individuelle rehabilitative und psychologische Betreuung von T. auch in dieser Phase von Bedeutung

Psychologische Aspekte der sportphysiotherapeutischen Betreuung

Die psychologischen Aspekte sind im Rehabilitationsprozess mit zu berücksichtigen. Das gilt ganz allgemein für alle Patienten, aber besonders für Profisportler. Als Physiotherapeut ist man quasi täglich mit dem Athleten in Kontakt. Die Atmosphäre innerhalb dieses Zweierteams ist entscheidend für eine erfolgreiche Rehabilitation und eine gelungene Rückkehr zum Sport. Ein entscheidender

Punkt für den Physiotherapeuten ist dabei, eine positive mentale Einstellung zur Rehabilitation zu fördern.

Eine Verletzung ist in vielerlei Hinsicht eine Gelegenheit, eine Challenge, für einen Spitzensportler, motorische Strategien und mentale Stärke zu entwickeln. Es braucht sowohl Engagement als auch mentale Stärke, um die verschiedenen Rehabilitations- und Trainingsphasen sowie die mühsamen Anstrengungen durchzustehen, um wieder auf höchstem Level Sport treiben zu können.

Der Sportphysiotherapeut ist eine Art „Privatpsychologe" des verletzten Athleten. Oft entwickelt sich mit der Zeit eine Freundschaft. Die sportartspezifischen Kenntnisse des Sportphysiotherapeuten sind einerseits für die Gestaltung der Behandlungsrichtlinien unentbehrlich, bilden aber auch die Basis für eine erfolgreiche Zusammenarbeit im Hinblick auf Motivation, Durchhaltevermögen und gemeinsame Zielsetzung. Der Athlet bewältigt den Rehabilitationsprozess nicht allein, sondern findet im Therapeuten einen wichtigen Begleiter.

Je nach individueller Bedürfnislage kann der Sportler die Hilfe eines Sportpsychologen in Anspruch nehmen. Es hat sich als günstig erwiesen, wenn der Psychologe sportartspezifische Kenntnisse hat. Zu den psychologischen Techniken, die die postoperative Rehabilitation, das anschließende Training und indirekt auch die Heilung positiv beeinflussen können, gehören Relaxationsverfahren und Atemtechniken, genauso wie spezifische sportpsychologische Techniken, z. B. Visualisation von Spielsituationen. Diese Programme können für den Wiedereinstieg ins Wettkampfgeschehen bei Freundschafts- und Meisterschaftsspielen eine echte Hilfe sein (Miller 2003).

Entwicklung nach der Rehabilitation

T. konnte sein erstes Vorbereitungsspiel Mitte August 2004 und ca. 1 Monat später sein erstes Meisterschaftsspiel nach der Verletzung bestreiten.

Die sportliche Karriere von T. verlief nach seinem Comeback ohne Rückschläge und er konnte seinen Traum, einmal in der NHL – der besten Eishockeyliga der Welt – zu spielen, verwirklichen.

T. kommt jeden Sommer für einen medizinischen Check-up, bei dem stets eine optimal bewegliche und neuromuskulär-kontrollierte Hüfte festgestellt werden kann: seitengleiche Beweglichkeit, abgesehen von einem 5 Grad großen Defizit in der endgradigen Flexion, das asymptomatisch ist. Die Tatsache, dass T. auf höchstem Level Eishockey spielt, lässt keine Zweifel über seinen Fitnesszustand aufkommen.



Abb. 9.16 Situation aus einem NHL-Spiel. T. in Aktion bei einem NHL-Spiel im Herbst 2008. Hier blockiert er mit den Beinschonern einen Puck durch eine Butterfly-Abwehrbewegung (Daccord 1998). Diese schnelle und explosive Bewegung erfordert maximale Innenrotation in beiden Hüftgelenken.

Literatur

Arnason A, Andersen TE, Holme I. Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. Scand J Med Sci Sports. 2008; 18: 40–48

Bergmann G, Graichen F, Rohlmann A. Die Belastung des Hüftgelenkes. Med Orthop Technik. 1996; 116: 143–150

Biedert RM, Mexer S, Jungi M. Trotz Verletzung leistungsfähig bleiben. Orthopäde. 1997; 26: 951–954

Bizzini M. Sensomotorische Rehabilitation nach Beinverletzungen. Mit Beispielen in allen Heilungsstadien. Stuttgart: Thieme; 2000

Bizzini M, Gorelick M, Drobny T. Lateral meniscus repair in a professional ice hockey goaltender: a case report with a 5 year follow-up. J Orthop Sports Phys Ther. 2006; 36(2): 89–100

Bizzini M, Notzli HP, Maffiuletti NA. Femoroacetabular impingement in professional ice hockey players: a case series of 5 athletes after open surgical decompression. Am J Sports Med. 2007; 35: 1955–1999

Bourban P, Hübner K, Tschopp M, Marti B. Grundkraftanforderungen im Spitzensport: Ergebnisse eines 3-teiligen Rumpfkrafttests. Schweiz Z Sportmed Sporttraum. 2001; 49: 73–78

Bradshaw CJ, Bundy M, Falvey E. The diagnosis of longstanding groin pain: a prospective clinical cohort study. Brit J Sports Med. 2008; 42: 551–554

Brown LE, Ferrigno VA, Santana JC. Training for speed, agility and quickness. Champaign: Human Kinetics; 2000

Byrd JW. The Role of Hip Arthroscopy in the Athletic Hip. Clin Sports Med. 2006; 25: 255–278
Comerford MJ, Mottram SL. Functional stability retraining: principles and strategies for managing mechanical dysfunction. Manual Therapy. 2001; 6(1): 3–14
Comerford MJ, Mottram SL. Movement and stability dysfunction – contemporary developments. Manual Therapy. 2001; 6(1): 15–26
Chu DA. Jumping into Plyometrics. 2nd Edition. Champaign: Human Kinetics; 1998
Crowninshield RD, Johnston RC, Andrews JG, Brand RA. A biomechanical investigation of the human hip. J Biomech. 1978; 11: 75–85
Daccord B. Hockey goaltending. Skills for ice and in-line hockey. Champaign: Human Kinetics; 1998
De Andrade JR, Grant C, Dixon A. Joint distension and reflex muscle inhibition in the knee. J Bone Joint Surg. 1965; 47A: 313–322
Dye SF. The knee as a biologic transmission with an envelope of function: a theory. Clin Orthop. 1996; 325: 10–18
Enseki KR, Martin RL, Draovitch P, Kelly BT, Philippon MJ, Shenker ML. The hip joint: arthroscopic procedures and postoperative rehabilitation. J Orthop Sports Phys Ther. 2006; 36: 516–525
Fitzgerald GK, Axe MJ, Snyder-Mackler L. The efficacy of perturbation training in nonoperative anterior cruciate ligament rehabilitation programs for physical active individuals. Phys Ther. 2000; 80: 128–140
Gibson JN, Smith K, Rennie MJ. Prevention of disuse muscle atrophy by means of electrical muscle stimulation: maintenance of protein synthesis. Lancet. 1988; 2(8614): 767–770
Griffin KM. Rehabilitation of the Hip. Clin Sports Med. 2001; 20: 837–850
Herbert RD, Gabriel M. Effects of stretching before and after exercising on muscle soreness and risk of injury: systematic review. BMJ. 2002; 325: 468
Hodges PW. Core stability exercise in chronic low back pain. Orthop Clin North Am. 2003; 34: 245–254
Hölmich P, Uhrskou P, Ulnits L et al. Effectiveness of active physical training as treatment for longstanding adductor-related groin pain in athletes: randomised trial. Lancet. 1999; 353: 439–443
Kim YT, Azuma H. The Nerve Endings of the Acetabular Labrum. Clin Orthop. 1995; 320: 176–181
Lavigne M, Parvizi J, Beck M, Siebenrock KA, Ganz R, Leunig M. Anterior femoroacetabular impingement: part I. Techniques of joint preserving surgery. Clin Orthop. 2004; 418: 61–66
Lephard SM, Fu FH (Eds.) Proprioception and Neuromuscolar Control in Joint Stability. Champaign: Human Kinetics; 2000
Leonard CT. The Neuroscience of Human Movement. St. Louis: Mosby; 1998
Leunig M, Beck M, Dora C, Ganz R. Femoroazetabuläres Impingement als Auslöser der Koxarthrose. Orthopäde. 2006; 36: 77–84
Leunig M, Beaulé PE, Ganz R. The concept of Femoroacetabular Impingement. Current Status and Future Perspectives. Clin Orthop Rel Res. 2009; 467: 616–622
Lu TW, Taylor SJ, O'Connor JJ, Walker PS. Influence of muscle activity on the forces in the femur: an in vivo study. J Biomech. 1997; 30: 1101–1116
Maitland GD. Peripheral Manipulation. Boston: Butterworth; 1977
MacAuley D, Best T (Eds). Evidence-Based Sports Medicine. London: BMJ Books; 2002
Meier W, Mizner RL, Marcus RL et al. Total knee arthroplasty: muscle impairments, functional limitations and recommended rehabilitation approaches. J Orthop Sports Phys Ther. 2008; 38(5): 246–256
Miller SL. Hockey Tough. A winning mental game. Champaign: Human Kinetics; 2003
Perry J. Gait Analysis. Normal and Pathological Function. Thorofare, NJ: Slack Incorporated; 1992
Philippon MJ, Stubbs AJ, Schenker ML, Marxwell RB, Ganz R, Leunig M. Arthroscopic management of femoroacetabular impingement: osteoplasty technique and literature review. Am J Sports Med. 2007; 35: 1571–1580
Philippon MJ, Schenker ML, Briggs K, Kuppersmith D. Femoroacetabular impingement in 45 professional athletes: associated pathologies and return to sport following arthroscopic decompression. Knee Surg Sports Traumatol Arthroscop. 2007; 15: 908–914
Robinson TK, Griffin KM. Rehabilitation. In: Byrd JW, ed. Operative Hip Arthroscopy. 2nd Edition. New York, Stuttgart: Thieme; 2005
Sackett DL, Straus SE, Rhardson WS, Rosenberg W, Hayes RB. Evidence-Based Medicine. How to Practice and Teach EBM. 2nd Edition. Edinburgh: Churchill Livingstone; 2000
Schmidt RA, Lee TD. Motor Control and Learning. A Behavioral Emphasis. 3rd Edition. Champaign: Human Kinetics; 1999
Silvers H, Mandelbaum B. Groin injury prevention in the professional soccer athlete. Oral presentation at the 2nd World Congress on Sports Injury Prevention. Tromso, Norway; June 26–28, 2008
Snyder-Mackler L. Scientific rationale and physiological basis for the use of closed kinetic chain exercise in the lower extremity. J Sport Rehab. 1996; 5: 2–12
Spencer JD, Hayes KC, Alexander IJ. Knee Joint Effusion and Quadriceps Reflex Inhibition in Man. Arch Phys Med Rehabil. 1984; 65: 171–177
Tackson SJ, Krebs DE, Harris BA. Acetabular Pressure During Hip Arthritis Exercises. Arthritis Care Res 1997; 10: 308–319
Tippett SR, Voight ML. Functional Progression for Sport Rehabilitation. Champaign: Human Kinetics; 1995
Torry MR, Schenker ML, Martin HD, Hogoboom D, Philippon MJ. Neuromuscular Hip Biomechanics and Pathology in the Athlete. Clin Sports Med. 2006; 25: 179–197
Tyler TF, Nicholas SJ, Campbell RJ et al. The association of hip strength and flexibility with the incidence of adductor strains in professional ice hockey players. Am J Sports Med 2001; 29: 124–128
Tyler TF, Nicholas SJ, Campbell RJ et al. The effectiveness of a preseason exercise program on the prevention of groin strains in professional ice hockey players. Am J Sports Med 2002; 30: 680–683
Twist P. Complete conditioning for hockey. Champaign: Human Kinetics; 2007
Verstegen M, Williams P. Core Performance Essentials. Emmaus: Rodale Inc.; 2006
Voight ML. Current concepts in the rehabilitation of the athletic hip. IFSP Symposium „Current Concepts in Lower Body Rehabilitation" at the 6th Biennial ISAKOS Congress. Florence, Italy; May 29, 2007
Wettstein M, Dienst M. Arthroskopische Behandlung des femoroazetabulären Impingements. Orthopäde 2006; 35: 85–93
Widler K, Bizzini M, Maffiuletti N, Impellizzeri F, Munzinger U. Validity and reliability of hip abductor muscle strength measurement in three different body positions. Oral presentation at the 13th European College of Sport Science. Estoril, Portugal; July 9–12, 2008
Wyss TF, Clark JM, Weishaupt D et al. Correlation between internal rotation and bony anatomy of the hip. Clin Orthop Rel Res. 2007; 460: 152–158



10 Fallbeispiel: Sprunggelenkdistorsion – Fechten

Sylvia Henn

10.1 Vorstellung des Patienten

Der 17 Jahre alte Sportler Peter B. erlitt beim Fechttraining ein Supinationstrauma am rechten Sprunggelenk, indem er seinem Gegner in der Vorwärtsbewegung auf den Fuß trat. 4 Wochen zuvor zog er sich die gleiche Verletzung beim Basketballspiel zu. Die erste Verletzung erfolgte in der Mitte der Wettkampfphase, sodass aufgrund des dichten Wettkampfkalenders keine ausreichende Schonung mit anschließender Rehabilitation erfolgen konnte. Somit führte die Wiederaufnahme des Trainings trotz mangelnder Stabilität des Gelenkes zu einer Retraumatisierung (Valderrabano et al. 2006).

Neben den klinischen Zeichen ist die Anamnese ein wichtiger Baustein in der Befunderhebung. Durch die Schilderung des Unfallhergangs des Patienten können wichtige Rückschlüsse auf den Verletzungsmechanismus und die daran beteiligten Strukturen gezogen werden.

10.2 Allgemeines zu Verletzung und Verletzungsfolgen

Sprunggelenksdistorsionen treten mit 25% aller muskuloskeletalen Verletzungen am häufigsten auf (O'Loughlin et al. 2009).

80% aller Distorsionen am Sprunggelenk betreffen den lateralen Kapsel-Band-Apparat (O'Loughlin et al. 2009). In diesen Fällen spricht man vom Supinations- bzw. Inversionstrauma, das häufig als Synonym für Sprunggelenksdistorsion verwendet wird. Verletzungen des oberen Sprunggelenks treten jährlich bei 52 von 10 000 Einwohnern auf (Bridgman et al. 2003).

Trotz der hohen Inzidenz wird die Sprunggelenksdistorsion häufig bagatellisiert (Lohrer u. Nauck 2006). Da der Begriff „Distorsion" lediglich den Verletzungsmechanismus beschreibt (Lohrer u. Nauck 2006), ist eine exakte Differenzialdiagnostik bei frischen Traumen unabdingbar, um Folgeschäden zu vermeiden.

Da viele Distorsionstraumen nicht suffizient behandelt werden können, hat dies zur Folge, dass 20–40% aller akuten Distorsionen symptomatisch bleiben und in einer chronischen Instabilität des oberen Sprunggelenks enden. Die Patienten leiden dabei vor allem unter rezidivierenden Distorsionen, an Schmerzen und Schwellungen im Bereich der Außen- und Innenbänder, sowie einem subjektiven Giving-way.

Ursachen

Zu einer Verletzung des Sprunggelenks kommt es häufig im Rahmen sportlicher Aktivität, wenn der Fuß während der Landephase eines Schritts oder Sprungs in plantarflektierter Stellung ist (Fong et al. 2009). Verletzungsanfällige Sportarten sind Basketball, Fußball, Volleyball, Tennis und Orientierungslauf. Aber auch im Alltag kann es zum Umknicken des Fußes kommen. Hierbei unterscheidet man extrinsische von intrinsischen Faktoren.

- Extrinsische Faktoren können äußere Gewalteinwirkung sein, unebener oder stumpfer Untergrund oder das Tragen von Schuhen mit Air cells beim Sport. Im

Alltag begünstigen hohe Absätze oder Übergewicht ein Distorsionstrauma.

- Zu den intrinsischen Faktoren zählen muskuläres Ungleichgewicht zwischen pronatorisch und supinatorisch wirkenden Muskelgruppen, Kraftdefizit der Dorsalextensoren, verzögerte Reaktion der Mm. peronaei bei der lateralen Stabilisation des oberen und unteren Sprunggelenks, schlechte Vorbereitung des sensomotorischen Sytems auf sportliche Aktivität, Ermüdung und die chronische Sprunggelenksinstabilität nach rezidivierenden Distorsionen.

Den größten Risikofaktor, eine Distorsion zu erleiden, stellt eine bereits stattgefundene Distorsion dar.

Knickt der Fuß, wie in den meisten Fällen, nach außen weg, kommt es bei jungen Erwachsenen zu einer Überdehnung oder Ruptur des lateralen Kapsel-Band-Apparates. Bei älteren Menschen führt dies häufiger zu einer Fraktur der distalen Fibula. Bei Kindern hingegen kann es zu einer Verletzung der Wachstumsfuge kommen (Kuner u. Schlosser, 1995)

Chronische Instabilität des oberen Sprunggelenks

Man unterscheidet die mechanische und die funktionelle Instabilität (Valderrabano et al. 2006). Die mechanische Instabilität entspricht einem strukturellen, posttraumatischen Bandschaden mit pathologischer Aufklappbarkeit des Gelenks. Zeichen der funktionellen Instabilität sind reduzierte Gelenkkontrolle durch Verschlechterung der neuromuskulären oder posturalen Gelenkstabilisierung. Beeinträchtigt sind dabei die Propriozeption des Gelenks, die Nervenleitung, Kraft der primär stabilisierenden Muskeln und die zentrale Impulsverarbeitung. Bei der funktionellen Instabilität können nur eine oder alle Komponenten beeinträchtigt sein.

Aktuelle Studien beschäftigen sich intensiv mit dem Zusammenhang der mechanischen und funktionellen Instabilität.

Eine wichtige Erkenntnis für die Physiotherapie ist, dass mechanische Instabilität durchaus neuromuskulär kompensiert werden kann.

Liegt eine kombinierte laterale und mediale Instabilität vor, so spricht man von einer Rotationsinstabilität des oberen Sprunggelenks.

Kardinalsymptome sind

- rezidivierende Distorsionen
- Schmerzen im oberen Sprunggelenk
- ein subjektives Instabilitätsgefühl oder
- Schwierigkeiten beim Gehen und Rennen auf unebenem Gelände

In der Untersuchung weisen der Talusvorschub, die talare Aufklappbarkeit, die funktionelle Stabilitätsprüfung (z. B. Einbein-Zehenstand) auf eine Instabilität hin.

Arten von Sprunggelenksdistorsionen

Bei einer Sprunggelenksdistorsion kommt es zu einer Verstauchung, Verdrehung oder Überdehnung des oberen und unteren Sprunggelenks. Die beiden Gelenke bilden eine funktionelle Einheit. Je nach Verletzungsmechanismus unterscheidet man 2 Arten: das Supinationstrauma (Umknicken des Fußes nach außen) und das Pronationstrauma (Umknicken des Fußes nach innen). Es ist zu beobachten, dass ein Supinationstrauma weitaus häufiger auftritt (85 %). Der Grund liegt darin, dass der nichtbelastete Fuß z. B. während eines Sprunges die Tendenz hat, leicht nach außen zu drehen. Dadurch muss bei einer Landung das ganze Körpergewicht über den Außenrand abgefangen werden.

Je nach Dauer, Intensität und Richtung der Gewalteinwirkung können isolierte Bandverletzungen oder begleitend knöcherne Ausrisse auftreten. Aufgrund der anatomischen Lage und daraus resultierenden Funktion der Bänder tritt beim Supinationstrauma (Supination des Vorfußes sowie Inversion und Adduktion des Rückfußes) am häufigsten eine Verletzung des Lig. talofibulare anterius (ATFL) auf.

Weiterlaufend betrifft der Verletzungsmechanismus das Lig. calcaneofibulare (CFL). Durch die Verbindung der Sehnenscheiden der Peronäalsehnen mit dem CFL kann es zu Einrissen des Sehnengleitgewebes kommen, was eine Reduktion der dynamischen Stabilität der Sprunggelenke zur Folge hat.

Bei einer komplexen Schädigung des lateralen Kapsel-Band-Apparates kann es zur Mitbeteiligung des Lig. talofibulare posterior (PTFL) kommen. Weiterlaufend tritt relativ häufig eine Kompression zwischen dem Sustentaculum tali und dem medialen Talus auf, die zu einem schmerzhaften „bone bruise“ führt. In schweren Fällen hat dies nicht selten osteochondrale Frakturen zur Folge, die sich bei Dislokation als Einklemmerscheinungen präsentieren. Isolierte Rupturen des CFL oder PTFL sind selten.

Um die Bandverletzungen zu klassifizieren kann die Einteilung der „American Medical Association“ herangezogen werden (Engelhardt 2006):

- Grad 1: Zerrung (entspricht Rupturen von Einzelfibrillen)
- Grad 2: partielle Ruptur
- Grad 3: vollständige Ruptur

Begleitend zur isolierten Bandruptur können von distal nach proximal folgende Strukturen mit verletzt werden:

- metatarsale V-Basis-Avulsion
- Peronäalsehnenruptur

- calcaneocubiodale Kapselbandverletzung bzw. Avulsion des Proc. anterior calcanei
- laterale fibulotarsale Ligamentruptur mit vorderer Syndesmose
- Peronäalsehnen-Retinaculum-Ruptur mit Sehnenluxation
- Fibula- und osteochondrale Talusfrakturen (flake fractures)

Distorsionstraumen am Sprunggelenk werden in 4 Grade eingeteilt:
- Grad I: Zerrung des ATFL
- Grad II: Teilruptur des ATFL und CFL (leichte, gut kompensierbare Instabilität)
- Grad III: Totalruptur des ATFL und CFL (Gelenk klinisch massiv instabil)
- Grad IV: Luxation des OSG (Ruptur aller 3 Außenbänder) mit Begleitverletzungen

Bandverletzungen des medialen Komplexes (Lig. tibiotarsale mediale/Deltaband) wie beim Pronationstrauma sind insgesamt seltener, treten jedoch häufiger in Kombination mit knöchernen Ausrissen auf.

Schwere Supinationstraumen, vor allem in Kombination mit Außenrotation des Fußes in der Malleolengabel, können eine Zerreißung der Syndesmose zur Folge haben. Die Syndesmose als ligamentärer Teil der Malleolengabel ist für die Stabilität bei axialer Belastung des oberen Sprunggelenks verantwortlich und besteht aus 3 Anteilen (Engelhardt 2006):
- anterior-inferiores tibiofibulares Ligament (AITFL)
- interossäres Ligament/Membrana interossea
- posterior-inferiores tibiofibulares Ligament (PITFL)

Sind die Bandstrukturen der Syndesmose bei der Verletzung beteiligt, reißen sie bei steigendem Schweregrad der Verletzung in der oben genannten Reihenfolge. Es kommt zu einer Beeinträchtigung der Belastbarkeit.

Operative Eingriffe

Die Indikation zur operativen Versorgung liegt vor bei:
- akuter Sprungelenksdistorsion mit Totalruptur des ATFL und CFL bei sprunggelenksbelastenden Sportarten oder Berufen
- akuter Luxation des oberen Sprunggelenks
- Akuttrauma mit Begleitverletzungen wie Syndesmosenruptur, Knorpelläsionen und „flake fractures“
- alter medialer Bandruptur mit chronischer medialer Instabilität
- Syndesmosenverletzung mit chronisch instabiler Syndesome und Schmerzen
- Peronäalsehnenluxation bei Ruptur oder knöchernem Ausriss des Retinaculum peronaeorum superior
- chronischer Instabilität (vor allem Rotationsinstabilität)
- erfolgloser funktioneller Therapie (ca. 3–6 Monate)

Operativ werden folgende Techniken angewandt:
- Naht oder Raffung des rupturierten Bandes nach Debridement des insuffizienten Narbengewebes
- direkte Bandrekonstruktionen:
  - mit ortsständigem Gewebe (z. B. Karlsson/Broström, Ahlgren/Larsson, Broström-Gould) (Engelhardt 2006)
  - Augmentation mit ortsfremdem Gewebe (Periost, Retinaculum extensorum inferior oder Sehne des Plantaris longus: OP nach Hintermann)
- Periostlappenplastik (Kuner u. Schlosser 1995)
- Tenodeseoperationen (z. B. Watson-Jones, Evans, Elmslie, Larsen: Peronäus-brevis-Sehne)

Von Tenodeseoperationen ist jedoch dringend abzuraten, da biomechanische Analysen gezeigt haben, dass dadurch die laterale Gelenksseite zu sehr komprimiert wird, was die Arthroserate beschleunigt.

In der Nachbehandlung ist es wichtig, die Rekonstruktion über mindestens 3 Monate zu schützen und frühzeitig mit Physiotherapie zu beginnen.

10.3 Behandlungsweg bei Peter B.

10.3.1 Akutversorgung und Diagnose

Circa 5 min nach dem Trauma wurde der Patient unter Entlastung der betroffenen Extremität in die physiotherapeutische Abteilung gebracht. Es erfolgte umgehend die Akutversorgung nach der PECH-Regel für 30 min:
- **P**ause
- **E**isanwendung
- **C**ompression
- **H**ochlagerung

Bei der Eisanwendung keine Eispackungen oder Cool Packs aus dem Gefrierschrank verwenden, sondern Hot Ice. Hot Ice ist eine Eis-Wasser-Mischung aus 2 Teilen Wasser und einem Teil Eiswürfel. Somit hat die verwendete Kühlung eine Temperatur von ca. 2–6 Grad und senkt den Stoffwechsel nicht zu sehr ab. Als Alternative zur Kühlung mit Eiswasser wird häufig Verdunstungskälte eingesetzt. Diese ist mit flüssigem Retterspitz oder essigsaurer Tonerde möglich.

Die Kompression erfolgt mit einer Kurzzugbinde, die maximal gedehnt angelegt wird. Die Kompression darf keine zusätzlichen Schmerzen hervorrufen.

Die Hochlagerung der betroffenen Extremität sollte liegend über Herzhöhe erfolgen, sodass ein optimaler Abfluss der Lymphe gewährleistet ist.

Eine optimale Akutversorgung mit differenzierter Diagnostik ist Voraussetzung für die Therapie der Sprunggelenksdistorsion. Unmittelbar nach der Verletzung sollten die Sofortmaßnahmen eingeleitet werden, um eine überschießende Entzündungsreaktion im verletzten Gewebe zu vermeiden. Vor allem eine ausgeprägte Schwellung kann bis zu 6 Monate die Mechanik des Gelenks ungünstig beeinflussen. Auf die Gabe von systemischen oder lokal applizierten Entzündungshemmern sollte aber verzichtet werden, um die erste Phase der Wundheilung nicht zu unterbinden.

Anschließend wurde ein physiotherapeutischer Kurzbefund aufgenommen, bevor der Sportler mit einem Kompressionsverband und Unterarmgehstützen zur Röntgenkontrolle geschickt wurde, die keine Anzeichen auf eine Fraktur ergab. Nach der Durchführung der Sofortmaßnahmen sollte immer eine Röntgenkontrolle zum Ausschluss einer Fraktur erfolgen. Ein MRT erfolgt im Normalfall nur bei persistierenden Beschwerden wie anhaltender Schmerzhaftigkeit und Belastungsunfähigkeit nach einer Woche und Komplikationen im Heilungsverlauf. Die Therapie bei der häufigsten Form der Sprunggelenksdistorsion, der Verletzung des lateralen Kapsel-Band-Apparates, ist symptomabhängig und daher ist ein MRT ohne therapeutische Konsequenz zu kostenintensiv.

Nach einem Supinationstrauma entwickeln 20–40 % der betroffenen Füße persistierende schmerzhafte Schwellungen und/oder Instabilitätsgefühl. Eine exakte ärztliche Differenzialdiagnostik und umfassende physiotherapeutische Befunderhebung bei allen frischen und chronischen Läsionen ist daher erforderlich.

Das rechte Sprunggelenk weist bei der ersten Befunderhebung nach der Erstversorgung eine Schwellung mit dem Umfang von 67 cm auf (vgl. links: 64 cm). Die Messung erfolgte nach der „figure-of-eight"-Methode.

Der Patient gibt auf der VAS-Skala den Wert 8 (Corte-Real u. Moreira 2009) an und beschreibt den Schmerz als stechend.

10.3.2 Physiotherapeutische Untersuchung

Die Messung der Beweglichkeit erfolgte mit einem Goniometer. Auf eine Beweglichkeitsüberprüfung bis zur Schmerzgrenze wurde verzichtet, da ab einer Bewegungsamplitude größer als Dorsalextension/Plantarflexion (DE/PF) 10-0-20 Dehnung auf die verletzte Struktur kommen würde (Zöch 2003). Die Bewegungen im limitierten Ausmaß von DE/PF 10-0-20 (Neutral-Null-Methode) sind aktiv schmerzfrei durchführbar.

Das Untersuchungsergebnis weist auf eine Läsion des ventralen Kapsel-Band-Apparates hin.

Neben der Anamnese, Inspektion, Palpation und Bewegungsprüfung, wie sie auch bei einer akuten Verletzung durchgeführt werden, ergänzen Stabilitäts- und Bändertests, eine Muskelfunktionsprüfung, neurodynamische Tests und spezielle Tests zum Ausschluss von Begleitverletzungen die Untersuchung.

Einen wichtigen Test stellt der Talusvorschub oder englisch „anterior drawer" dar. Er hat eine hohe diagnostische Sicherheit im Bezug auf die Außenbandruptur. Bei der Testdurchführung liegt der Unterschenkel auf der Behandlungsliege, sodass der Fuß frei hängt. Der Untersucher fixiert mit der einen Hand den distalen Unterschenkel oberhalb des Sprunggelenks und übt mit der anderen Hand einen dosierten Vorschub auf das Fersenbein aus. Bei diesem Manöver kommt es zur ventralen Verschiebung des Talus. Bei einer Außenbandruptur ist der Talusvorschub mehr als 8 mm. Wichtig bei diesem Test ist es, im Hinblick auf die individuell sehr unterschiedliche allgemeine Bandlaxizität immer die unverletzte Seite zuerst zu untersuchen.

Ein weiterer klinischer Test zur Untersuchung des Stabilitätsverlustes bei einer Außenbandruptur ist die Aufklappbarkeit des Talus. Hierbei wird die Malleolengabel fixiert und der Talus nach medial gekippt. Dieses Manöver wird heute leider immer noch in einigen Notaufnahmen apparativ bei einem akuten Distorsionstrauma durchgeführt. Diese Maßnahme ist für den akut verletzten Patienten sehr schmerzhaft und kann darüber hinaus eine weitere Schädigung der verletzten Strukturen zur Folge haben. Da die therapeutische Konsequenz zur Versorgung im Akutfall nicht gegeben ist, sollte eine solche „gehaltene Aufnahme" unbedingt vermieden werden.

Diese klassischen Tests sollten durch die Untersuchung aller Anteile des lateralen und medialen Bandapparates ergänzt werden. Die Stabilität und Schmerzhaftigkeit des Lig. deltoideum erfolgt über einem Valgus-Stress. Die einzelnen Bandanteile sind sehr schwer zu differenzieren.

Der dorsolaterale Kapsel-Band-Apparat wird bei maximaler Dorsalextension und Inversion, das L. calcaneofibulare bei maximaler Inversion in Null-Stellung des oberen Sprunggelenks und der ventrale Kapsel-Band-Apparat bei maximaler Plantarflexion und Supination auf Stabilität und Schmerzhaftigkeit untersucht.

Bei der Muskelfunktionsprüfung sollte besondere Beachtung auf die Funktion der Mm. peronaei gelegt werden, da deren Funktion durch kleine Einrisse der Sehenscheide oder des Muskels selbst in Mitleidenschaft gezogen werden kann. Eine weitere Ursache für eine Schwäche oder eine verspätete Reaktion der Mm. peronaei kann

eine Affektion des N. fibularis superficialis sein, da er unmittelbar neben den Mm. peronaei verläuft. Um zu überprüfen, ob der N. fibularis superficialis zu den Beschwerden beiträgt, wird der neurodynamische Test des N. fibularis superficialis nach Butler empfohlen (Butzler 1998).

Klinisch präsentiert sich das akut verletzte Gelenk mit einer Schwellung, einem Hämatom und starker Druckdolenz über den betroffenen Bandstrukturen. Hierbei ist zu beachten, dass das Ausmaß der Schwellung nicht mit der Verletzungsschwere korreliert. Schmerzhafte Bewegungseinschränkungen, verbunden mit eingeschränkter Gehfähigkeit, komplettieren das klinische Bild. Da diese Klinik keinen Rückschluss auf das Ausmaß und die genaue Lokalisation der Verletzung zulässt, sind eine differenzierte Befundaufnahme im Akutfall und die weiterführende Diagnostik unabdingbar.

Der wichtigste Baustein der Befundaufnahme ist die Palpation der voraussichtlich in Mitleidenschaft gezogenen Strukturen. Gute anatomische Kenntnisse über Bandstrukturen und deren Verläufe sind Voraussetzung. Da die Bandstrukturen in Ruhestellung schwer zu palpieren sind, eine Dehnung im akuten Verletzungsfall jedoch schmerzbedingt nicht möglich ist, sollte der Untersucher im akuten Verletzungsfall Erfahrung in der Palpation von Bandstrukturen haben. Um Begleitverletzungen auszuschließen, sollten nicht nur Bandstrukturen, sondern auch knöcherne Strukturen und Weichteile palpiert werden. Unmittelbar nach einer Sprunggelenksdistorsion sind dies:

- die Basis des Os metatarsale 5 (Ausschluss Abrissfraktur Ansatz M. peronaeus brevis)
- die Fibula im kompletten Verlauf von der Basis bis zum Fibulaköpfchen (Ausschluss einer Maisonneuve-Fraktur)
- die Fußpulse der A. tibialis posterior und A. dorsalis pedis (Hinweis auf eine Schädigung der Membrana interosseum) und
- retromalleolär das Retinaculum der Peronäalsehnen

Die schmerzhafte Palpation des vorderen Gelenkspaltes des oberen Sprunggelenks kann einen Hinweis auf eine Syndesmosenbeteiligung geben. Genauere Aussagekraft hat allerdings der „Squeeze-Test“ am mittleren Unterschenkel. Dabei wird die Fibula von dorsolateral nach ventromedial gepresst, was bei positivem Befund des AITFL in dessen Verlauf Schmerzen auslöst. Ebenso erzeugen die Außenrotation des Fußes und der Frick-Test (passive Dorsalextension des oberen Sprunggelenks) bei Verletzung der Syndesmose einen Schmerz im Bereich des AITFL und im OSG.

Erfolgt die Untersuchung des akut verletzten Gelenkes unmittelbar nach dem Unfall, schließen die aktive und passive Bewegungsprüfung nach der Neutral-Null-Methode bis zur Schmerzgrenze und die Überprüfung der Gehfähigkeit die vorläufige physiotherapeutische Befundaufnahme ab. Stabilitätstests wie die vordere Schublade und die Aufklappbarkeit des Talus sind im Akutfall wenig aussagekräftig. Die schnelle Einleitung von Akutmaßnahmen hat Vorrang vor der weiterführenden Diagnostik.

10.3.3 Physiotherapeutische Behandlung

Behandlung in der Akutphase

Der Patient wird in der Akutphase täglich behandelt. Die Therapie setzt sich in den ersten 2 Tagen wie folgt zusammen:

- manuelle Lymphdrainage
- Elektrotherapie (Stromform: diadynamische Ströme nach Bernard CP, Dauer: 12 min) unter Hochlagerung der betroffenen Extremität und
- der Versorgung mit einem Salbenverband (Elektrolytsalbe) in Nullstellung des OSG

In der Akutphase (24–48 Stunden nach dem Trauma) orientiert sich die Therapie weiterhin an der PECH-Regel. Zusätzlich sind manuelle Lymphdrainage, die Aktivierung der Muskelpumpe über Zehenbewegungen und Elektrotherapie, z. B. diadynamische Ströme nach Bernard, indiziert. Bei der Kompression sollte auf die Lagerung des oberen Sprunggelenks in Nullstellung geachtet werden, um Zug auf die verletzten Strukturen zu vermeiden.

Behandlung in der Entzündungsphase

Während der gesamten vaskulären Phase der Entzündungsphase steht die Therapie nach dem PECH-Schema im Vordergrund. Die Kühlung lindert nur die Schmerzen und hat keinen Einfluss auf das Ausmaß der Schwellung (Hubbard u. Denegar 2004). Nach der initialen Kühlung sollte ein Salbenverband angelegt werden. Geeignet sind z. B. elektrolythhaltige Salben. Salben mit Wirkstoffen aus der Gruppe der nichtsteroidalen Antiphlogistika (NSAR) sollten in der Entzündungsphase nicht verwendet werden, damit die Wundheilungsphasen nicht beeinträchtigt werden. Die gilt auch für die orale Gabe von NSAR.

Der Sportler wird mit Unterarmgehstützen versorgt, da eine Gehstrecke über 200 m und Treppensteigen noch nicht schmerzfrei möglich sind. Eine Schiene (z. B. Aircast) verleiht dem Gelenk zusätzlich Stabilität und sorgt dafür, dass das obere Sprunggelenk nicht mehr als 10 Grad in Dorsalextension und 20 Grad in Plantarflexion bewegt werden kann. Bewegungen über dieses Ausmaß hinaus führen zu Zug auf die Außenbänder und beeinträchtigen den Heilungsverlauf. Der Patient sollte schmerzabhängig belasten und, falls erforderlich, in den ersten 24 Stunden den Fuß komplett entlasten.

Am 3.–7. Tag wird die oben beschriebene Therapie fortgesetzt und kann im Sinne der Schmerzlinderung

durch Traktion Stufe 1 am oberen Sprunggelenk ergänzt werden. Weitere physiotherapeutische Maßnahmen sind die assistive Mobilisation im schmerzfreien Bereich und manuelle Mobilisation des Talus nach dorsal. Der Patient kann selbstständig ein Gehtraining im Wasser und aerobes Ausdauertraining auf dem Fahrradergometer mit Tape-Verband durchführen.

Behandlung in der Proliferationsphase

Ab dem 8. Tag, in der Proliferationsphase sollte schrittweise das volle Bewegungsausmaß in sagittaler Ebene erreicht werden. Die Mobilisation erfolgt weiterhin im schmerzfreien Bereich.

Weitere Therapieziele sind in dieser Phase die Steigerung der isometrischen Aktivität der Pronatoren und die Steigerung der lokalen Ausdauer in Flexions- und Extensionsrichtung. Einen Schwerpunkt bildet ab dem Zeitpunkt der schmerzfreien Belastung das sensomotorische Training mit und ohne Geräte zur Verbesserung der Koordination und des Gleichgewichts.

In der Proliferationsphase wird die physikalische Therapie und Bewegungstherapie auf 3 Behandlungen à 30 min pro Woche reduziert. Sie beinhaltet bis zum Erreichen des schmerzfreien vollen Bewegungsausmaßes (5 Behandlungen) aktive Mobilisation in Dorsalextension, Plantarflexion und Pronation, passive Mobilisation des Talus und des medialen Strahls der Mittelfußknochen nach dorsal (Green et al. 2001).

Die physiotherapeutischen Maßnahmen werden in dieser Phase durch koordinatives Training mit folgenden Übungen ergänzt (Ploke 2004, Kuni u. Schmitt 2004):

- Einbeinstand (15 sec) auf dem Posturomed
- Einbeinstand (10 sec) und Ausfallschritt auf labile Unterlage
- Kräftigung der Pronatoren des Fußes am Zugapparat

Alle Übungen werden täglich in 3 Serien à 15 Wiederholungen durchgeführt.

Behandlung in der Konsolidierungsphase

Nach Abschluss von 11 Behandlungseinheiten (3 Wochen nach der Verletzung) nimmt der Athlet wieder am Mannschaftstraining teil. Hierbei trainiert er weitere 2 Wochen mit Tape-Verband.

Ergänzend zu Training und Wettkampf setzt sich die Therapie vor allem im Sinne des medizinischen Aufbautrainings fort.

Der Sportler erhält ein 20-minütiges Übungsprogramm, das er täglich absolviert:

- Stand auf dem Motopad (beidbeinig parallel, in Schrittstellung und in Fechtstellung), Rotation in beide Richtungen unter Berücksichtigung der Fußstellung und Beinachsen)
- fechtspezifische Bewegungsabläufe (Beinarbeit) auf verschiedenen Unterlagen (Airex-Matten und Weichbodenmatte)
- Schritte und Sprünge auf das Posturomed und Trampolin mit und ohne Bewegungsaufgaben der Arme
- Kräftigung der Pronatoren am Seilzug (s. o.)

In der Konsolidierungsphase werden die Übungen täglich, in der Umbauphase im Sinne der Sekundärprävension ca. 2- bis 3-mal pro Woche durchgeführt.

Bei Bedarf werden weitere physiotherapeutische Einzelbehandlungen durchgeführt. Befundabhängig müssen gegebenenfalls folgende Therapieziele erarbeitet werden:

- Herstellung der muskulären Balance der sprunggelenksumgebenden Muskulatur mit Weichteiltechniken, myofaszialer Therapie oder Triggerpunkt-Behandlung
- Mobilisation bei persistierenden Bewegungseinschränkungen in allen Bewegungsrichtungen mit manueller Therapie oder Mobilisation mit Bewegung (Mulligan-Konzept) unter Belastung

In der Konsolidierungsphase kann das Gelenk in alle Bewegungsrichtungen mobilisiert werden. Neben einem funktionellen Training der Supinatoren und Pronatoren, wird die muskuläre Balance der betroffenen Extremität erarbeitet. Bei alltags- und sportgerechtem Koordinationstraining sind der Kreativität des Behandlers keine Grenzen gesetzt.

Primäre Stabilität der Bänder wird nach ca. 6 Wochen erreicht.

Behandlung in der Umbauphase

In der abschließenden Umbauphase steht die Sekundärprävention in Sinne eines Stabilitätstrainings im Vordergrund. Ein propriozeptiv-neuromuskuläres Stabilitätstraining sollte im Aufbau einige Grundregeln befolgen und individuell auf den Patienten abgestimmt sein.

Zu den Grundregeln gehören die genaue Positionierung der Gelenke der Bein- und Fußachsen sowie die Stellung der Fußwölbungen. Methodisch sollte von großer zu kleiner Unterstützungsfläche, von der statischen zur dynamischen Stabilisation und von stabiler zu instabiler Unterstützungsfläche vorgegangen werden. Nach und nach kann das Training weiter gesteigert werden, indem das vestibuläre und optische Sinnesorgan als Analysatoren für die motorische Koordination ausgeschaltet werden. Die Übungen bezogen auf Unterstützungsfläche und statischer oder dynamischer Ausführung können z. B. mit offenen oder geschlossenen Augen ausgeführt werden. Oder sie werden mit Bewegungsaufgaben, die Kopfbewegungen erfordern, kombiniert. Wichtig ist immer, dass das Training einen hohen Aufforderungscharakter für den Patienten hat und an seine Anforderungen im Alltag oder in der Sportart angepasst ist.

10.4 Prävention im Leistungssport

Sekundär- oder Primärprävention im Leistungssport erfolgen häufig mit externen Stabilisationshilfen (Engelhardt 2006). Diese schränken einerseits das Bewegungsausmaß ein, andererseits wirken sie auch über eine propriozeptive Stimulation. Sehr häufig werden Tapes verwendet. Diese haben den Nachteil, dass das Material durch Feuchtigkeitsbildung auf der Haut und Erwärmung des Materials während des Sports nachgibt. Orthosen hingegen haben den Vorteil, dass sie nachjustiert werden können. Sie werden von den Sportlern aber seltener toleriert, weil sich das Material im Vergleich zum Tape weniger an das Gelenk anschmiegt. In Studien hat sich der Schnürschuh, der im sportartspezifischen Schuh getragen wird, am besten bewährt (Kerkhoffs et al. 2002).

In allen Sportarten mit hoher Inzidenz an Distorsionstraumen muss jedoch das regelmäßige, funktionelle Stabilitätstraining ein Teil des täglichen Trainings sein, um akuten Distorsionstraumen vorzubeugen.

In der physiotherapeutischen Befundaufnahme muss besonderes Augenmerk auf die Kraft der gelenkumgebenden Muskulatur, die Stellung des Rückfußes und die Fußwölbungen gelegt werden. Oft wird die Stellung des Rückfußes und der Fußwölbungen nicht beachtet. Fehlstellungen in diesem Bereich können die Stabilität des Fußes bei der Landung nach Sprüngen oder beim Laufen erheblich beeinträchtigen und zu Überlastungsschäden führen. Davon betroffen sind vor allem der M. tibialis posterior auf der medialen Seite und die Mm. peronaei lateral. Eine Valgusdeformität ist häufig Ausdruck einer medialen Sprunggelenkinstabilität, eine Varusdeformität korreliert oft mit der lateralen Sprunggelenksinstabilität. Malaligment oder Instabilität des Rückfußes sind nicht selten Ursache von Achillessehenbeschwerden.

Zusammenfassung

Im Leistungssport ist eine optimale physiotherapeutische Versorgung vom Zeitpunkt der Verletzung bis zur Umbauphase (6–7 Wochen) möglich und notwendig. Ein enger Wettkampfkalender oder der Druck, möglichst früh zum Team zurückzukehren, sollte den Sportler nicht dazu verleiten, die Therapie vorzeitig abzubrechen oder die Therapiephasen, unabhängig von den Wundheilungsphasen, zu beschleunigen.

Literatur

Bridgman SA, Clement D, Downing A, Walley G, Phair I, Maffulli N. Population based epidemiology of ankle sprains attending accident and emergency units in the West Midlands of England, and a survey of UK practice for severe ankle sprains. Emerg Med J. 2003; 20: 508–510

Butler D. Mobilisation des Nervensystems. Heidelberg: Springer; 1998

Choi WJ, Lee JW, Han SH, Kim BS, Lee SK. Chronic lateral ankle instability: the effect of intra-articular lesions on clinical outcome. Am J Sports Med. 2008; 36(11): 2167–72

Corte-Real NM, Moreira RM. Arthroscopic repair of chronic lateral ankle instability. Foot Ankle Int. 2009; 30(3): 213–217

Engelhardt M, Sportverletzungen. München: Elsevier; 2006

Fong DT, Chan YY, Mok KM, Yung PSh, Chan KM. Understanding acute ankle ligamentous sprain injury in sports. Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol. 2009; 1: 14

Green T, Refshauge K, Crosbie J, Adams R. A randomized trail of passive accessory joint mobilization on acute ankle inversion sprains. Phys Th. 2001; (81)4: 984–994

Handoll HH, Rowe BH, Quinn KM, de Bie R. Intervention of preventing ankle ligament injuries. Cochrane Database Syst Rev. 2001; (3)

Hochschild J. Strukturen und Funktionen begreifen. Band 2: LWS, Becken und Hüftgelenk, untere Extremität. Stuttgart: Thieme; 2002

Holme E, Magnusson SP, Becker K, Bieler T, Agaard P, Kjaer M. The effect of supervised rehabilitation on strength, postural sway, position sense and reinjury risk after acute ankle ligament sprain. Scand J Med Sci Sports. 1999; 9: 104–109

Hubbard TJ, Denegar CR. Does Cryotherapy Improve Outcomes With Soft Tissue Injury? J Athl Train. 2004; 39(3): 278–279

Hupperets MD, Verhagen EA, van Mechelen W. Effect of unsupervised home based proprioceptive training on recurrences of ankle sprain: randomised controlled trial. BMJ. 2009; 9: 339

Kerkhoffs GMMJ, Rowe BH, Assendelft WJJ, Kelly KD, Struijs PAA, van Dijk CN. Immobilisation and functional treatment for acute lateral ankle ligament injuries in adults. Cochrane Database of Systematic Reviews. 2002: (3).

Kerkhoffs GMMJ, Struijs PAA, Marti RK, Assendelft WJJ, Blankevoort L, van Dijk CN. Different functional treatment strategies for acute lateral ankle ligament injuries in adults. Cochrane Database of Systematic Reviews. 2002: (3)

Kuner K, Schlosser V. Traumatologie. Stuttgart: Thieme; 1995

Kuni B, Schmitt H. Kraft und Propriozeption am Sprunggelenk bei Tänzern in der professionellen Ausbildung. Sportverletz Sportschaden. 2004; 18: 15–21

Lohrer H, Nauck T. Das Supinationstrauma des Fußes. Eine Übersicht unter besonderer Berücksichtigung der calcaneocuboidalen Kapselbandverletzung. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 2006; 57: 11–12

Lohrer H, Scheuffelen Ch, Gollhofer A, Alt W. Biokinetika. 1994; Tagungsband: 111–120

O'Loughlin PF, Murawski CD, Egan C, Kennedy JG. Ankle instability in sports. Phys Sportsmed. 2009; 37(2): 93–103

Ploke C. Wundheilung. Physikalische Therapie. 2004; 25: 2

Valderrabano V, Leumann A, Pagenstert G, Frigg A, Ebneter L, Hintermann B. Chronische Instabilität im Sport – eine Rezension für Sportmediziner. Sportverletz Sportschaden. 2006; 20(4): 177–183

Zöch C, Fjalka-Moser V, Quittan M. Rehabilitation of ligamentous ankle injuries: a review of recent studies. Br J Sports Med. 2003; 37: 291–295



11 Fallbeispiel: Innenbandverletzungen des Knies – Fußball

Hannspeter Meier

11.1 Vorstellung des Patienten

Am 26. Mai 2007 fand in Berlin das Endspiel um den DFB-Pokal statt. Nach einer langwierigen Fußverletzung konnte der Spieler Marek Mintal zum ersten Mal wieder schmerzfrei spielen. Bereits in der 27. Minute schoss er das 1 : 0 für den 1. FC Nürnberg. Die Freude währte allerdings nur kurz: In der 35. Minute wurde er durch ein Foul eines Gegenspielers verletzt.

Die Magnetresonanztomografie (MRT) ergab folgende Diagnosen:

- Innenbandteilruptur
- Außenmeniskuseinriss
- Innenmeniskusquetschung
- Bone Bruise an der Patella des rechten Kniegelenks

Unter Bone Bruise wird eine subchondrale ossäre Prellung infolge eines Traumas verstanden, deren Nachweis nur mithilfe einer MRT möglich ist.

11.2 Initiale Therapie

11.2.1 Akutversorgung

Schon unmittelbar nach der Verletzung war Marek Mintal klar, dass er nicht weiterspielen konnte. Sowohl der Schmerz als auch das instabile Gefühl im Knie ließen ihn das Schlimmste befürchten.

In der Sportphysiotherapie gilt der Grundsatz:

Die ersten Minuten bei der Akutversorgung können für den Verlauf einer Rehabilitation entscheidend sein.

Kühlen

Das Kniegelenk wurde sofort mit einer feuchtkühlen Kompression versorgt. Die feuchtkühle Kompression ist eine längselastische Kompressionsbinde, die in der Eisbox des Sportphysiotherapeuten im Eiswasser liegt. Zur weiteren Ausrüstung in der Eisbox gehören ein Eisschwamm, ein Eisbeutel und eine Flasche Elektrolyt-Fluid.

Kältebehandlungen wirken primär schmerzlindernd. Der schmerzlindernde Effekt wird noch verstärkt, wenn die verletzte Region mit einem Eisschwamm gerieben oder ein Eisbeutel mechanisch auf der Haut bewegt wird.

Elektrolytpräparate

Gerade bei Verletzungen des Bindegewebes und der Haut haben sich Fluids und Cremes mit ionisierten Elektrolyten als hilfreich erwiesen. Die Elektrolytpräparate sollen schon beim ersten Verbinden die Einleitung der Wundheilung unterstützen.

Entlastung des Knies

Nach dem Abtransport vom Platz wurde der Spieler in der Kabine untersucht und eine Verdachtsdiagnose gestellt. Danach musste Marek Mintal zur genaueren Abklärung in die Klinik gebracht werden. Der Kompressionsverband

wurde erneuert und eine stabile Mecron-Schiene angelegt. Das Bein wurde vorsorglich entlastet. Nach der bildgebenden Bestätigung der Diagnose konnte der Spieler wieder in das Berliner Olympiastadion gebracht werden. Denn bei aller Besorgnis und therapeutischer Idealvorstellung durfte und sollte der Pokalsieg der Mannschaft auch mitgefeiert werden.

Retterspitzwickel

Noch in der Nacht konnte eine elektrotherapeutische Behandlung mit dem Lymphavision-Therapiegerät sowie eine Erneuerung der Kompression, diesmal kombiniert mit einem Retterspitzwickel, angewandt werden.

Ähnlich wie die ionisierten Elektrolytpräparate soll diese feuchte Kammer die Entzündungsreaktion abmildern.

Retterspitzwickel sind fester Bestandteil der Naturheilkunde.

Das Retterspitzfluid wird extern feucht aufgebracht, am besten durchgängig gewickelt und mit einem trockenen Wickel „verschlossen". Der Außenwickel überdeckt den feuchten inneren Wickel. Nach einer Kältephase, die anfänglich auch schmerzlindernd ist, kommt es nach ca. 15 min zur Umkehrphase und es entsteht eine sanfte Erwärmung, die „Wohlfühlphase". Vor allem jetzt werden die Inhaltsstoffe freigesetzt und können ihre Wirkung entfalten.

In der Akutphase der Verletzung, also in den ersten 48 Stunden, kann auch mit einer kühlenden Auflage, z. B. Crash-Eis, zwischen Innen- und Außenwickel gearbeitet werden. Gerade im Spitzensport wird diese Wicklung zur Wundheilungsunterstützung über Nacht angelegt. Auch bei Kontusionen und frischen Bursitiden ist diese unterstützende Therapie ein Geheimtipp.

In diesem Fall wurde ein Retterspitzwickel über Nacht konsequent bis ca. 18 Tage nach der Verletzung angelegt.

11.3 Therapieverlauf der posttraumatischen Behandlung

11.3.1 Tag 1 nach der Verletzung

Nach der optimalen Akutversorgung konnte bereits am Tag nach dem Spiel an einem nur leicht ödematösen Kniegelenk mit der Therapie begonnen werden.

Therapieziele

- Schmerzlinderung
- Abbau der Schwellung
- Kontrolle

Befundung

Ein intraartikulärer Minierguss war entstanden, angezeigt durch ein positives Rezessuszeichen. Weiterhin bestand eine offene Wunde im Bereich des ventralen Oberschenkels. Der Muskelstatus hatte sich bereits dahingehend verändert, dass die Muskeln an der lateralen Kette der rechten unteren Extremität, vor allem der Tractus iliotibialis, sehr hyperton waren. Das Innenband zeigte sich als nahezu valgusstabil, nur der Außenrotationstest war schmerzhaft und einfach positiv. Druckdolenzen waren sowohl im Bereich des Innenbandes auf Höhe des Gelenkspalts als auch im Bereich des ventralen Tibiaplateaus feststellbar. Die passive Streckung war möglich, die Überstreckung sowie die Flexion ab 100° waren schmerzhaft.

Nach diesem Befund wurden die oben genannten Ziele festgelegt.

Therapiemaßnahmen

Anregung des lymphatischen Systems

Die feuchte Kompression mit der Retterspitzgrundlage über Nacht hatte gute Arbeit geleistet: Das Gewebe war locker und gut durchgängig. So konnte ich mit einer Lymphdrainage beginnen. Ebenso wurde das lymphatische System mit Elektrotherapie unterstützt.

Gelenkmobilisation

Des Weiteren setzte ich sanfte manuelle Gelenktechniken ein, wie z. B. die Mobilisation des tibiofibularen Gelenkes, die Mobilisation der Patella nach medial, die Mobilisation des Hüftgelenks auf der betroffenen Seite sowie die Mobilisation des Beckens, das bei der Verletzung ebenfalls in Mitleidenschaft gezogen worden war.

Myofasziale Integration

Im Besonderen wandte ich Techniken aus der myofaszialen Integration an. Im Bereich des lateralen Oberschenkels waren harte Faszientechniken hilfreich. Unangenehm, aber wirksam, waren dabei Striche im Verlauf des medialen Kollateralbands, also direkt an der frisch verletzten Struktur. Da wir schon im Vorfeld dieser Verletzung zusammengearbeitet hatten, war Marek bereit, diese Tortur über sich ergehen zu lassen. Er war vom Therapieerfolg überzeugt und wusste, dass die Schmerzen nach der Triggerbandtechnik deutlich geringer sein würden. Weiterhin erwartete er, dass sich das Knie im Anschluss an die Behandlung stabiler anfühlen würde.



Abb. 11.1 Myofasziale Integration mit der Daumentechnik.



Abb. 11.2 Tiefenwärmebehandlung.

Kontrolle und Stabilisierung

Da an diesem Tag sowohl die Rückreise als auch der Empfang der Stadt Nürnberg angesetzt waren, konnten wir nur morgens behandeln. Nach den Feierlichkeiten fand die zweite Behandlungseinheit an diesem Tag im Rehazentrum Valznerweiher in Nürnberg statt. Hier konnten die zuvor erläuterten Therapiemaßnahmen ein zweites Mal angewendet werden, mit Ausnahme der Techniken der myofaszialen Integration, die ich für den nächsten Tag aufhob. Für die Nacht wurde das Knie mit einem Retterspitzwickel und der Mecron-Schiene versorgt.

11.3.2 Posttraumatische Behandlung – Tag 2 nach der Verletzung

Therapieziele

- muskuläre Tonusnormalisierung
- Schmerzlinderung
- Abbau der Schwellung
- Stoffwechselanregung

Therapiemaßnahmen

Myofasziale Integration

Bereits am 2. Tag nach der Verletzung bestand das therapeutische Ziel darin, den Tonus der lateralen Kette zu reduzieren. Hierzu wurden myofasziale Striche vom lateralen Malleolus bis zum Trochanter major über das gesamte Bein hinweg vorgenommen. Diese durchaus schmerzhafte Behandlung sollte die Stoffwechsellage spürbar verbessern.

Wenn in tiefen Gewebsschichten gearbeitet wird, sollte langsam und kontrolliert vorgegangen werden.



Abb. 11.3 Tiefenwärmebehandlung in der Kniekehle.

Bereits in der akuten Entzündungsphase sind Veränderungen in der Muskulatur und im Bindegewebe zu finden (van den Berg 2001). Je schneller das die Verletzung umgebende Gewebe gelöst wird, desto besser ist im Anschluss an die Therapie die Durchblutung („Durchsaftung“) wiederhergestellt. So entstehen deutlich weniger Ödeme, die die weitere Therapie behindern würden.

Medial wurde der Verlauf des Innenbandes behandelt. Hier begann der Strich am Innenknöchel, führte über die mediale Schienbeinkante bis zum Pes anserinus und

weiter über den M. adductor longus hin zum Os pubis. Schon zu diesem Zeitpunkt zeigte sich eine Aufquellung im Bereich der medialen Tibiakante, die einen lymphatischen und venösen Rückstau provozierte. Um die gewollte Anregung des Metabolismus zu erhalten, wurden beide Regionen für jeweils 6 min mit Tiefenwärme mit dem Skanlab Bodywave behandelt.

Tiefenwärmebehandlung

Die Tiefenwärmebehandlung findet in der Sportphysiotherapie breite Anwendung.

Bei den World Student Games 2007 in Bangkok, der Universiade, wurde die Tiefenwärmebehandlung vom deutschen medizinischen Team vermehrt in Verbindung mit der myofaszialen Integration eingesetzt. Die Erfolge waren überraschend positiv. Auch die Athleten empfanden die Behandlung als angenehm und schätzten ihre lang anhaltende Wirkung.

Marek Mintals Bein wurde 6 Tage lang mit einer Mecron-Schiene in der Einstellung EXT 0–20–20 versorgt und nur während der 2-mal täglich stattfindenden Behandlungen bewegt.

Kontrolle und Stabilisierung

In der akuten Entzündungsphase sollte dem Körper und der Verletzung die gebotene Ruhe gegönnt werden. Sowohl die feuchte Kompression als auch die Retterspitzverbände sind dafür obligatorisch. Außerdem wurde das Kniegelenk großflächig vom Unterschenkel bis zur Mitte des Oberschenkels komprimiert.

Schon nach der ersten Therapiesitzung waren sowohl die Beweglichkeit verbessert als auch die Schmerzhaftigkeit bei Palpation und Bewegung deutlich reduziert.

11.3.3 Tag 4 nach der Verletzung

Therapieziele

- sensomotorische Aktivierung
- muskuläre Tonusnormalisierung
- Schmerzlinderung
- Abbau der Schwellung
- Stoffwechselanregung

Therapiemaßnahmen

Slingtraining

Bereits am 4. Tag nach der Verletzung wurde die Behandlung durch aktive sensomotorische Übungen mit dem Slingtrainer ergänzt. Das Slingtraining hat sich im Leistungssport etabliert und dient vor allem der Innervation der lokalen Stabilisatoren. Die lokalen muskulären Stabilisatoren arbeiten speziell statisch und tonisch. Sie sollten nach einer Verletzung schnellstmöglich angesprochen werden. Da diese Muskeln vor allem auf schnelle, vibrierende Reize reagieren, bietet das statische Slingtraining sehr gute Möglichkeiten zur Innervationsförderung.

Ziel dieser Aktivierung war hier der Erhalt der Aktivität der stabilisierenden Muskulatur. Gerade die Muskulatur des Pes anserinus sollten als mediale Stabilisatoren aktiviert werden. Aber auch die gesamte mediale Kette inklusive der Adduktoren und dabei vor allem der Vastus medialis des M. quadriceps. Um dies zu erreichen,



Abb. 11.4 Slingtraining. Stabilisierung der dorsalen Kette.



Abb. 11.5 Sensomotorische Stabilisation der ventralen Kette mit dem Slingtrainer.



Abb. 11.6 Slingtraining. Innervation der medialen Kette. Training des M. vastus medialis mit kurzem Hebel.

wurden spezielle Übungen in Rückenlage, Bauchlage und Seitenlage ausgeführt. Die Übungsintervalle betrugen je 8 × 20 sec pro Ausgangsstellung (**Abb. 11.4, Abb. 11.5, Abb. 11.6**).

Natürlich habe ich sehr viel Wert auf den Schutz der verletzten Strukturen gelegt und auch auf kleinste Anzeichen für Schmerz geachtet. Denn gerade die Aktivierung von Nozirezeptoren und die Entstehung von Schmerz hemmen die lokalen, stabilisierenden Muskeln. In der Folge entsteht eine Schutzspannung der umgebenden bewegenden Muskulatur, der Mobilisatoren. Deshalb wird immer am Anfang einer Behandlung die Schmerzlinderung allen anderen Therapiezielen vorangestellt. Danach sollte schnellstmöglich die Durchblutungssituation optimiert und die Stoffwechsellage im Gewebe verbessert werden. Erst wenn diese Voraussetzungen geschaffen sind, macht es Sinn, an eine muskuläre Therapie zu denken. Dabei ist die Reihenfolge entscheidend. Erst werden die statisch arbeitenden und stabilisierend wirkenden Muskeln innerviert und reaktiviert, danach die global arbeitenden und mobilisierend wirkenden Muskeln trainiert. Bereits in der subakuten Entzündungsphase sollte mit diesem Konzept begonnen werden.

Koordinationsübungen

Um die Belastungstoleranz zu testen, wurde neben einer Gangschule mit Koordinationsübungen im Stand begonnen. Auch hier ist es wichtig, die methodische Reihenfolge einzuhalten.

Beginnend mit dem hüftbreiten Zweibeinstand wird die Beinachse eingestellt. Wichtig ist es, von Beginn an den aktiven Fuß zu formen, das Kniegelenk in ca. 20° Flexion eingestellt zu halten und die Mittelposition zwischen Valgus und Varus zu finden. Danach war unser Ziel, das Becken zu positionieren und die Lendenwirbelsäule in eine Lordose zu bringen. Neben einer thorakalen Aufrichtung ist auf die Einstellung der Augenlinie in der Horizontalen zu achten.

Da bei Marek Mintal der oberflächliche, die Valgusposition limitierende Anteil stabil war, konnten wir frühzeitig über den Einbeinstand auf stabiler Unterlage zum Einbeinstand auf instabiler Unterlage übergehen (**Abb. 11.7, Abb. 11.8**). Hier bieten sich neben den gängigen Therapiebrettern folgende Geräte an:

- TOGU Dual
- Therapiekreisel
- Posturomed
- Proprio-Swing

Posturomed und Proprio-Swing sind instabile Unterstützungsflächen, die vor allem in der Horizontalen schnelle Vibrationen abgeben und kontraindiziertes Kippen nicht zulassen.

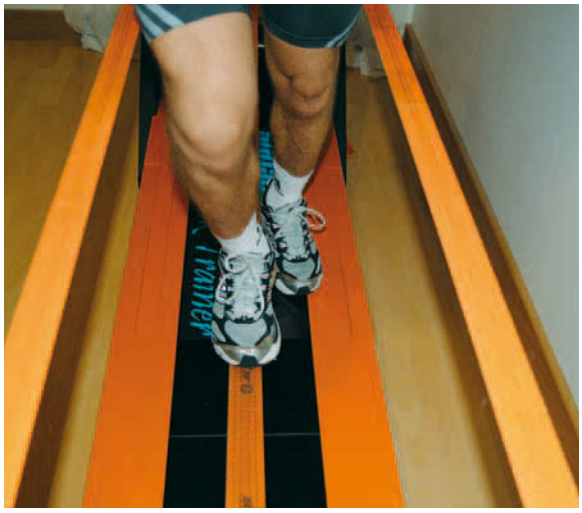


Abb. 11.7 Instabile Unterlage Slacktrainer.



Abb. 11.8 Der Slacktrainer.

Weiterhin konnte ich bei Marek Mintal sehr früh das Slacktraining einsetzen. Das dazu verwendete Gerät, der Slacktrainer, erfordert die gesamte posturale Stabilisation. Es aktiviert im Zweibeinstand die mediale Kette der unteren Extremität, also gerade die Muskeln, die nach Verletzungen gern ein Innervationsdefizit erfahren. Begonnen wurde hier mit rein statischen Haltungsmustern, die in den Tagen 5–7 nach der Verletzung stetig dynamisiert und methodisch gesteigert wurden.





Abb. 11.9 Sensomotorisches Training.
a Seiltanzen auf den Slacklines.
b Kniebeugen auf den Slacklines.

Stoffwechselanregung

Zur allgemeinen Stoffwechselverbesserung wurden 20-minütige Therapieeinheiten mit dem Oberarmergometer durchgeführt.

11.3.4 Tag 7 nach der Verletzung

Therapieziele

- Stoffwechselsteigerung
- Unterstützung der Wundheilung

Therapiemaßnahmen

Bewegungstraining

Erst ab dem 7. Behandlungstag wurde mit dem Bewegungstraining begonnen. Als Trainingsgerät wählte ich den Stepper.

Zu Beginn lag das Trainingspensum bei 2-mal 12 min, nach 10 Tagen und einem reiz- und schmerzfreien Knie bei 2-mal 35 min. Bei instabilen Kniegelenken hat sich das Training auf dem Stepper oder dem Ellipsentrainer durchgesetzt. Im Gegensatz zum Fahrradergometer wird hierbei ein wesentlich kleineres Bewegungsausmaß im Kniegelenk gefordert und der Patient arbeitet mit einem Teil seines Körpergewichts in der Schwerkraft. Häufig sieht man nach einem Fahrradergometertraining eine Zunahme der Schwellung und der Athlet äußert eine subjektive Druckzunahme im Gelenk. Es bietet sich während dieser Phase an, sanfte Kompression um das Kniegelenk mit Aktivität zu kombinieren.

> Bessere Erfolge werden in dieser Phase bei Positionierung in der Vertikalen und bei niedriger Belastung durch die Aktivierung von größerer Muskelmasse erzielt.

Sensomotorisches Training

Zum sensomotorischen Training gehörten in dieser Therapiephase Koordinationstraining auf instabilen Unterlagen, das Arbeiten auf Seilen, Treppensteigen, Kniebeugen und Einbeinstabilisation (**Abb. 11.9**a-b, **Abb. 11.10**).

Gerade auf den Seilen können durch die intensiven schnellen Vibrationen die lokalen Stabilisatoren des Kniegelenks aktiviert werden. Im Gegensatz zu elektrischen Vibrationsplatten, auf denen die Vibration künstlich erzeugt wird, ist der Vorteil bei Übungen mit den Seilen, dass die Vibrationen und Schwingungen vom Körper selbst erzeugt werden. Anschließend versucht der Patient, die Instabilitäten selbst zu korrigieren und zu stabilisieren. Somit arbeitet jeder mit seiner eigenen Schwingung und stabilisiert seinen Körper selbst.



Abb. 11.10 Sensomotorisches Training. Seiltanzen auf den Slings.

Tiefenwärme

Neben myofaszialen Strichen an täglich wechselnden Ketten und anschließenden Triggerpunkt-Behandlungen bei aktivierten Herden war die Anwendung des Skanlab Bodywave eine wichtige Maßnahme. Es hat sich als sehr positiv erwiesen, nach einer myofaszialen Behandlung oder einer Triggerpunkt-Behandlung den Therapieerfolg mit Tiefenwärme zu verlängern. Ungünstig ist es, die Tiefenwärme vor diesen manuellen Behandlungen anzuwenden. Durch die Wirkung der Tiefenwärme ist das Gewebe deutlich verändert und die manuelle Behandlung wird schwieriger. Das liegt daran, dass die Plastizität des Gewebes anders ist und man als Therapeut dadurch schlechter zu seinem „Griff" findet.

Gerade auch zur Vorbereitung auf aktive sensomotorische Übungen hat sich die stoffwechselsteigernde und schmerzlindernde Wirkung der Tiefenwärme als äußerst hilfreich erwiesen.

Skanlab Bodywave ist eine elektrotherapeutische Maßnahme unter anderem zur Durchblutungsförderung.

Stabilisierung im Bereich des Beckengürtels und der LWS

Neben der lateralen und medialen Kette an der unteren Extremität konnten darüber hinaus deutliche Veränderungen des Gewebes im Bereich der LWS und des Beckens mitbehandelt werden. Eine tägliche Beckenkontrolle zeigte, dass sich die Zeichen einer Instabilität im rechten Iliosakralgelenk deutlich besserten. Auch hier musste stabilisierend gearbeitet werden. Therapeutische Übungen an der Behandlungsbank wurden dazu mit statischen Anbahnungsübungen im Slingtrainer kombiniert.

11.3.5 Tag 13 nach der Verletzung und weiterer Verlauf

Therapieziele

- Dynamisierung und Verbesserung der Kraft
- Koordination und Ausdauer

Therapiemaßnahmen

Laufen

Das gesamte Konzept wurde ab dem 13. Tag nach der Verletzung durch Laufeinheiten ergänzt. Anfänglich begannen wir mit therapeutischem Laufen mit einer Dauer von 10 min. Zu Beginn war eine Einheit mit leichten Koordinationsläufen angesagt. Verschiedene Bewegungsmuster und Laufformen in einer Streckenlänge von ca. 15 m wurden kombiniert mit Gehphasen und langsamer Laufschule.

Die Einheiten im Freien wurden täglich variiert und bis hin zu Ausdauereinheiten von 50 min im GLA-I-Bereich (Grundlagenausdauer im aeroben Bereich) gesteigert. Je nach Belastungsverträglichkeit wurden Kraft- und Ausdauereinheiten mit sensomotorischem Training und koordinativen Einheiten kombiniert.

Belastungstest am 21. posttraumatischen Tag

Ein erster Belastungstest am 21. posttraumatischen Tag mit sportartspezifischen Inhalten wie Sprinten, Springen und Schießen waren sehr positiv ausgefallen, sodass Marek Mintal 1 Woche trainingsfrei bekam und das Rehazentrum Valznerweiher, seit Monaten seine zweite Heimat, nicht betreten musste.

Zusammenfassung

Neben den klassischen passiven Therapieformen in der Sportphysiotherapie hat sich die frühzeitige aktive Therapie des verletzten Athleten durchgesetzt. Zeitnah muss nicht nur die nichtbetroffene Muskulatur erhalten werden, sondern es sollen auch die verletzten Strukturen in Bewegungs- und Funktionsmuster eingebaut werden.

Es hat sich als sehr hilfreich erwiesen, zuerst die verspannte, hypertone Muskulatur zu harmonisieren, die Nozizeption zu hemmen und die Schmerzen zu lindern. Danach können die lokalen Stabilisatoren der Gelenke innerviert und die statische Muskulatur aktiviert werden. Das Slingtraining bietet hierfür eine gute Möglichkeit und ist eine sinnvolle Ergänzung der therapeutischen Palette. Erst wenn diese beiden Schritte erfolgreich durchlaufen wurden, macht es Sinn, an ein Training der globalen Bewegungsmuskulatur zu denken.

Gerade nach Verletzungen oder Operationen ist es enorm wichtig, die Schmerzen zu minimieren. Denn Schmerz hemmt die Aktivierung der lokalen Gelenkstabilisatoren.

Erst wenn die lokalen Gelenkstabilisatoren arbeiten, ist ein Training in der Medizinischen Trainingstherapie (MTT) oder im Sport angezeigt.

Literatur

Meier H. Medizinische Trainingstherapie in der Praxis. Hersbruck: AMS Verlag; 2007.
Myers T. Anatomie Trains. London: Churchill Livingstone; 2001.
Typaldos S. Orthopathische Medizin. Bad Kötzing: Verlag für ganzheitliche Medizin; 1999.
van den Berg F. Angewandte Physiologie. Band 1: Das Bindegewebe des Körpers verstehen und beeinflussen. 1. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2001.
van den Berg F. Angewandte Physiologie. Band 2: Organsysteme verstehen. 2. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2005.
van den Berg F. Angewandte Physiologie. Band 3: Therapie, Training, Tests. 2. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2007.
van den Berg F. Angewandte Physiologie. Band 4: Schmerzen verstehen und beeinflussen. 2. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2008.

Internetseiten

www.ams-die-akademie.de
www.elyth.de
www.rehape.de
www.retterspitz.de
www.skanlab.no
www.slingtraining.de
www.togu.de



12 Fallbeispiel: Verletzung des Akromioklavikulargelenks – Judo

Paul Beenen

12.1 Vorstellung des Patienten

Tiago ist Judoka und übt seinen Sport auf professionellem Niveau aus. Er ist 27 Jahre alt, hat an vielen internationalen Turnieren teilgenommen und war sogar bei den Olympischen Spielen 2008 in Peking. In der Vorrunde stürzte er dort bei einem Fall auf seine linke dominante Schulter und zog sich dabei eine Distorsion des Akromioklavikalurgelenks (AC-Gelenk) zu, Tossy 3. Tiago lässt sich nicht operieren.

In dieser Kasuistik wird die Anwendung von Prinzipien aus dem motorischen Lernen, wie in Kapitel 4 beschrieben, erläutert.

Bevor weiter auf das motorische Lernen und dessen Relevanz für das Ziel, Tiago wieder zu seinem alten Niveau zu bringen, eingegangen wird, werden allgemeine Informationen über die Anatomie des AC-Gelenks, den Traumamechanismus, Klassifikation und Epidemiologie der AC-Verletzung aktualisiert sowie die diagnostischen und therapeutischen Verfahren des Sportphysiotherapeuten beschrieben.

12.2 Anatomie, Traumatologie

12.2.1 Anatomie des AC-Gelenks

Das AC-Gelenk ist ein nichtkongruentes Synovialgelenk zwischen Skapula und Klavikula. Die Kongruenz wird durch einen Discus articularis vergrößert.

Die wichtigsten passiven Stabilisatoren sind

- der kapsuloligamentäre Komplex des Gelenks und
- die extrakapsulären Bänder, Ligg. conoideum und trapezoideum

Der kapsuloligamentäre Komplex ist als eine Verfestigung der Insertion der Mm. trapezius und deltoideus anzusehen. Er verleiht dem Gelenk in anterioposteriorer Richtung viel Steifigkeit.

Das Lig. conoideum verläuft von der Insertion am Proc. coracoideus nach kranial und inseriert dort am Tuberculum conoideum lateral an der Klavikula. Das Lig. trapezoideum läuft mehr horizontal vom Proc. coracoideus zum Tuberculum trapezoideum an der Unterseite der Klavikula. Es liegt weiter lateral als das Lig. conoideum. Diese beiden extraartikulären Verbindungen geben dem AC-Gelenk in kraniokaudaler Richtung viel Stabilität (**Abb. 12.1**).

Aktive Stabilisatoren des AC-Gelenks sind

- der M. trapezius pars descendens und
- der M. deltoideus pars frontalis

Beide Muskeln haben einen stabilisierenden Einfluss, da ihre Insertion das Gelenk mit der Fascia trapeziodeltoideus überbrückt.

Im AC-Gelenk findet eine minimale Bewegung statt. Als knöcherne Verbindung zwischen Rumpf und oberer Extremität spielt das AC-Gelenk eine wichtige Rolle

- beim Stabilisieren der oberen Extremität und
- beim Energietransfer von proximal nach distal bei sportspezifischen Bewegungen, sowohl beim Werfen

eines Balls als auch dem Werfen eines Gegners beim Judo (Putnam 1993)

Im AC-Gelenk finden maximal 5–8° Bewegung um 3 Achsen statt mit dem größten Bewegungsausmaß am Beginn und am Ende der Abduktions-Elevations-Bewegung des Arms (Rodoski 2001, Donatelli 1997).

12.2.2 Verletzungsmechanismus

Um eine ernste Verletzung an den steifen ligamentären Verbindungen zwischen Skapula und Klavikula zu erreichen, ist eine starke nach kaudal gerichtete Kraft notwendig, die auf das Akromion einwirkt (Rodoski 2001).

Dies geschieht zumeist durch einen direkten Sturz auf das Schulterdach mit einem horizontal adduzierten Arm. Abhängig von der Größe der einwirkenden Kraft wird in erster Linie die direkte kapsuloligamentäre Verbindung zwischen Akromion und Klavikula auf den Prüfstand gestellt. Beim Versagen dieser Strukturen wirken nun die Kräfte auf die Bänder zwischen Proc. coracoideus und Klavikula und zum Schluss auf die Fascia trapeziodeltoideus ein.

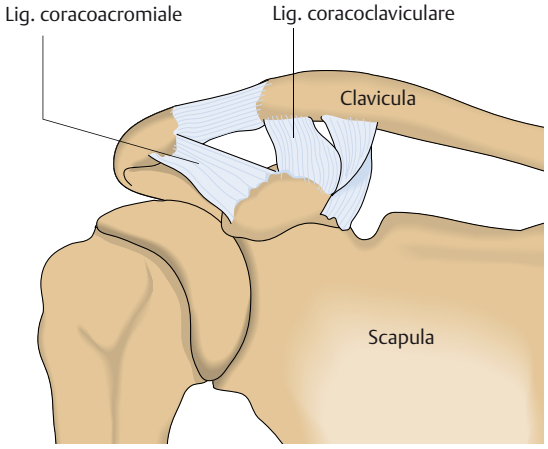


Abb. 12.1 Anatomie des AC-Gelenks.

Klassifikation der AC-Verletzungen

Das Ausmaß der Verletzung wird mit der Klassifikation von Tossy beschrieben (Tossy 1963). Es werden Verletzungen Grad 1–3 unterschieden (**Abb. 12.2**):

- Bei Grad 1 ist liegt eine partielle Ruptur der akromioklavikulären Ligamente vor. Es kommt noch nicht zu einer vergrößerten Beweglichkeit des AC-Gelenks.
- Bei Grad 2 liegt eine komplette makroskopische Ruptur der akromioklavikulären Ligamente mit einer resultierenden Laxität in anteriorposteriorer Richtung vor. Die korakoklavikulären Ligamente sind intakt.
- Bei Grad 3 handelt es sich um eine komplette makroskopische Ruptur sowohl der akromioklavikulären als auch der korakoklavikulären Ligamente. Neben der zugenommenen Beweglichkeit in anteriorposteriorer Richtung vergrößert sich nun auch die kraniokaudalen Beweglichkeit des AC-Gelenks. Vor allem Letzteres ist klinisch gut sichtbar (Klaviertastenphänomen, **Abb. 12.3** a-d).

In der angelsächsischen Literatur wird seit 1981 vor allem die Rockwood-Klassifikation gebraucht (Rockwood 1981). Diese Klassifikation ist ausführlicher als die von Tossy, bei der vor allem die ernsteren Formen der AC-Verletzung einen Platz in der Klassifikation erhalten haben (Grad 4–6). Die Graduierungen 1–3 von Tossy stimmen genau mit denen von Rockwood überein.

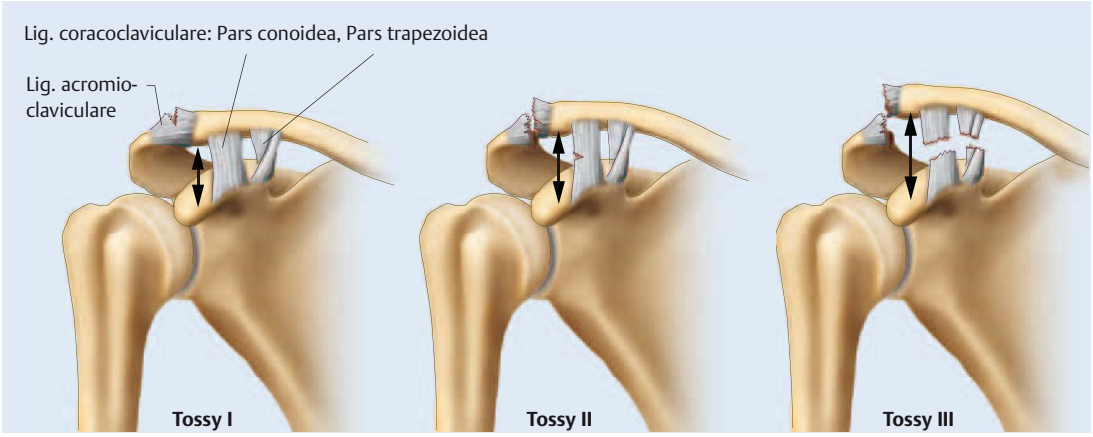


Abb. 12.2 ACG-Luxation. Einteilung nach Tossy (I-III).

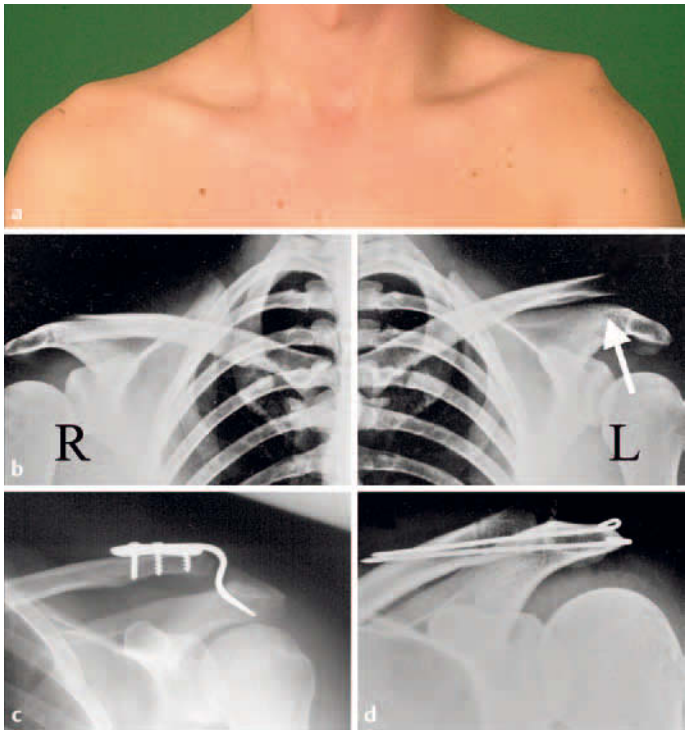


Abb. 12.3 Klaviertastenphänomen bei einer Verletzung Grad 3.
a ACG-Sprengung links.
b Röntgendiagnostik im Seitenvergleich (Armzug mit 5 kg Gewicht mit deutlichem Klavikulahochstand links.
c Nach Naht des akromioklavikulären Bandes, Fixation mit Hakenplatte.
d Fixation mit Zuggurtung.

Epidemiologie der AC-Verletzung

25–52 % aller AC-Verletzungen entstehen während des Sports (Rodoski 2001). Zumeist betrifft dies Menschen wischen dem 20. und 30. Lebensjahr. Es sind mehr Männer als Frauen betroffen (4 : 1) und die Ursache ist fast immer traumatisch (Rodoski 2001). Eine Erklärung hierfür liegt in der Sportausübung junger Männer. Typische Sportarten für eine AC-Verletzung sind Eishockey (Mölsä 2003), Motocross und vor allem Kampfsportarten, worunter Judo zählt (Gartland 2001).

12.3 Diagnostische und therapeutische Möglichkeiten

12.3.1 Diagnostik

Der Sportphysiotherapeut kann Schmerz, Schwellung und zugenommene Beweglichkeit in verschiedenen Richtungen beurteilen. Ebenfalls stehen eine Anzahl spezifischer Tests zur Verfügung.

Bei akuter Verletzung ist der Schmerz gut lokalisierbar. Der Patient zeigt den Schmerz mit seinem Finger direkt auf dem AC-Gelenk an. Das Schmerzausmaß wird mithilfe der VAS-Skala beurteilt. Neben dem Schmerz auf der Höhe des AC-Gelenks ist als weiteres Symptom eine rote Verfärbung der Haut auf der Höhe des AC-Gelenks sichtbar, die mit einer lokalen Schwellung einhergeht.

Des Weiteren wird beurteilt, ob das „Klaviertastenphänomen“ auslösbar ist. Er beurteilt dies im Vergleich der betroffenen Schulter mit der nicht betroffenen Seite. Bei Verdacht auf eine positive „Klaviertaste“ versucht der Sportphysiotherapeut die Klavikula nach kaudal zu drücken. Diese Repositionsbewegung müsste die „Klaviertaste“ vermindern.

> Der Sportphysiotherapeut ist nicht ermächtigt, die Diagnose AC-Distorsion zu stellen und zu klassifizieren. Er kann jedoch seine Vermutung über den möglichen Ernst der Verletzung äußern.

Er klassifiziert die Verletzung nach folgenden Symptomen (Mouhsine 2003):

- Bei einer AC-Distorsion Grad 1 ist nur die Rede von lokalem Schmerz, Schwellung und Rötung. Es liegt keine vergrößerte Mobilität in anteriorposteriorer oder kraniokaudaler Richtung vor.
- Bei einer AC-Distorsion Grad 2 sind lokaler Schmerz, Schwellung, Rötung und eine vergrößerte Beweglichkeit in anteriorposteriore Richtung wahrnehmbar. *Cave:* Dies ist schwer zu beurteilen.



Abb. 12.4 Active-Compression-Test nach O'Brien.
a Der Arm befindet sich in 90° Flexion, 10° horizontaler Adduktion und maximaler Innenrotation. Am Ellbogen gibt der Therapeut Widerstand gegen die Flexion des Patienten.
b Der Arm befindet sich in 90° Flexion, 10° horizontaler Adduktion und maximaler Außenrotation. Am Ellbogen gibt der Therapeut Widerstand gegen die Flexion des Patienten.

- Bei einer AC-Distorsion Grad 3 sind alle Zeichen und Symptome von Grad 2 festzustellen, zusätzlich liegt das Klaviertastenphänomen vor.

Begleitverletzungen

Die AC-Verletzung ist zumeist die Folge eines hochenergetischen Traumamoments, daher ist die Wahrscheinlichkeit zusätzlicher Verletzungen groß. Ein häufig vorkommendes Problem ist dabei die Verletzung des Labrum glenoidale. Der Active-Compression-Test nach O'Brien kann hier helfen, einigermaßen zu differenzieren (Sandow 2000). Der O'Brien-Test erhöht den Druck auf das superiore Labrum, den subakromialen Raum und das AC-Gelenk, indem der innenrotierte Oberarm des Patienten in 90° Anteversion gebracht und ein manueller Widerstand nach kaudal auf den Unterarm gegeben wird (**Abb. 12.4**a-b).

Der Test ist positiv, wenn die Beschwerden des Patienten reproduziert werden können. Zur Differenzierung kann der Test auch in Außenrotation wiederholt werden, wobei man dabei weniger Beschwerden erwartet. Bei den Beschwerden in der nach innenrotierten Position kann man unterscheiden zwischen

- einem tiefen, schlecht zu lokalisierenden Schmerz in der Schulter, der mehr auf eine Labrumverletzung hinweist, und
- einem gut zu lokalisierenden Schmerz auf der Höhe des AC-Gelenks, der mehr auf eine subakromiale Problematik oder eine AC-Verletzung hinweist

In ihrer Originalpublikation von 1998 finden O'Brien et al. mit dieser Methode für Labrumverletzungen eine Sensitivität von 96% und für AC-Problematik eine Sensitivität von 89%.

Ein zweiter relevanter Test vor allem bei milderen Formen der AC-Distorsion (Grad 1 und 2) ist der horizontale Adduktionstest. Dabei bringt der Sportphysiotherapeut die Schulter des Patienten in eine horizontale Adduktion. Das Problem bei diesem Test ist, dass in der Endposition nicht nur Kompression auf das AC-Gelenk ausgeübt wird, sondern auch Strukturen im subakromialen Raum komprimiert und Strukturen der dorsalen Kapsel gedehnt werden. Wenn der Test indikativ für eine AC-Problematik sein soll, muss der Patient den Schmerz auf der Höhe des AC-Gelenks angeben. Selbst dann müssen die Strukturen im subakromialen Raum noch weiter untersucht werden, um weitere Informationen über das Ausmaß der Schädigung des AC-Gelenks zu bekommen. Die Sensitivität des horizontalen Adduktionstests ist 82% und die Spezifität ist 27% (Ellenbecker 2004, S. 93).

Bei Verdacht auf eine AC-Verletzung ist es sinnvoll, die Diagnose mittels einer Echographie oder eines MRT zu bestätigen. Des Weiteren wird bei Verdacht auf eine AC-Verletzung empfohlen, eine gründliche Analyse der Strukturen des subakromialen Raums vorzunehmen, da es eine starke Verbindung zwischen diesen Strukturen und dem kranial davon gelegenen AC-Gelenk gibt.

12.3.2 Therapeutische Möglichkeiten

Die Prognose einer isolierten Verletzung des AC-Gelenks ist im Allgemeinen günstig. Das Maß der Instabilität der Klavikula scheint für den Verlauf des Heilungsprozesses nicht von Bedeutung zu sein. Eine ausgeprägte Instabilität (deutliche Klaviertaste) sagt nichts aus über das Wiedererlangen des alten Niveaus.

Mouhsine und Kollegen untersuchten milde Formen der AC-Verletzung (Tossy 1–2) an 33 Patienten. Die Therapie bestand aus Eis, Schmerzmitteln, dem Tragen einer Schlinge und Physiotherapie. Mehr als ein Viertel dieser Patienten (n = 9) entwickelte im Durchschnitt 2 Jahre später eine ernste AC- Degeneration, bei der ein operatives Eingreifen notwendig war. Das letzte Follow-up der verbliebenen 24 Patienten war nach 6 Jahren. Hier stellte sich heraus, dass ungefähr die Hälfte (17 Patienten) symptomfrei war. Nur 4 dieser Patienten zeigten keine degenerativen Veränderungen auf den Röntgenfotos (Mouhsine 2003). Hieraus kann man schlussfolgern, dass bei milden Formen der AC-Verletzung zwar eine schnelle Rückkehr zum Sport möglich ist, aber langfristig ist die Wahrscheinlichkeit auf degenerative Veränderungen groß, auch wenn diese nicht unbedingt mit Beschwerden einhergehen müssen.

Eine zweite relevante Studie über milde Formen der AC-Verletzung von Shaw ergibt ein ähnliches Bild (Shaw 2003). Er untersuchte eine größere Gruppe (n = 47) von Patienten mit Verletzungen Grad 1–2. Die Patienten waren im Durchschnitt viel älter (37 Jahre) und hatten sich eine AC-Verletzung infolge eines Sturzes, beim Sport oder bei einem Autounfall zugezogen. Nach 6 Monaten hatten noch 40% dieser Patienten einschränkende schmerzhafte Beschwerden und 20% hatten noch relevante Bewegungseinschränkungen in der Schulter. Nach 14 Monaten hatten noch 14% relevante Schmerzbeschwerden. 9% der Patienten mit Verletzung Grad 1–2 hatten in ADL noch Schmerzen und 2 der 47 mussten den Sport aufgrund der Beschwerden ändern. Es ist nicht bekannt, auf welchem Sportniveau die Patienten zum Zeitpunkt des Entstehens der Beschwerden waren, aber im Hinblick auf ihr Alter ist anzunehmen, dass sie nicht mehr auf Leistungssportebene waren. Ein großer Teil dieser Patienten mit einer milden AC-Verletzung waren innerhalb eines Jahres beschwerdefrei. Bei diesen Patienten ist kein längerfristiges Follow-up durchgeführt worden. Auffallend ist, dass auch bei milden Formen der AC-Verletzung längerfristig degenerative Veränderungen im Gelenk zu sehen waren. Kurzfristig konnten sie relativ schnell ihre Aktivitäten wiederaufnehmen.

Bei Verletzungen Grad 3 besteht die Möglichkeit, zu operieren oder konservativ zu verfahren. Hierüber sind 2 Studien verfügbar. Es ist eine Studie über operatives Eingreifen (Law 2007) und eine Studie über die konservative Versorgung einer Verletzung Grad 3 (Zarzycki 1998). Law et al. führten bei 5 Patienten mit einer Verletzung Grad 3, die während ihrer Arbeit und des Sportes hohe Anforderungen an ihre Schulter stellen, eine anatomische Rekonstruktion der korakoklavikulären Ligamente mithilfe eines autogenen Gracilisgewebes durch. Eine andere viel verwendete Operationstechnik ist die Weaver-Dunn-Prozedur, bei der das rupturierte AC-Gelenk operativ stabilisiert wird (Weaver 1972).

Es ist fraglich, ob eine Operation unumgänglich ist, denn es gibt auch Studien über Sportler mit Verletzungen Grad 3, die mit einer konservativen Behandlung ebenfalls gute Resultate erzielten.

Zarzycki hat in einer Case-Serie 14 Judoka mit einer Verletzung Grad 3 konservativ begleitet. Die Behandlung bestand aus einer Immobilisationsperiode von 2 Wochen (kühlen und Kompressionsverband), gefolgt von intensiver Schulterrehabilitation. Durchschnittlich nach 4½ Jahren kamen die Judoka zur Evaluation. 13 von 14 konnten ihren Sport ohne relevante Beschwerden auf dem alten Niveau wieder ausüben (Zarzycki 1998). Diese Patienten kamen ungefähr gleich schnell in ihren Sport zurück, wie die Patienten aus der Studie von Law. Welche längerfristigen degenerativen Veränderungen im AC-Gelenk zu erwarten sind, bleibt zu beobachten. Wenn bei der milden Form der AC-Verletzung schon so starke Degeneration sichtbar ist, sollte man bei schwereren Verletzungen auch ausgeprägtere und schnellere Degeneration erwarten. Es ist jedoch nicht eindeutig, ob diese Degeneration bei Verletzungen Grad 3 exzessiver ist oder diese durch operatives Eingreifen vermindert werden kann.

Zusammenfassung

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass unter den Experten ein Konsens besteht über das konservative Therapieren bei Verletzungen Grad 1–2 und das operative Eingreifen bei ernsteren Formen der AC-Verletzung (Rockwood 4–6). Diskussion besteht vor allem bei den regelmäßig vorkommenden Verletzungen Grad 3 (Quillen 2004). Hierbei ist es essenziell, die Anforderungen, die der Patient im täglichen Leben an seine Schulter stellt, mit in die Entscheidung für oder gegen eine Operation einfließen zu lassen. Vor allem Sportler, die hohe Anforderungen an die Schulter stellen, sollten bei einer Verletzung Grad 3 eher eine Operation in Erwägung ziehen (Law 2007). Bis heute ist jedoch nicht bewiesen, dass operatives Behandeln einer Verletzung Grad 3 (also die anatomische Rekonstruktion des AC-Gelenks) zu einer besseren funktionellen Genesung und zu einer schnelleren Rückkehr zu Arbeit und Sport führt und dass die Wahrscheinlichkeit auf Degeneration längerfristig kleiner ist (Broos 2002). Angesichts der Risiken iatrogener Verletzungen während der Operation raten die Autoren dazu, zuerst eine sinnvolle Operationsindikation zu stellen. In erster Linie ist jedoch bei einer Verletzung Grad 4 ein konservatives Vorgehen zu erwägen und bei ausbleibendem Erfolg zu operieren.

12.4 Tiagos Verletzung und Therapie

Die Diagnose AC-Verletzung wurde bei Tiago in Peking durch den Verbandsarzt gestellt. Später in Europa wurden ergänzende Untersuchungen mittels Echographie und MRT durchgeführt. Während der ersten 2 Wochen bestand die Therapie vor allem aus der Immobilisation der Schulter mit einer Schlinge, Schmerzmitteln und Kühlung der Schulter 3-mal pro Tag für 10 min mit Eis.

In den Niederlanden ging er unmittelbar nach der Konsultation des Teamarztes zum Sportphysiotherapeuten. Der Therapeut kannte ihn bereits von anderen Beschwerden und zuerst gingen sie gemeinsam das Vorgehen der kommenden Wochen durch.

12.4.1 Therapieplanung und -verlauf

Tiago hat eine deutliche Zielsetzung, denn durch sein Versagen bei den Olympischen Spielen droht er seinen A-Status zu verlieren. Er muss in rund einem halben Jahr fit sein, um bei der nationalen Meisterschaft seinen Status zu bestätigen. Vom Bundestrainer erwartet er wenig Unterstützung, da er dessen Sohn in der Vorbereitung zu den Olympischen Spielen besiegt hatte und dieser nun eine gute Chance für sich sah, wieder die Nummer eins zu werden.

Tiago wohnt bei seiner Freundin, die ihn bei den täglichen Bemühungen sehr unterstützt und auch versucht ihn zu bremsen, wenn er z. B mit Gewalt sein Hemd anziehen möchte. Dies erfährt der Physiotherapeut von Tiagos Freundin, die dem Gespräch beiwohnte.

Tiago ist außerordentlich motiviert und will eigentlich so schnell wie möglich mit der aktiven Rehabilitation beginnen. Er setzt wenig Vertrauen in die Phase der Immobilisierung. Bei früheren Traumata seiner Sprunggelenke hat er die Einstellung entwickelt, dass Immobilisierung keine gute Option darstellt. Er ist ungeduldig und möchte mit dem Training beginnen. Der Physiotherapeut muss alle Register ziehen, um deutlich zu machen, dass es sinnvoll ist, sich in dieser Phase noch zu schonen.

Tiago hatte bereits zahlreiche Verletzungen, auf die er nie wirklich Rücksicht nahm. „Genesen" bedeutet für ihn nicht, es ruhig angehen zu lassen, sondern so schnell wie möglich wieder zu beginnen und nicht zu viel zu jammern. „Jeder auf diesem Niveau hat Schmerzen", bemerkt er fast triumphierend. Angst hat er nur davor, dass er seinen favorisierten Wurf, den Zweite-Schulter-Wurf (morote seoi nage) nicht mehr gut ausführen kann.

Gemeinsam formulieren Tiago und der Therapeut das Ziel, auf die nationale Meisterschaft in 30 Tagen hinzuarbeiten und so schnell wie möglich wieder imstande zu sein, an Turnieren teilzunehmen, bei denen er seinen favorisierten Wurf anwenden kann.

Zum weiteren Vorgehen wurde besprochen:

- Tiago hält sich an die abgesprochene 2-wöchige Immobilisation. Er geht in diesen beiden Wochen in seinem Videoarchiv auf die Suche nach Material, das zeigt, wie er seinen Wurf ausführt.
- Mehrere Male pro Tag zieht er sich in einen ruhigen Raum zurück und geht den Wurf gedanklich durch. Sie taufen dieses Training „mentales uchi-komi".

Diese Lernform wird *mental practice* und *mental imagery* genannt und ihre wissenschaftliche Evidenz steigt. Topsportler und Trainer sind auf Basis von Erfahrung schon lange davon überzeugt. Am Ende dieses Trainings ruft er die Erinnerungen an das erfolgreiche Ausführen dieses Wurfes auf und wiederholt diese (s. S. 163 u. 379).

Tiago ist Berufssoldat und macht eigentlich nichts anderes als Judo. Durch seine Verletzung war er nicht mehr in der Kaserne. Es ist schwer für ihn, über sein Versagen bei den Olympischen Spielen zu sprechen, und er vermeidet den Kontakt zu seinen Kollegen. Durch die Schmerzen beim Bewegen schläft er schlecht und bereits 2 Tage untätigen Aufenthalts zu Hause machen ihn nach eigener Aussage „verrückt". Es wird deshalb abgesprochen, dass er direkt nach der Behandlung seinen Chef anruft, um zu fragen, ob er etwas übernehmen kann.

Außerdem gibt ihm der Therapeut Instruktionen zu seiner Haltung. Als echter Judoka hat er bereits eine Art natürliche Neigung zur Kyphosierung und Protaktion beider Schultern und nun sitzt er während des Gespräches vollständig nach vorne gebeugt, in der Schlinge hängend. Er hat keine Nackenbeschwerden. Der Physiotherapeut gibt ihm Übungen für seine Hand, seinen rechten Arm, die Mobilität des Thorax und seinen Nacken mit.

Der nächste Termin wird für 2 Wochen später vereinbart. Für den Therapeuten ist wichtig, dass Tiago die Praxis mit der Perspektive verlässt, dass nun mit der Rehabilitation angefangen wurde und er etwas macht.

Nach 2 Wochen kommt Tiago motiviert zurück. Sein Schmerz ist geringer geworden und zentriert sich von der ganzen Schulter mehr in Richtung AC-Gelenk. Er arbeitet bei der Truppenbasis an einem Plan, um die Leistungen der Sportler in den Truppen zu verbessern.

12.4.2 Sportartspezifische Bewegungsanalyse und Training

Er hat eine ganze DVD voll mit Bildern des „seoie nage". Auf dieser Basis erstellen sie gemeinsam eine vorläufige Handlungsanalyse.

Es gibt 4 Situationen, in der er den „morote seoi nage" ausführt (**Abb. 12.5**).

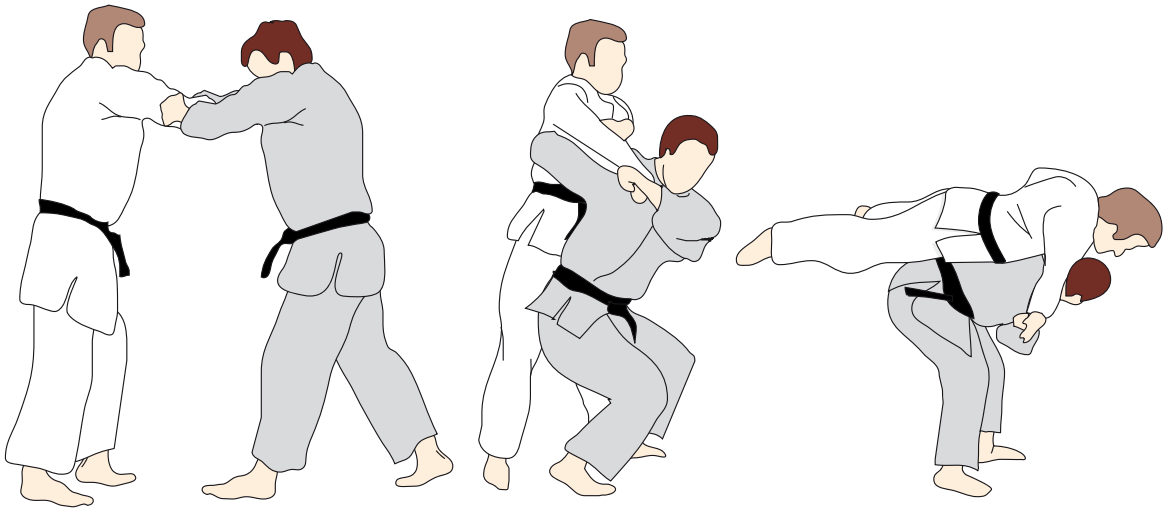


Abb. 12.5 Schema des „morote seoi nage“.

Techniktraining des Wurfs: Hier wird besonders auf die Ausführung und das Ausführen von Variationen unter verschiedenen Umständen geachtet (Deklarative kognitive explizite Art des Lernens.)

„Uchi-komi“: Hier wird nur der Einsatz in hohem Tempo wiederholt, so wird der Einsatz des Wurfes eingeführt, auf Geschwindigkeit und Kondition trainiert.

„Randori“: Hier werden in einer entspannten Atmosphäre während des Trainings Wettkämpfe durchgeführt. Es wird nicht wirklich geworfen, es wird vielmehr probiert und geübt. Wenn ein Wurf „sitzt“, lässt der Gegner sich fallen. Vor allem das Gefühl und das Timing sind wichtig (Lernen in Komplexität, auf der Suche nach einer stabilen, favorisierten, selbstorganisierten Ordnung).

Uchi-komi und Randori sind mehr auf die assoziativen und autonomen Phasen des Lernens gerichtet (Kap. 4.1, S. 178).

Im Wettkampf: Hier werden maximale Anforderungen an den Wurf gestellt, der Gegner arbeitet höchstwahrscheinlich auch maximal dagegen.

Der Wurf selbst hat zahlreiche Variationen, aber auf dem Video lassen sich 2 Favoriten deutlich erkennen. Tiago wusste dies zwar, war sich aber nie so bewusst darüber. Beim mentalen „uchi-komi“ wechselt er beide Würfe ab. Der „morote seoi nage“ kennzeichnet sich durch das Drehen der Schulter in Außenrotation, Abduktion und Anteversion bis zur gegnerischen Axel. Anschließend wird der Gegner über die Schulter geworfen. Der Wurf dreht um den „kuzushi“. Hier unterscheiden sich die 2 Würfe von Tiago. Bei der ersten Form wird Raum geschaffen, indem ein Schritt auf die Person zu gemacht wird, das Gleichgewicht wird gestört, um anschließend schnell den Wurf anzubringen und mit der Armbewegung den Gegner weiter aus dem Gleichgewicht zu bringen (**Abb. 12.6**).



Abb. 12.6 Wurftechnik Variation 1.



Abb. 12.7 Wurftechnik Variation 2.

Bei der zweiten Form ist die Gleichgewichtsstörung schon viel größer, da er sich häufig nach einer früheren Gleichgewichtsstörung von seinem Gegner entfernt. Der Gegner muss ihm, um nicht aus dem Gleichgewicht zu geraten, folgen und dann taucht Tiago mit maximaler Flexion in den Knien unter seinen Gegner hindurch und „begleitet" seinen Gegner, indem er sich nach vorne bewegt in seinen rollenden Fall. Um selbst nicht das Gleichgewicht zu verlieren, landet er häufig auf den Knien.

Trainingsziel

Das Ziel des Trainings ist, so schnell wie möglich mit dem Üben des Wurfs zu beginnen, indem mit dem „uchi-komi" angefangen und dann zum Techniktraining hingearbeitet wird. Eine andere wichtige Zielstellung ist, so wenig wie möglich zu dekonditionieren. Auch hier wird nach Spezifität gesucht. Der Physiotherapeut fragt sich, ob er die Kondition spezifisch für Judo testen kann. Eine typische Judokondition besteht aus 20–30 sec Aktivität, bei der submaximale bis maximale Kraft verlangt wird, gefolgt von 10 sec Ruhe; diese 10 sec nehmen während des Wettkampfes zu (Monteiro 2001, Sterkowicz 2000).

Durch Literaturrecherche wird ein spezifischer Test gefunden, der sich auf den „uchi-komi" bezieht (Almansba 2007).

Im SJFT führt Tiago 6 Serien durch, in denen er einen Judoanzug fest anfasst und eine kurze und statische Kraft liefert (beginnend mit 3 sec zunehmend mit 3 sec pro Serie. In der 2. Phase führt er „uchi-komis" für 20 sec aus. Er bekommt 4 sec Ruhe zwischen den Serien, die Ruhepause verringert sich auf 2 sec pro Serie. Es wird beschlossen, eine 0-Messung durchzuführen, sobald die Schulter wieder ausreichend belastbar ist. Die Anzahl der „uchi-komis" und sein Herzschlag werden gemessen.

Weil Tiago denkt, dass sein Trainer nicht glücklich ist über einen Physiotherapeuten im Judoanzug, wird beschlossen, den Trainer zu einer Behandlung einzuladen oder die Behandlung beim Training zu absolvieren (Umgebungsanalyse). Inzwischen ist Tiago bei allen Trainingseinheiten auf der Tribüne anwesend, dies war eine Bedingung des Trainers. Der Physiotherapeut ist der Meinung, dass dies gut sei, um den Kontakt zu halten und das Judo weiterhin zu sehen (mentales Training). Er gibt Tiago den Auftrag, sich in die anderen Judoka hineinzuversetzen und zu überlegen, was die nächste Bewegung ist. Tiago tat dies bereits, jedoch mehr unbewusst, bei seinem direkten Konkurrenten.

12.4.3 Weiterer Therapieverlauf

3. Woche nach dem Unfall

Die Beschwerden wurden schnell geringer und der Sportphysiotherapeut konnte in der 3. Woche nach dem Unfall bereits wieder das glenohumerale Gelenk mobilisieren. Hierdurch nahm die schmerzfreie Beweglichkeit schnell zu und Tiago konnte schon 6 Wochen nach der Verletzung schmerzfrei eine aktive Anteversion bis 120° und eine aktive Abduktion bis 80° ausführen. Die glenohumerale Außenrotation in 0° Abduktion war nach 6 Wochen schon wieder symmetrisch.

Ab der 3. Woche hatte der Sportphysiotherapeut ein Koordinationstraining mit Tiago begonnen, das sich vor allem auf die Pivoter (Skapulafixatoren) und die Protectoren (Rotatorenmanschette und M. biceps) konzentrierte. Zentrale Übungen waren

- die Außenrotation in Seitlage mit einer Dumbell zum Trainieren der Außenrotatoren und des M. trapezius pars ascendens
- Rudern mit einem Latpulley
- Biceps curl, um den Bizeps als Kaudalisator wieder früh miteinzuschalten
- Shrugs ohne zusätzliches Gewicht, um den M. trapezius pars descendens zu detonisieren

Diese Übungen sind zentral. Sie trainieren die Muskeln, die den Humeruskopf zentralisieren und kaudalisieren.

Die Übungen werden nach der Methode „Koordination" des Rehabilitationskreises und nach der Methode „kortikale Fußregion" und „kortikale lineare Region" des Rehabilitationskreises „Koordination" ausgeführt (Kap. 4.3, S. 229). Außerdem hat Tiago ab der 3. Woche nach dem Unfall 3-mal pro Woche ein Krafttraining für die untere Extremität und den Rumpf.

Die untere Extremität und der Rumpf müssen während der gesamten Reha in Form bleiben. Für den Judoka ist die Kraft in den Beinen und im Rumpf extrem wichtig. Nach der Methode KRS 3 „intensive Kraftausdauer" aus dem Rehabilitationskreis „Kraft" (s. Kap. 4).

Das aerobe Vermögen wird durch das Fahren auf dem Ergometer trainiert, um seine allgemeine Ausdauer zu erhalten. (Das aerobe Vermögen ist die konditionelle Basis für einen Judoka.) Eigentlich wäre Joggen spezifischer für den Sport, aber dies würde in der ersten Phase der Reha das AC-Gelenk noch zu sehr belasten (s. Rehakreis „Ausdauer" in Kap. 4).

6. Woche

In der 6. Woche nach der Verletzung trainiert Tiago auch wieder den M. deltoideus pars ventralis mittels des Front Raise. Tiago beginnt diese Übung mit einem eingeschränkten Bewegungsausmaß. Die Übung muss mit einer guten Fixierung der Skapula beschwerdefrei ausgeführt werden können. Zusammen mit den Shrugs kräftigt er so direkt die stabilisierenden aktiven Strukturen des AC-Gelenks. Diese 2 Übungen bleiben vorläufig underloaded. Ab Woche 6 trainiert Tiago mit Judoanzug.

7. Woche

Ab der 7. Woche führt Tiago die anderen Übungen nach der Methode KRS 3 „intensive Kraftausdauer“ (Beginn des Trainings mit overload) aus.

In Woche 7 ist der Schmerz so weit zurückgegangen und das Bewegungsausmaß hat so zugenommen, dass Therapeut und Tiago beschließen, mit dem „uchi-komi“ anzufangen, wobei der linke Arm locker bis 90° eingehakt wird, anstatt im Judoanzug bei ungefähr 130° Abduktion (ippon seoi nage) eingewickelt zu sein.

Dies scheint ausgezeichnet zu funktionieren und sie entscheiden, auf dieser Form des „uchi-komis“ basierend, den spezifischen Judotest am Ende der Woche zu machen. Der Test verläuft nicht gut und es stellt sich heraus, dass die Bewegung noch zu schmerzhaft ist. Sie brechen den Test vorzeitig ab, üben den „uchi-komi“ aber weiterhin. Tiago hat dadurch keine stärkeren Schmerzen. In der Woche darauf, nach 3 weiteren Trainingseinheiten, gelingt es, den Test schmerzfrei auszuführen.

10. Woche

In der 10. Woche wird ein Training im Dojo abgehalten. Der Physiotherapeut erklärt dem Trainer, wie ihr Trainingsschema aussieht, und fragt nach spezifischen Übungen. Der Trainer betont die Gleichgewichtsstörung bei jedem Einsatz während des „uchi-komi“. Das ist ein wichtiger Hinweis im Hinblick auf die Reaktion der Schulter, die zum Heilungsprozess passt. Die Schulter wird nun mehr belastet, weil mehr Gewicht auf die Schulter gebracht wird. Weiter gibt es nun mehr Variation, weil die Dysbalance der Person die Bewegung jedes Mal verändert.

Der Physiotherapeut beobachtet das Training weiter und ihm fällt auf, dass die anderen Judoka viel Spannung und Entspannung in ihrer Bewegung haben. Er bespricht dies mit Tiago, der angibt, dies immer so gemacht zu haben: „Ich bin groß (98 kg) und arbeite mehr mit Kraft und Einsatz, Geschmeidigkeit war nie mein Ziel.“

Neben dem „uchi-komi“ trainiert Tiago 3-mal in der Woche die Steigerung seiner Kraftausdauer. Den Front Raise und den Shrug führt er ab dieser Woche auch mittels KRS 3 (Kraftrehabilitationssystem) aus („intensive Kraftausdauer“, Beginn des Trainings mit overload).

Außerdem wird ein judospezifisches Programm entwickelt. Tiago hält den Physiotherapeuten fest, der eine Judojacke trägt. Der Physiotherapeut versucht wegzukommen, ohne von seinen Armen Gebrauch zu machen. Es gelingt ihm nie.

Dieses Programm ist abgeleitet von der SJFT. Gesucht wird nach koordinativer Integration der Kraftübungen.

11. Woche

Die 11. Woche beginnen sie, wiederum im Beisein des Trainers, mit Techniktraining der ersten Version des „morote seoi nage“, die mehr Stabilität gibt und somit weniger Risiko für die Schulter bedeutet.

Später in der Woche bauen sie ein, dass Tiago während des „uchi-komi“-Trainings abwechselnd den „ippon seoi nage“ und den „morote seoi nage“ übt. Dies ist ein Beispiel von Random-Training, das die Effizienz beider Muster verbessert (s.S. 179). Beim „morote“ gibt Tiago nur leichte Beschwerden im Verlauf des M. trapezius pars descendens in Richtung Nacken an. Alle sind enthusiastisch und beschließen darauf hinzuarbeiten, dass er in der nächsten Woche wieder mehr und anschließend in Woche 14 wieder vollständig mittrainieren kann.

12. Woche

Tiago trainiert in dieser Woche das erste Mal wieder den „uchi-komi“ und das Techniktraining mit der Gruppe zusammen (Bodenübungen und den „randori“ macht er nicht mit). Er bekommt ziehende Schmerzen und auch etwas Kopfschmerzen. Bei der Inspektion bemerkt der Physiotherapeut einen starken Hypertonus der Muskeln in der gesamten Nacken- und Schulterregion.

Bei der Analyse stellt sich heraus, dass Tiago während des „uchi-komis“ eine konstante Spannung aufbaut. Er ist sich dessen nicht bewusst und es kostet ihn viel Mühe, eine bewusste Spannung zu erreichen. Auf Nachfrage gibt er an, dass er wieder weniger schläft und dass es ihm Probleme bereitet, nicht vollständig mittrainieren zu können, da er jetzt doch wieder auf der Matte steht. Der Physiotherapeut massiert ihn und gibt ihm gezielte Dehnungsübungen. Sie vereinbaren, die Reaktion abzuwarten. In der nächsten Woche zeigt sich beim Training, dass Tiago wieder viel Spannung aufbaut. Er gibt auch an, dass er das Gefühl hat, in seinem Genesungsprozess nicht mehr weiterzukommen. Dies kommt auch beim SJFT heraus, bei dem er weniger Wiederholungen als in der Woche zuvor macht.

Bisher haben sie den „uchi-komi“ im Übungssaal des Physiotherapeuten mit Schuhen durchgeführt. Sie entscheiden, es einmal barfuß auf weichem Boden zu probieren. Tiagos Bewegungen verändern sich dadurch vollständig. Er scheint mit den Füßen auf der Matte zu schweben, er hebt sie kaum an. Er bewegt sich weniger, der gesamte Körper muss weniger Stöße auffangen und bewegt sich effizienter. Der Physiotherapeut ist hier ein wenig frustriert drüber, diesen Kontextfaktor nicht richtig eingeschätzt zu haben.

Die Wissenschaftler unter den Lesern werden nun schaudern. Doch es wird beschlossen, den Test zu verändern. Es wird eine neue 0-Messung vorgenommen. Sie führen den JSFT aus und nun ist er viel schneller.

14. Woche

Es gibt einen Dämpfer im bisher erfolgreichen Genesungsprozess. Sie vereinbaren als Ziel dieser Woche, mit dem vollständigen Training auszusetzen und an einem besseren Gefühl für Entspannung zu arbeiten.

Unklar ist, ob die Spannung eine Art Schutzreaktion des Gelenks ist (defense musculair). Eine Verspannung ist für das Judo keine typische Reaktion und hat ihre Ursache eventuell darin, dass Tiago schwer „loslassen kann“ (im wörtlichen wie auch im übertragenen Sinn). Sie beginnen daher mit einer responsiven Lernmethode, bei der der Physiotherapeut Tiago mittels Biofeedback lehrt, bewusst zu entspannen (s. S. 384). Dies machen sie auch in einem simulierten „uchi-komi“-Training, um anschließend das Training mit dem „uchi-komi“ und Falltraining abzuschließen.

16. Woche

In den darauffolgenden Wochen stellt sich heraus, dass die Schulter stets weniger Beschwerden macht, wenn Tiago Entspannung beim „uchi-komi“ suchte. Dies gibt Tiago das nötige Selbstvertrauen. Er merkt, dass er beim SJFT wieder Fortschritte macht, was sein Gefühl bestärkt, dass er wieder schneller geworden ist. Er hat nun keine Schmerzen mehr beim Krafttraining. Er trainiert ganz gezielt das Fassen „kumi-te“ und das Gleichgewicht. Allmählich erhöht er die externen und weniger kontrollierten Kräfte, die auf seine Schulter einwirken.

Der Physiotherapeut lernt ein bisschen Japanisch in diesen Behandlungen. Er versucht so gut wie möglich die Sprache der Judoka für den maximalen Anschluss zu sprechen.

18. Woche

Ohne es wirklich abgesprochen zu haben, gerät Tiago in ein „Randori“. Ohne ihn wäre die Anzahl der Judoka unausgeglichen. Dies verläuft gut und schmerzfrei (abgesehen von etwas Muskelkater am nächsten Tag). Sie beschließen, dass er nun vollständig mittrainiert und auch die andere Form des „morote“ hinzunehmen. Im „Randori“ bekommt er den Auftrag, abwechselnd die verschiedenen Formen des Schulterwurfes anzuwenden. Er hat auch wieder mehr Vertrauen zu seinem Trainer bekommen. Dieser unterstützt ihn sehr während des Trainings und die eingangs geschilderte Situation seines Sohnes scheint seine Professionalität nicht zu beeinflussen.

22.–24. Woche

Tiago bemerkt, dass er beim Fallen noch immer Angst hat und dass er während des Trainings häufig an seine Schulter denkt. Mit der zweiten Version des „morote“ ist er beim „Randori“ immer noch nicht zufrieden. Sie beginnen einige Behandlungen basierend auf grade Exposé. Nach dem Motto „the proof …“ führen sie Einheiten ein, bei denen Druck auf die Schulter ausgeübt wird. Sie sprechen ab, dies 4-mal zu tun und dann mit dem Randori-Training mit seinen Kollegen abzuschließen. Dieser Stresstest verläuft gut.

> Operante Konditionierung und Desensibilisierung werden jetzt gebraucht (s. S. 177).

Ab der 24. Woche nimmt Tiago an einem regionalen Turnier teil. Es läuft prima. Sie beschließen, die Behandlungsepisoden abzuschließen.

Literatur

Almansba R, Franchini E Sterkowicz S. *Uchi-komi* avec charge, une approche physiologique d’un nouveau test spécifique au judo. Science & Sports 2007; 22(5): 216–223.

Donatelli RA. Physical Therapy of the Shoulder. London: Churchill Livingstone; 1997.

Ellenbecker TS. Clinical Examination of the Shoulder. St. Louis: Saunders; 2004.

Gartland S, Malik MHA, Lovell ME. Injury and injury rates in Muay Thai kick boxing. Br J Sports 2001; 35: 308–313.

Gernigon C, d’Arripe-Longueville F, Ninot G. A Dynamical Systems Perspective on Goal Involvement States in Sport, Journal of sport and exercise psychology. 2004; 26(4): 572–596.

Law KY, Yung SH, Ho PY, Chang HT, Chan KM. Coracoclavicular ligament reconstruction using a gracilis tendon graft for acute type-III acromioclavicular dislocation. Journal of Orthopaedic Surgery. 2007; 15(3): 315–318.

Mölsä J, Kujala U, Myllynen P, Torstila I, Airaksinen O. Injuries to the Upper Extremity in Ice Hockey. Am J Sports Med 2003; 31(5): 751–757.

Monteiro LF. Structure et coût énergétique des combats de judo. Universidade Lusôfona de Humanidades e Tecnologias Portugal, 2nd International Judo Federation World Judo.

Mouhsine E, Garofalo R, Crevoisier X, Farron A. Grade I and II acromioclavicular dislocations: Results of conservative treatment. Journal of Shoulder and Elbow Surgery 2003; 12: 599–602.

O’Brien S, Pagnani MJ, Fealy S et al. The active compression test: A new and effective test for diagnosing labral tears and acromioclavicular joint abnormality. Am J Sports Med 1998; 26: 610–613.

Putnam CA. Sequential motions of the body segments in striking and throwing skills: Descriptions and explanations. Journal of Biomechanics 1993; 26: 125–136.

Quillen DM, Wuchner M, Hatch R. Acute Shoulder Injuries. American Family Physician: 2004; 70: 1947–1954.

Rockwood CA Jr. Acromioclavicular separations. In: Kane WJ, ed. Current orthopaedic management. New York: Churchill Livingstone; 1981.

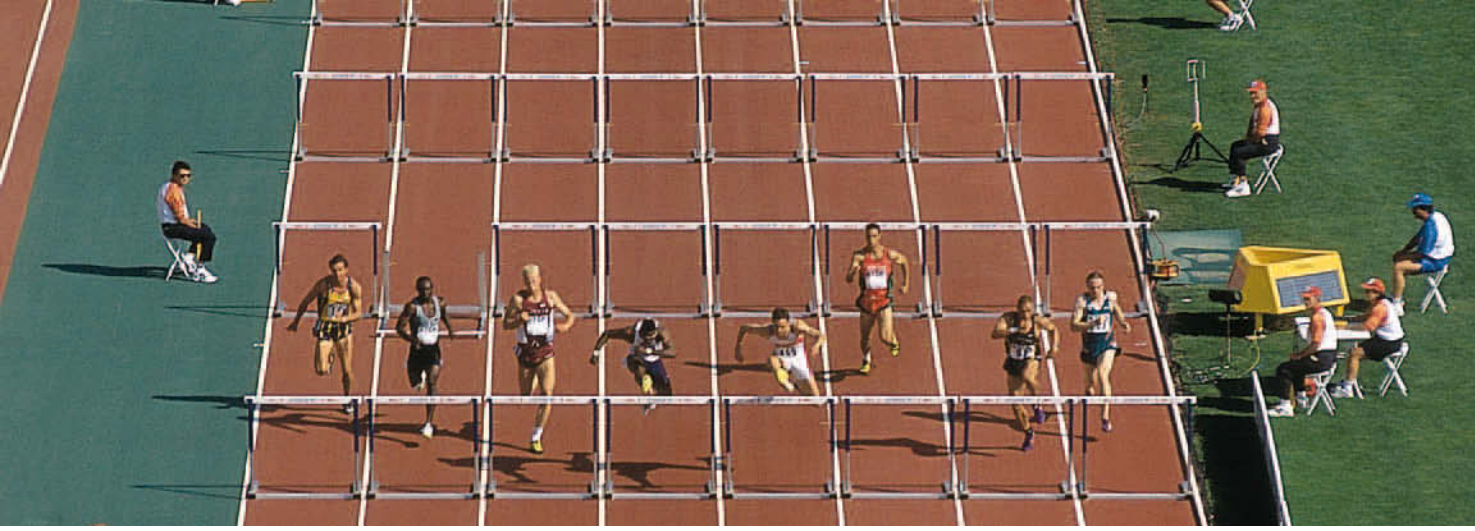
Rodosky M, Jari R. Acromioclavicular and sternoclavicular injuries in athletes. Current Opinion in Orthopedics. 2001; 12: 325–330.

Sandow MJ. Acromioclavicular and sternoclavicular joints. Current Opinion in Orthopedics 2000; 11: 276–281.

Shaw MBK, McInerney JJ, Dias JJ, Evans PA. Acromioclavicular joint sprains: The post-injury recovery interval. Injury 2003; 34: 438–442.
Schmidt AR, Wrisberg CA. Motor learning and performance: A situation-based learning approach. 4th ed. Illinois: Human Kinetics Publishers; 2007.
Tossy JD, Mead NC, Sigmond HM. Acromioclavicular separations: Useful and practical classification for treatment. Clin Orthop 1963; 28: 1111–9.
Weaver JK, Dunn HK. Treatment of Acromioclavicular Injuries, Especially Complete Acromioclavicular Separation. Journal of Bone and Joint Surgery 1972; 54(6): 1187–1194.
Zarzycki WEA: Non-operative treatment of acute, grade III acromioclavicular dislocation in judo competing athletes. Chir Narzadow Ruchu Ortop Pol 1998; 63: 321–327.

Internetseiten

Sterkowicz, 2002 http://www.judoinfo.com/research6.htm
http://plato.stanford.edu/entries/mental-imagery/
http://www.judoinfo.com/kuzushi1.htm



13 Schädigung der ischiokruralen Muskulatur (Hamstring-Syndrom) – Hürdenlauf

Harald Bant, Robert van den Berg

13.1 Vorstellung des Patienten

13.1.1 Vorüberlegungen

In diesem Fallbeispiel wird die sportspezifische Rehabilitation eines holländischen 110-m-Hürdenläufers, Mario M., mit einer Hamstring-Verletzung beschrieben.

Da bei diesem Verletzungsgeschehen keine direkte Gewalteinwirkung vorlag, handelte es sich hier um ein endogenes Trauma. Im Grunde hat eine endogene Verletzung eine günstige Prognose. Auch wenn es etwas philosophisch klingen mag, der Körper hat in diesem Zusammenhang eine Wahlmöglichkeit und er entscheidet sich für einen Ort, an dem optimale Regenerationskräfte herrschen – den myotendinösen Übergang.

In diesem Fallbeispiel liegt die Betonung auf dem spezifischen Wundheilungsprozess am myotendinösen Übergang, aus dem sich direkte Konsequenzen für den Rehabilitationsprozess ableiten. Im Mittelpunkt dieses Abschnitts steht das sportphysiotherapeutische Handeln in der Proliferationsphase und in der Konsolidierungs- und Reifungsphase. Während der Beschreibung der Rehabilitation werden eine Analyse des 110-m-Hürdenlaufs und eine Analyse der Stärken und Schwächen von Mario M. miteinbezogen. Eine Analyse des 110-m-Hürdenlaufs stellt deutlich den Zusammenhang zwischen dem Verletzungsmechanismus und der Hürdenlauftechnik dar, somit vor allem die Veränderung der Technik aufgrund einer neuromuskulären Ermüdung.

Die Analyse der Stärken und Schwächen von Mario M. und die Analyse des 110-m-Hürdenlaufs bestimmen, wie die individuelle Rehabilitation konkret gestaltet werden muss.

13.1.2 Vorstellung des Patienten

Es handelt sich um den 22-jährigen Sportler Mario M., der seit 6 Jahren Hürdenlaufen auf nationalem Spitzenniveau trainiert. Seine sportliche Karriere kombiniert er mit einem Studium der Bewegungswissenschaften.

Er hat recht spät mit der Leichtathletik begonnen. Bis zu seinem 15. Lebensjahr war er in anderen Sportarten (z. B. Fußball auf regionalem Niveau und Karate) aktiv. Als er im Alter von 15 Jahren mit der Leichtathletik begann, wurde schnell deutlich, dass sein Talent vor allem bei den Schnellkraftsportarten liegt. Schon bald spezialisierte er sich auf die Hürdenkurzstrecke, weil ihm das nach eigenen Worten einen besonderen Kick gab.

Während eines wichtigen Wettkampfes kam es zu einer Hamstring-Verletzung am linken Bein, dem Schwungbein. Die Verletzung entstand nach der Passage der siebten Hürde. Er spürte einen schmerzhaften Stich hinten in seinem Oberschenkel und war außerstande weiterzulaufen. Sowohl das schmerzhafte Stechen als auch das Unvermögen weiterzulaufen sind typisch für einen Muskelfaserriss (Orchard 2004).

In den zurückliegenden Jahren hatte er regelmäßig mit Muskelverletzungen zu kämpfen und im vergangenen Jahr gab es eine Wadenverletzung rechts, genau in der Mitte der Wettkampfperiode, sowie eine Leistenverletzung rechts. Das war zu Beginn der zweiten Vorbereitungsperiode dieser Saison.

Er wurde deswegen von einem Physiotherapeuten behandelt. Die Behandlung bestand aus Dehnen, Eisanwendungen in der akuten Phase und der Empfehlung, „es etwas ruhiger angehen zu lassen“.

Muskelverletzungen zu Beginn der Wettkampfperiode sind ein prädisponierender Faktor für das Auftreten von Muskelverletzungen im weiteren Verlauf der Wettkampfperiode (Orchard 2005).

Zwar wurde nicht nachgewiesen, dass Dehnen Muskelverletzungen verhindert, aber es wurde nachgewiesen, dass bei Teams, die regelmäßig dehnen, weniger Verletzungen der ischiokruralen Muskeln auftreten (Dadebo 2004). Eisanwendungen haben sich als sinnvoll erwiesen für die akute Phase nach einer Muskelverletzung (Orchard 2008).

Zum Zeitpunkt der Verletzung war Mario M. mit den Vorbereitungen auf die nationale Meisterschaft befasst, welche 3 Wochen später stattfinden sollte. Nach der Verletzung war Mario fix und fertig. Zum zweiten Mal während einer Saison sah er sich mit einer Muskelverletzung konfrontiert. Ihm war klar, dass diese Wettkampfperiode für ihn zu Ende war, und er hatte zunehmend den Eindruck, dass sich in seiner Sportlerkarriere Muskelverletzungen zu einer „unendlichen Geschichte" entwickelten. Aus diesem Grund beschloss er, sich für die Genesung der Muskelverletzung genug Zeit zu nehmen. Er war sich darüber im Klaren, dass für eine gründliche Genesung verschiedene Aspekte wichtig sind: die gründliche Analyse seiner Verletzung, die Analyse seines Trainingsprogramms und eine fundierte Rehabilitation. Diese Aspekte mussten die Grundlage für einen optimal vorbereiteten Start in der nächsten Wettkampfsaison bilden.

Für eine gründliche Analyse seiner Verletzung suchte Mario am nächsten Tag den Sportarzt des Leichtathletikverbandes auf. Der Sportarzt hörte sich Marios Schilderung aufmerksam an, untersuchte ihn und beschloss, ihn für ein MRI an das Krankenhaus zu überweisen. Das MRI bestätigte die Diagnose des Arztes.

MRI und CT-Scan sind bildgebende Techniken, die zur Diagnose und Lokalisation der Muskelruptur dienen (Orchard 2008).

13.2 Muskelfaserriss des M. biceps femoris

Das MRI hat gezeigt, dass es sich bei der Verletzung um eine Muskelruptur im M. biceps femoris handelt. Die Verletzung befindet sich dort, wo der Muskel in die Sehne übergeht. Bei Muskelrupturen gibt es verschiedene Schweregrade. Hier handelt es sich um eine Ruptur zweiten Grades, es liegt eine beträchtliche Verletzung im Muskel-Sehnen-Übergang vor (Sherry 2004). 50–75 % der Verletzungen der ischiokruralen Muskulatur betreffen den M. biceps femoris (Askling 2007). Diese Art der Verletzung verheilt relativ schnell. Es ist davon auszugehen, dass in 6–8 Wochen wieder mit dem sportspezifischen Training begonnen werden kann.

Um die Genesung zu beschleunigen und den Muskeltonus zu verringern, wird während der ersten Woche jeden Tag eine Injektion verabreicht, und zwar eine Kombination aus 2 Wirkstoffen: Actovegin und Traumeel S. Ein physiologischer Mix aus Aminosäuren ist gut geeignet, um die Muskelfasersynthese voranzutreiben, und scheint eine detonisierende Wirkung auf den hypertonen Muskel zu haben (Pfister 1990). Traumeel S ist ein homöopathischer Entzündungshemmer und stimuliert die Freisetzung von entzündungshemmenden Zytokinen (Lussignoli 1999). Hinzu kommt die Gabe eines Schmerzmittels (Paracetamol). International wird empfohlen, akute und chronische muskuloskeletale Schmerzen zunächst mit Paracetamol zu behandeln (AAMPG 2004, Schnitzer 2006). Außerdem sollte der Muskel möglichst viel in eine gedehnte Position gebracht werden, z. B. durch Halten des Beines in gestreckter Position beim Gehen und Sitzen.

Um sicherzustellen, dass die Genesung während der ersten Woche fundiert begleitet wird, wird Mario für die Rehabilitation an einen Sportphysiotherapeuten verwiesen, der viel Erfahrung mit Muskelverletzungen hat und außerdem früher selbst Hürdenläufer war. Dabei geht es um die Suche nach den Ursachen der während eines Wettkampfs auftretenden Muskelverletzungen, die Analyse des Trainingsprogramms und die Sorge für eine optimale Rehabilitation.

Da Mario Bewegungswissenschaften studiert und von Natur aus wissbegierig ist, fragt er den Arzt nach Fachliteratur, in der präzise beschrieben wird, was in physiologischer Hinsicht bei seiner Verletzung passiert und woran er sich während der ersten Wochen halten soll. Der Sportarzt gibt ihm einen Teil eines Artikels mit, den er für Physiotherapeuten geschrieben hat:

13.2.1 Vorgänge und deren Bedeutung in der Entzündungsphase

Nach einem Muskelfaserriss beginnt die Entzündungsphase unmittelbar nach der Verletzung mit der Vasokonstriktion der verletzten Gefäße des Wundgebietes, um die Blutung zu kontrollieren. Gleich danach erhöht sich durch eine Vasodilatation die Gefäßpermeabilität der umliegenden Blutgefäße, um das verletzte Gebiet mit Exsudat auszufüllen.

Durch diese vaskulären Reaktionen, die im Mittelpunkt der ersten Stunde nach der Verletzung stehen,



Abb. 13.1 SAM-Splint.

werden die Voraussetzungen für die zellulären Ereignisse geschaffen, die im Entzündungsprozess die Hauptrolle spielen.

Monozyten und neutrophile Granulozyten wandern in das Wundgebiet ein und beginnen mit der Aufnahme von z. B. Gewebebruchstücken. Die Aktivität der Makrophagen führt zur Freisetzung von freien Radikalen, durch die das Wundgebiet sich in erster Instanz vergrößert (sekundärer hypoxischer Schaden). Dieser Prozess dauert so lange an, bis die Makrophagen in ein Gebiet gelangen, dass nicht mehr durch das Trauma geschädigt ist. Aus den Zellen in der Bindegewebszone wird durch die Makrophagen DNA freigesetzt, was ein wesentlicher Schritt im Wundheilungsprozess ist (Fantone 1990, van Wingerden 1995). Als direkte Folge des sekundären hypoxischen Schadens vergrößert sich das Wundgebiet in den ersten 24 Stunden nach dem Trauma, wodurch das Gewebe geschwächt wird.

Durch die gestörte (anoxische) Durchblutungssituation gleich im Anschluss an das Trauma werden im Wundgebiet angiosynthetische Prozesse angestoßen. Dadurch wachsen sehr bald nach dem Trauma (innerhalb von 12–16 h) kleine Blutgefäße, Lymphgefäße und Nervenfasern in dem Wundgebiet. Dieses Substrat sichert die erhöhte Durchblutungsnachfrage im Wundgebiet und stabilisiert dadurch das Wundgebiet.

Wichtig ist, dass das Substrat in eine funktionelle Position (keine verkürzte Position) einwachsen kann, weil es sonst rasch zu Einschränkungen in der Beweglichkeit kommt. Da die Dehnung des Substrates schmerzt, werden diese Einschränkungen schon bald progressiv. Um dies zu verhindern und um dafür zu sorgen, dass auch nach der akuten Phase noch eine ausreichende Beweglichkeit vorhanden ist, um zu einer schnellen Mobilisierung zu kommen, ist es wichtig, dass die Muskulatur wenn möglich während der ersten 12–16 h nach dem Trauma in eine funktionell verlängerte Position gebracht und dort gehalten wird (van Wingerden 1995). Für die Hamstrings bedeutet dies, dafür zu sorgen, dass das Bein gestreckt bleibt. Eine Extensionsschiene z. B. mit einem SAM-Splint kann dabei hilfreich sein (**Abb. 13.1**).

Vielen Physiotherapeuten widerstrebt es, einen Muskel mit Ruptur in der akuten Phase zu verlängern, doch gibt es für dieses Vorgehen evidente Beweise.

Bis weit in die 1980er-Jahre wurde die Regenerationsfähigkeit der Muskulatur angezweifelt. Carlsson beschrieb als einer der Ersten, dass auch das menschliche Muskelgewebe über ein ausgezeichnetes Regenerationsvermögen verfügt, solange während der Heilungsphase für eine gute Gewebedurchblutung und eine frühzeitige Belastung mit Kraft und Dehnreizen in der Längsrichtung des Muskels gesorgt ist (Carlsson 1983, Kuipers 1987).

Jüngere Arbeiten, z. B. aus der Gruppe um Cheng (Institute for Cell Engineering in Zusammenarbeit mit der Johns Hopkins School of Medicinel), lassen erkennen, dass zyklische Dehnungen in der Gewebestruktur durch die Menge der zellulären Entwicklungsprozesse, worunter auch die regenerativen Prozesse fallen, möglicherweise eine entscheidende Rolle spielen (z. B. Ghazanfari 2008).

Schließlich weist das Expertenteam des Thinktank on Muscle Injuries das im Dezember 2007 von UK Sports organisiert worden war, auf die Bedeutung der frühzeitigen Mobilisation hin (innerhalb der ersten 24 h nach Muskelruptur), wobei diese innerhalb der Schmerzgrenzen und ohne exzessive Dehnmomente erfolgen sollte.

Die stabilisierende Funktion des Substrats, zusammen mit einer Reihe neurologischer Anpassungen, die zu einer Detonisierung der geschädigten motorischen Einheiten, aber vor allem zu einer Tonisierung der motorischen Einheiten der unmittelbaren Umgebung führen, sorgt dafür, dass der geschädigte Muskel recht schnell wieder im hohen Maße durch Zugkräfte belastet werden kann. Es wurde sogar behauptet, dass kleinere Muskelrupturen bereits 3 Tage nach dem Trauma wieder 80 % ihrer Zugbelastbarkeit besitzen.

Der Entzündungsprozess ist nicht nur für sich nützlich, sondern er bildet auch die Grundlage des weiteren Wundheilungsprozesses. Dieser Prozess sollte ungestört ablaufen können. Therapeutische Eingriffe bei einem normal verlaufenden Entzündungsprozess können diesen Prozess beeinträchtigen.

- Die wichtigste therapeutische Maßnahme in der Entzündungsphase ist Ruhe.
- Die Immobilisierung in einer funktionell verlängerten Position innerhalb der ersten 12–16 h nach dem Trauma ist von entscheidender Bedeutung für den optimalen Verlauf des weiteren Wundheilungsprozesses.
- Nach der ersten Dehnungsphase erfolgt die Mobilisation innerhalb oder bis leicht an die Schmerzgrenze.

Nach 48 h erreicht die Entzündungsphase ihren Höhepunkt. Die Makrophagen haben die Situation analysiert und setzen eine Substanz frei (PGE-2), die eine zweite Phase im Wundheilungsprozess einläutet: die Proliferationsphase. Parallel zum Einsetzen der Proliferationsphase geht der Entzündungsprozess zurück (bis etwa zum zehnten Tag nach der Verletzung).

13.2.2 Verletzungsverlauf

5 Tage nach der Verletzung suchte Mario den Sportphysiotherapeuten für eine sportphysiotherapeutische Behandlung auf. Der Sportarzt hat zuvor den Physiotherapeuten über die Entwicklung von Marios Schmerzen auf den neuesten Stand gebracht, die Diagnose erläutert und die bisher mit dem Ziel einer optimalen Genesung durchgeführten Interventionen vorgestellt. Der Sportarzt hat ihm außerdem die Ergebnisse der sportphysiotherapeutischen Tests und das Trainingsprogramm, das Mario während der letzten Wochen absolviert hat, zugeschickt und ihn gebeten, diese im Hinblick auf prädisponierende Faktoren zu analysieren, die ein erhöhtes Risiko für Muskelverletzungen erklären könnten. So hat Mario das Gefühl, dass seine Beschwerden ernst genommen werden.

Der Therapeut erkundigte sich bei Mario, wie die letzte Woche verlaufen ist und wie es ihm derzeit geht. Mario berichtet über den positiven Verlauf der Woche. Die Injektionen mit Actovegin und Traumeel S und die Ratschläge, die er vom Sportarzt bekommen hat, um die ischiokrurale Muskulatur in einer gedehnten Position zu halten, haben bewirkt, dass er nun ohne Schmerzen gehen kann.

Der Gebrauch von Actovegin ist sehr umstritten; nach allen geltenden Kriterien gehört es auf die Dopingliste.

In Deutschland ist es frei erhältlich, in Frankreich beispielsweise ist es verboten, in den Niederlanden gilt es als Medikament, das nur von einem Spezialisten verschrieben werden darf.

Es wird vor allem zur Behandlung des neuropathischen Fußes eingesetzt; im Zusammenhang mit der Behandlung von Muskelverletzungen wurde keine Evidenz gefunden.

Die dehnende Positionierung des Muskels, wie sie der Sportarzt empfohlen hatte, bewirkte vor allem in der akuten Phase die Bildung eines Substrats, wodurch die Funktionsfähigkeit des Muskels bei größeren Bewegungen erhalten wurde (van Wingerden 1997).

In dieser Hinsicht besteht ein großer Unterschied zwischen dieser und früheren Muskelverletzungen. Bei den früheren Verletzungen hatte Mario nach einer Woche immer noch Schmerzen und Probleme beim Gehen. Derzeit treten keine Schmerzen auf, solange Mario seine Aktivitäten gemächlich ausführt. Mario bemerkt, dass Schmerzen immer dann auftreten, wenn er sein Schritttempo erhöht, plötzliche Bewegungen ausführt oder mehr Kraft einsetzt, z. B. wenn er beim Treppensteigen 2 Stufen auf einmal nimmt. Der Bluterguss auf der Hinterseite des Oberschenkels ist bereits zurückgegangen und die Steifheit des Beins ist verschwunden. Die alltäglichen Aktivitäten stellen kein Problem mehr dar, solange er sie gemächlich ausführt. Glücklicherweise wirkt sich die Muskelverletzung nicht negativ auf sein Studium und seine Unterrichtsteilnahme aus.

Mario berichtet, dass zwei seiner Verletzungen bei wichtigen Wettkämpfen aufgetreten sind, und zwar beide Male gegen Ende des Wettkampfs. Ursprünglich hatte man angenommen, es läge daran, dass Mario bei Wettkämpfen sehr nervös ist. Er hatte deshalb auch schon einen bekannten Sportpsychologen aufgesucht. Dieser hatte ihm verschiedene Strategien beigebracht, um sich optimal auf einen Wettkampf vorzubereiten. Dennoch trat wieder eine Muskelverletzung auf. Deshalb vermutet Mario, dass seine Verletzungen noch andere Ursachen haben könnten.

Der Sportphysiotherapeut Richard möchte 3 Dinge im Laufe der Rehabilitation näher beleuchten: erstens die kritische Untersuchung seines Trainingsstatus, zweitens die Aufklärung über die Muskelverletzung und drittens die Ursachenforschung im Hinblick auf die Verletzung.

Richard weiß, dass Mario Bewegungswissenschaften studiert, und vergewissert sich, dass es in Ordnung ist, wenn er eine „technische Darstellung“ gibt und bei der Erkärung offen und ehrlich ist. Mario stimmt begeistert zu, auf diese Weise kann er selbst auch noch etwas lernen. Richard berücksichtigt dabei auch Marios Trainingsstatus.

13.3 Problemanalyse nach der Anamnese

13.3.1 Analyse des Trainingsstatus

Analyse der Tests und Trainingsbedingungen

Ausdauer

Die aerobe Leistung ist im Schnellkraftsport wichtig, da sie die Grundlage für die Sportleistung, aber auch den Genesungsprozess darstellt. Deshalb ist es so wichtig, darauf auch beim Training eines Hürdenläufers zu achten, vor allem in der ersten Vorbereitungsperiode, und dafür zu sorgen, dass das Niveau gehalten wird.

Tab. 13.1 Ausdauerprofil

Leistungsart	Distanz	Zeit
aerobe Leistung	10 min TD	4 min 30 sec/1000 m
alaktische Kapazität	2 × 5 × 75 m	Rt 8,75 sec
laktische Kapazität	5 × 300 m	Rt 40 sec
laktische Leistung	1 × 300 m	T 35 sec

Rt = Richtzeit; T = Zeit; TD = Tempodauerlauf

Gerade beim Hürdenlauf gilt, dass eine individuelle anaerobe Schwelle von 4 min 30 sec/1000 m zu niedrig ist und auf einen Wert von 4 min/1000 m gebracht werden muss (14–14,5 km/h).

Der 110-m-Hürdenläufer lebt von einem CP-Pool. Um eine möglichst lange qualitative Belastung zu ermöglichen, muss dafür gesorgt werden, dass der CP-Pool möglichst lange belastet werden kann. Dafür sind die „Phosphat-Pool-Läufe“ eine geeignete Trainingsmethode.

Der CP-Pool ist ein anaerobes Energiesystem, das bei hoher Intensität aktiviert wird, z. B. bei schnellen Bewegungen. Es kann ungefähr 10–16 sec aktiv sein. Danach wird die anaerobe Glykolyse zum leistungsbestimmenden Energiesystem, was zur Folge hat, dass z. B. die Intensität abnimmt.

Die individuelle Bestimmung der Größe des CP-Pools und die Anpassung des Protokolls daran sind wichtig. Der Abstand muss von 75 m auf 95 m aufgebaut werden, wobei im Allgemeinen gilt: Richtzeit < 11 sec.

Bei Mario spielt die laktische Leistung auf den letzten Metern eine Rolle. Man muss sich verdeutlichen, dass in diesem Rahmen das Leerlaufen des alaktischen Systems die Ursache für die Rekrutierung der alaktischen Reserven bedeutet. Die Basis ist mit anderen Worten der CP-Pool und nicht, wie etwa bei einem 800-m-Läufer, die laktische Kapazität. Deren Training ist somit bei Mario nicht indiziert, bedarf zumindest keines Schwerpunktes (s. Kap. 4).

Allgemeine Kraft

Tab. 13.2 Kraftprofil

Hauptübungen		Nebenübungen 10RM	
Snatch	60 kg	Good-Morning-Übung	40 kg
Clean	70 kg	Banana	10 kg
Squat ($^1/_2$)	130 kg	Calf Raises	200 kg
Squat exercise 5 sec	140 kg	Bankdrücken	30 kg
Step-ups	70 kg 3×	Biceps Curls	15 kg
Lunges	60 kg 3×		
Bankdrücken	90 kg		

Bei der Analyse von Marios Daten wird gleich deutlich, dass sie insgesamt als schwach zu bezeichnen sind. Rein trainingstechnisch wird sich das besonders auf die Schnelligkeit negativ auswirken. Aus einem eher medizinischen Blickwinkel setzt das relativ niedrige Niveau klare Grenzen für Marios Belastbarkeit. Hier gilt es schnell gegenzuarbeiten, um weitere Fortschritte verbuchen zu können und dabei gesund zu bleiben.

Am stärksten springen die Squats als Königsdisziplin des Krafttrainings ins Auge. In diesem Fall sieht es damit schlecht aus. In erster Linie geht es um halb tiefe Squats, wobei Mario Leistung in tiefen Squats anstreben



Abb. 13.2 Übung 1 Clean, Ausgangs- und Endstellung.



Abb. 13.3 Übung 2 Snatch, Ausgangs- und Endstellung.

sollte. Zweitens ist das Niveau des 1RM (Wiederholungsmaximum) viel zu niedrig. Wenn eine Belastbarkeit bei Schnellkraftsportarten erreicht werden soll, sollte man für die Beine von dem aus den ehemaligen Ostblockstaaten stammenden Richtwert 1RM à 2-faches Körpergewicht ausgehen. Bei Marios Körpergewicht von 75 kg bedeutet das, dass ein 1RM von 150 kg erzielt werden sollte.

Das 1Wiederholungsmaximum ist das Gewicht, das ein Sportler einmal exzentrisch abbremsen und konzentrisch beschleunigen kann (Weineck 2007).

Betrachtet man die exzentrische Ausführung der Squats, fällt auf, dass Marios Wert lediglich 7,5 % über dem der konzentrischen Form liegt. Diese Differenz bezeichnet man als Kraftdefizit. Sie ist zu niedrig und disponiert per se für die Entstehung von Verletzungen.

Um insgesamt ein höheres Niveau zu erreichen, sollten vor allem tiefe Squats durchgeführt werden. Davon ausgehend muss dann das 1RM auf etwa 150 kg gebracht werden. Das Kraftdefizit muss auch für die tiefen Squats bestimmt werden. Bleibt das Defizit immer noch so klein, sollte in der ersten Vorbereitungsperiode nächstes Jahr eine Phase mit supramaximalem Krafttraining im Mittelpunkt stehen. Verändert sich das 1RM durch die tiefen Squats, sollte sich das auf dem Niveau von 1RM auch in anderen Übungsformen für die Beine widerspiegeln, wie z. B. bei den Step-ups und beim Clean und Snatch. Beim Letztgenannten ist das Ziel, Schnellkraft in die gesamten Streckketten zu bringen.

Betrachtet man die Nebenübungen, sind die Übungsformen gut gewählt, doch muss auch hier das RM erhöht werden. Zudem wird ein Aufbau sportspezifischer Muskelkontraktionsformen notwendig sein. So sollte z. B. Banana auch rotatorisch ausgeführt werden sowie bei den Good-Morning-Übungen und den Calf Raises die einbeinige Variante ergänzt werden.

Ein weiterer ins Auge springender Punkt ist, dass das Programm vor allem auf die Erhöhung von 1RM abzielt (Rekrutierung in kg), was für eine veraltete Sicht spricht.

Unter den Sprintern herrscht allgemeine Einigkeit darüber, dass weniger die Rekrutierung in Kilogramm für das Leistungsvermögen ausschlaggebend ist, sondern vielmehr die Rekrutierung über die Zeit.

Die Art und Weise, wie dies im Krafttraining umzusetzen ist, bleibt noch Gegenstand der Diskussionen, doch erscheint das Transfersystem die geeignete Methode zu sein, die unbedingt in das Trainingsprogramm aufgenommen werden sollten (s. Kap. 4.3.5).

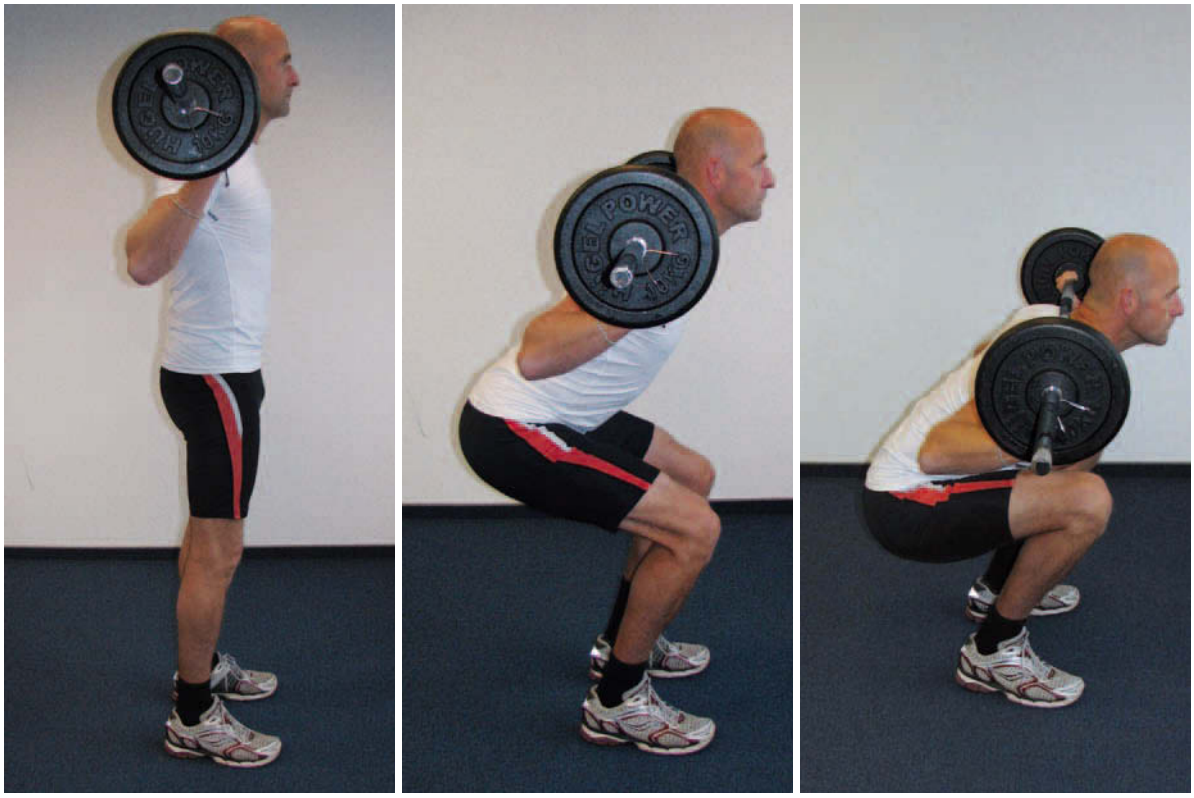


Abb. 13.4 Die Königsdisziplin des Trainings; Squats Ausgangsstellung, halb tiefe Squats und tiefe Squats.

Vielseitig zielgerichtete Kraft

Tab. 13.3 Kraftprofil

Übung	Leistung
Prestretch	8 cm
Drop Jump (DJ)	55 cm
Counter Movement Jump (CMJ)	58 cm
Squat Jump (SJ)	50 cm
Stand weit	3 m

Bei der Analyse der Werte wird auch hier bald klar, dass die Gesamtbilanz mäßig ist (s. Kap. 4). Ein Schnellkraftsportler lebt von seinen Möglichkeiten mit dem Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (DVZ), mit anderen Worten von dem Maß, mit dem er Prestretch/Plyometrie anwenden kann. Auf diesem Gebiet nimmt man das Verhältnis zwischen Counter Movement Jump (CMJ) und Squat Jump (SJ) als Maßstab (s. Kap. 4). Als Norm gilt für einen Schnellkraftsportler ein Wert von > 15 cm (ca. 25 %). Diese Norm wird von Mario bei Weitem nicht erreicht. Es handelt sich also um ein Defizit in der Rekrutierung über die Zeit, was für sich wieder ein Verletzungsrisiko bedeutet. Damit hier Bewegung hineinkommt, muss zumindest in der zweiten Vorbereitungsperiode nächstes Jahr darauf der Schwerpunkt gelegt werden.

Auf diesem Gebiet gelten für Mario in seiner Leistungsklasse folgende Richtwerte, die angestrebt werden sollten:

Tab. 13.4 Richtwerte Kraftprofil

Übung	Leistung
Prestretch	15 cm
Drop Jump	55–65 cm
Counter Movement Jump	70–80 cm
Squat Jump	55–65 cm
Stand weit	3,30 m

In den Niederlanden wird Springen im Rahmen des Sprinttrainings mit Argusaugen betrachtet. Als Argumente werden die Unspezifität (z. B. extrem lange Kontaktzeiten) und das hohe Verletzungsrisiko angeführt. Dabei wird jedoch übersehen, dass Springen eine vielseitige und zielgerichtete Trainingsmethode ist und nicht spezifisch sein muss. Zudem wird gerade von einem technisch korrekt ausgeführten Trainingsprogramm mit Sprungformen ein präventiver Effekt ausgehen.

Spezifische Kraft

Tab. 13.5 Sprungprofil

Sprung	Distanz
3-Sprung	8,70 m
5-Sprung	15,10 m
10-Sprung	32,50 m

Für diese Daten gelten unvermindert die zu der vielseitig zielgerichteten Kraft gemachten Anmerkungen. Marios Werte sind mager. Schuld daran sind nach meiner Einsicht die Vorstellungen zum Springen im Sprinttraining.

Tab. 13.6 Schnelligkeit

Distanz	Zeit
30 m statischer Start (SS)	3,90 sec
30 m fliegender Start (FS)	2,80 sec
60 m Sprint	6,75 sec

Diese Werte passen gut zu Marios Leistungsniveau. Die Vorgabe, wonach der Unterschied zwischen 30 m SS und 30 m FS etwa 1 sec betragen sollte, wird gut erfüllt. Die 60-m-Zeit lässt sich gut mit den Zeiten über 30 m SS und 30 m VL in Einklang bringen.

13.3.2 Analyse der Verletzung

Anatomie, Physiologie und Pathophysiologie der Verletzung

Der Muskel-Sehnen-Übergang ist die erste Stelle, an der es zu einer Verbindung zwischen Muskelfasern und den Kollagenfasern aus der Sehne kommt. Die Abbildung zeigt deutlich den typischen Aufbau der Muskelfaserenden. Die fingerförmigen Ausstülpungen sorgen für eine enorme Oberflächenvergrößerung und schaffen somit eine große Kontaktfläche zwischen den Muskel- und den Kollagenfasern. Die Kombination aus Adhäsivkräften und stabilisierenden retikulären Bindegewebsfasern sorgt dafür, dass die Verbindung in alle Richtungen stabilisiert wird. Alles zusammen führt dann zu einer sehr starken Verbindung.

Die Kapillardichte ist im myotendinösen Übergang besonders hoch, was kennzeichnend für eine gute Durchblutung ist. Doch erklärt die Durchblutung allein nicht die hohe Regenerationsfähigkeit des myotendinösen Übergangs. Dort befinden sich zwischen der Plasmamembran und der Basalmembran Satellitenzellen, die für sämtliche Heilungs-, Regenerations- und Anpassungsprozesse verantwortlich sind (zuerst beschrieben von Mauro, 1961).

Auf die Rolle der Satellitenzellen im Wundheilungsprozess wird später noch eingegangen. Hier genügt es zunächst, dass der Grad der Konzentration an Satellitenzellen im myotendinösen Übergang der wichtigste Faktor zur Erklärung ihrer hohen regenerativen Fähigkeiten ist.

Unser Körper sorgt dafür, dass bei einer endogenen Muskelverletzung die „Wahl" primär auf einen myotendinösen Übergang fällt.

Es hat sich gezeigt, dass es sich dabei um eine gute Wahl handelt, da hier das Regenerationsvermögen optimal ist. Dabei bleibt noch die Frage offen, wie der Körper diese „Wahl" umsetzt. Die Antwort auf diese Frage ist recht einfach: indem bewusst eine „Sollbruchstelle" in den myotendinösen Übergang eingebaut ist (man denke etwa an die Fenster in Bussen, auf denen sich oft ein Hinweis befindet, wo genau im Falle eines Unfalls mit dem Rettungshammer die Scheibe einzuschlagen ist.) Das nächste Bild kann das vielleicht verdeutlichen (**Abb. 13.5** und **Abb. 13.6**).

Im myotendinösen Übergang wird eine Sollbruchstelle erzeugt, indem die Sarkomere in diesem Gebiet immer kleiner werden. Einerseits entsteht dadurch eine Art Dämpfungsmöglichkeit, andererseits sind kleine Sarkomere auch relativ schwache Sarkomere.

In dem Moment, in dem der Muskel-Sehnen-Übergang schwer/schnell exzentrisch belastet wird, erreichen diese Sarkomere als erste die Belastbarkeitsgrenze (was sowohl bei exzentrischen als auch bei konzentrischen Muskelkontraktionen geschehen kann) und werden je nach Krafteinwirkung allein (Muskelkater) oder zusammen mit den mit ihnen verbundenen Strukturen (z. B. den Costameren in der Zellmembran und der Zellmembran selbst) rupturieren (Muskelruptur). Bei einer Muskelruptur handelt es sich sowohl um eine Verletzung der aktiven Komponente (kontraktile Elemente) als auch der passiven Komponente (Muskelmembran und Muskelbindegewebe).

Durch den oben beschriebenen Mechanismus wird bei einem endogenen muskulären Trauma das Kräftespiel auf den myotendinösen Übergang gelenkt.

Die Gewebeschädigung löst eine ganze Reihe von vaskulären und zellulären Prozessen aus, die zusammen als Entzündungsprozess bezeichnet werden. Die Entzündung bildet die Grundlage der Heilung.

Mario bekräftigt, dass er diese physiologische Darstellung äußerst interessant findet und nun auch begreift, warum Verletzungen gerade am Übergang zwischen Muskel und Sehne entstehen. Das Wissen darum, dass sich hier die Satellitenzellen befinden, die für eine vollständige Genesung des Muskels sorgen, erfüllt ihn mit freudiger Erwartung und Zuversicht, seinen Sport bald wieder optimal ausüben zu können. Als Letztes möchte er von Richard wissen, warum die Muskelverletzungen oft bei Wettkämpfen und vor allem gegen Ende eines Wettkampfes auftreten.

Analyse des Verletzungsmechanismus

Marios Muskelverletzung ist im linken Bein (Schwungbein) entstanden, direkt nach Passage der siebten Hürde.

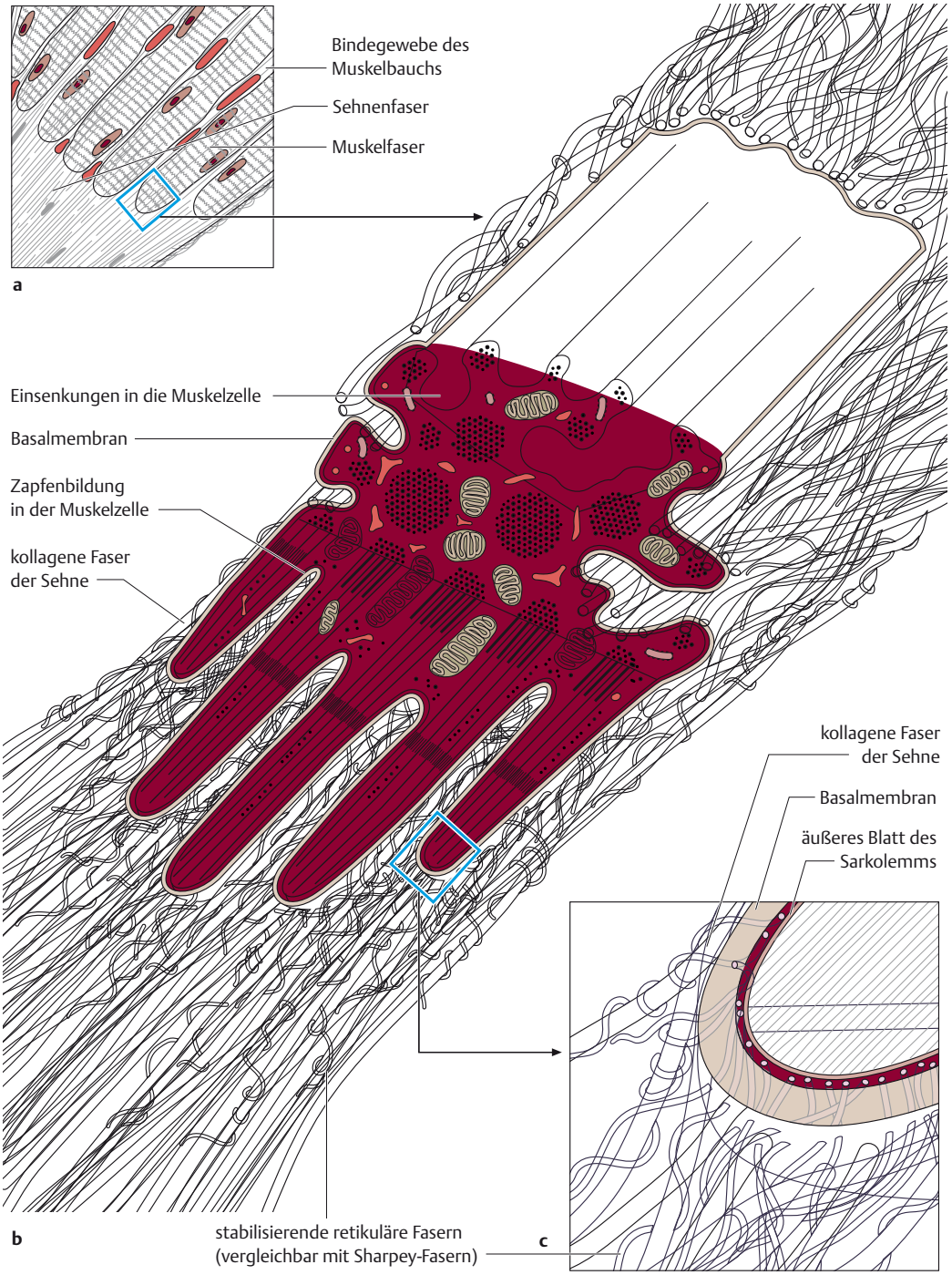


Abb. 13.5 Aufbau eines Muskel-Sehnen-Übergangs.
a Teil des Muskel-Sehnen-Übergangs.
b Detailaufnahme einer Muskelfaser.
c Detail eines Zapfens einer Muskelfaser.

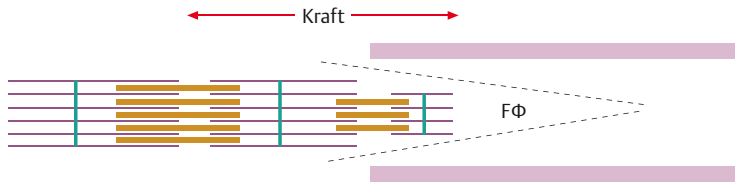


Abb. 13.6 Unterschiedliche Länge der Sarkomere im Bereich eines Muskel-Sehnen-Übergangs.

Bei der Analyse des Verletzungsmechanismus sind neben der Analyse des Trainingstatus, der Physiologie und Pathophysiologie des myotendinösen Übergangs folgende Faktoren wichtig:

- die Technik der Hürdenpassage (besonders des Schwungbeins) und die Rolle der Hamstrings in diesem Zusammenhang
- die veränderte Technik bei der Hürdenpassage als Folge neuromuskulärer Ermüdungserscheinungen

Technik der Hürdenpassage und die Rolle der Hamstrings

Die Hürdenpassage wird in 4 Phasen unterteilt:

1. Anlauf
2. Absprung
3. Flugphase
4. Landung

Um den Verletzungsmechanismus zu verstehen, ist es sinnvoll, sich besonders die Technik des Schwungbeines noch genauer anzusehen, wobei bei Mario die Aktivität der Hamstrings im Mittelpunkt steht.

Beim Anlauf wird das Schwungbein mit einer kurzen Pendelbewegung nach vorn geführt. Beim Absprung bleibt dieses „spitze Knie“ erhalten. Erst in der Flugphase schwingt das Schwungbein aus. In dieser Phase kommt es zu einer exzentrischen Aktivität der Hamstrings, die durch das Nach-vorn-Drücken des Rumpfes verstärkt wird. Der Begriff Flugphase mag vielleicht etwas Passives implizieren, ist jedoch durch aktive Mechanismen ge-

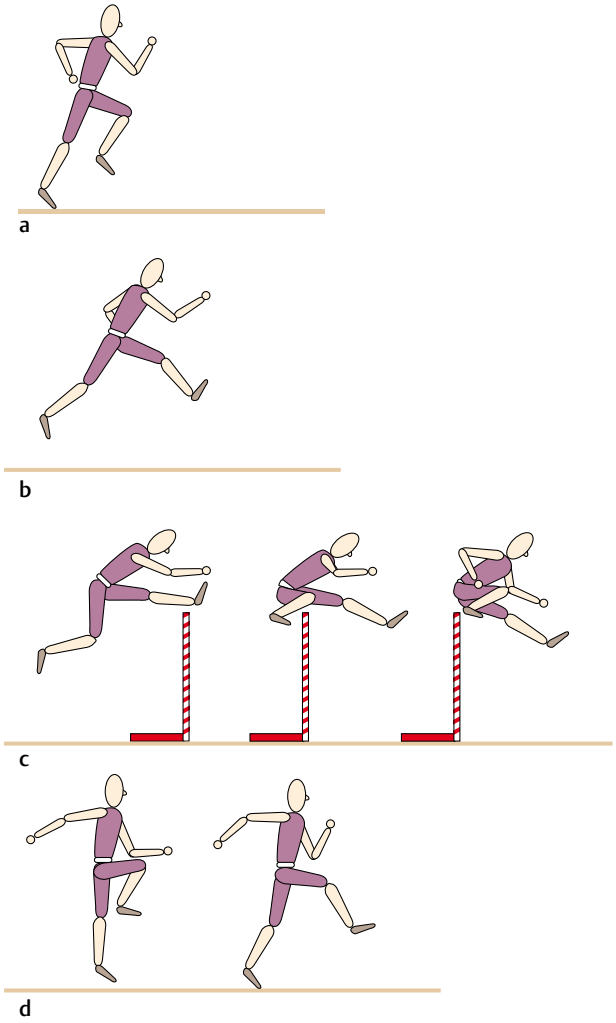


Abb. 13.7 4 Phasen der Hürdenpassage.
a Anlauf.
b Absprung.
c Flugphase.
d Landung.

kennzeichnet. Von dem Moment an, in dem der Fuß des Schwungbeins über der Hürde ist, bewegt sich das Bein gestreckt auf Grundlage einer konzentrischen Aktivität der Glutaealmuskulatur und der Hamstrings in eine neue Richtung.

Die Landung beginnt mit einem gestreckten Bein und die Landung an sich erfolgt auf dem Fußballen. Die Amortisation erfolgt in der Wadenmuskulatur. Die Take-off-Phase nach der Hürdenpassage geschieht durch eine plyometrische Kontraktion der Wadenmuskulatur und durch eine konzentrische Kontraktion der Triebkette (Hüftstrecker).

Veränderte Technik bei der Hürdenpassage als Folge neuromuskulärer Ermüdungserscheinungen

Schnelligkeit lässt sich definieren als Produkt aus Frequenz und Schrittlänge. Eine neuromuskuläre Ermüdung zeigt sich vor allem in einer Abnahme der Frequenz. Um die Schnelligkeit aufrechtzuerhalten, kommt es als Reaktion darauf zu einer Vergrößerung der Schrittlänge. Dies ist jedoch nicht lange möglich und schließlich führen die Abnahme der Frequenz und der Schrittlänge zu einem Verlust der Schnelligkeit.

Bei einer flachen Sprintstrecke kann eine Frequenzabnahme über eine Vergrößerung der Schrittlänge wirksam kompensiert werden, um die (maximale) Schnelligkeit noch eine Weile beizubehalten. Beim 110-m-Hürdenlauf ist die Schrittlänge vorgegeben und die Regulation der Schnelligkeit über die Frequenz erfolgt. Wenn es bei einem 110-m-Hürdenläufer zur neuromuskulären Ermüdung kommt, führt dies zu einer Abnahme der Bewegungsfrequenz. Die Kompensation könnte über eine Verlängerung der Schrittweite erfolgen, doch da diese festgelegt ist, entsteht ein Problem. Der Sportler kommt „nicht mehr richtig vor der Hürde aus“, steht zu nahe davor und hat keinen Platz mehr, um das Schwungbein auszupendeln. Daraus folgt, dass der sprintartige Hürdenschritt, der vor allem nach vorn gerichtet war, sich zu einem „sprungartigen“ Hürdenschritt verwandelt, der besonders nach oben gerichtet ist. Der sprungartige Hürdenschritt hat auch Folgen für die Landung. Die Amortisierung in der Wadenmuskulatur bleibt aus und findet jetzt in der Oberschenkelmuskulatur statt.

Eine Objektivierung dieses Unterschieds erfolgt in der Praxis, indem über die Bestimmung der Touchdown-Zeiten die Dauer der verschiedenen Hürdenpassagen bestimmt wird. Geht der Hürdenschritt in einen Hürdensprung über, steigen die Touchdown-Zeiten an.

Aus der Bindegewebsphysiologie weiß man, dass eine Muskelruptur vor allem durch eine schwere exzentrische Kontraktion verursacht wird.

Bei der Sprintbewegung sind vor allem die späte Schwungphase nach vorn (Stress besonders für die medialen Hamstrings) und die Take-off-Phase (Abstoßphase) (Stress besonders für die lateralen Hamstrings) verletzungsanfällige Augenblicke.

Der Hürdenschritt lässt sich mit einem extrem ausgeführten Sprintschritt vergleichen. Die Phase vor der Hürde (Anlauf bis mittlere Flugphase) ähnelt der späten Schwungphase nach vorn, die mit gestrecktem Bein durchgeführt wird, wodurch das exzentrische Moment auf der Hamstring-Gruppe noch größer wird. Die erste Phase nach der Landung ist vergleichbar mit der Take-off-Phase, vor allem wenn der Hürdenschritt eher sprungartig ausgeführt wird (neuromuskuläre Ermüdung) und die Streckkette stärker rekrutiert wird. Bei Mario tritt die Verletzung direkt nach Passage der siebten Hürde ein (nach etwa 70 m). Der Abstand von 60–70 m ist bei den Sprintdisziplinen für viele Hamstring-Verletzungen berüchtigt. Dafür verantwortlich ist eine neuromuskuläre Ermüdung mit folgender Verlangsamung. In einem Testverfahren sind beim Speed-Diagramm keine Touchdown-Zeiten angegeben, doch fällt im Speed-Diagramm für den 110-m-Hürdenlauf auf, dass Mario etwa bei der siebten Hürde deutlich langsamer wird. Wahrscheinlich wird an dieser Stelle bei der Hürdenpassage aus der Laufbewegung ein Sprung. Das plyometrische Moment bei der Landung nimmt zu und die Amortisierung verschiebt sich von der Wadenmuskulatur hin zur Oberschenkelmuskulatur. Die Amortisationsphase wird durch konzentrische Rekrutierung der Streckketten beendet. Bei dieser Aktion kommt es zu einer starken isometrischen, exzentrischen Belastung à Verletzungsmoment.

Das Speed-Diagramm basiert auf den handgemessenen Trainingszeiten der letzten 2 Monate vor der Verlet-

Tab. 13.7 Test 110 m Hürden, 14,2 sec HT (Datum 22.4.2008)

	Abstand	Zwischenzeit	Intervallzeit	Mittlere Schnelligkeit
Hürde 1	13,7 m	2,5 sec	2,5 sec	5,5 m/sec
Hürde 2	22,9 m	3,5 sec	1,0 sec	9,1 m/sec
Hürde 3	32,0 m	4,6 sec	1,1 sec	8,3 m/sec
Hürde 4	41,1 m	5,7 sec	1,1 sec	8,3 m/sec
Hürde 5	50,3 m	6,8 sec	1,1 sec	8,3 m/sec
Hürde 6	59,4 m	7,9 sec	1,1 sec	8,3 m/sec
Hürde 7	68,6 m	9,0 sec	1,1 sec	8,3 m/sec
Hürde 8	77,7 m	10,2 sec	1,2 sec	7,6 m/sec
Hürde 9	86,6 m	11,4 sec	1,2 sec	7,6 m/sec
Hürde 10	96,0 m	12,6 sec	1,2 sec	7,6 m/sec
Auslauf	110 m	14,2 sec	1,6 sec	8,8 m/sec

(HT = handgestoppte Zeit)

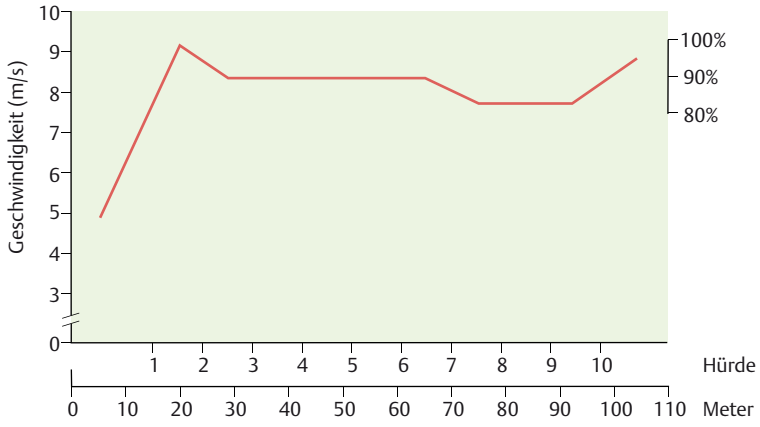


Abb. 13.8 Speed-Diagramm.

zung. Es zeigt die typische Entwicklung der Geschwindigkeit über die 110-m-Hürden-Distanz.

Interessant für den Verletzungsmechanismus ist die abrupte Abnahme der Schnelligkeit nach etwa 65 m und die hiermit verbundene Veränderung der Hürdenlauftechnik.

Es ist üblich, dass nach der letzten Hürde die Schnelligkeit wieder zunimmt (Finishing Speed). Die Zunahme in Marios Diagramm ist jedoch extrem und beruht eventuell auf einem etwas zurückhaltenden Lauf über die Hürden.

Mario versteht nach den Erklärungen des Sportphysiotherapeuten besser, was eine Muskelverletzung genau ist und welche möglichen Ursachen es gibt. Auf Grundlage der Analyse seines Tests und seines Trainingsstatus ist er sich darüber klar geworden, dass noch viel Arbeit vor ihm liegt, wenn er die Muskelverletzung wieder unter Kontrolle bekommen, Verletzungen in der Zukunft vermeiden und seine sportliche Leistung auf ein höheres Niveau heben will. Der Therapeut möchte nach einer (sport-)physiotherapeutischen Untersuchung gemeinsam mit Mario kurz-, mittel- und langfristige Ziele und einen darauf basierenden Behandlungsplan aufstellen.

13.4 Körperliche Untersuchung

Das Ziel dieser Untersuchung besteht darin, Marios gesundheitliche Probleme ganz genau zu analysieren. Offensichtlich ist, dass es sich um eine Muskelruptur in der ischiokruralen Muskulatur handelt, und zwar im M. biceps femoris. Bei einer Verletzung des M. biceps femoris fällt die Prognose im Allgemeinen schlechter aus als bei einer Semitendinosus-/Semimembranosus-Verletzung (Connell 2004). Die Untersuchung soll Klarheit darüber bringen, ob es möglicherweise noch andere körperliche Faktoren gibt, die beim Entstehen der Verletzung eine Rolle gespielt haben könnten.

13.4.1 Inspektion

Bei der Inspektion fällt auf, dass Mario ein athletischer Typ ist. Seine Statik weist eine dynamische Wirbelsäule mit einer leicht äquilibrierten S-Skoliose lumbal links konvex und thorakal rechts konvex auf. Sein Becken liegt links etwas tiefer als rechts. Dies stimmt überein mit SIPS, links liegt etwas tiefer als rechts (anteriore Kippung). Das RCT von Cibulka (1986) stellt fest: Alle Sportler mit einer Verletzung der ischiokruralen Muskulatur hatten eine SI-Dysfunktion (anteriore Kippung auf der homolateralen Seite). Die obere Extremität weist keine Besonderheiten auf, das Bein lateral eine Hautverfärbung auf Höhe der ischiokruralen Muskulatur.

13.4.2 Funktionsuntersuchung

Funktionsuntersuchung von Sprunggelenk, Knie, Hüfte, Becken und Lendenwirbelsäule

Die Funktionsuntersuchung von Sprunggelenk, Knie und Hüfte fällt negativ aus: Alle Bewegungen lassen sich schmerzfrei ausführen und die Beweglichkeit der entsprechenden Gelenke weist keine Auffälligkeiten auf. Die Untersuchung des Beckens ergibt, dass tatsächlich eine anteriore Beckenkippung auf der linken Seite vorliegt.

Clinical Reasoning: Sowohl die Fachliteratur von Cibulka als auch meine eigene klinische Erfahrung zeigen, dass es sich bei Sportlern mit einer Muskelruptur in der ischiokruralen Muskulatur häufig um eine SI-Blockade handelt.

Um dies zu ermitteln, wird das ISG-Gelenk untersucht. Das linke Bein ist 0,4 cm kürzer als das rechte. Viele Menschen haben unterschiedlich lange Beine. Ein Unterschied von 0,4 cm ist ohne Bedeutung (Giles 1981), daher beschließt der Therapeut, hier nichts zu unternehmen.

Vom Sportarzt weiß er, dass Mario vor einem halben Jahr Kreuzschmerzen hatte. Die Ursache war unbekannt. Sein Hausarzt hatte ihm für eine Woche Paracetamol verschrieben und ihm geraten, aktiv zu bleiben, ohne die Kreuzschmerzen zu provozieren. Nach 4–6 Wochen verschwanden die Schmerzen. Die physiotherapeutische Untersuchung der Lendenwirbelsäule ergibt ein verändertes motorisches Bewegungsmuster bei Flexion der Wirbelsäule: Die Wirbelsäule verschiebt sich nach links bei 30–50° Flexion – möglicherweise ein Hinweis auf eine Instabilität der Wirbelsäule. Der Therapeut fragt Mario, ob er in letzter Zeit Rückenprobleme gehabt habe. Mario sagt, dass er nur nach langem Sitzen, z. B. beim Fernsehen, beim Aufstehen „seinen Rücken fühlt". Nach ein paar Minuten Bewegung würden die Steifheit und die leichten Rückenschmerzen aber verschwinden weggehen.

Die Erfahrung hat gelehrt, dass die optimale Stabilität und Beweglichkeit der Wirbelsäule die Grundlage für Bewegungen der oberen und unteren Extremitäten bilden. Meiner Meinung nach liegt bei Mario eine Kontrollstörung vor, die von der Instabilität der Lendenwirbelsäule herrührt, wobei es sich vor allem um ein Flexionsmuster handelt (O'Sullivan 2005).

13.4.3 Flexibilitätstest

Die Flexibilität der ischiokruralen Muskulatur wird getestet, indem die Muskeln gedehnt werden. Bei einer Verletzung der ischiokruralen Muskulatur ist die Flexibilität des betroffenen Beins signifikant geringer als die des gesunden Beins. Mögliche Ursachen sind die Bildung von Narbengewebe und Schmerzen (Askling 2006). Bei den Tests, die Richard bei Mario durchführt, handelt es sich um den passiven und den aktiven Straight Leg Raise Test. Aufgrund der Rückenschmerzen, die bei Mario konstatiert wurden, wurde auf den Sit and Reach Test verzichtet. Alle Tests zeigten eine verminderte Flexibilität der ischiokruralen Muskeln auf der betroffenen Seite.

13.4.4 Krafttests

Erwartungsgemäß verspürt Mario Schmerzen beim isometrischen Krafttest der ischiokruralen Muskulatur.

Sowohl bei Widerstand gegen Knieflexion als auch bei Widerstand gegen Hüftextension wurden die Schmerzen reproduziert und war die Kraft im Vergleich zum anderen Bein geringer. Beide Aspekte sind signifikant für eine Ruptur der ischiokruralen Muskulatur (Askling 2006).

Alle anderen Krafttests fallen negativ aus. Der Therapeut beschließt, die sportspezifischen Krafttests (Squat Jumps, Drop Jumps, Counter Movement Jumps etc.) erst im Verlauf der Rehabilitation durchzuführen, wenn die ischiokrurale Muskulatur wieder belastbar ist.

13.4.5 Spezifische Tests

Auf die spezifischen Tests zur Ermittlung der segmentalen Instabilität der Lendenwirbelsäule wurde verzichtet, weil wissenschaftliche Untersuchungen gezeigt haben, dass eine Diagnostik im Sinne eines Tests der lokalen spinalen segmentalen Kontrolle leider nicht möglich ist (Kavic 2004, McGill 2003). Unser Gehirn denkt nicht in Muskeln, sondern in Bewegungen, was zur Folge hat, dass es keine Möglichkeit gibt, einen Muskel lokal zu testen oder zu aktivieren (Georgopoulos 2000).

13.4.6 Neurologische Untersuchung

Aufgrund der Anamnese und der Funktionsuntersuchung ist eine neurologische Untersuchung bei Mario nicht indiziert.

13.4.7 Palpation

Die Palpation zeigt, dass der Tonus der ischiokruralen Muskulatur links höher ist als rechts, vor allem im M. biceps femoris. Außerdem befindet sich auf dem distalen myotendinösen Übergang des M. biceps femoris eine kleine Delle von ungefähr 3–4 cm, die den Verdacht auf Muskelfaserriss bestätigt (Askling 2007). Das ist günstig, da sich einerseits dort die Satellitenzellen befinden, die für eine Regeneration des Muskelgewebes sorgen können, und andererseits nachgewiesen wurde, dass eine Muskelverletzung in der Nähe des Tuber ischiadicum eine längere Genesungsdauer hat (Muskel-Sehnen-Übergang und Sehne).

Bei der Palpation der Lendenwirbelsäule fällt auf, dass der M. erector trunci auf beiden Seiten einen hohen Tonus aufweist. Bei der AP Federung gibt Mario Schmerzen auf der Höhe von L4–5 an. Dies ist zudem möglicherweise ein Hinweis auf eine funktionelle Instabilität der Lendenwirbelsäule; die segmentale Muskulatur weist bei Dysfunktion eine Hypotonie auf, der die Hypertonie der globalen Muskulatur entgegensteht (O'Sullivan 2005).

13.4.8 Aktivitätsorientierter Funktionstest

Beim aktivitätsorientierten Funktionstest (s. Kap. 1.2, S. 23) stehen die Aktivitäten im Mittelpunkt, die eingeschränkt sind: bei Mario also schnelles Gehen und Treppensteigen mit 2 Stufen auf einmal. Die Transferübungen für diese Aktivitäten sind Walking Lunge (**Abb. 13.9**) für das schnelle Gehen und Step-up (**Abb. 13.10**) für das Treppensteigen. Angesichts des guten Verlaufs der Genesung beschließt der Therapeut, beide Übungen so bald wie möglich in das Rehabilitationsprogramm aufzunehmen.



Abb. 13.9 Transferübung fur Gehen: Walking Lunge.



Abb. 13.10 Transferübung für Treppensteigen: Step-up Ausgangs- und Endstellung.

13.5 Diagnose des Sportphysiotherapeuten

Erwartungen des Patienten

Marios Erwartungen sind klar definiert: Es soll eine verantwortungsbewusste und fundierte Rehabilitation stattfinden, bei der alle denkbaren Ursachen für die aktuelle Muskelverletzung und möglicherweise auch für frühere Verletzungen berücksichtigt werden. Nach Möglichkeit soll die Rehabilitation seine körperliche Leistungsfähigkeit sogar noch verbessern, sodass er unter optimalen Bedingungen die nächste Wettkampfsaison in Angriff nehmen kann.

ICF

Das Gesundheitsproblem von Mario lässt sich mit der International Classification of Function, Disability and Health (ICF) beschreiben und ist ausführlich beschrieben in Kapitel 1.2.

Störungen auf Funktionsebene: äquilibrierte S-Skoliose, anteriore Beckenkippung auf der linken Seite, Verfärbung der Haut seitlich der ischiokruralen Muskulatur und Schmerzen beim Widerstandstest der ischiokruralen Muskulatur, Flexionsmuster der Wirbelsäule und erhöhter Tonus des M. biceps femoris und des M. erector trunci in der Lendenwirbelsäule.

Eingeschränkte Aktivitäten: schnelles Gehen, plötzliche Bewegungen, Treppensteigen mit 2 Stufen auf einmal.

Partizipationsprobleme: ADL sind eingeschränkt und Sport ist zurzeit noch nicht wieder möglich.

Persönliche Faktoren: Mario ist eine sportliche und sehr motivierte Persönlichkeit, die für Ratschläge und eine verantwortungsbewusste und fundierte Rehabilitation offen ist. Er hat durch die Hilfe des Sportpsychologen gelernt, mit sportspezifischen Stresssituationen umzugehen.

Externe Faktoren: Die Anamnese und die physiotherapeutische Untersuchung haben keine externen Faktoren zutage gefördert, die bei Marios Muskelverletzung eine Rolle gespielt haben könnten.

Prognose

Auf Grundlage der sportphysiotherapeutischen Untersuchung geht der Sportphysiotherapeut Richard davon aus, dass Mario in 10–12 Wochen seinen Sport wieder ausüben können wird. Da es sich um ein endogenes Trauma handelt und sich die Muskelruptur im myotendinösen Übergang befindet, sind optimale Bedingungen für eine schnelle Genesung gegeben. Lediglich 2 Aspekte sprechen gegen eine schnelle Genesung: Zum einen die Tatsache, dass es sich um eine Muskelruptur zweiten Grades (nach der Einteilung von Graig) handelt, was bedeutet, dass eine partielle Ruptur des M. biceps femoris vorliegt, die mit einer längeren Genesungsdauer assoziiert wird. Zum anderen herrscht in der Fachliteratur die Meinung vor, dass eine Ruptur im M. biceps femoris eine schlechtere Genesungstendenz hat, als eine Ruptur im M. semitendinosus (Connell 2004).

Es ist bekannt, dass ein direkter Zusammenhang besteht zwischen Beschwerden im ISG und in der Lendenwirbelsäule und einer Muskelruptur in der ischiokruralen Muskulatur (Connell 2004). Das bedeutet, dass die ursprüngliche Verletzung, die Muskelruptur, nicht losgelöst von der SI-/Lendenwirbelsäulenproblematik betrachtet werden darf (Sherry und Best 2004). Beide Aspekte müssen in der Rehabilitation berücksichtigt werden, auch wenn dies die Dauer der Rehabilitation erhöht.

Um erneute Verletzungen zu vermeiden und Marios Leistungsfähigkeit zu erhöhen, muss das Trainingsprogramm verbessert werden. Auch dieser Aspekt wird schon während der Rehabilitation berücksichtigt.

Die Annahme, dass die Rehabilitation nicht allzu lange dauern wird, basiert vor allem auf Mario selbst. Er ist ein neugieriger, motivierter Sportler, der sich darüber im Klaren ist, dass die Genesung ihre Zeit braucht, und der sich diese Zeit auch nehmen will. In seinem Fall besteht das langfristige Ziel darin, die Leistungsfähigkeit in der nächsten Wettkampfsaison zu verbessern und erneute Verletzungen zu vermeiden.

Die kurz- und mittelfristigen Ziele hat Richard auf Grundlage der Prognose zusammen mit Mario festgelegt (s. Kap. 4):

Kurzfristiges Ziel (0–3 Wochen)

Verringerung der Funktionsstörungen und Normalisierung des Bewegungsverhaltens in ADL-Situationen.

Der Therapeut realisiert dies auf folgende Weise:

- Schmerzreduzierung
- Detonisierung der ischiokruralen Muskulatur und des M. erector trunci
- Training der Beweglichkeit der ischiokruralen Muskulatur und der Wadenmuskulatur
- SI-Mobilisation links
- Beginn mit segmentaler Stabilisation der Lendenwirbelsäule
- Koordinationstraining Bein
- Krafttraining Bein
- Krafttraining Arm

Mittelfristiges Ziel (4–8 Wochen)

Aufnahme eines allgemeinen und vielseitig zielgerichteten Übungsprogramms zur Vorbereitung auf sportspezifische Aktivitäten. Im Mittelpunkt stehen dabei Bein, Wirbelsäule und Arm. Die motorischen Grundeigenschaften,

die hierbei berücksichtigt werden sollen, sind Koordination, Kraft, Schnelligkeit und Ausdauer.

Langfristiges Ziel (9–12 Wochen)

Zusammenstellung eines sportspezifischen Rehabilitationsprogramms mit den Zielen Sportausübung und Vermeidung erneuter Verletzung. Die tatsächliche Verbesserung der Leistungsfähigkeit benötigt mehr Zeit. Dazu muss das Trainingsprogramm des nächsten Jahres angepasst und auf eine optimale Ausführung geachtet werden. Die motorischen Grundeigenschaften, die hierbei berücksichtigt werden sollen, sind Koordination, Kraft, Schnelligkeit und Ausdauer.

13.5.1 Physiotherapeutische Interventionsplanung

Mobilitätstraining der Hamstrings

Die Hamstrings werden in erster Linie nach der unter der sportmotorischen Grundeigenschaft Mobilität beschriebenen Methodik trainiert.

Aufbau:

- Good-Morning-Übung mit (variierter) Knieflexion
- Good-Morning-Übung mit gestreckten Knien
- Good-Morning-Übung auf einem Bein

Sobald eine Übung im vollen Bewegungsbereich technisch koordiniert möglich ist, erfolgt der nächste Schritt im Training der motorischen Grundeigenschaften und des Krafttrainings.

Aufgrund seines großen exzentrischen Moments ist die Good-Morning-Übung gut geeignet, um die Mobilität und Bindegewebsbelastbarkeit der Hamstrings aufzubauen, weshalb sie auch eine große Rolle in der ersten Phase des Rehabilitationsprozesses spielt.

Der große Nachteil der Good-Morning-Übung besteht jedoch darin, dass die Hamstrings nicht in der Funktion trainiert werden. Die Analyse der Hürdenlauftechnik und des Verletzungsmechanismus zeigt, dass das Problem in den Triebketten sitzt, in denen die Hamstrings eine Funktion als primäre Hüftstrecker haben.

Um die Hamstrings in dieser Funktion zu trainieren, kann man einen Pulley oder einen Schnelltrainer einsetzen.

Für die methodische Durchführung der Rehabilitation wird vor allem vom Rehabilitationskreis Mobilität Gebrauch gemacht (s. Kap. 4.3). Im Verlauf der Rehabilitation kommen alle Rehabilitationsmethoden an die Reihe. Das Endziel ist das spezifische Training: das Training des Hürdenlaufens.

Koordinationstrainig

Während der ersten beiden Wochen der Proliferationsphase steht das Trainieren der langsamen Propriozeptoren im Mittelpunkt. Das kann durch physiotherapeutische Grundübungsformen mithilfe von Übungskreiseln und Kipphölzern geschehen.

Bei Mario sind für das Bein Übungen wie Squat Lunges, Walking Lunges, Good-Morning-Übungen und Step-ups sehr gut geeignet. Diese Übungen sorgen für eine optimale Beweglichkeit der ischiokruralen Muskulatur (s. Mobilitätstraining) und erhöhen die Belastbarkeit des Beins. Außerdem repräsentieren sie Transferübungen, die schmerzfreies Gehen und Treppensteigen wieder möglich machen.

Die Variationsmöglichkeiten bei diesen Übungen sind unbegrenzt. Man denke z. B. an:

- Variationen in verschiedenen Bewegungsrichtungen
- mit geschlossenen Augen (kortikales Training)
- Variationen in der Bodenbeschaffenheit

Daneben werden Übungen praktiziert, die die segmentale, statische und dynamische Stabilität der Wirbelsäule verbessern. Hierbei liegt der Schwerpunkt auf dem Training des M. transversus abdominis und des M. multifidus (s. Kap. 16).

Für die methodische Durchführung der Rehabilitation wird vor allem vom Rehabilitationskreis Koordination Gebrauch gemacht (s. Kap. 4.3). Im Verlauf der Rehabilitation kommen alle Rehabilitationsmethoden an die Reihe. Das Endziel ist das Shaping: das Training des Hürdenlaufens bei spezifischer Ermüdung.

In der dritten Woche der Proliferationsphase wird der Schwerpunkt auf das Innervationstraining der schnellen Rezeptoren und damit mehr auf die Schnelligkeit verschoben. Angepasste Übungen aus dem Lauf-ABC sind hier geeignete Ausgangspunkte.

Variationen sind z. B.:

- kombinierte Übungen (z. B. Trippling und Skippings, **Abb. 13.11**, **Abb. 13.12**)
- Rhythmustraining (z. B. Skippings im Hürdenrhythmus li–li–li–re usw.)
- Frequenztraining (in der maximal kontrollierbaren Häufigkeit)

Im Allgemeinen gilt beim Koordinationstraining in dieser Phase, dass

- die perfekte Ausführung im Mittelpunkt steht
- Ermüdungen verhindert werden müssen und
- leichte Schmerzprovokation möglich ist, solange die Koordination nicht darunter leidet



Abb. 13.11 Trippling.



Abb. 13.12 Skippings.

Kraftaufbau

Betrachtet man das Krafttraining als Mittel zur Verbesserung der Muskelfunktion im Allgemeinen und nicht sekundär als Mittel zur Verbesserung der Muskelkraft, dann sind das Krafttraining und die damit verbundene Methodik ein zentraler Baustein in der ersten Phase der Rehabilitation.

> Man kann daraus auch ableiten, dass das Krafttraining die Basis für die anderen sportmotorischen Grundeigenschaften bildet (besonders auf den Gebieten spezifische Ausdauer und Schnelligkeit) und die Richtung und den Verlauf des Rehabilitationsprozesses vorgibt.

Im Idealfall beginnt man 48 h nach der Verletzung mit den ersten Versuchen zum Krafttraining. Im Mittelpunkt steht in dieser ersten Phase die Streckkette der unteren Extremität. Man entscheidet sich für Übungen in geschlossenen kinetischen Ketten, weil sie viel stärker den Faktor Koordination ansprechen und das Übertragen auf die sportspezifischen Verhältnisse erleichtern.

Mögliche Übungsformen sind:

- Squats
- Squat Lunges (Kniebeugeausfallschritt)
- Step-ups
- Calf Raises (Wadenheben, **Abb. 13.13**)

Bei diesen Übungen werden die Hamstrings nicht in ihrer primären Bewegungsfunktion belastet, sondern in ihrer stabilisierenden Funktion. Da die Belastbarkeit der Hamstrings bei diesen Übungen leistungsbegrenzend sein kann (besonders durch den Faktor Schmerz), wählt der Therapeut für diese den Rehabilitationskreis Kraft und das damit verbundene KR-System (Kraft-Rehabilitations-System). Das KRS ist eine Methodik, die als Hilfsmittel fungieren kann, mit dem Ziel, die Belastbarkeit der angegriffenen Strukturen innerhalb der motorischen Grundeigenschaft Kraft zu verbessern (s. Kap. 4.3.5).

Grundsätzlich stehen in den ersten beiden Wochen die extensive (KRS-2) und intensive (KRS-3) Kraftausdauer im Mittelpunkt.

Ziel muss es sein, diese Übungen so schnell wie möglich, jedoch abhängig vom Wundheilungsprozess unter Belastung durchzuführen, und zwar in einem System mit etwa 15RM–20RM, sodass in der dritten Woche eine Belastung in extensives Rekrutieren KRS-4 (8RM–15RM) möglich wird. Der Therapeut entscheidet sich bei der Behandlung von Spitzensportlern mit Muskelverletzungen dann auch für eine Anpassung des KR-Systems, indem er die Stabilisierung unterteilt: 3 Serien einer Übung innerhalb des Systems bedeuten den nachfolgenden Schritt. Normalerweise wird der nächste Schritt angegangen, wenn die Übungen bei 2 aufeinanderfolgenden Trainingseinheiten im System durchgeführt werden können. Auch

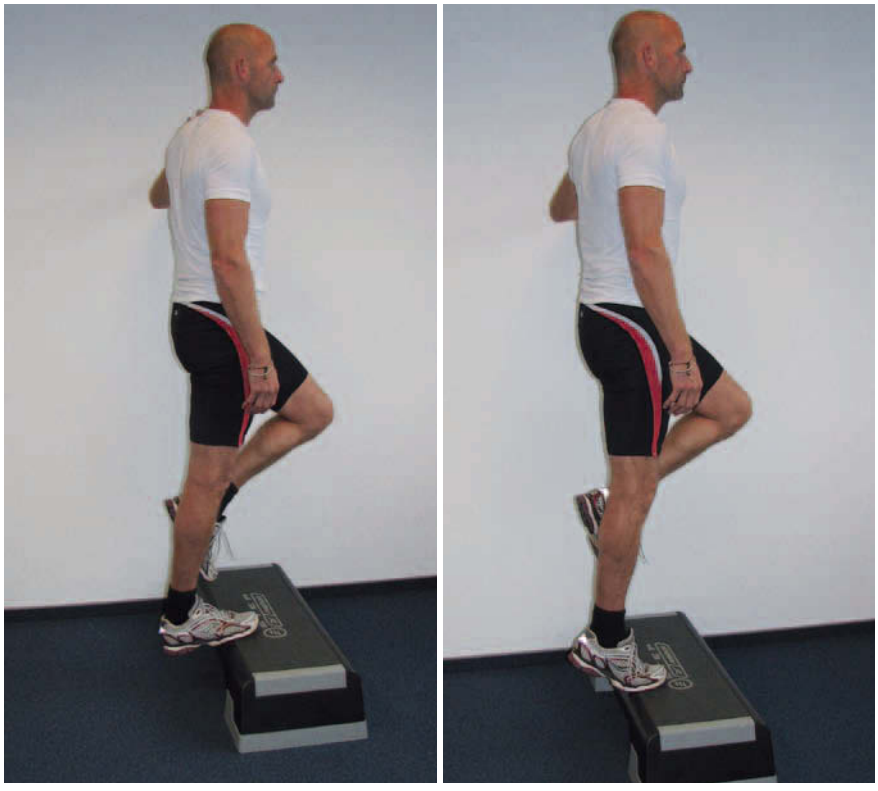


Abb. 13.13 Calf Raise, Ausgangs- und Endstelllung.

Tab. 13.8 KRS 2–3

KRS	Wiederholungen	Beübte Fertigkeiten	Belastung
KRS-2	20RM–30RM Wiederholungsmaximum	extensive Kraft	Ausdauer
KRS-3	15RM–20RM Wiederholungsmaximum	intensive Kraft	Ausdauer

hier ist ein etwas aggressiverer Ansatz bei der Rehabilitation nach einer Muskelruptur möglich.

Neben den oben beschriebenen Übungen, die sich zumeist auf die Verletzung richten, können auch noch Übungen für die Probleme im Rumpf eingesetzt werden. (man denke z. B. an die Barbell-Rotation zum Training der rotatorischen Beckenstabilität; Abb. 13.14). Für die obere Extremität kann das Bench Press (**Abb. 13.15**) geplant werden, die zusammen mit der Squat-Übung als König und Königin der Übungen in keinem Kraftprogramm eines Sprinters fehlen dürfen.

Wenn Ketten belastet werden, bei denen die Belastbarkeit der Hamstrings keine Rolle spielt, können diese Übungen von Anfang an in normalen Trainingssystemen ausgeführt werden. Das bedeutet z. B., dass das Bankdrücken in einem maximalen Kraftsetting möglich ist.

Für das Training der motorischen Grundeigenschaft Kraft kann Gebrauch gemacht werden vom Rehabilitationskreis Kraft (s. Kap. 4). Das Endziel der Rehabilitation ist das Ausführen plyometrischer Kraftformen.

Ausdauertraining

Man kann natürlich durch unspezifische Bewegungsformen wie Radfahren und Aquajoggen Akzente setzen, doch ist das nach unserer Ansicht nicht notwendig, da die Reizdichte in anderen sportmotorischen Grundeigenschaften (Mobilität, Koordination und Kraft) sehr hoch ist und eine Überlastung durch ungerichtete Reize verhindert werden muss.

Im Abschnitt zu den histologischen Prozessen wurde erwähnt, dass optimale Gewebedurchblutung und Sauerstoffversorgung die Voraussetzungen für den optimalen Verlauf der Proliferationsphase sind. Wichtig ist dabei, dass der Organismus selbst diese Voraussetzungen schafft, die mit den physiologischen Reaktionen im Wundheilungsprozess verbunden sind und nicht als entscheidender Grund für ein Ausdauertraining in dieser Phase angesehen werden sollten.

Die oben angeführten Argumente müssen im Zusammenhang dieses Falles betrachtet werden. Es geht um einen Schnellkraftsportler und die erste Phase des Rehabilitationsprozesses ist vermutlich zu kurz. Betrifft es einen Ausdauersportler und/oder einen langen Rehabilitationsprozess, können unspezifische Ausdauerreize sehr sinnvoll sein, zum einen, um das kardiovaskuläre System zu belasten und damit den Problemen des Nichttrainings vorzubeugen (z. B. Rhythmusstörungen), und zum anderen aus eher psychologischen und motivationalen Gründen.



Abb. 13.14 Barbell-Rotation.





Abb. 13.15 Bench Press.

In der ersten Phase der Rehabilitation nimmt der Aufbau vom Gehen über das forcierte Gehen (Brisk Walking) bis schließlich zum Laufen (Joggen, Rennen) einen wichtigen Platz ein. Sobald Mario in einer anaeroben Schwellengeschwindigkeit zu laufen vermag (in diesem Fall etwa 4 min 30 sec auf 1000 m), wird ein Test durchgeführt, um zu prüfen, ob ein vollständiges Training zum aeroben Leistungsvermögen möglich ist.

Probe zum aeroben Leistungsvermögen

Da Rehabilitation das Zurückführen auf das frühere Belastbarkeitsniveau bedeutet, orientiert sich der Therapeut an den vorhandenen Trainingszeiten oder bestimmt mithilfe eines anaeroben Schwellentests einen neuen Wert und stellt mit diesen Werten ein neues Protokoll zusammen. Das Ziel ist jedoch nicht, in der Rehabilitationsphase die anaerobe Schwelle und das Programm zum aeroben Leistungsvermögen auf das gewünschte Niveau von etwa 3 x 10 min in einem Tempo von 04 min 15 sec zu bringen. Dies empfiehlt sich für das weitere Trainingsprogramm nach der Rehabilitation zu einem Zeitpunkt, wenn dies möglich ist (in der folgenden Vorbereitungsperiode 1; VP-I).

Das Bestehen dieses Tests ist für den Sportler ein Meilenstein in der Rehabilitation, da die Tempodauerprobe den Schlüsselmoment für das Weitermachen oder Abbrechen der Schnelligkeitsbemühungen und damit für den Beginn des sportspezifischen Rehabilitationsprogramms bildet.

Verbesserung der Schnelligkeit

Am Ende der Proliferationsphase/Anfang der Konsolidierungsphase können bereits Reize auf dem oben beschriebenen Niveau gesetzt werden, so z. B. durch unter der sportmedizinischen Grundeigenschaft Koordination

Tab. 13.9 Probe zum aeroben Leistungsvermögen

Modus	Charakteristik
Intensität	4 min 30 sec auf 1000 m (Richtwert 27 sec auf 100 m) (in diesem Fall; kein allgemeiner Richtwert)
Umfang	insgesamt 20–30, z. B. 4–6 × 5 min
Pausen	maximal 2 min

beschriebene Formen des Frequenz- und Rhythmustrainings.

Das Training der sportmotorischen Grundeigenschaft Schnelligkeit steht im Mittelpunkt der Konsolidierungs- und Reifungsphase.

Eine Möglichkeit basiert auf den Konzepten der DDR-Sprintschule; das Zeitprogramm (Bauersfeld und Voß 1992, Weineck 2007) macht es möglich, schon sehr früh in der Rehabilitation Schnelligkeitsreize einzusetzen. In Bezug auf die Schnelligkeit kann das Zeitprogramm als elementarer (zentraler neurologischer) Baustein betrachtet werden. Vereinfacht gesagt, sind die Zeitprogramme dafür verantwortlich, einer Bewegung Schnelligkeit zu verleihen; sie sind also im wahrsten Sinn des Wortes „pacemakers“ (Schrittmacher). Ein Merkmal von Zeitprogrammen ist ihr universeller Charakter. Sie spielen bei allen Bewegungen, die mit einer gewissen Schnelligkeit ausgeführt werden müssen (z. B. Sprinten, Springen, aber auch Werfen), eine Rolle.

Wie bei anderen Strukturen auch, gilt im Hinblick auf die Zeitprogramme das Umkehrbarkeitsprinzip „use it or lose it“. Es ist somit wichtig, das System so schnell wie möglich wieder zu belasten. Bauersfeld und Voß beschrieben eine Methodik, die in einem relativ frühen Stadium auch auf die Rehabilitation übertragbar ist, nämlich

Tab. 13.10 Frequenztraining auf einem ungebremsten Fahrradergometer

Modus	Charakteristik
Ziel	6 sec mit maximaler Frequenz treten (eine möglichst hohe Tourenzahl; rounds per minute, RPM)
Intensität	maximal
Umfang	etwa 5 ×
Pausen	2–3 min

Frequenztraining auf einem ungebremsten Fahrradergometer (**Abb. 13.10**).

Der universelle Charakter von Zeitprogrammen erlaubt allerdings auch andere Aktivitäten. So sollte Mario als Alternativprogramm beispielsweise das Werfen auf Schelligkeit trainieren.

Clinical Reasoning

Während des ersten Abschnitts der Proliferationsphase steht die Koordination besonders im Mittelpunkt, was eine hohe Trainingsfrequenz zur Folge haben kann oder muss. Die Genesungsdauer/Superkompensationszeit bei den eingesetzten Methoden ist so kurz, dass es während der ersten 14 Tage sicherlich möglich ist, mehrmals täglich Belastungen in verschiedenen sportmotorischen Grundeigenschaften durchzuführen. Nach dem Ende der Proliferationsphase und dem definitiven Übergang in die Konsolidierungs- und Reifungsphase werden allmählich Trainingsmethoden geplant, die nicht nur eine deutlich längere Genesungsdauer erfordern, sondern auch nicht ohne Weiteres mehr mit anderen sportmotorischen Grundeigenschaften kombinierbar sind. Die Kenntnis der Trainingsmethodik und der Phaseneinteilung wird somit immer wichtiger.

13.6 Analyse des 110-m-Hürdenlaufs

13.6.1 Analyse des Hürdenlaufs auf Partizipationsebene

Im Grunde ist der Hürdenlauf ein Sprint mit regelmäßigen Hindernissen. Dabei handelt es sich um ein horizontales Problem mit Blick auf die Schnelligkeit und um ein vertikales Problem mit Blick auf die Hürdenpassage (**Abb. 13.7**, **Tab. 13.11**, **Tab. 13.12**).

Die an sich fremden Maße sind darauf zurückzuführen, dass der Hürdenlauf ursprünglich aus England stammt und sich die Maße vom englischen System mit „feet“ und „yard“ ableiten.

Man läuft in einem 3-Schritt-Rhythmus, wobei jeder Schritt seine eigenen Merkmale hat:

- 1. Schritt, +/– 1,65 m: dient dem Auffangen des LSP (Landeschwerpunktes)
- 2. Schritt, +/– 2,00 m: ist vergleichbar mit einem kurzen Sprintschritt
- 3. Schritt, +/– 1,90 m: dient der Vorbereitung des Absprungs

Die Bewegungsgeschwindigkeit lässt sich als Produkt aus der Schrittlänge und der Frequenz herleiten. Im Zwischenhürdenlauf ist die Schrittlänge eine Konstante, was bedeutet, dass zur Aufrechterhaltung der Geschwindigkeit die entscheidende Rolle der Frequenz wegfällt.

Nach und nach entsteht ein charakteristischer Frequenzlauf, den man als „Hurdle Shuffle“ bezeichnet.

13.6.2 Analyse der Bewegungshandlungen im Hürdenlauf

Der Hürdenlauf zählt mit Blick auf die Technik und Koordination zu den anspruchsvollsten Disziplinen in der Leichtathletik. Die Komplexität der Disziplin beruht auf

Tab. 13.11 Das horizontale Problem

Beschreibung	Distanz/Überwindung der Distanz
Gesamtstrecke	110 m
festgelegter Rhythmus	
Einlauf über 13,72 m	8 (oder 7) Schritte
zwischen den Hürden 9,13 m	3 Schritte
Hürden passieren	10
Finish 14,02 m	5–7 Schritte Auslauf
Schritte insgesamt	50–52

Tab. 13.12 Das vertikale Problem

Beschreibung	Anzahl/Distanz
Hürdenpassagen	10
Hürdenhöhe	106,7 cm

der hohen Vorwärtsgeschwindigkeit und dem fortwährenden Wechsel von zyklischen (Lauf-/Sprintbewegungen) und azyklischen Bewegungen (Hürdenschritt). Weil die Verletzungsmechanismen mit der Bewegungsstruktur und ihrer Veränderung in der Geschwindigkeit zu-

sammenhängen, ist die Untersuchung der spezifischen Bewegungsstruktur beim Hürdenlauf sinnvoll.

13.6.3 Analyse der sportmotorischen Grundeigenschaften

Zur Analyse der sportmotorischen Grundeigenschaften verwendet man die Methodik, die im Kapitel über die Rehabilitationskreise beschrieben ist (Kap. 4.3).

Im Grunde entspricht die Analyse des 110-m-Hürdenlaufs im Hinblick auf die sportmotorischen Grundeigenschaften Mobilität, Koordination, Kraft, Schnelligkeit und Ausdauer der des 100-m-Laufs. Dabei darf jedoch nicht der Eindruck entstehen, dass der Hürdenlauf nur ein „Sprint mit Hindernissen" ist. Sehr wichtig ist eine perfekte Technik, die dafür sorgt, dass die Geschwindigkeit über die Hürden so lange wie möglich so hoch wie möglich gehalten wird (**Tab. 13.13**).

Wundheilungsprozesse bei Muskelverletzung

Mario studiert Bewegungswissenschaften an der Universität von Amsterdam. Physiologie ist eines seiner Lieblingsfächer an der Universität. Er fragt Richard nach Informationsmaterial über die physiologische Genesung seiner Muskelverletzung. Richard gibt ihm Material, das aus einem Kurs über Sportphysiotherapie stammt. Zu Hause beginnt Mario sofort zu lesen:

Eine Ruptur des myotendinösen Übergangs ist mit einer Verletzung des Muskelbindegewebes, der Zellmembran und der kontraktilen Elemente im Muskel verbunden. Es handelt sich im Wortsinne um eine „multiples Gewebetrauma". Innerhalb dieses komplexen Traumas kann man im Grunde 2 Wundheilungsprozesse unterscheiden, die beide durch die Freisetzung von PGE-2 durch die Makrophagen angestoßen werden (**Abb. 13.16**).

In erster Linie muss die Muskelmembran wiederhergestellt werden. Dies geschieht durch eine komplexe Reaktionskette, in der die Satellitenzellen eine Hauptrolle spielen. Bei intakten Muskelzellen befinden sich zwischen der Plasmamembran und der Basalmembran die Satellitenzellen. Bei einer Ruptur der Muskelmembran wandern diese Satellitenzellen in das Wundgebiet ein. PGE-2 transformiert die Satellitenzellen zu myogenetisch potenten Myoblasten (z. B. Mauro 1961, O'Conner 2008).

Die Myoblasten lokalisieren/orientieren sich in der Längs-/Zugrichtung entlang der defekten Membran und verschmelzen schließlich zu Myotuben, welche die Basis der neuen Zellmembran bilden. Dies bezeichnet man als Fusing (Fusion). Daraus ergibt sich wiederum die Bedeutung der zyklischen Zugkräfte für die Stimulation des regenerativen Potenzials des Muskels.

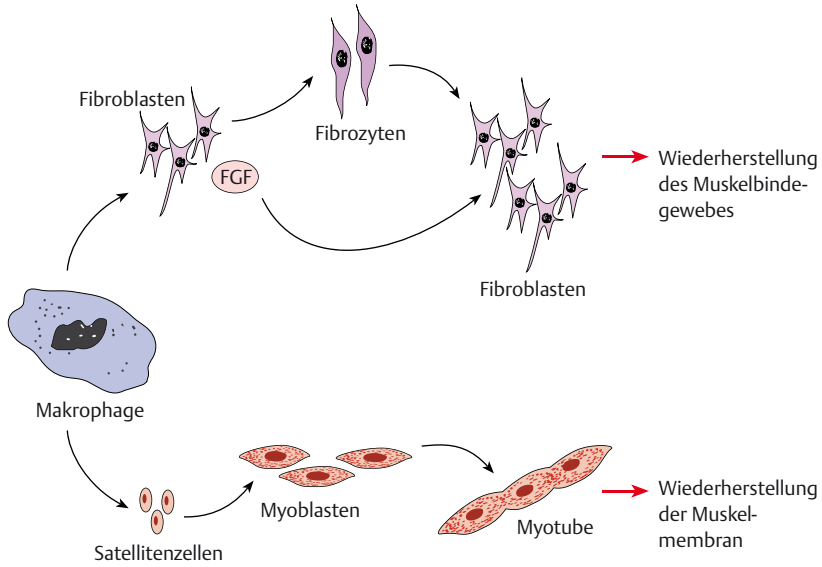


Abb. 13.16 Die Makrophage reagiert nach ungefähr 48 h in der Entzündungsphase mit der Ausschüttung von PGE-2 (Prostaglandin E2). Dies stellt ein Signal dar, auf das das System in die Proliferationsphase geleitet wird. Im beschädigten Muskelbindegewebe werden unter dem Einfluss von PGE-2 Fibroblasten aktiviert. Die Fibroblasten reagieren ihrerseits mit der Ausschüttung von FGF (Fibroblast Growth Factor). Weitere Fibroblasten und Fibrozyten werden aktiv. Die Gesamtwirkung ist ein stark erhöhtes anaboles Potenzial im Muskelbindegewebe. In der beschädigten Muskelmembran werden unter dem Einfluss von PGE-2 Satellitenzellen rekrutiert und in Myoblasten transformiert. Diese Myoblasten verschmelzen miteinander und bilden so myotubes (dieser Prozess wird bezeichnet als „fussing satellite cells"). Die Myoblasten bilden den Grundbaustein für eine neue Zellmembran. Erst wird die Plasmamembran geschlossen und nach ungefähr 14–16 Tagen schließt sich auch die Basalmembran.

Tab. 13.13 Analyse motorischer Grundeigenschaften im Hürdenlauf

	Proliferation	Remodelation	Maturation	Wettkampf
Beweglichkeit				
elastische Deformation Training Fußregion	**O**	O	O	O
elastische Deformation Training lineare Region	**O**	O	O	O
plastische Deformation Training	**O**	**O**	O	O
Creep/Stress-Relaxationstraining	O	O	O	O
Strain Rate Dependance Training Fußregion	**O**	**O**	**O**	O
Strain Rate Dependance Training lineare Region	**O**	**O**	**O**	O
spezifische Beweglichkeit Training	O	O	**O**	**O**
Koordination				
kognitives Training Fußregion	**O**	**O**	O	O
kognitives Training lineare Region	**O**	**O**	O	O
Hirnstammtraining	**O**	**O**	O	O
spinales Training Fußregion	**O**	**O**	O	O
spinales Training lineare Region	**O**	**O**	O	O
spezifisches Training	O	**O**	**O**	**O**
Agility Training	O	O	**O**	**O**
Shaping Training	O	O	O	**O**
KRAFT				
Kraftausdauer	**O**	O	O	O
Maximalkraft	**O**	**O**	O	O
supramaximale Kraft	O	O	O	O
Schnellkraft	O	**O**	O	O
konzentrisch beschleunigen	O	O	**O**	O
exzentrisch bremsen	O	O	**O**	O
DVZ allgemein (Prestretch)	O	O	**O**	O
DVZ spezifisch (Plyometrie)	O	O	**O**	**O**
Ausdauer				
aerobe Kapazität	O	O	O	O
aerobe Leistungsfähigkeit	O	**O**	O	O
anaerobe laktizide Kapazität	O	O	O	**O**
anaerobe laktizide Leistungsfähigkeit	O	O	O	**O**
anaerobe alaktizide Kapazität	O	O	**O**	**O**
anaerobe alaktizide Leistungsfähigkeit	O	O	**O**	**O**
Schnelligkeit				
kognitive Wahrnehmung	**O**	**O**	**O**	**O**
kognitive Antizipation	**O**	O	**O**	**O**
kognitive Entscheidung	**O**	O	**O**	**O**
motorische Reaktion	**O**	O	**O**	**O**
Beschleunigung	**O**	**O**	**O**	**O**
maximale Schnelligkeit	O	O	**O**	**O**
Schnelligkeitausdauer	O	O	O	**O**

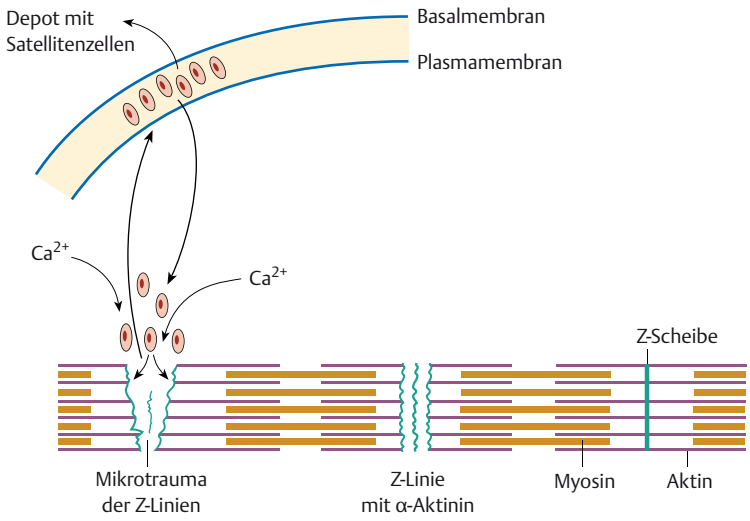


Abb. 13.17 Muscle Damage Model.

Der oben beschriebene Prozess beginnt etwa 48 h nach der Verletzung und ist nach 14–16 Tagen abgeschlossen (Garrett 1990, van Wingerden 1995).

Für einen optimalen und raschen Regenerationsverlauf muss dafür gesorgt werden, dass der Muskel nach etwa 14 Tagen im Hinblick auf eine Verlängerungsmöglichkeit über den vollen Bewegungsbereich belastet werden kann. Die Wundheilung erreicht nach 14–16 Tagen dann auch einen kritischen Punkt, weil zu diesem Zeitpunkt die Plasma- und die Basalmembran völlig zugewachsen sind und damit die Länge des Muskelgewebes festgelegt ist. Ist die Muskelfaser nach dieser kritischen Phase nicht auf ihrer ganzen Länge verlängerbar, dann muss diese Verlängerung der Muskelfasern über ein leichtes Mobilitätstraining erreicht werden, was nicht nur den Rehabilitationsprozess unnötig verlängert, sondern auch mit einem erhöhten Rezidivrisiko in der nachfolgenden Rehabilitationsphase verbunden ist.

Muscle Damage Model

Nachdem die Zellmembran geschlossen ist, kommt es zu weiteren Regenerationsprozessen auf dem Niveau der (intrazellulären) kontraktilen Elemente. Diese Prozesse werden wiederum von den Satellitenzellen reguliert, jedoch nicht primär durch die Entzündungsaktivität. Goldspink von der chirurgischen Abteilung der Uniklinik in London beschrieb in diesem Zusammenhang das Muscle Damage Model, in dem die Satellitenzellen unter Mitwirkung des parakrinen Hormons MGF (Mechano Growth Factor), einer der zahlreichen Erscheinungsformen des besser bekannten IGF-1 (Insulin Growth Factor), aktiviert werden (Goldspink 2009). Diese intramuskuläre Regeneration dauert noch etwa 5 Tage.

Das im „Muscle Damage Model“ beschriebene Prinzip (**Abb. 13.17**) spielt eine Schlüsselrolle bei allen intramuskulären Regenerations- und Adaptionsprozessen. In der Abbildung wird das System angewandt auf das Reparieren einer Z-Linie. Mikrotraumata der Z-Linien (das „z-line streaming“) bilden die Grundlage von D.O.M.S. (Delayed Onset of Muscle Soreness, verspätetes Einsetzen des Muskelschmerzes), des typischen Muskelkaters.

- Intramuskuläre Beschädigung führt zu einer Zunahme der Kalzium(Ca)-Konzentration im Sarkoplasma. Der erhöhte Kalziumspiegel ist wahrscheinlich die Folge einer morphologischen (mikrotraumatischen) oder funktionellen Dysfunktion des sarkoplasmatischen Retikulums.
- Kalzium bindet sich an das Enzym Calpain, wodurch eine Kaskade von biochemischen Prozessen initiiert wird, die schließlich zum Abbau der beschädigten Eiweißstrukturen führt. Der letzte Schritt der Kaskade ist die Ausschüttung von MGF (Mechano Growth Factor).
- Unter dem Einfluss von MGF werden die Satellitenzellen rekrutiert, die sowohl für Reparatur- als auch für Regenerationsprozesse in der Muskelfaser verantwortlich sind. Unter dem Einfluss von MGF verändert sich die Permeabilität der Plasmamembran und können die Satellitenzellen in das Sarkoplasma einströmen.
- Die Satellitenzellen positionieren sich in der Zellregion (der „nuclear domain“ = Kerndomäne), wo die Reparaturprozesse stattfinden, und unterstützen die erhöhte Eiweißproduktion.
- Wenn die Eiweißstrukturen repariert sind, wird ein Signal ausgesandt, auf das die Satellitenzellen durch Apopthose (ein programmierter Zelltod) aus der Muskelfaser verschwinden, oder in einen neuen Zellkern transformieren und damit die zugenommene Eiweißsynthese unterstützen.

Direkt außerhalb des Muskels liegt das Muskelbindegewebe, das im Normalzustand hauptsächlich aus Typ-1-Kollagen besteht. Der Wundheilungsprozess, der hier

stattfindet, entspricht ziemlich genau dem, der auch in anderen gut durchbluteten Strukturen mit mittelhoher Typ-1-Kollagenmasse, wie Kapseln und Ligamenten, stattfindet. Dieser Prozess wird in der physiotherapeutischen Literatur im Zusammenhang mit der Bindegewebsphysiologie (van Wingerden 1995, van den Berg 1999, de Morree 2001) im Allgemeinen gut beschrieben, sodass an dieser Stelle eine kleine Zusammenfassung der wichtigsten Punkte ausreicht.

Bei den Regenerationsprozessen im Muskelbindegewebe haben bestimmte Zellen eine Schlüsselrolle, wovon die Fibroblasten wohl die bekanntesten sind. Diese Zellen werden, wie auch die Satellitenzellen, durch PGE-2 aktiviert.

Während der Proliferationsphase, welche 21 Tage dauert, wird das Typ-III-Kollagen gebildet. Das Einsprießen dieser Fasern geschieht sehr schnell, sogar noch bevor die Fibroblasten in großer Zahl die Regenerationszone infiltriert haben, was bedeutet, dass andere, wahrscheinlich primitivere und multipotente Zellen für die initial schnelle Zunahme von Typ-III-Kollagenfasern verantwortlich sind. Das schnelle Einsprießen von Typ-III-Kollagenfasern im ersten Teil der Proliferationsphase dient einer frühen Zugbelastbarkeit des Gewebes und erzeugt zudem einen Rahmen, an dem entlang zu einem späteren Zeitpunkt das gewebespezifische Typ-I-Kollagen einwachsen kann. Dieser Rahmen wird in der Spur-/Zugrichtung angelegt, was ebenfalls für eine frühzeitige Belastung des Muskels durch Dehnungsreize spricht.

Das Bindegewebe in diesem während der Proliferationsphase erzeugten Granulationsgewebe enthält eine weitaus größere Menge an Typ-III-Kollagenfasern als es für das „normale“ Muskelbindegewebe charakteristisch ist. In späteren Phasen des Wundheilungsprozesses, in denen die Remodulation und Reifung des Bindegewebes im Mittelpunkt stehen, wird das Gleichgewicht wiederhergestellt.

Dies alles zeigt, dass es 2 völlig verschiedene Regenerationsprozesse gibt, die beide durch PGE-2 initiiert werden, etwa 2 Tage nach der Verletzung einsetzen und nach 21 Tagen abgeschlossen sind. Problematisch ist, dass die beiden Prozesse nicht nur gleichzeitig, sondern auch in großer räumlicher Nähe zueinander ablaufen, was als Warnung zu verstehen ist.

Die histologische Einteilung in Muskelmembran und Bindegewebe erscheint auf dem Papier viel deutlicher als in der Wirklichkeit. Es besteht z. B. kaum ein Unterschied zwischen dem äußeren Rand der Basalmembran und dem direkt darüberliegenden Endomysium. Da diese Prozesse so nah beieinander ablaufen, kommt es in gewissem Maße zu einem Wettkampf zwischen den Prozessen im Bindegewebe und in der Muskelmembran. Oder anders gesagt, es gibt einen direkten Wettkampf zwischen dem Fibroblast und dem Myoblast. Ein Problem ist, dass der Fibroblast den Wiederherstellungsprozess in der Muskelmembran übernehmen kann, was zur Reparation führt statt zur Regeneration und damit zur Ausbildung von Narbengewebe in der Muskelmembran. Während der Wundgenesung finden 2 verschiedene Genesungsprozesse statt: Regenerations- und Reparaturprozesse. Regeneration ist eine Form der Genesung, bei der Gewebe entsteht, das in struktureller und funktioneller Hinsicht mit dem ursprünglichen Gewebe identisch ist (Lazarus 1992). Bei einer Reparatur wird das angegriffene Gewebe durch Narbengewebe ersetzt. Diese Narbenbildung erhöht wiederum die Wahrscheinlichkeit eines Rezidivs.

Zelltechnisch betrachtet gibt es ein Gleichgewicht zwischen der Aktivität der Fibroblasten und der Myoblasten. Dieses Gleichgewicht wird durch funktionell aktive Belastungsreize geregelt und impliziert damit eine frühzeitige Mobilisation.

Früher erfolgte nach einer Muskelruptur eine mehrwöchige Immobilisation. Aus dem Obenstehenden geht hervor, dass dieser therapeutische Ansatz zur Reparation und somit zur Narbenbildung führt. Dies erklärt wahrscheinlich auch, warum so lange am Regenerationsvermögen der Muskulatur gezweifelt wurde. Man entdeckte nach einigen Wochen der Immobilisation immer Narbengewebe im Muskel, was als Beispiel für eine Selffulfilling Prophecy in der Medizin gelten kann.

Clinical Reasoning

Die Proliferationsphase ist der Abschnitt zwischen dem 2. und dem 21. Tag nach der Verletzung. Bei Muskelgewebe wird hier häufig zwischen einer Proliferationsphase I, die sich auf das Muskelgewebe bezieht (Membranen und kontraktile Elemente), und einer Proliferationsphase II unterschieden, die sich auf das umliegende Bindegewebe bezieht.

Ein Kernelement der Proliferationsphase ist der Schluss der Basalmembran zwischen dem 14. und dem 16. Tag. Damit ist die Länge der Muskelfasern festgelegt. Für einen optimalen Verlauf des Rehabilitationsprozesses ist es dann wichtig, dass der Muskel zu diesem Zeitpunkt im Hinblick auf die Beweglichkeit in seinem vollen Bewegungsumfang belastbar ist.

In der Literatur zeigt sich, dass für einen optimalen Verlauf der Proliferationsphase einige Bedingungen erfüllt sein müssen (van Wingerden 1995, van den Berg 1999, de Morree 2001). Neben einer guten Gewebedurchblutung und Sauerstoffversorgung sind die durch Matrixbewegungen initiierten piezoelektrischen Effekte, Strömungspotenziale und die Transduktion bedeutsam. Diese Bedingungen können am besten durch aktive Bewegungen erfüllt werden.

Im Allgemeinen sind Kollagenfasern positiv geladen und die Grundsubstanz stark negativ. Durch mechanische Verformung des Bindegewebes (Bewegung) kommt es zu Ladungsänderungen im Bindegewebe; piezoelektrischer Effekt (Basset und Pawluk 1972). Diese Ladungsänderungen werden von der Zelle registriert und sind auf diese

Weise an der Syntheseaktivität der Zelle beteiligt; durch Bewegung nimmt die Syntheseaktivität der Zelle zu.

Strömungspotenziale sind Ladungsunterschiede, die durch den Transport von Flüssigkeit im Gewebe entstehen und auf diese Weise die Syntheseaktivität der Zellen modifizieren können (Zernicke und Loitz 1994). Die mechanische Belastung, die durch die Umgebung auf die Zelle ausgeübt wird, wird als Transduktion bezeichnet (Chen 2003).

Richtlinien der Behandlung in der Proliferationsphase

Insgesamt lassen sich die folgenden therapeutischen Richtlinien für Muskelverletzungen in der Proliferationsphase definieren:

- Mobilisation bis an die Schmerzgrenze
- Vorrang hat die Mobilisation/das Längentraining; nach 14–16 Tagen muss der Muskel im Hinblick auf die Beweglichkeit im gesamten Bewegungsbereich belastbar sein.
- Im Mittelpunkt stehen aerobe Bewegungsübungen (die Wundheilung ist ein aerober Prozess).
- Alle Übungsformen müssen optimal aufeinander abgestimmt sein.
- Das Training der Propriozeption ist zusammen mit aktiven Trainingsformen für den Aufbau der Reinnervation von Bedeutung.

Diese Richtlinien lassen sich auf verschiedene sportmotorische Eigenschaften übertragen und zu spezifischen Übungsformen mit Belastungsvariablen ausarbeiten. Es sollte hier deutlich werden, dass die verschiedenen Übungsformen während der Proliferationsphase einen Charakter haben, der die Grundeigenschaften überschreitet.

Funktionelles Mobilitätstraining

Für einen optimalen Verlauf des Rehabilitationsprozesses ist es wichtig, dass die Hamstrings nach dem 16. Tag im Hinblick auf die Verlängerungsmöglichkeiten im vollen Bewegungsbereich belastbar sind. Um dies zu ermöglichen, ist ein recht „aggressives“ Behandlungsprotokoll erforderlich.

Während der ersten Tage der Proliferationsphase sollte der Schwerpunkt besonders auf dem passiven Mobilitätstraining in Form dosierter therapeutischer Dehnungstechniken und dem Stretching liegen. Es ist jedoch wichtig, dass möglichst schnell mit den aktiven Formen des Bewegungsbereichstrainings begonnen wird, was von verschiedenen Faktoren wie Schmerz und koordinativen Möglichkeiten abhängt. Gering belastende, koordinativ ausgeführte Übungen sind hierfür hervorragend geeignet.

Während der gesamten Proliferationsphase ist es sinnvoll, mithilfe von Stretchings Dehnungsreize zu setzen. Das kann als Vorbereitung auf ein aktives Trainingsprogramm geschehen (wichtig ist es, hierbei zu tonisieren!) oder als gesonderte Trainingseinheit (z. B. morgens beim Aufstehen). Wichtig ist jedoch, dass der Muskel-Sehnen-Komplex möglichst schnell an funktionelle (sprich aktive) Reize adaptiert, die somit also im Behandlungsprotokoll vorrangig auftauchen sollten.

Sobald der volle Bewegungsausschlag möglich ist, kann mit dem Aufbau eines hürdenspezifischen Mobilitätstrainings begonnen werden. Dazu stellt z. B. das Hürden-Abc von de Hücklekempes, bevorzugt in Schrittbewegungen und trippelnd ausgeführt, eine perfekte Möglichkeit dar (Hücklekempes 1992).

13.7 Initiale Therapie

13.7.1 Erste Behandlung

Mario wird erklärt, dass eine sportphysiotherapeutische Behandlung eine Kombination aus aktiven und passiven sportphysiotheraputischen Maßnahmen ist. Bei den passiven Maßnahmen ist der Patient passiv und der Sportphysiotherapeut führt Interventionen durch. Bei aktiven Maßnahmen ist vor allem der Patient aktiv, indem er Übungen ausführt. Anschließend werden gemeinsam die kurzfristigen Ziele besprochen:

- Schmerzreduzierung
- Detonisierung der ischiokruralen Muskulatur und des M. erector trunci
- Training der Beweglichkeit der ischiokruralen Muskulatur und der Wadenmuskeln
- SI-Mobilisation links, beginnend mit der segmentalen Stabilisation der Lendenwirbelsäule
- Koordinationstraining Bein und
- Krafttraining Bein

Gemeinsam wird beschlossen, dass es in der ersten Behandlung sowohl um die Verletzung der ischiokruralen Muskulatur als auch um den Rücken gehen soll.

Begonnen wird mit der Mobilisation des SI-Gelenks und den Muskeln im Rücken und auf der Hinterseite des Oberschenkels. Dann soll Mario aktiv werden, indem er die Beweglichkeit der ischiokruralen Muskulatur trainiert und die Stabilität des unteren Rückenbereichs verbessert. Außerdem kündigt der Therapeut an, dass er versuchen werde, zusätzlich zu den Übungen für die lokalen

Rückenmuskeln eine Reihe von Übungen in das Übungsprogramm zu integrieren, die dafür sorgen sollen, dass Gehen und Treppensteigen mit 2 Stufen auf einmal wieder schmerzfrei möglich sind.

Manuelle Therapie

In der ersten Behandlung wird mit der Mobilisation des linken SI-Gelenks, des Gelenks, das sich in einer Anteroposition befindet, begonnen. Ein Problem, das häufig bei Hürdenläufern zu beobachten ist, und ein Aspekt, der oft in Kombination mit einer Verletzung der ischiokruralen Muskulatur auftritt (Cibulka Jahr 1986).

Bevor mit der Mobilisation des SI-Gelenks begonnen werden kann, muss kontrolliert werden, ob das Gelenk noch blockiert ist. Einige der bei der Untersuchung durchgeführten Tests sollten deshalb wiederholt werden.

Die Untersuchung ergibt, dass das SI-Gelenk sich immer noch in einer Anteroposition befindet. Mario nimmt auf der Behandlungsbank die Seitenlage ein. Der Therapeut fixiert das Sakrum und beginnt mit der Mobilisation des SI-Gelenks. Aus Erfahrung weiß er, dass sich die besten Ergebnisse erzielen lassen, wenn die Mobilisation des SI-Gelenks mit einer Flexions-/Rotationsmobilisation von L3–5 kombiniert wird. Aufgrund ihrer Verbindung mit dem Lig. iliolumbale sind diese Gelenke als funktionelle Einheit zu betrachten. Zugleich kann die Mobilisation von L3–5 eine detonisierende Wirkung auf die ischiokrurale Muskulatur haben. Der Therapeut führt die Mobilisation sehr vorsichtig durch, weil er merkt, dass Mario doch etwas angespannt auf der Behandlungsbank liegt. Im Verlauf der Behandlung entspannt sich Mario jedoch zunehmend und er kann die Mobilisation auf den gesamten Bewegungsumfang ausweiten.

Nach der Mobilisation führt der Therapeut erneut die verschiedenen SI-Tests durch und konstatiert, dass das linke SI-Gelenk locker ist. Die Beine sind immer noch unterschiedlich lang (0,4 cm Differenz), aber die S-Skoliose ist geringer geworden. Er bespricht die Befunde mit Mario und fragt nach seinen Empfindungen. Mario verspürte zu Beginn der Behandlung leichte Schmerzen, konnte sich jedoch nach deren Verschwinden gut entspannen. Am Ende der Mobilisation fühlte er, dass sein SI-Gelenk gelockert war.

Der Therapeut beschließt, mobilisierende und stabilisierende Übungen für das SI-Gelenk in das Übungsprogramm aufzunehmen. Der nächste Behandlungsschritt ist die Entspannung der Muskeln im Rücken und auf der Hinterseite des Oberschenkels. Der Therapeut schlägt zu diesem Zweck eine Triggerpoint-Behandlung vor.

Triggerpoint-Behandlung

Mario wird erklärt, was es mit einer Triggerpoint-Behandlung auf sich hat und wo sich normalerweise die Triggerpunkte befinden. Bevor mit der Untersuchung begonnen wird, führt Mario den Finger-Boden-Test aus. 33 cm Abstand verbleiben: Mario ist steif wie ein Brett und fühlt eine extreme Spannung auf der Hinterseite des Oberschenkels und leichte Schmerzen im Verletzungsbereich. Nach dem Test untersucht der Therapeut die verschiedenen Triggerpunkte auf Schmerzen und Empfindlichkeit. Die Untersuchung ergibt, das die Triggerpunkte im linken M. quadratus lumborum, im linken M. piriformis, im M. sartorius, in den ischiokruralen Muskeln und im M. gastrocnemius schmerzhaft sind. Die Triggerpunkte werden von proximal nach distal behandelt. Mit dieser Vorgehensweise hat der Therapeut gute Erfahrungen gemacht.

> Eine der 5 Evidenzquellen ist die Erfahrung und Uberzeugung des Therapeuten.

Während der Behandlung erkundigt er sich immer wieder bei Mario, ob die Behandlung auszuhalten ist. Mario fühlt im ersten Moment des Drucks auf einen Triggerpunkt einen starken Schmerz, der aber mit Zeit abnimmt und verschwindet. Nach der Behandlung aller Triggerpunkte wird der Test wiederholt: 16 cm Abstand verbleiben und es gibt keine Schmerzen.

Mobilistaion der ischiokruralen Muskulatur

Unmittelbar im Anschluss an die Triggerpoint-Behandlung wird die ischiokrurale Muskulatur mobilisiert. Dazu soll sich Mario auf den Rücken legen. Obwohl sich der Bewegungsumfang der ischiokrualen Muskeln durch die Triggerpoint-Behandlung verbessert hat, ist er noch nicht optimal. Deshalb werden die Muskeln vorsichtig gedehnt. Dabei können leichte Schmerzen auftreten, die jedoch nicht stärker werden dürfen.

Bei der Mobilisation der ischiokruralen Muskulatur kommt die in Kapitel 4 beschriebene Methode zum Einsatz. Angewandt wird die Rehabilitationsmethode der plastischen Deformierung: das therapeutische Dehnen des Muskels.

Wie erwartet verursacht die Behandlung leichte Schmerzen, aber sie sind auszuhalten und nehmen im Verlauf der Behandlung nicht zu. Anschließend wird der Finger-Boden-Test wiederholt: 10 cm und immer noch keine Schmerzen.

Übungsprogramm für das Bein

Der Therapeut erklärt Mario die verschiedenen Ziele des Übungsprogramms:

Tab. 13.14 Belastungsvariablen

Belastungsvariablen	Plastische Deformierung
Gewicht	kein Gewicht
Wiederholungen	3–5 Wiederholungen
Bewegungsdauer	15–40 sec
Pause	30–60 sec
Anzahl der Übungen	1–2
Häufigkeit pro Tag	3–5

- segmentale Stabilität des unteren Rückenbereiches
- Mobilisation und Stabilisation des ISG-Gelenks und
- Verbesserung der Beweglichkeit der ischiokruralen Muskulatur (ICF: Ziele auf Funktionsebene)
- Hinzu kommen Übungen, die das Gehen und Treppensteigen verbessern sollen (ICF: Ziele auf Aktivitätsebene).

Nicht nur die Übungen an sich, sondern auch ihre Reihenfolge und Ausführungsqualität bestimmen die Wirksamkeit der Behandlung. Da Mario viele der Übungen bereits im Rahmen seines Sports praktiziert hat, wird der Therapeut versuchen, das Übungsprogramm möglichst genau auf diese Übungen abzustimmen.

Anmerkung Bei diesem Rehabilitationsprogramm liegt der Schwerpunkt vor allem auf den motorischen Grundeigenschaften Mobilität und Koordination. Für die methodische Durchführung der verschiedenen Rehabilitationsmethoden kann Gebrauch gemacht werden von den Rehabilitationskreisen Mobilität und Koordination. Die anzuwendenden Rehabilitationsmethoden sind für die Mobilität die elastische Deformierung Fuß und linearer Bereich, für die Koordination vor allem die Rehabilitationsmethoden kognitiver Fuß und linearer Bereich. Das Training vom Fuß zum linearen Bereich beinhaltet eine Zunahme des Bewegungsumfangs. Wenn die Koordination das Ziel ist, liegt der Trainingsschwerpunkt vor allem auf dem richtigen Bewegungsverlauf. Beim Training der Mobilität liegt der Schwerpunkt auf dem Bewegungsumfang.

Die ersten Übungen in Marios Übungsprogramm zielen auf die segmentale Stabilität des unteren Rückenbereichs ab. Diese Übungen sollen neben der segmentalen Stabilität auch den Tonus der lokalen Muskeln verbessern (Richardson et al. 2004). Die erste Übung ist das Training des M. transversus abdominis in Rückenlage. Mario verfügt über ein gutes Haltungs- und Bewegungsbewusstsein und begreift schnell, wie er diesen Muskel anspannen kann, ohne die Wirbelsäule zu bewegen. Der Therapeut beschließt daher sofort, das Anspannen des M. transversus abdominis auch in andere Übungen zu integrieren.

Die nächsten Übungen – Squat Lunge und Lat Pulley – sollen Stabilität und Mobilität des SI-Gelenks verbessern. Da über das SI-Gelenk keine Muskeln verlaufen, kann die Stabilität dieses Gelenks nur indirekt bewirkt werden. Das Training der Gesäßmuskeln durch Squat Lunges und die indirekte Versteifung der Fascia thoracolumbalis durch das Training des M. latissimus dorsi bewirken eine Verbesserung der Stabilität des SI-Gelenks (Sutor und Diemer 2007, S. 200). Außerdem sind SquatLunges auch eine gute Vorbereitung auf Übungen zur Verbesserung des Gehens und des Treppensteigens.

Last but not least werden Übungen praktiziert, die die Länge der ischiokruralen Muskeln erhalten und/oder verbessern sollen. Diese Übungen wurden bereits bei der Interventionsplanung angegeben:

- Good-Morning-Übung mit (variierter) Knieflexion
- Good-Morning-Übung mit gestreckten Knien
- Good-Morning-Übung auf einem Bein

Bei allen Übungen soll sich Mario des M. transversus abdominis bewusst sein. Für alle Übungen gilt: Zuerst den Muskel anspannen und erst dann die Übung ausführen.

Krafttraining für das Bein

Der Therapeut erklärt Mario, dass nicht nur die Beine trainiert, sondern auch Kraft und Beweglichkeit der Wirbelsäule und der Arme erhalten werden müssen. Für das Training der Wirbelsäule enthält das Übungsprogramm bereits Übungen, die vor allem auf die segmentale Stabilität abzielen. Diese Übungen sind eine unverzichtbare Voraussetzung für das spätere Krafttraining. Für das Armtraining enthält das Programm 2 Übungen: Bench Press und Biceps Curl (**Abb. 13.18**). Beide Übungen sind Mario bekannt, sie zählen sogar zu seinen Lieblingsübungen, was das Krafttraining betrifft. Marios 1Wiederholungsmaximum beim Bankdrücken betrug vor der Verletzung 90 kg und sein 10Wiederholungsmaximum beim Biceps Curl waren 15 kg. Die Analyse des Trainingsprogramms hatte ergeben, dass das Niveau des Krafttrainings im Allgemeinen den Anforderungen nicht gerecht wird. Der Therapeut beschließt deshalb, „hoch“ anzufangen, und zwar durch intensives Rekrutieren. Das Ziel des intensiven Rekrutierens besteht darin, so viele motorische Einheiten wie möglich aktiv zu halten oder zu reaktivieren, damit das Wiederholungsmaximum zu einem späteren Zeitpunkt erhöht werden kann.

Zu Beginn des Übungsprogramms hat der Therapeut darauf hingewiesen, dass auch die Qualität der Übungsausführung das Ergebnis bestimmt. Er zeigt Mario, worauf er achten muss, um die Übungen in qualitativer Hinsicht richtig auszuführen (s. Kap. 4.3). Wichtig sind die richtige Ausgangsposition sowie Bewegungsverlauf und Bewegungsumfang, da die Verbesserung von Koordination und Mobilität ein wichtiges Ziel der Übungen ist. Der



Abb. 13.18 Biceps Curl, Ausgangs- und Endstellung.

Tab. 13.15 Intensive Wiederholungsmethode

Methode	Serienanzahl	Wiederholungen	Serienpause	Superkompensationszeit
Intensive Wiederholungsmethode	3–5	5–7 RM	2–3 min	48 h

Tab. 13.16 Gesamtprogramm nach der ersten Behandlung

Übungsprogramm Mario nach der ersten Behandlung
Koordinationstraining
1. Squat Lunge
2. Lat Pull-down
3. Good Morning mit variierter Knieflexion
4. Good Morning mit gestreckten Knien
Krafttraining
5. Bench Press
6. Biceps Curl

Bewegungsumfang einer Übung wird durch die dabei auftretenden Schmerzen bestimmt. Während der Übung darf die Belastung ruhig leichte Schmerzen verursachen, diese dürfen aber nicht zunehmen und müssen nach Beendigung der Übung sofort wieder abklingen. Mario muss vor allem auf den Bewegungsrhythmus achten. Er neigt dazu, sich während des Ausführens einer Übung zu entspannen, wann immer das möglich ist; sobald er die Konzentration verliert, verändert sich der Rhythmus von 1–0–1 zu 1–1–1.

Tab. 13.17 Belastungsvariablen der Übungen für Koordination und Mobilität

Belastungsvariablen	für Koordination und Mobilität
Gewicht	underloaded Gewicht
Übungsreihen	3–5 Reihen
Wiederholungen	10–15 Wiederholungen
Bewegungsrhythmus	1–0–1-Rhythmus
Pause	30–60 sec
Anzahl der Übungen	1–4 Übungen
Superkompensationszeit	12–24 h

Funktionelles Training

Zum Abschluss wird Mario erklärt, dass er zusätzlich zum Übungsprogramm zu Hause trainieren muss. Das tägliche funktionelle Training besteht aus 30 min Gehen und 3-mal Treppensteigen (jeweils 3-mal aufwärts und abwärts), zuerst Stufe für Stufe, dann 2 Stufen auf einmal. Voraussetzung für dieses funktionelle Training ist, dass Mario schmerzfrei ist.

Es gibt Hinweise darauf, dass eine stärker funktionell ausgerichtete Rehabilitation (inkl. Training der Rumpfstabilität) die Wahrscheinlichkeit einer erneuten Verletzung deutlicher reduziert als ein klassisches Programm aus Kraft- und Gelenkigkeitsübungen (Sherry 2004).

13.8 Therapieverlauf

13.8.1 Erste Wiederbefundung

4 Wochen nach der Verletzung findet bei Mario die erste Wiederbefundung statt. Mario ist mittlerweile seit 3 Wochen in Behandlung und die Therapie macht gute Fortschritte.

13.8.2 Verlauf

Alle ADL sind wieder möglich. Gehen, Treppensteigen und plötzliche Bewegungen verursachen keine Beschwerden mehr. Mario hat sogar mit Brisk Walking (einem leichten Lauftraining) begonnen, um seine Kondition aufrechtzuerhalten. Nach nur anderthalb Wochen Behandlung sind die Schmerzen und der hohe Tonus in der ischiokruralen Muskulatur verschwunden und Bewegungen sind wieder in vollem Umfang möglich. Das Krafttraining für das Bein wurde bereits in das Rehabilitationsprogramm aufgenommen. Das gesamte Programm für das Bein sieht nach 3 Wochen wie folgt aus:

Die Übungen werden nach der Rehabilitationsmethode KRS-5 ausgeführt. Die Belastungsvariablen dieser Methode entsprechen denen der intensiven Wiederholungsmethode: 2–4 Übungsreihen mit jeweils 5–7 Wiederholungen. Die Pause zwischen den Übungsreihen dauert 2–3 min, die Superkompensationszeit 48 h. Das Gewicht wird der Verletzung entsprechend angepasst. Der große Unterschied zu Marios altem Trainingsprogramm besteht darin, dass tiefe Squats in das Programm aufgenommen wurden: eine Übung, die im Trainingsprogramm eines Hürdenläufers nicht fehlen darf. Der tiefe Squat hat eine positive Wirkung auf andere Kraftübungen wie Step-up, Clean und Snatch.

Die Beschwerden in der Wirbelsäule sind verschwunden. Die Kontrolle des SI-Gelenks ist zwingend erforderlich, aber auch nach 4 Wochen neigt das Gelenk immer noch dazu, sich zu blockieren. Das Übungsprogramm für die Wirbelsäule und die Arme wurde erweitert. Es gibt mehr Übungen und Variationen in den Trainingsmethoden; sowohl die intensive Wiederholungsmethode als auch schmales Pyramidentraining wurden in das Krafttraining integriert.

> Das schmale Pyramidentraining hat zum Ziel, das Rekrutierungspotenzial der Typ-2-Fasern, sowohl qualitativ als auch quantitativ, zu verbessern. Dies wird durch verschiedene Übungsreihen erreicht, wobei nach jeder Reihe das Gewicht erhöht und die Anzahl der Wiederholungen reduziert wird. Marios Programm beginnt mit 8 RM und endet mit 2 RM.

Alle kurzfristigen Ziele wurden erreicht: Schmerzreduzierung, Detonisierung der ischiokruralen Muskulatur und des M. erector trunci, Training der Beweglichkeit der ischiokruralen Muskulatur und der Wadenmuskeln, SI-Mobilisation links, Beginn der segmentalen Stabilisation der Lendenwirbelsäule, Koordinationstraining Bein, Krafttraining Bein, Krafttraining Arm.

Der nächste Schritt der Rehabilitation besteht in der Erreichung der mittelfristigen Ziele, also in einem allgemeinen und vielseitig zielgerichteten Übungsprogramm zur Vorbereitung auf sportspezifische Aktivitäten. Bei diesem Programm liegen die Schwerpunkte vor allem auf den Beinen, der Wirbelsäule und den Armen. Die motorischen Grundeigenschaften, die hier trainiert werden sollen, sind Koordination, Kraft, Schnelligkeit und Ausdauer. Die Zusammenstellung des Übungsprogramms orientiert sich an Marios Trainingsstatus.

Mario fragt Richard, ob er sich noch daran erinnert, dass er ihm zu Beginn der Rehabilitation einen Artikel über die physiologische Genesung nach einer Muskelverletzung gegeben hatte. In dem Artikel ging es in erster Linie um die Genesung zu Beginn der Rehabilitation; die Proliferationsphase. Richard kann sich noch gut daran erinnern. Er ahnt Marios nächste Frage voraus und kommt ihm zuvor: „Und jetzt willst du fragen, ob ich auch Informationsmaterial über die folgenden Phasen der Genesung habe? Habe ich, Mario.“ Richard sucht in seinen Unterlagen und gibt Mario eine Tabelle, die die verschiedenen Phasen der Wundgenesung übersichtlich darstellt. Er weist darauf hin, dass in dieser Tabelle die Muskelmembran und die Sarkomere nicht berücksichtigt werden, die ja schon längst wieder hergestellt sind. Stattdessen geht es vor allem um das Muskelbindegewebe. Mario liest die folgenden Informationen:

Tab. 13.18 Krafttraining für das Bein, 3 Wochen posttraumatisch

Hauptübungen		Nebenübungen 10RM	
Squat (tief)	90 kg	Calf Raises	170 kg
Step-ups	50 kg, 3×		
Lunges	40 kg, 3×		
Snatch	40 kg		

Tab. 13.19 Trainingsprogramm für die Wirbelsäule und die Arme

Hauptübungen		Nebenübungen	
Bankdrücken	70 kg	Good-Morning-Übung	30 kg
Clean	50 kg	Banana	5 kg
		Biceps Curls	15 kg
		Lat Pull-down	60 kg

Phasen der Wundheilung

Die Wundgenesung ist ein äußerst komplexer biologischer Prozess. Zum besseren Verständnis wird dieser Prozess in verschiedene Phasen unterteilt: die Entzündungsphase, die Proliferationsphase und die damit assoziierten Wundkontraktions- und Produktionsphasen, die Strukturierungsphase und die Integrationsphase (de Morree 2003).

Aus Kapitel 1 (Abschnitt Wundheilung) wird klar, dass ab der Produktionsphase sowohl die Qualität als auch die Quantität des sich neu bildenden Bindegewebes von der Verabreichung geeigneter physischer Reize abhängt. Mit Quantität ist die Menge des neu entstehenden Bindegewebes gemeint, mit Qualität die Zusammensetzung des Bindegewebes aus den verschiedenen Bestandteilen. Ab der Proliferations- und bis zur Strukturierungsphase liegt der Schwerpunkt vor allem auf struktur- und funktionsorientierten physischen Reizen. Dabei handelt es sich um physische Reize, die in erster Linie die angegriffene Struktur funktionell belasten. Bei passiven Strukturen kann dies durch passive und aktive physiotherapeutische Maßnahmen erreicht werden.

Für die aktiven Strukturen, die Muskeln, werden vor allem aktive physiotherapeutische Maßnahmen ergriffen. Die Reihenfolge dieser Maßnahmen orientiert sich an den motorischen Grundeigenschaften. Während der Proliferationsphase, der Wundkontraktion und der Produktionsphase werden in erster Linie aktive physiotherapeutische Maßnahmen ergriffen, die der Belastbarkeit des neu gebildeten Gewebes entsprechen. Dabei handelt es sich vor allem um Maßnahmen zu den motorischen Grundeigenschaften Mobilität und Koordination. In den Strukturierungs- und Reintegrationsphasen nimmt die Belastbarkeit des Gewebes zu und der Schwerpunkt verschiebt sich auf die motorischen Grundeigenschaften Kraft, Ausdauer und Schnelligkeit.

Nachdem er den Text gelesen hat, fragt Mario Richard, wann für ihn das Ausdauer- und Schnelligkeitstraining beginnen wird. „Diese Woche“, sagt Richard.

Tab. 13.20 Phasen der Wundheilung

Phase der Wundgenesung				
Entzündungsphase	vaskuläre Phase zelluläre Phase	Zunahme der Permeabilität Vasodilatation Infiltration weiße Blutzellen	Ödem, Zunahme des Lymphflusses Abbau von Geweberesten	Reinigung des Wundbereiches eventuell Antigenpräsentation
Proliferationsphase	Infiltration und Zunahme von Fibroblasten Angiogenese	Zunahme der Anzahl der Zellen mit Produktionskapazität Bildung eines neuen kapillären Netzwerks	dichtes Granulieren des Wundbereiches	Infrastruktur für die Produktionsphase
Wundkontraktion	Myofibroblasten	Anordnung und Kontraktion der Myofibroblasten unter Einfluss von Spannung	Wundkontraktion	Verkleinerung des Wundbereiches
Produktionsphase	starke Zunahme der Produktion von Bauteilen für die extrazelluläre Matrix	Strukturbildung unter Einfluss von Spannung	ohne funktionelle Spannung eine unstrukturierte Narbe	Wiederherstellung der Kontinuität Forminduktion unter Einfluss der Funktion
Strukturierungs-/Remodellierungsphase	Wiederherstellung der Organmerkmale	Verfestigung des Bindegewebsskeletts unter Einfluss der Funktion Einwuchs von Nervenfasern Neustrukturierung des Gefäßbettes starke Abnahme der Anzahl der Fibroblasten Rückgang auf die normale Turnover-Rate	eventuell Remodellierung, abhängig vom Resultat der Produktionsphase „rote“ Narbe wird „weiß“	Nach einer „guten“ Produktionsphase ist diese Phase relativ kurz und fällt mit der Integrationsphase zusammen. Nach einer „schlechten“ Produktionsphase muss sehr viel remodelliert werden; diese Phase dauert dann relativ lange.
Integrations-/Maturationsphase	Wiederherstellung der sensomotorischen Beziehungen	Die neue Struktur wird in das zentrale Nervensystem integriert. Integration der peripheren Information in das zentrale Netzwerk	Wiederherstellung der funktionellen Stabilität; Stabilisierung ist möglich auf Grundlage der peripheren Information	Bei umfangreicher Remodellierung ist ständige Anpassung des zentralen Netzwerks erforderlich. Dadurch langfristige funktionelle Instabilität und hohe Wahrscheinlichkeit eines Rückfalls.

13.8.3 Ziele und Therapiemittel der nächsten Phase

Mobilisation der Wirbelsäule

Bevor Mario mit dem Trainingsprogramm beginnt, überprüft der Therapeut die Mobilität von Marios ISG-Gelenk. In der vergangenen Woche hatte es keine Probleme gegeben, aber heute Morgen erzählte Mario, er habe gestern viel Zeit am Computer verbracht und beim Aufstehen vom Stuhl leichte Schmerzen im unteren Rückenbereich verspürt. Die Untersuchung zeigt, dass das linke SI-Gelenk tatsächlich wieder nach vorn gekippt ist. Mario wird so mobilisiert wie zu Beginn der Rehabilitation: SI-Mobilisation und Mobilisation von L3–5. Diese Methode hat bisher am schnellsten zu guten Ergebnissen geführt.

Nach der Mobilisationsintervention kontrolliert Richard mit Hilfe der SI-Tests, ob das Gelenk locker ist. Das ist tatsächlich der Fall. „Die Voraussetzungen für das Training sind erfüllt, also auf in den Trainingsraum“, sagt Richard.

Allgemeines und vielseitig zielgerichtetes Krafttraining

Der Therapeut beschließt, Marios Krafttraining in 2 Punkten zu modifizieren: zum einen werden bereits praktizierte Übungen variiert, um sie sportspezifischer zu machen, zum anderen wird erstmals der Transfer zum Rekrutieren in Geschwindigkeit durchgeführt – die Rehabilitationsmethode Schnellkraft.

Variiert werden die Übungen Banana, Calf Raises und Good Morning. Im Fall der Banana-Übung wird eine höhere Sportspezifizität durch Hinzufügen einer zusätzlichen Rotationsbewegung erreicht. Flexion/Rotation und Extension/Rotation repräsentieren viel genauer die Bewegung der Wirbelsäule beim Hürdenlaufen.

Die Übungen Calf Raises und Good Morning werden statt auf 2 nur auf einem Bein ausgeführt. Auf diese Weise entspricht die Übung mehr der tatsächlichen Laufbewegung.

Die Übungen Squat, Clean und Snatch sind perfekt geeignet, um die Trainingsmethode Schnellkraft einzuführen. Die Belastbarkeit der Sarkomere und der volle Bewegungsumfang der ischiokruralen Muskeln sind zwar wiederhergestellt, aber die Belastbarkeit aller anderen angegriffenen Gewebestrukturen ist noch nicht wieder optimal. Deshalb werden die Übungen zur Schnellkraft azyklisch ausgeführt und der Schwerpunkt vor allem auf die konzentrische Beschleunigung gelegt.

Direkt im Anschluss daran will der Therapeut eine vielseitig zielgerichtete Übung einführen, die unmittelbar mit der konzentrischen Beschleunigung zu tun hat: den Squat Jump. Laut Marios Trainingsstatus sind seine Leistungen bei Sprungübungen nur mittelmäßig, beim Squat Jump betrug sie 50 cm. Das Endziel besteht darin, eine konzentrische Sprunghöhe von 55–65 cm zu erreichen. Kurzum, ein guter Grund, diese Übung mitzunehmen auf dem Weg zu Genesung und besseren sportlichen Leistungen in der Zukunft.

Tab. 13.21 Rekrutieren in Kilogramm

Hauptübungen		Nebenübungen 10RM	
Squat (tief)	90 kg	Calf Raises einbeinig	85 kg
Step-ups	50 kg	Banana mit Rotation	5 kg
Lunges	40 kg	Good Morning einbeinig	30 kg

Tab. 13.22 Rekrutieren in Schnelligkeit

Übungsprogramm	
Basic Squat	60 kg
Snatch	25 kg
Clean	30 kg
Squat Jump	35–40 cm

Alle diese Übungen in einem einzigen Programm zusammenzufassen, wäre zu viel des Guten. Deshalb beschließt der Therapeut, 2 unterschiedliche Programme für das Krafttraining aufzustellen. Bei dem ersten Programm soll es vor allem um das Rekrutieren in Kilogramm gehen, bei dem zweiten um das Rekrutieren in Geschwindigkeit. Die beiden Programme werden abwechselnd praktiziert, also jedes Programm jeden zweiten Tag.

Im auf das Rekrutieren in Kilogramm gerichteten Programm werden dieselben Trainingsmethoden angewandt wie zuvor: die intensive Wiederholungsmethode und das schmale Pyramidentraining. Die Modifizierung besteht diesmal eher in der sportspezifischen Variation der Übungen.

Der Therapeut weist Mario darauf hin, dass er sich sorgfältig aufwärmen muss, bevor er mit dem auf Schnelligkeit gerichteten Krafttraining beginnen kann. Mario ist damit bereits vertraut. Das auf das Aufwärmen folgende Programm für das Rekrutieren in Schnelligkeit sieht wie in **Tab. 13.22** aus.

Hier sind die Belastungsvariablen 3 Übungsreihen mit jeweils 10 Wiederholungen mit einer Pause von 2–4 min zwischen den Übungsreihen und einer Pause von 5 min zwischen den verschiedenen Übungen. Auf diese Weise soll Ermüdung vermieden werden, die ja die Qualität der Übungsausführung beeinträchtigt.

Koordinationstraining

Der Therapeut beschließt, in der vierten Woche den Schwerpunkt des Koordinationstrainings vor allem auf Übungen aus dem Lauf-Abc zu legen. Diese Trainingsformen sollen die Innervierung der schnellen Rezeptoren stimulieren. Zu diesem Zweck wählt er einige Basisübungen aus dem Lauf-ABC aus: Skippings, Anfersen und einige spezielle Übungen wie Tripplings und Hopserlauf. Alle diese Übungen sind Mario bereits bekannt. Der Therapeut überprüft, ob Mario die Übungen in gemächlichem Tempo gut und schmerzfrei ausführen kann, was der Fall zu sein scheint. So kann Mario die Übungen aus dem Lauf-ABC in Form von Kombinationstraining, Rhythmustraining oder Frequenztraining ausführen. Beim Kombinationstraining werden mehrere Übungen aus dem Lauf-ABC miteinander kombiniert, z. B. Trippling und Skipping.

Rhythmustraining ist eine Trainingsform, die von fast allen Hürdenläufern praktiziert wird. Ein gutes Beispiel dafür ist das Ausführen des „Hürdenrhythmus" bei Skippings: li–li–li–re. Beim Frequenztraining werden Übungen aus dem Lauf-ABC in einem Tempo ausgeführt, bei dem noch eine gute Koordination möglich ist. Diese Trainingsform soll in Form einer Steigerung in das Trainingsprogramm aufgenommen werden; die Übungen werden erst langsam ausgeführt, dann wird das Tempo immer weiter gesteigert. Auf diese Weise wird auch Marios Wunsch, endlich mit dem Schnelligkeitstraining anzufangen, erfüllt. Aufgrund der hohen Belastung der ischiokruralen Muskulatur wird auf die Übung Anfersen vorerst noch verzichtet.

Alle Übungen und Trainingsvariationen dürfen leichte Schmerzen verursachen, solange die Qualität der Übungen erhalten bleibt. Alle Übungen sollten maximal 8 sec dauern. Eine Analyse ergibt, dass bei Mario beim Hürdenlauf zwischen der siebten und achten Hürde die Ermüdung „zuschlägt", also nach 9–10,2 sec. Aus diesem Grund wählt Richard eine Belastungsdauer von 8 sec, denn Ermüdung beeinträchtigt die Qualität der Übung und erhöht die Verletzungswahrscheinlichkeit.

Tab. 13.23 Trainingsprogramm für die Koordination

Übungsprogramm Koordinationstraining
Kombinationstraining
1. Skippings – Tripplings
2. Skippings – Anfersen
3. Tripplings – Hopserlauf
Rhythmustraining
4. Skippings li–li–li–re
5. Anfersen li–li–li–re
Frequenztraining in Form einer Steigerung
6. Skippings
7. Tripplings

Tab. 13.24 Belastungsvariablen

Belastungsvariablen	Koordinationstraining Lauf-Abc
Gewicht	Körpergewicht
Übungsreihen	3–5 Reihen
Wiederholungen	Belastungsdauer 8 sec
Bewegungsrhythmus	gemächlich bis schnell
Pause	30–60 sec zwischen den Reihen und 3–4 min zwischen den Übungen
Anzahl der Übungen	4–8 Übungen
Superkompensationszeit	24 h

Ausdauertraining

Der Therapeut beschließt gemeinsam mit Mario, am Ende der Woche einen anaeroben Schwellentest (in Form eines Conconi-Tests) für das Ausdauertraining durchzuführen (s. Kap. 2). Auf diese Weise wird der „Status praesens" von Marios Ausdauer ermittelt. Das Trainingsprogramm wird dann auf Grundlage der Testergebnisse zusammengestellt.

In den nächsten Wochen verläuft die Therapie besser als erwartet. Schon nach 8 Wochen kann Mario mit dem sportspezifischen Training beginnen. Während der Rehabilitation wurde Marios Trainer regelmäßig auf den neuesten Stand gebracht und es wurde mit ihm besprochen, wie Marios Trainingsprogramm modifiziert werden kann, um erneute Verletzungen zu vermeiden und seine Leistungen zu verbessern. Die Abstimmung zwischen Rehabilitation und Training ist ein Erfolgsfaktor (s. Kap. 1.3).

Was die Modifizierung des Trainingsprogramms angeht, besteht Einigkeit: Verbesserung der allgemeinen Ausdauer, Verbesserung des Rekrutierungspotenzials sowohl in Kraft als auch und vor allem in Schnelligkeit und, direkt damit zusammenhängend, eine Verbesserung der anaeroben alaktischen Kapazität, um Ermüdung so gut wie möglich zu vermeiden. Diese Aspekte sollen beim sportspezifischen Training im Vordergrund stehen. Was die Technik des Hürdenlaufens betrifft, muss Mario noch einiges aufholen.

Nach Absprache mit Mario und Hans beschließen sie, den „Rehabilitationscharakter" des Trainings zu beenden; Mario wird das sportspezifische Training bei Hans, seinem Trainer, und seinen Trainingskameraden durchführen. Richard schreibt eine Überweisung an Hans und gibt sie Mario mit. Mario bedankt sich bei Richard für dessen Unterstützung während der letzten 8 Wochen und verspricht, ihn über seine Fortschritte auf dem Laufenden zu halten.

8 Monate später erhält Richard einen Anruf von einem nach Luft schnappenden Mario: „13,4 Sekunden, Richard. Gut, was?“

Zusammenfassung

In diesem Fall wird ein 22-Jähriger 110-m-Hürdenläufer vorgestellt, Mario, der in der Vorbereitungsphase für die nationalen Outdoor-Meisterschaften eine Hamstring-Verletzung erleidet. Das Trauma ereignet sich während eines Wettkampfes nach der Passage der siebten Hürde. Der Verletzungsmechanismus wird in der Landung nach der Hürdenpassage gesucht.

Die (sport-)physiotherapeutische Untersuchung, die gründliche Analyse des Trainingsstatus und die Verletzungsanalyse haben zusammen eine recht genaue Übersicht darüber geliefert, welche prädisponierenden Faktoren bei Mario zu einer Muskelruptur im M. biceps femoris führen konnten. Verständnis und Berücksichtigung der prädisponierenden Faktoren, des physiologischen Prozesses der Wundgenesung nach einer Muskelruptur, der klinischen Relevanz der verschiedenen Phasen der Wundgenesung sowie die Erfahrungen und Überzeugungen von Mario und Richard haben zu einem verantwortungsbewussten Rehabilitationsprogramm geführt, dessen Ergebnis eine optimale Sportausübung war.

Literatur

Askling CM, Magnus T, Saartok T, Thorstensson A. Acute First-time Hamstring Strains During High-speed Running. The American Journal of Sports Medicine 2007; 35(2): 197–206.

Askling CM, Saartok T, Thorstensson . Type of acute hamstring strain affects flexibility, strentgh, and time to return to pre-injury level. Br J Sports Med 2006; 40(1): 40–44.

Askling CM, tengvar M, Saartok T, Thorstensson A. Acute first-time hamstring strains during high-speed running: A longitudinal study including clinical and magnetic resonance imaging findings. Am J Sports Med 2007; 35(2): 197–206.

Australian Acute Musculoskeletal Pain Guidelines Group (AAMPGG). Evidence-based management of acute musculoskeletal pain. 2004.

Basset C, Pawluk R. Electrical behavior of cartilage during loading. Science 1972; 178: 982.

Bauersfeld M, Voß Gl. Neue Wege im Schnelligkeitstraining. Trainersbibliothek. Band. 28. Münster: Philippka; 1992.

Carlsson I, Faulkner J. The regeneration of skeletal muscle fibers following injury. A review. Med Sci Sports Exerc 1983; 15(3): 187–198.

Chen Q. Mechanisms underlying mechanical regulation of cartilage growth. Current opinion in Orthopedics 2003; 14: 307.

Cibulka MT, Rose SJ, Delitto A, Sinacore Dr. Michael T. Hamstring Muscle Strain Treated by Mobilizing the Sacroiliac Joint. Physical Therapy 1986; 66: 1220–1223.

Cohen S, Bradley J. Acute proximal hamstrings rupture. J Am Acad Orthop Surg 2007; 15(6): 350–355).

Connell D, Schneider-Kolsky M, Hoving J et al. Longitudinal study comparing sonographic and MRI assessments of acute and healing hamstring injuries. AJR Am J Roentgenol 2004; 183: 975–984.

Craig TT. Comments in Sports Medicine. Chicago: American Medical Association; 1973.

Dadebo B, White J, George K. A survey of flexibility training protocols and hamstring strains in professional football clubs in England. Br J Sports Med 2004; 38: 388–394.

de Morree JJ. Dynamiek van het menselijk bindweefsel. Houten: Bohn Stafleu van Loghum; 2003.

de Morree JJ. Wundheilung und Narbenbildung. In: Dynamik des menschlichen Bindegewebes. München: Urban & Fischer; 2001.

Diemer F, Sutor V. Praxis der medizinischen Trainingstherapie. Stuttgart: Thieme 2007.

Fantone l. Basic concepts in Inflammation. In: Leadbetter. Sports-induced Inflammation: Clinical and Basic Science Concepts. Parke Ridge: A.A.O.S; 1990.

Garrett W et al. Myotendinous junction. In: Woo et al. Injury and repair of the musculoskeletal soft tissues. Parke Ridge: A.A.O.S; 1987.

Garrett W, Lohnes J. Cellular and Matrix Response to Mechanical Injuries at the Myotendinious Junction. In: Leadbetter. Sports-induced Inflammation: Clinical and Basic Science Concepts. Parke Ridge: A.A.O.S; 1990.

Georgopoulos AP. Neural aspects of cognitive motor control. Curr Opin Neurobiol 2000; 10(2): 238–241.

Ghazanfari A et al. Morphological changes of mesenchymal stem cells by cyclic stretch. International Conference on Biomedical Engineering and Informatics. 2008; 1: 737–747.

Giles LGF, Taylor JR. Low Back Pain Associated with Leg Length Inequality. September/October 1981. Volume 6. Issue 5. 87–93.

Hücklekempes. The High Hurdles New Studies in Athletics 1992-04.

Kavcic N, Grenier S, McGill SM. Determining the stabilizing role of individual torso muscles during rehabilitation exercises. Spine 2004; 29(11): 1254–1265.

Koulouris G, Connell D. Hamstring muscle complex: An imaging review. Radiographics 2005; 25(3): 571–586.

Kuipers H. Veranderingen in de skeletspier door training. Geneeskunde en Sport 1987; 20(2): 70–74.

Lazarus G, Cooper D, Knighton D. Definitions and guidelines for assessment of wounds and evaluation of healing. Newsletter of the Wound Healing Society 1992; 7–14.

Lussignoli S, Bertani S, Metelmann H et al. Effect of Traumeel S, a homeopathic formulation, on blood-induced inflammation in rats. Complement Ther Med 1999; 7: 225–30.

Mauro Al. Satellite cells of skeletal muscle fibers. J Biophys Biochem Cytol 1961; 9: 493.

McGill SM et al. Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine. J Electromyogr Kinesiol 2003; 13(4): 353–359.

O’Conner RS. Relaying the signal during myogenesis: Intracellular mediators and targets. In: Schiaffino S, Partridge T (eds.). Skeletal Muscle Repair and Regeneration. Heidelberg: Springer; 2008.

O’Sullivan P. Diagnosis and classification of chronic low back disorders: Maladaptive movement and motor control impairments as underlying mechanism. J of Manual Therapy 2005; 10: 242–255.

Orchard JW, Best TM, Mueller-Wohlfahrt HW, Hunter G, Hamilton BH, Webborn N, Jaques R, Kenneally D, Budgett R, Phillips N, Becker C, Glasgow P. The early management of muscle strains in the elite athlete: Best practice in a world with a limited evidence basis. Br J Sports Med 2008; 42(3): 158–159.

Orchard JW, Best TM, Verrall GMM. Return to Play Following Muscle Strains. Clinical Journal of Sport Medicine 2005; 15(6): 436–441

Orchard JW, Farhart P, Leopold C. Lumbar spine region pathology and hamstring and calf injuries in athletes: Is there a connection? Br J Sports Med 2004; 38: 502–504.
Pfister A, Koller W. Treatment of fresh muscle injury. Sportverletz Sportschaden 1990; 4: 41–4.
Richardson C, Hodges P, Hides J. Therapeutic exercise for lumbopelvic stabilization. 2. Auflage. Oxford: Churchill and Livingstone; 2004.
Schnitzer TJ. Update on guidelines for the treatment of chronic musculoskeletal pain. Clin Rheumatol 2006; 25 (Suppl 1): 22–9.
Sherry MA, Best TM. A Comparison of 2 Rehabilitation Programs in the Treatment of Acute Hamstring Strains. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy 2004; 34(3): 116–125.
van den Berg F. Muskel-Sehnen-Übergang. In: Angewandte Physiologie: Das Bindegewebe des Bewegungsapparates verstehen und beeinflussen. Band 1. Stuttgart: Thieme; 1999.
van den Berg F. Wundheilung. In: Angewandte Physiologie: Das Bindegewebe des Bewegungsapparates verstehen und beeinflussen. Band 1. Stuttgart: Thieme; 1999.
van den Berg R. ESP-Skript „Der Muskel-Sehnen-Komplex: Physiologie, Pathophysiologie und Adaptation“. ESP intern 2002.
van den Berg R. ESP-Skript „Leistungsphysiologie Explosiv Sport“. Esp intern 2002.
van Wingerden BAM . Woundhealing – Connective tissue in rehabilitation. Vaduz: Scipro; 1995.
Weineck J. Optimales Training, leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings. 15. Auflage. Balingen: Spitta; 2007.
Weineck J. Schnelligkeitstraining. In: Weineck J. Optimales Training. 15. Auflage. Balingen: Spitta; 2007.
Zernicke RF, Loitz BJ. Trainingseinflüsse auf das Bindegewebe. In: Komi PV. Kraft und Schnellkraft im Sport. Köln: Deutscher Ärzte Verlag; 1994.

Internetquellen

Academic Press. Brisbane. www.nhmrc.gov.au; abgerufen am 30.04.2009.
Weitere Informationen zu den Untersuchungsgruppen um Cheng www.stemcelllab.org; abgerufen am 30.4.2009.
Weitere Informationen zu den Untersuchungsgruppen um Goldspink www.pubget.com/profile/author/Goldspink%20G; abgerufen am 30.4.2009.



14 Fallbeispiel: Instabiles Kniegelenk – Ski alpin, Slalom

Arjen van Duijn

14.1 Vorstellung der Patientin

Simone J. ist alpine Skifahrerin. Sie ist 18 Jahre alt, noch Schülerin und im Jugendkader.

In ihrem rechten Kniegelenk hatte sie ein instabiles Gefühl nach einem Sturz beim Slalomtraining auf dem Gletscher Ende Juli.

Es liegt eine persistierende Instabilität vor nach einer Naht des medialen Meniskus vor 7 Wochen. Simone musste 6 Wochen mit 2 Unterarmstützen gehen und mit dem halben Körpergewicht teilbelasten. Seit einer Woche kann sie ohne Stöcke gehen und bemerkt in der Standbeinphase eine leichte Unsicherheit, ein instabiles Gefühl. Das gleiche Gefühl hatte sie auch schon in der Woche vor der Operation. Bisher hat sie selbst noch kein Mittel gefunden, dieses Symptom zu reduzieren. Die Schmerzen medial im Gelenksspalt sind sehr gering und nehmen seit 2 Wochen eher ab und stehen für sie deutlich im Hintergrund. Es sind leichte Schmerzen medial am rechten Knie, stechend, tief (2/10 auf der VAS), intermittierend bei schnellem Gehen und wenn sie länger steht.

14.2 Geschichte

Simone hat bereits eine Operation am rechten Knie hinter sich, das vordere Kreuzband (VKB) musste plastisch ersetzt werden (Hamstringplastik). Das war vor 9 Monaten im November des Vorjahres.

Hamstrings Plastik: Ersatz des rupturierten vorderen Kreuzbandes durch eine Semitendinosus Sehne, welche am gleichen Knie entnommen wird. Durch mehrmaliges Zusammenlegen bekommt das Transplantat die gewünschte Zugstärke und den nötigen Durchmesser. Sie wird dann durch Bohrkanäle eingeführt und in Femur und Tibia verankert. Diese Technik hat unter Chirurgen an Popularität gewonnen auf Kosten der Bone-Tendon-Bone-Technik, welche Teile der Tuberositas tibiae, Ligamentum patellae und der Patella als Transplantat verwendet (Beynnon et al. 2005).

Simone hat sich das vordere Kreuzband und das mediale Seitenband bei einem Riesenslalom gerissen, zudem wurde ein Bone bruise im rechten Femur mittels MRI festgestellt. Das vordere Kreuzband wurde direkt am Tag darauf mit einer Hamstrings Plastik operiert. Das mediale Seitenband wurde konservativ behandelt. Zur Regeneration des Bone bruise wurden 6 Wochen Teilbelastung verordnet. Die Rehabilitation verlief gut und Simone konnte nach 9 Monaten das Training auf dem Schnee wiederaufnehmen. Während der Vorbereitungsphase 1, im Juli, hat sie erstmals wieder auf dem Gletscher trainiert. In der zweiten Woche ist Simone während des Trainings auf dem Schnee erneut gestürzt. Sie spürte direkt über dem medialen Gelenksspalt einen Schmerz; das Knie schwoll nicht an, fühlte sich jedoch instabil an. MRI-Befunde zeigten ein intaktes VKB, jedoch einen kapselnahen Riss im medialen Meniskus. Dieser wurde eine Woche nach dem Sturz bei einem arthroskopischen Eingriff genäht. Der Operateur hat Simone über den Erfolg der Operation informiert. Das VKB wurde während des Eingriffs kon-

trolliert, es ist intakt und nur leicht elongiert. Die erste Rehabilitationsphase (Woche 1–6) wurde durch einen Physiotherapeuten in der Nähe des Wohnorts gemäß Schema des Operateurs durchgeführt und verlief komplikationslos.

Bone Bruise: Fraktur der Trabekulae der Substantia spongiosa im subchondralen Knochen. Entsteht wahrscheinlich durch Gewalteinwirkung. Sie kommt oft vor, wird aber erst, seit es das MRI gibt, diagnostiziert. Sowohl Nachbehandlung als auch Spätfolgen nach Bone Bruise werden kontrovers diskutiert. Oft wird abhängig von der Größe und Lokalisation (analog einer Fraktur) 4–6Wochen lang Teilbelastung verordnet (Boks et al. 2007).

Der kapselnahe Teil des Meniskus ist gut durchblutet. Fachliteratur besagt, dass eine Meniskusnaht indiziert ist, wenn die gerissenen Teile des Meniskus beide einen roten Aspekt haben und dass dieser Eingriff eine gute Prognose hat (Logan et al. 2009).

Weitere Informationen

Simone ist vom Zustand des rechten Kniegelenks abgesehen gesund und fühlt sich gut, sie hatte keine anderen Operationen. Das linke Knie ist in gutem Zustand. Sie nimmt keine Medikamente. Simone ist über die erneute Verletzung enttäuscht und findet, dass diese Saison nun auch verloren ist.

Operationsbericht

Der Eingriff am Knie wurde arthroskopisch durchgeführt.

- Die Inspektion der Kreuzbänder zeigte intakte Strukturen, jedoch eine leichte Elongation des VKB.
- Das laterale Kompartiment ist bland (reiz- und entzündungsfrei).
- Der Gelenksknorpel im lateralen Kompartiment ist in gutem Zustand.
- Im medialen Kompartiment zeigt sich ein 2 cm großer longitudinaler kapselnaher Defekt (also Rot in Rot). Dieser wird mit 4 Mitek-Ankern an der Gelenkskapsel refixiert.
- Der Gelenksknorpel im medialen Kompartiment ist ohne Besonderheiten.

Postoperatives Prozedere

- Teilbelastung für 6 Wochen.
- Mobilisation:
  - Flexion in den ersten 4 Wochen bis maximal 90 °, ab der 4. Woche bis 120 °, danach frei.
  - Extension: 4 Wochen lang nur bis 10 ° (Flexionsstellung), danach frei.

Problemanalyse nach der Anamnese

Simone ist eine sehr ambitionierte Skifahrerin, die sich vor ca. 1 Jahr eine VKB-Ruptur kombiniert mit einer medialen Seitenbandverletzung am rechten Knie zuzog. Das vordere Kreuzband wurde durch eine Hamstringplastik ersetzt.

Vor 8 Wochen zog sich Simone bei einem erneuten Skiunfall eine kapselnahe Meniskusläsion zu. Der mediale Meniskus wurde arthroskopisch refixiert. Postoperativ stellt Simone nun eine leichte Instabilität im Knie während der Standbeinphase fest.

14.3 Sportartanalyse Slalom Damen

Slalom ist die langsamste Disziplin, hat aber dafür technisch die höchste Beanspruchung. Der Höhenunterschied der Rennstrecken beträgt zwischen 140 und 200 m. Das Gefälle beträgt ca. 33–52 %. Die vertikale Distanz zwischen den Toren beträgt ca. 9 m, die horizontale Distanz ca. 2 m.

Wettkampfsituation

- Belastungsdauer: 1 min und 30 sec bis 1 min und 45 sec
- Durchschnittliche Anzahl an Toren: ca. 10 in 5 sec
- Durchschnittliche Geschwindigkeit: 60 km/h
- G-Kräfte in Kurven/Depressionen: ca. 2–3 G
- Hauptsächlich beanspruchte Muskulatur: Rumpf und untere Extremität (Quadrizeps, Glutäus maximus)

14.4 Physiotherapeutische Untersuchung

Inspektion

Diverse Narben am rechten Knie, gute Narbenverhältnisse. Es ist eine leichte Differenz der Oberschenkelumfänge sichtbar. Die Statik der Beine entspricht der Norm, es bestehen keine Abweichungen der Beinachse. Beide Beine werden symmetrisch belastet.

Funktionsuntersuchung

Es besteht keine Schwellung und nur eine sehr minimale Temperaturerhöhung rechts im Vergleich zum linken Knie.

Bändertests

- Vorderes Kreuzband: Beim Lachmann-Test kein Unterschied im Seitenvergleich.
- Mediales Seitenband: Beim rechten Knie ist ein leichtes Gapping in Extension möglich (5°), schmerzfrei.
- Weitere Tests für das laterale Seitenband, das hintere Kreuzband, der Schubladentests, Tests für die Patella, die Retinakuli und das Art. tibiofibulare proximalis sind ohne Befund.
- Dial-Test: 10° mehr Außenrotation des rechten Knies im Vergleich zu links. Dieser Test kann angewendet werden, um Instabilität in der Rotationsrichtung zu prüfen. Die hauptsächlich untersuchten Strukturen sind die posterolaterale Gelenkskapsel, oder auch das hintere Kreuzband.
- End of Range: Schmerz 2/10.
- Die Beurteilung des dorsomedialen Kapselanteils mittels Schubladentests in 90° Flexion kombiniert mit Außenrotation im Kniegelenk bringt keine deutlichen Unterschiede, in 45° Flexion ist eine leichte Differenz spürbar: Rechts hat das Knie ein wenig „Spiel“, jedoch schwierig objektivierbar. Dieser Test wird auch der Test des Slocum genannt und ist eigentlich ein Test für das Knie mit VKB-Ruptur: Zuerst wird (Knie in 90° Flexion und 0° Rotation) ein Schubladentest ausgeführt (ventrale Translationsmöglichkeit der Tibia wird abgeschätzt), dieser wird wiederholt mit 15° Außenrotation der Tibia: Wenn die ventrale Verschiebbarkeit nun gleich oder größer ist, kann dies bedeuten, dass die posteromedialen Strukturen beschädigt sind. Hier habe ich diesen Test mehr als funktionellen Test verwendet, um die Translation in Rotation beurteilen zu können (Lubowitz 2008; Robinson et al.).

Palpation

Mediales Seitenband auf Höhe des medialen Gelenksspalts schmerzhaft auf leichten Druck. Die Meniskustests, z. B. Steinmann 1, wurden bewusst nicht ausgeführt.

Aktive/passive Untersuchung

- Hier fällt eine leichte aktive und passive Einschränkung der Extension des rechten Kniegelenks auf (5° Streckdefizit).
- Links: aktiv/passiv = 0° Extension.
- Die Flexion beträgt rechts aktiv 130°, passiv 140°.

Diese Tests werden ausgeführt bis zum ersten Widerstand (R1), ohne Schmerz auszulösen.

- Die Innenrotation in 90° Flexion ist symmetrisch, die Außenrotation in 90° Flexion ist passiv rechts ca. 10° größer.

Ganganalyse

Simone hat beim Gehen keine Schmerzen. Videoaufnahmen des Gangbildes zeigen:

- Die Belastung des rechten Beins ist gut.
- Standbeinphase rechts: Das Knie wird gegen Mitte der Standbeinphase weniger gestreckt: (5° Streckdefizit). Auf Aufforderung ist eine aktive Korrektur auf 0° Extension möglich, dies geht gemäß Patientin nicht ohne Widerstand. Nach einigen Schritten mit Korrektur der Extension sieht man, von vorn betrachtet, eine leichte Innenrotation des Oberschenkels gegen Mitte der Standbeinphase. Dabei flektiert das Knie doch ein wenig und macht eine kleine Valgusbewegung. Dies ist auf der gesunden Seite nicht der Fall.
- Schwungbeinphase rechts: Die aktive Flexion erfolgt langsam und reduziert. Dies verursacht ein Hinkmuster.
- Bei Temposteigerung während des Gehens verstärken sich die oben genannten Zeichen.
- Treppen steigen geht gut. Treppabwärts kann sie nur mit dem operierten Bein vorausgehen, anderenfalls stellt sich unsicheres, „wackeliges“ Gefühl im Knie ein.

Krafttests

Ich frage Simone, ob sie einige Eckdaten ihres Krafttrainings notiert habe oder auswendig kenne. Sie kann sich an 2 Übungen, das Gewicht und das Wiederholungsmaximum erinnern. Ich wähle diese für einen Test aus und beginne mit der Leg Press für das Repetitionsmaximum mit 80 kg einbeinig (vor der Operation konnte sie im Training 30 Wiederholungen einbeinig mit 80 kg links und rechts ausführen). Sie schafft ohne Schmerz links 25, rechts 15 Wiederholungen.

Eine weitere ihr bekannte Übung mit bekanntem Gewicht habe ich nicht durchgeführt, mir aber die Daten notiert: das Repetitionsmaximum für Basic Squat mit 80 kg, präoperativ waren 12 Wiederholungen möglich.

Repetitionsmaximum: Da das Einwiederholungsmaximum in der Rehabilitation oft nicht messbar ist, kann man eine andere Methode wählen, bei welcher mittels 3–4 Versuchen bestimmt wird, welches Gewicht man über eine vorgegebene Anzahl Wiederholungen (z.B.: zwischen 8–12 Wiederholungen) anheben kann.

Um die Kraft der Hamstrings zu testen, führe ich einen manuellen isometrischen Test in Bauchlage mit 45° Flexion im Knie durch. Die Flexoren sind rechts schwächer als links. Zudem teste ich im Sitzen mit hängendem Unterschenkel die Kraft der Außen- und Innenrotatoren des Kniegelenks. Im Seitenvergleich sind die Rotatoren rechts schwächer.

Die Muskulatur der Fußgelenke teste ich manuell und funktionell (Calf raises, Fersengang und Wackelbrettchen). Es gibt keinen Unterschied zwischen links und rechts.

Bei der isometrischen Kraftmessung der Abduktoren des Hüftgelenks fällt ein deutlicher Unterschied zwischen rechts und links auf. Rechts sind die Muskeln wesentlich schwächer.

Die dynamischen Rumpfkrafttests zeigen ein Missverhältnis zwischen der ventralen und dorsalen Rumpfmuskelkette; die ventrale Rumpfkette ist stärker (ventrale Kette: 4 min, dorsale Kette: 1 min). Die seitliche Rumpfkette ist mit Abstand am schwächsten (30 sec links und rechts).

Ich verwende einen einfachen, praktikablen, dynamischen Rumpfkrafttest, so wie dieser in Magglingen entwickelt wurde. Intraindividuelle Vergleiche sind gut möglich (Tschopp 2001).

Neurologische Untersuchung

Der Test des Positionssinns des Knies im Sitzen ist ohne Befund. Im Weiteren stelle ich ein Hautgebiet mit Hypästhesie distal medial der Operationsnarbe, die von der VKB-Operation stammt, fest. Es ist ein etwa 15 cm² großes Hautareal. Ein Narbenneurom liegt nicht vor.

Koordinative Tests

Durch diverse einfache Tests auf Wackelbrett und Kreisel sowie auf dem Multifunktionstrainingsgerät (MFT) gewinne ich einige subjektive Eindrücke. Von objektiven Messungen mittels Geräten sehe ich ab.

Im Einbeinstand mit geschlossenen Augen schwankt Simone deutlich mehr auf dem rechten Bein als auf dem linken. Bei Step-ups auf den Kreisel wird wiederum eine leichte Innenrotation des Oberschenkels kombiniert mit leichter Valgisierung im Knie sichtbar. Nach Aufforderung kann Simone die Position korrigieren.

Kniebeugen im Zweibeistand auf dem MFT zeigen, dass das Brett häufiger auf der gesunden Seite den Boden berührt als auf der operierten Seite, was auf eine unbewusste Verlagerung des Körpergewichts auf die gesunde Seite hinweist.

MFT: Ein Disc (Kreisel), welcher die Möglichkeit bietet, einfache Analysen zu machen aber auch elektronische Messung der Koordination und des Gleichgewichts ermöglicht (http://www.mft.at/index.php).

14.5 Sportphysiotherapeutische Diagnose

Es besteht eine leichte strukturelle Instabilität in rotatorischer Richtung, die auf die Elongation des VKB zusammen mit Überdehnung des posterolateralen Komplexes des Knies zurückzuführen sein könnte. Der Schaden am Meniskus wird vorerst als Folge dieser strukturellen Instabilität eingestuft, obwohl hier auch andere Hypothesen möglich wären. Das Trauma im Juli mit Läsion des Meniskus wäre auch ohne die VKB-Pathologie in der Vorgeschichte möglich gewesen. Die Menisken sind bei diesem Verletzungsmechanismus auf jeden Fall gefährdet. Sie sind eine wichtige Struktur für das Steuern und Zentrieren der Bewegungen des tibiofemoralen Gelenks.

Die Patientin ist nicht imstande, diese Instabilität mittels Propriosensorik und Muskelaktivität zu kompensieren, dies manifestiert sich im oben beschriebenen Gangbild. Zusätzlich ist die Beweglichkeit des Kniegelenks aktiv und passiv eingeschränkt. Auch das beeinflusst das Gehen.

Die Mobilität und die Muskelkraftdefizite des rechten Beines sind auf die postoperative Immobilisation und verordnete Teilbelastung nach der Arthroskopie zurückzuführen. Prädisponierende Faktoren sind die Schwäche der Abduktoren des Hüftgelenks und die Schwäche der Rumpfmuskulatur.

Simones Erwartungen

Simone möchte nach ihrer zweiten Knieverletzung so schnell wie möglich zurück auf den Schnee. Sie will sich natürlich nicht wieder verletzen und erwartet, dass sie die leichte Instabilität des Knies mittels Training kompensieren kann. Simone setzt voll auf die Physiotherapie. Sie hat Vertrauen in die Therapie und will detailliert wissen, wie die Rehabilitation geplant wird, damit sie selbst optimal mitarbeiten kann.

Darstellung der Problematik nach der ICF

- rechtes Kniegelenk, Status nach VKB-Ersatz (Hamstringplastik) und Meniskusnaht

- leichte strukturelle und funktionelle Instabilität des rechten Knies, Bewegungseinschränkung der Flexion und Extension im rechten Kniegelenk, Kraftverlust rechts
- Einschränkungen der Aktivitäten: Gangbild ist gestört, Treppen abwärts gehen nicht möglich
- Partizipation: Skifahren ist nicht möglich
- persönliche Faktoren: Enttäuschung über erneute Verletzung, dennoch sehr motiviert und ambitioniert
- externe Faktoren: Saisonbeginn, Saisonziele

14.6 Therapieziele

Nahziele (Woche 7–10)

- Erreichen der vollen Mobilität in Extension
- Reduzieren der Flexionseinschränkung, Erreichen des vollen Bewegungsausmaßes gegen Ende der Woche 7
- Stabilitätstraining des Kniegelenks mittels einfachen Koordinationsübungen, Ziel ist die rotatorische Stabilität für die ADL und „lineare Sportarten“ (running)
- Kraftaufbau: anfänglich mit Kraftrehabilitationssystem (KRS) für das Knie

KRS Kraft-Rehabilitations-Schema: System, mit dem der Patient in der Rehabilitation das Krafttraining durchführen kann. Es ist besonders geeignet für Sportler mit Erfahrung im Krafttraining, weil eine systematische Progression im Aufbau des Trainings möglich ist. Quelle: ESP Sportphysiotherapie Kurse.

- spezielle Übungen für die Abduktoren des Hüftgelenks
- Rumpfkrafttraining. Schwäche der Abduktoren und Außenrotatoren des Hüftgelenks erhöhen die Möglichkeit einer Knieverletzung, weil der Oberschenkel bei schwerer Belastung in eine Adduktion/Innenrotation sinkt, was in geschlossener Kette zu einer Valgus-/Außenrotationsbelastung des Knies führen kann (Leetun 2004).

Fernziele (Woche 11–15)

- Kraftaufbau: Transfer vom KRS zum Sprung- und Lauftraining
- Stabilitätstraining mit schwierigen Koordinationsübungen, gezielt für die rotatorische Stabilität
- komplexe Trainingsformen mit dem sportspezifischen Charakter Kraft und Koordination zu kombinieren

Tab. 14.1 Prognose: günstige und ungünstige Faktoren

Günstige Faktoren	Ungünstige Prognose
intaktes vorderes Kreuzband, stabilisiert gegen die Translation in der Sagittalebene	strukturelle Instabilität des Kniegelenks in Richtung Rotation und Valgus
gutes Heilungspotenzial des Meniskus bei kapselnaher Läsion	positiver Dial-Test rechts, der mit der vergrößerten Außenrotation des Unterschenkels zusammenhängen kann (oder der Innenrotation des Oberschenkels in geschlossener Kette)
relativ geringer Kraftverlust	funktionelle Instabilität: Unvermögen, die strukturelle Instabilität aktiv zu kontrollieren
sehr motivierte Sportlerin	
genügend Zeit für die Rehabilitation und sekundäre Prävention vor Saisonbeginn	

- komplexe Trainingsformen mit dem sportspezifischen Charakter Kraft und Koordination zu kombinieren, als Erschwerung mit sportartspezifischer Erschöpfung

Endziel

- Reintegration in das Mannschaftstraining bis Mitte Dezember, erste Skirennen im Januar

Prognose

In **Tab. 14.1** werden die günstigen und ungünstigen Faktoren der Prognose gezeigt.

14.7 Therapieplanung

Simone hat jetzt 3 Jahre Erfahrung mit Krafttraining und daher noch kein Training im Bereich Maximalkraft absolviert. Den Rahmen für die Rehabilitation setzen die Phasen der Wundheilung (**Tab. 14.2**). Innerhalb dieses Rahmens bestimmen gewisse Kriterien, ob eine Progression zur nächsten (schwierigeren) Übung möglich ist. Die Kriterien haben meistens subjektiven Charakter wie z. B. die Bewegungsqualität und dienen in der Regel als Parameter für den Wiederbefund. Ein Therapeut kann mit geschultem Auge und mit Unterstützung von Hilfsmitteln

Tab. 14.2 Einteilung der Knierehabilitation in die Phasen der Wundheilung

Phase/ Dauer	Dauer	Physiologie	Verhalten/Behandlung	Wiederbefundsparameter
akute Phase	▪ Meniskus: keine starke Ausprägung der akuten Phase ▪ Kapsel Fibrosa: 5–7 Tage ▪ Kapsel Intima, Hydrops/ Synovia: 5–7 Tage	▪ vaskuläre und zelluläre Phase mit Calor, Dolor, Rubor, Tumor, Functio laesa	▪ Entlastung an Gehstöcken ▪ Ruhe ▪ Lagerung ▪ sehr sanfte Mobilisation ▪ Patienteninformation	▪ Schwellung ▪ Temperatur ▪ Mobilität des Kniegelenks ▪ Beachten, ob sich die akute Phase richtig entwickelt mit Abnahme der typischen physiologischen Prozesse dieser Phase ab dem 3. oder 4. Tag
Proliferationsphase	▪ Meniskus:Faserknorpel Rot in Rot ca. 6 Wo. ▪ Kapsel Fibrosa: 21 Tage ▪ Kapsel Intima: 7 Tage, dann entspricht Synovia der Norm	▪ Fibroblastenaktivität hoch ▪ nichtspezifisches Bindegewebe Typ 3 wird produziert ▪ provisorische Heilung durch Myofibroblasten ▪ Wundkontraktion	▪ Motto: „Viel bewegen ohne Schmerz“ ▪ Mobilisation in alle Richtungen ohne übermäßige Spannung auf die Naht ▪ keine Beschleunigung in der Bewegung, ▪ Koordination, Stabilität und Kraft in der erlaubten ROM trainieren ▪ keine Provokation eines C-Faser-Schmerzes, sonst droht ein Rückfall in die akute Phase	▪ stetiger Fortschritt der ROM ▪ deutliche Abnahme der Schmerzen (VAS) ▪ keine Zunahme der Schwellung (Umfangmessung) oder Schmerzen während und nach der Therapie (subjektiver Parameter)
Remodellierungsphase	▪ Meniskus: ab 6. Wo. ▪ Kapsel Fibrosa: ab 21 Tage	▪ Ersatz des Typ-3-Gewebes durch Typ 1 und 2 ▪ Reinnervation der Struktur und Reintegration derselben ins Körperschema ▪ Zunahme der Stabilität auf Basis funktioneller Belastung	▪ stetige Steigerung der Belastbarkeit der Strukturen durch systematische Steigerung der Belastung ▪ propriosensorisches Training mit Steigerung im Schwierigkeitsgrad ▪ sportspezifisches Training und Bewegungsabläufe ▪ Wiederaufnahme des normalen Trainings	▪ Kraftmessung: ▪ Zunahme der Muskelkraft. ▪ Messen der Bewegungsschnelligkeit ▪ konzentrisch ▪ exzentrisch ▪ optimale Winkelposition (Links-rechts-Vergleich) in Ausgangsstellungen und Endstellungen der Sprungformen, ▪ Beschleunigung und Dezeleration (Video) ▪ Qualitätskriterien als Wiederbefundparameter für die Koordination (Video)

Tab. 14.3 Anschluss des Rehabilitationsplans (Übersicht) an die Saisonplanung

Dauer	Saisonphase	Zielsetzung	Heilungsphase
Dezember bis März	Wettkampfphase	Erhalten der Wettkampfform Kraft, Ausdauer usw.	
April bis Juni	Vorbereitungsphase 1	Erholung 2–3 Wo., dann Kraft, Ausdauer usw.	
Juli	gehört zur Vorbereitungsphase 1	Schneetraining	akute Phase: 1 Wo.
August bis Oktober	Vorbereitungsphase 2	Kraft Schnellkraft, Plyometrie, komplexes Training, etc.	Proliferationsphase: 6 Wo. Remodellierungsphase: 6 Wo.
November	gehört zur Vorbereitungsphase 2	Schneetraining	Übergang Schnee: 2 Wo. Schneetraining: 2 Wo.

Tab. 14.4 Planung der Rehabilitation in der Remodellierungsphase

Woche	Beweglichkeit	Ausdauer	Kraft		Koordination
Woche 7	ROM steigern	3 × Fahrrad Tempo der extensiven Dauermethode 20 min	Beginn mit KRS 3		statisch
Woche 8	ROM voll	3 × Fahrrad Tempo der extensiven Dauermethode 30 min	KRS 4		dynamisch
Woche 9		3 × Stepper Widerstand schwer (langsam) 30 min	Transfer zur extensiven Wiederholungsmethode Methode		Schwerpunkt: Differenzierungsfähigkeit
Woche 10		3 × Stepper Widerstand mittel (mittelschwer) 40 min	intensive Wiederholungsmethode Methode		Schwerpunkt: Gleichgewichtsübungen
Woche 11		2 × Stepper Widerstand leicht (schwer) 30 min	Transfer zu konzentrisch/ exzentrisch		Schwerpunkt: Reaktion
Woche 12		2 × Run Tempo der intensiven Dauermethode 30 min	Prestretch Plyometrie		Schwerpunkt: Kopplung
Woche 13		2 × Run Tempo der intensiven Dauermethode 30 min	komplexe Methode	beschleunigen abbremsen	Schwerpunkt: Kopplung
Woche 14		2 × Run Tempo: Tempo an der anaeroben Schwelle 15 min	sportspezifische Übungen	Sprint und Sprung mit 90 sec Belastung	Schwerpunkt: Rhythmisierung

wie Referenzpunkten am Bewegungsapparat oder Videos die Progression der Sportlerin „messen".

Tab. 14.3 zeigt den Anschluss des Rehhabilitationsplans an Simones Saisonplanung.

Da das Ende der Rehabilitation praktisch an das letzte Schneetraining und somit an die Wettkampfphase anschließt, muss bis zum Ende der Remodellierungsphase der Wundheilung ein sehr hohes Leistungsniveau erreicht werden. **Tab. 14.4** zeigt eine Übersicht zur Planung dieser Phase.

14.8 Therapie

Vor Beginn der Therapie rief ich den behandelnden Arzt an. Ich wollte seine Einschätzung zum Befund des Dial-Tests und zu der vergrößerten Außenrotation hören. Der Arzt entschied, dass zu diesem Zeitpunkt kein weiterer Eingriff notwendig sei, um dieses Problem zu lösen. Er hält die konservative Therapie für vielversprechend.

14.8.1 Behandlungsverlauf der Woche 7

Es ist der Beginn der Remodellierungsphase.

Mobilität

Ich führe passive Mobilisationen des Kniegelenks für die Verbesserung der Flexion und Extension durch. Der Widerstand im Gelenk ist gering und der Fortschritt gut. Simone hat keine Schmerzen während oder nach der Therapie (Kap. 4.3).

Am Ende dieser Woche ist die Extension links und rechts gleich, die Flexion beträgt 120° aktiv und passiv.

Koordination

Der Aufbau der Koordination folgt einer Systematik: propriozeptive Schulung (Reintegration der Struktur im ZNS), statische Stabilisation, dynamische Stabilisation, mehrere Gelenke und Bewegungsebenen hinzufügen, instabile Untergründe, komplexe Bewegungen, sportspezifische Übungen.

Gleich im Anschluss an die Mobilisationen führen wir die ersten Koordinationsübungen durch. Wir konzentrieren uns auf Übungen, die deutlich statischen Charakter haben und nur das Kniegelenk involvieren: Stabilität der Extension zwischen 0° und 15° Flexion, damit sich das Gangbild verbessert. Außerdem macht Simone Übungen, die sich auf die aktive Kontrolle der Beinachsen auf dem

Kreisel und auf dem Wackelbrett im Einbeinstand konzentrieren (Kap. 4.3).

Ich möchte, dass die Patientin die Bewegung zwischen ca. 20° Flexion bis zur vollen (Hyper-) Extension so schnell wie möglich aktiv kontrollieren kann. Hierfür verwende ich Übungen, in der offenen als auch der geschlossenen Kette. Somit wird das Gangbild verbessert und sekundäre Beschwerden werden vermieden.

Gleich im Anschluss an diese Übung beobachte ich das Gangbild. Die Unsicherheit während des Gehens in der Standbeinphase war zu Beginn der Woche noch vorhanden und gut sichtbar (Innenrotation des Oberschenkels und leichte Valgisierung des Kniegelenks). Gegen Ende der Woche waren diese Abweichungen kaum noch zu sehen (Videodokumentation). Das unsichere Gefühl hatte sich für Simone subjektiv allerdings noch nicht verändert.

Kraft

Direkt im Anschluss an die Koordination führten wir ein Krafttraining durch für die untere Extremität mit Basic Squat, Squat lunge, Step-ups, Calf raises, Good mornings. Die Hauptübungen führte ich nach KRS-System (KRS 3) durch. Übungen, die das Knie nicht direkt involvierten, wurden mittels Try-out ein 20 RM ermittelt. Neben diesen Übungen habe ich für Simone ein Rumpfkraft-Trainingsprogramm zusammengestellt, Dauer ca. 15 min. Es waren dynamische Übungen, die vor allem die seitliche Rumpfmuskulatur stärken. Diese Übungen wurden so konzipiert, dass auch die Abduktoren des Hüftgelenks integriert werden konnten: seitliche Rumpfkette, seitlicher Hampelmann.

Ausdauer: Fahrradergometer

Die Ausdauer zielte in dieser Woche nicht auf eine konditionelle Verbesserung. Viel wichtiger war mir, dass das Knie auch zyklischen Belastungen ausgesetzt wurde, ohne eine Schwellung zu provozieren. Schwellung und Erwärmung waren dabei die Parameter für den Wiederbefund. Tempo: gemütlich (D 3), Dauer: 20 min. Das Knie blieb bei dieser Belastung symptomfrei.

Status Ende der Woche 7

- Mobilität:
  - die Extension war links und rechts gleich
  - die Flexion erreichte rechts 145°
- Kraft:
  - Basic Squat
  - KRS 3, 20 Wiederholungen mit 60 kg
- Koordination:
  - die Beobachtung des Gangbilds ergab ein normales Bild
  - die Patientin fühlte sich unsicher
- Ausdauer: keine Schwellung nach 20 min Fahrradergometer

14.8.2 Behandlungsverlauf der Woche 8

Im Lauf dieser Woche fiel Simone auf, dass sich das Knie beim Gehen und während des Trainings stabiler anfühlt.

Mobilität

Simone führte die Mobilisation der Flexion selbst durch und konnte Ende der Woche in die Hocke gehen, ohne Einschränkung und ohne Schmerz.

Koordination

Es ist unmöglich, die untere Extremität in der geschlossenen Kette nur mit einem Gelenk zu bewegen. Ich versuche jedoch, primär Übungen zu konzipieren, bei welchen alle Gelenke in einer Ebene (z.B.: Sagittalebene) bewegen. Später versuche ich systematisch, die anderen Gelenke vermehrt mit einzubeziehen. Schlussendlich versuche ich, mehrere Ebenen hinzuzufügen.

Wir gestalteten die Übungen schwieriger, indem wir vermehrt Bewegungen anderer Gelenke einbezogen, z. B. mittels Ausfallschritten auf einen Kreisel (seitlich und vorwärts, s. Kap. 4.3).

- Zudem habe ich versucht die Konzentration auf die Stabilität des Knies in Richtung Außenrotation zu richten. Da auch diese Übungen zufriedenstellend ausgeführt werden konnten, haben wir sie erschwert und den Kraftaspekt erhöht: seitliche Step-ups auf ein Wackelbrett, das auf dem Step stand.

In dieser Phase möchte ich noch keine Bewegungen mit Beschleunigung durchführen, weil diese potenziell gefährlich für das Bindegewebe (Bindegewebe Typ 3) sind. Stattdessen versuche ich, die Übung mittels Gewicht zu erschweren. Bisher wurden auch noch keine schnellen Bewegungsabläufe geübt. Somit sind die schnellen Muskelfasern auch noch nicht beansprucht.

Kraft

Da Simone im Kraft-Rehabilitations-System (KRS) 3-mal das Gewicht steigern konnte, wechselten wir auf das KRS 4. Sie konnte schon bald stabil die Hauptübungen (Basic Squat, Dead Lift, Squat Lunges) durchführen.

Weiter habe ich mit manuellem Widerstand am Fuß in der offenen Kette die Kraft der Muskulatur, die bei der Rotation im Kniegelenk involviert ist, auftrainiert, z. B. die des M. popliteus. Wir übten das in verschiedenen Ausgangsstellungen und in verschiedenen Flexionswinkel des Kniegelenks.

Der M. popliteus ist ein kleiner Muskel, welcher angesichts seines Ursprungs, Ansatzes und Verlaufs imstande ist, in der geschlossenen Kette die Rotationsstabilität aktiv zu kontrollieren (Außenrotation des Femur).

Die seitliche Rumpfkraft hatte sich deutlich verbessert. Möglich waren die seitliche Rumpfkette mit 60 Wiederholungen links und rechts, bevor ein Koordinationsverlust auftrat. Da die ROM des Knies links und rechts gleich war, machen wir gleich anfangs Woche ein Try-out mit Basic Squat, um zu schauen, wie sich die Kraft entwickelt hat.

Gerade die seitliche Rumpfkette ist wichtig für Skifahrerinnen. Viele Kräfte wirken von der unteren Extremität auf die Wirbelsäule ein und müssen aufgefangen werden. Die Schulung der Propriozeption der Wirbelsäule ist ein wichtiges präventives Training (Zazulak et al. 2007).

Ausdauer

Hometrainer: Tempo D1, Dauer 30 min. Dies verlief erwartungsgemäß gut: keine Schwellung, keine Erwärmung des Knies.

Ein Knie reagiert auf Reizung sehr schnell mit Schwellung. Dies hat zur Folge, dass die Koordination negativ beeinflusst wird. Um dies zu verhindern, kontrolliere ich mittels Messungen an mehreren Stellen, welche Belastungen zur Schwellung führen. Die Patientin muss die Schwellung auch selber nach diversen Aktivitäten kontrollieren (Palmieri-Smith et al. 2007).

Status Ende der Woche 8

- Mobilität:
  - frei beweglich
  - schmerzfrei
- Koordination: Übungen mit schwierigem Charakter werden gut gemeistert
- Kraft:
  - KRS 4
  - Basic Squat mit 80 kg wurden in Range (8–14 Wiederholungen) ausgeführt
- Ausdauer: keine Schwellung und keine Schmerzen während des Trainings

14.8.3 Behandlungsverlauf der Woche 9

Kraft

Wir haben Anfang der Woche einen Wiederbefund für die Kraft durchgeführt:

- Basic Squat: Wir haben in das Wiederholungsmaximum (RM) für 80 kg eruiert. Dies ergab 10 Wiederholungen. Dies sind etwa 2 Wiederholungen weniger als vor der Operation.
- Auf der Leg Press konnte Simone mit 80 kg 30 Wiederholungen problemlos durchführen, dies entspricht etwa dem Trainingsniveau vor dem Unfall.
- Die Hauptübungen wurden mit dem KRS 5 mit 90 kg bis Ende der Woche erreicht. Dies ist gemäß Simone auch etwa die Kraft, die sie vor dem Unfall hatte.

Ich habe diese Woche bewusst das Krafttraining vor das Koordinationstraining gesetzt. So konnte Simone die gleichen Koordinationsübungen wie in der Vorwoche trainieren, jedoch nun in leicht erschöpftem Zustand (Kap. 4.3).

Koordination

Wir haben die gleichen Übungen wie in Woche 8 genutzt. Zu Beginn der Woche war die Bewegungsausführung sichtbar schlechter (die Valgisierung während der Bewegung trat immer wieder auf), jedoch schon in der Mitte der Woche wurde Simone sicherer und die Bewegungsqualität verbesserte sich.

Ausdauer

Auch hier konnten wir einen Erfolg verbuchen: Der Stepper stellt eine leichte Steigerung der Belastung des Knies dar und wurde gut absolviert. Jetzt kann man wirklich von Ausdauertraining sprechen, denn Simone wird nach 30 min auf dem Stepper müde.

Status Ende der Woche 9

- Kraft:
  - KRS 5 wurde „stabil“ durchgeführt.
  - der Test auf der Leg Press ergibt: 30 RM ist 80 kg.
- Koordination: nach kleinen Startschwierigkeiten wurden schwierige Aufträge im Anschluss an das Krafttraining gut gemeistert.
- Ausdauer: 30 min Stepper „leicht“ ohne Probleme gemeistert.

14.8.4 Behandlungsverlauf der Woche 10

Kraft

Wir wechselten vom KRS zur Intensiven Wiederholungsmethode. Ziel war, dass Simone in dieser Woche noch etwas an Kraft zulegen konnte. Dies geschah leider nicht. Ich vermute, wir sind wirklich auf dem alten Trainingsniveau angekommen und die Progression wird langsamer sein.

Koordination

Simone hat fleißig in der Halle geübt. Sie fühlt sich subjektiv sicherer und das Vertrauen in das Knie ist gut, zumal sie merkt, dass sie aktiv die Beinachse besser halten kann. Sie sagt, sie kann jetzt ihre Konzentration vom Knie weg auf anderes richten, ohne die Stabilität zu verlieren. Somit ist das Ziel erreicht. Übungen, an denen viele Gelenke beteiligt sind und die mit „Ablenkung“ ausgeführt werden, können bei niedriger Bewegungsgeschwindigkeit gut kontrolliert ausgeführt werden.

Ausdauer

Stepper: 40 min, mittlerer Widerstand, zufriedenstellende Ausführung.

14.8.5 Behandlungsverlauf der Woche 11

Kraft

Da Simone zu diesem Zeitpunkt etwa gleich kräftig war wie vor der Operation, haben wir uns überlegt, wie wir weiterverfahren sollten. Wir besprachen uns mit dem Trainer und glichen unser Programm mit dem Programm der Vorbereitungsphase 2 ab (Kap. 1.3).

Wir kamen zu folgendem Schluss: Statt des Krafttrainings mit dem Schwerpunkt des Rekrutierens der Anzahl Fasern konzentrieren wir uns nun auf das Krafttraining, bei dem die Rekrutierung der Fasern in möglichst hoher Geschwindigkeit (Rekrutieren in Zeit) im Vordergrund steht. Für diesen „Transfer" nutzten wir die Bewegung „Sprung". Der Sprung ist eine Basisbewegung für Bewegen der unteren Extremität. Das normale Krafttraining wurde reduziert weitergeführt.

Transfertraining ist der Wechsel von Krafttraining (bei dem die Anzahl der rekrutierten Muskelfasern im Zentrum stand), zu Trainingsmethoden, welche die Bewegungsgeschwindigkeit erhöhen (Rekrutieren der Anzahl Muskelfasern in Zeit).

Koordination

Gegen Ende der Woche führte Simone die Kraft- und Koordinationsübungen kombiniert aus. Sie hatte keine Probleme mit dem Knie. Sie konnte sich gut auf die Beinachse konzentrieren. Auch wenn wir Übungen ausführten, bei denen die Rotation stabilisiert werden musste, z. B. Sprünge auf dem Kreuz mit halber Drehung des Körpers im Uhrzeigersinn. Das ist eine Bewegung, die schwer zu stabilisieren ist, weil der Oberkörper über dem Standbein dreht, was eine Valgusbewegung im Kniegelenk provoziert.

Ich versuche, Bewegungen welche typisch sind für den VKB-/Meniskus-Verletzungsmechanismus, langsam aufbauend in die Übungen zu integrieren. Wir beginnen mit Bewegungen, bei denen zunächst die Lendenwirbelsäule, dann die Adduktion und Innenrotation des Hüftgelenks stabilisiert werden muss. Praktisch gleichzeitig wird die Valgusbewegung stabilisiert und dann auch die Außenrotation der Tibia mit Pronation des Fußes. Ziel ist es, dass die Patientin während den Übungen immer mehr Gelenke stabilisiert und keine dieser oben genannten Bewegungen zulässt. Das bedeutet, sie muss die Beinachse kontrollieren (Sell et al. 2005; Leetun et al. 2004).

Ausdauer

Da Simone die Sprünge gut beherrschte, übte sie kurz einige Elemente aus dem Lauf-ABC und absolvierte anschließend ein Lauftraining auf dem Laufband; Tempo: D3, Dauer: 20 min (Kap. 4.3).

Ich bevorzuge es, zuerst die Sprungbewegung aufzubauen. Erst wenn zyklisch aneinandergereihte Sprünge technisch korrekt ausgeführt werden, wechsle ich auf die Laufschule. Die Übungen werden dann relativ schnell gemeistert, es bedarf nur weniger Korrekturen und das Laufmuster zeigt oft nur geringe Abweichungen.

14.8.6 Behandlungsverlauf der Woche 12

Kraft/Koordination

Wir haben zu Beginn der Woche den Schwierigkeitsgrad wiederum erhöht. Simone übte unter leichter Vorermüdung z. B. Basic Squats mit anschließend 30 sec zyklischen Sprüngen kombiniert mit 90° Rotation. Es fiel auf, dass sie das Knie am Ende der Übung in den letzten 10 sec nicht mehr stabilisieren konnte. Den Rest der Woche machte sie deshalb koordinativ einfache zyklische Sprungübungen, die 1 min dauerten.

Am Ende der Woche sollte Simone die Übung vom Wochenanfang wiederholen. Sie konnte sie qualitativ deutlich besser absolvieren. Wir werden uns auch nächste Woche noch auf die Stabilisation des Knies unter Vorermüdung konzentrieren.

Die Rumpfkraft wurde in das Training integriert: Die seitliche Rumpfkette haben wir speziell kombiniert mit der Standbeinphase. Auf einer umgekehrten Langbank, die parallel zur Turnhallenwand steht, wird nach jedem Schritt seitlich ein Medizinball mit voller Wucht an die Wand geprellt und wieder gefangen.

Diese Übung integriert viele Aspekte: Gleichgewicht während der Standbeinphase, Beschleunigungs-/Rotationskräfte für LWS, Hüfte, Knie und Fuß, Stabilisation der Gelenke beim Werfen und Fangen, Ablenkung durch einen Ball.

Ausdauer

Simone hat nur 2 Trainings gemacht (ein D1 und einen Tempo-Dauerlauf), da sie mit schweren Trainingsformen (komplexe Methoden) übt und ich eine gute Erholung erreichen wollte.

In dieser Phase werden eine Kraftübung (Kniebeugen) und direkt im Anschluss eine funktionelle Übung, die sehr ähnlichen Charakter hat (Hürdensprünge), durchgeführt. Es ist eine schwere Trainingsmethode.

14.8.7 Behandlungsverlauf der Wochen 13 und 14

Kraft/Koordination

Wir haben uns nochmals auf die Übungen mit stark sportspezifischem Charakter konzentriert. Die Belastungsdauer während der Sprungübungen wurde auf die Wettkampfdauer verlängert (bis zu 2 min) und damit die Bewegung dem Sport sehr ähnlich gestaltet. Zum Einsatz kamen z. B. Sprünge über eine Langbank kombiniert mit Slalombewegung durch Malstäbe.

Weiter haben wir die Rumpfkraftübungen und Stabilisationsübungen vermehrt mit der Reaktionsfähigkeit kombiniert, dies mithilfe der Slackline oder durch

das Balancieren auf der Hantelstange und auf Pezzibällen. Grundsätzlich wurde die Übungen so gestalten, dass sie eine Valgisierung und Rotation im Knie provozierten, gegen die Simone stabilisieren musste. Der Schweregrad der Übung in Bezug auf Kraft und Koordination waren nun vergleichbar mit den Belastungen, die beim Skifahren auf das Knie wirken. Simone realisierte, dass ihr Knie funktionell wieder stabil ist. Zum Einsatz kamen

- Krafttraining: 1 × extensive Wiederholungsmethode
- Ausdauer: 2 × D 3, Tempo und Dauer so, dass die Regeneration unterstützt wird

Die Slackline ist ein ca. 2 cm breites Band, welches zwischen zwei Pfosten aufgespannt werden kann. Es ist ein Trainingsmittel für Gleichgewichtsübungen (ähnlich einem Seiltänzer) und ist ideal für den Skisport geeignet, weil der Akzent – wie beim Skifahren – zu einem großen Teil auf seitliche Bewegung, Gleichgewicht und Stabilität gelegt wird.

Status am Ende der Woche 14

Ich führte abschließend noch einige Tests durch, damit ich Simones Trainer einen mündlichen Übergabebericht geben konnte:

- dynamischer Rumpfkrafttest:
  - seitliche Rumpfkette 50 % Verbesserung
  - die anderen Richtungen 30 % Verbesserung
- Beinkraft:
  - Basic Squat mit 80 kg und 12 Wiederholungen
- manuelle Tests: symmetrische gute Kraft
- Ausdauer: kein Test durchgeführt
- weitere Tests: Die Außenrotation und der Dial-Test entsprechen noch dem Erstbefund.

Ich konnte während der Therapie Simones Fortschritte beobachten und denke, sie ist nun bereit für das Training mit dem Team. Sie wird wieder vollumfänglich trainieren können und, sobald das Wetter es zulässt, auch wieder das erste Schneetraining absolvieren können.

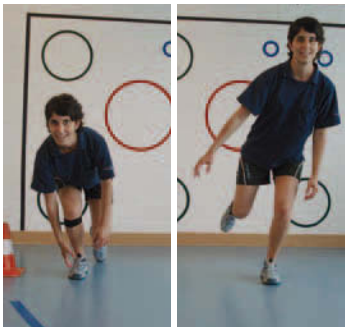
Tab. 14.5 Sprungtraining. Der Sprung als Basisbewegung der unteren Extremität

Nr.	Ausgangsstellung	Bewegung	Endstellung	Beschreibung	Abbildung	Bemerkungen
Teil 1: Konzentrisch beschleunigen bis zum Sprung, Landung immer auf dem gesunden Bein						
1	Basic Squat	langsam konzentrisch beschleunigen	Stand	gesundes Bein stärker belasten		bei allen Übungen muss die LWS in neutral stabilisierter Lordose bleiben
2	Basic Squat	langsam konzentrisch beschleunigen	Stand	operiertes Bein vermehrt belasten, bis 50 : 50		Lordose gut beobachten, zudem Beinachsenkorrektur
3	Basic Squat	konzentrisch beschleunigen	Stand	beide Beine etwa gleich belasten, mehr Geschwindigkeit aufbauen		keine Sprunge, Lordose
4	Basic Squat	konzentrisch beschleunigen	Stand	operiertes Bein mehr belasten		Geschwindigkeit aufbauen, Lordose

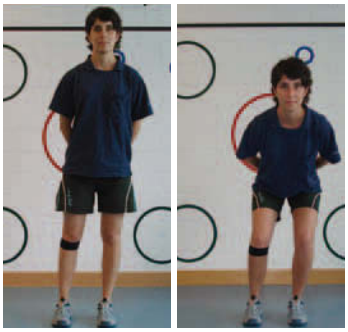
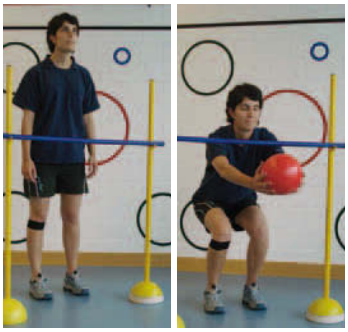
Tab. 14.5 Fortsetzung

Nr.	Ausgangs-stellung	Bewegung	Endstellung	Beschreibung	Abbildung	Bemerkungen
4.a	Basic Squat	konzentrisch beschleunigen	Stand	schnelle konzentrische Beschleunigung, einen Ball fangen, der hoch zugeworfen wird	 	Ball so werfen, dass Proband nicht springen muss
5	Basic Squat	konzentrisch beschleunigen mit Sprung	Landung auf gesundem Bein	zweibeinig hochspringen auf gleicher Stelle landen	 	hochspringen, Lordose auch bei der Landung auf dem gesunden Bein auf die Beinachse und Beckenposition achten
6	Basic Squat	konzentrisch beschleunigen mit Sprung	Landung auf gesundem Bein	beim Absprung vermehrt das operierte Bein belasten; auf gleicher Stelle landen		hochspringen, Lordose
7	Basic Squat	konzentrisch beschleunigen mit Sprung	Landung auf gesundem Bein	beim Absprung vermehrt das operierte Bein belasten		weitspringen, Lordose
8	einbeinige Kniebeuge	konzentrisch beschleunigen mit Sprung	Landung auf gesundem Bein	hochspringen, auf derselben Stelle landen	 	Beinachse beobachten, Lordose
9	einbeinige Kniebeuge	konzentrisch beschleunigen mit Sprung	Landung auf gesundem Bein	weit vorwärts springen	 	Beinachse beobachten, Lordose

Tab. 14.5 Fortsetzung

Nr.	Ausgangsstellung	Bewegung	Endstellung	Beschreibung	Abbildung	Bemerkungen
10	einbeinige Kniebeuge	konzentrisch beschleunigen mit Sprung	Landung auf gesundem Bein	seitwärts springen, aber zu Beginn nur kleine Sprünge durchführen		besonders Beinachse beobachten, erhöhtes Verletzungsrisiko durch Knie in Innenrotation oder Valgus
11	einbeinige Kniebeuge	konzentrisch beschleunigen mit Sprung	Landung auf gesundem Bein	seitwärts springen, 5–10 Sprünge nacheinander		Beinachse beobachten, Lordose
12	einbeinige Kniebeuge tief, Hand berührt Mitte Schienbein	konzentrisch beschleunigen mit Sprung	Landung auf gesundem Bein	seitwärts springen, 5–10 Sprünge nacheinander		Beinachse beobachten, Hand Mitte Unterschenkel gibt Anreiz, aus tieferer Knieflexion zu springen; Kontrolle durch Physiotherapeuten
13	einbeinige Kniebeuge tief, Hand berührt Fußgelenk	konzentrisch beschleunigen mit Sprung	Landung auf gesundem Bein	seitwärts springen, 5–10 Sprünge nacheinander		Beinachse beobachten, Lordose
14	einbeinige Kniebeuge tief	konzentrisch beschleunigen mit Sprung über Hürde	Landung auf gesundem Bein	langsam zurücksteigen über Hürde, Variante: vorwärts/seitwärts		Beinachse beobachten, Lordose

Tab. 14.5 Fortsetzung

Nr.	Ausgangs-stellung	Bewegung	Endstellung	Beschreibung	Abbildung	Bemerkungen
Teil 2: Exzentrisch bremsen Die Übungsabfolge ist praktisch identisch für diese exzentrischen Bewegungen wie vorher beim konzentrischen Beschleunigen. Diese Bewegung ist jedoch viel komplexer (exzentrische Muskelkontraktion). Man sollte die Bewegung daher am Anfang langsam durchführen.						
1	Stand	langsam exzentrisch bremsen	Basic Squat	gesundes Bein stärker belasten		bei allen Übungen muss die LWS in neutral stabilisierter Lordose bleiben
2	Stand	langsam exzentrisch bremsen	Basic Squat	operiertes Bein mehr belasten, bis 50 : 50		Lordose
3	Stand	exzentrisch bremsen	Basic Squat	Hürde/Seil als Referenzpunkt für Flexionswinkel Gesäß; beide Beine etwa gleich belasten; mehr Geschwindigkeit aufbauen		Bewegung muss ohne Nachfedern in einem fixen Knieflexionswinkel enden; Lordose kontrollieren
4	Stand	schnell exzentrisch bremsen	Basic Squat	operiertes Bein mehr belasten		Geschwindigkeit aufbauen; Lordose
5	Stand	schnell exzentrisch bremsen	Basic Squat	Ball fangen, der aus Kopfhöhe fallen gelassen wird; reaktive, schnelle, exzentrische Bewegung; beide Beine etwa gleich belasten		Bewegung muss ohne Nachfedern in einem fixen Knieflexionswinkel enden; Lordose kontrollieren
6	Stand	schnell exzentrisch bremsen	Basic Squat	operiertes Bein mehr belasten, bis 30 : 70		hohe Geschwindigkeit; flüssige, exzentrische Flexionsbewegung im Knie

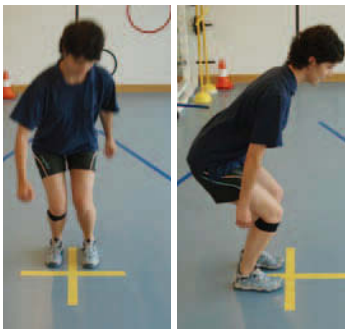
Tab. 14.5 Fortsetzung

Nr.	Ausgangs-stellung	Bewegung	Endstellung	Beschreibung	Abbildung	Bemerkungen
7	einbeinige Kniebeuge	konzentrisch beschleunigen mit Sprung	verzögerte Landung	gesundes Bein berührt Boden zuerst, dann das operierte; dabei gesundes Bein mehr belasten (70 : 30)		vorwärts springen nur mit submaximaler Kraft, Lordose
8	einbeinige Kniebeuge	konzentrisch beschleunigen mit Sprung	verzögerte Landung	gesundes Bein berührt Boden zuerst, dann das operierte; Zeit zwischen Aufsetzen des gesunden und des operierten Beines verkürzt sich kontinuierlich		10 Sprünge mit submaximaler Kraft; Beinachse beobachten; Patient bekommt auditives Feedback durch hörbares Aufsetzen der Füße; Lordose
9	einbeinige Kniebeuge	konzentrisch beschleunigen mit Sprung	Landung auf 2 Beinen	vorwärts springen		Füße berühren den Boden gleichzeitig; nächste Übung erst beginnen, wenn Patient das Gewicht gleichmäßig auf beide Beine verteilt

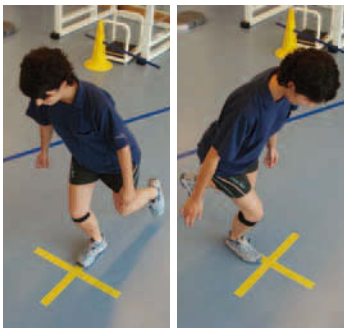
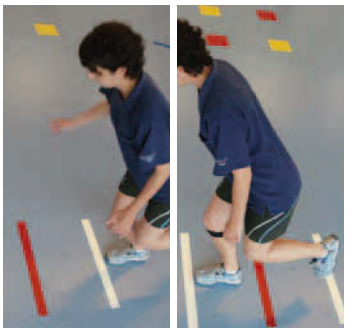
Tab. 14.5 Fortsetzung

Nr.	Ausgangs-stellung	Bewegung	Endstellung	Beschreibung	Abbildung	Bemerkungen
10	einbeinige Kniebeuge	konzentrisch beschleunigen mit Sprung	Landung vermehrt auf operiertem Bein	operiertes Bein landet zuerst, direkt gefolgt von gesundem Bein		
11	einbeinige Kniebeuge	konzentrisch beschleunigen mit Sprung	Landung auf operiertem Bein	die Zeit zwischen dem Bodenkontakt des operierten Beines und des gesunden verlängert sich bei jedem Sprung		
12	einbeinige Kniebeuge tief	Sprung	Landung auf operiertem Bein und 1 sec darauf stehen bleiben	vorwärts springen, 5–10 Sprünge nacheinander		einbeiniger Weitsprung; langsam Distanz vergrößern; links/rechts Unterschied darf in der Distanz nicht mehr als 10 % betragen; Beinachse beobachten, Lordose
13	einbeinige Kniebeuge tief, gesundes Bein	Sprung	Landung auf operiertem Bein und 1 sec darauf stehen bleiben	seitwärts springen, 3 Sprünge nacheinander		wichtig: initial niedrig dosieren, mit kleinen Sprüngen beginnen wichtig: Beinachse beobachten, Lordose

Tab. 14.5 Fortsetzung

Nr.	Ausgangs-stellung	Bewegung	Endstellung	Beschreibung	Abbildung	Bemerkungen
14	einbeinige Kniebeuge tief, gesundes Bein	Sprung über Hürde	jeweils 1 sec auf dem Standbein stehen bleiben	5–10 Sprünge von links nach rechts vs.		Hürdenhöhe variieren oder weite Sprünge seitwärts durchführen Beinachse beobachten, Lordose
15	einbeinige Kniebeuge tief, gesundes Bein	Sprung links/rechts, seitwärts von Linie zu Linie	stabil landen und 1 sec auf dem Standbein stehen bleiben	mit Strichen diverse Distanzen auf dem Boden markieren; 5–10 Sprünge durchführen		evtl. zusätzlich mit Hürde/Seil kombinieren Beinachse beobachten, Lordose
Sprünge mit Koordination						
1	zweibeiniger Stand	Sprung mit ¼ Drehung in der Luft	stabil im Basic Squat 1 sec stabil stehen bleiben	Kreuz mit Tape auf den Boden kleben; Absprung und Landung je ein Bein links und rechts vom Schenkel		bei allen Übungen muss die LWS in der neutral stabilisierten Lordose bleiben
2	zweibeiniger Stand	Sprung mit ½ Drehung in der Luft	stabil im Basic			bei allen Übungen muss die LWS in der neutral stabilisierten Lordose bleiben

Tab. 14.5 Fortsetzung

Nr.	Ausgangs-stellung	Bewegung	Endstellung	Beschreibung	Abbildung	Bemerkungen
3		einbeiniger Sprung mit ¼, ½, ¾ oder $^4/_4$ Drehung in der Luft	mit Absprungbein auf Schenkel des Kreuzes landen	Drehrichtung beachten: mit rechtem Absprungbein zuerst gegen den Uhrzeigersinn springen (bei VKB, MSB)		stabile Landung ohne Nachfedern in fixem Knieflexionswinkel Lordose kontrollieren
4	einbeiniger Absprung; abwechselnd links/rechts	Sprünge vorwärts an eine Linie	einbeinig an der Linie	Linien auf verschiedene Distanzen kleben Linie darf nicht berührt werden		diverse Varianten: Augen auf das Ziel richten, dann wegschauen, Augen auf/zu; Sprung mit kleiner Drehung; Sprung mit Ablenkung; Sprung mit gestörtem Gleichgewicht
5	abwechselnd links/rechts	Schlittschuhschritte an einer divergierenden Linie	vor nächstem Sprung 1 sec stabil auf der Linie stehen	Übung mit Koordination (Sprung auf Linie) und Kraft (Linien divergieren)	 	Varianten wie oben und als zusätzliche Variante über Seil springen
6	Stand einbeinig oder zweibeinig	Sprünge über 2 parallel gespannt Seile	zweibeinig oder einbeinig	diverse Varianten wie beim Gummitwist		hohe Geschwindigkeit; eher verlängerte Belastungszeit (z. B. 30 sec)

Tab. 14.5 Fortsetzung

Nr.	Ausgangs-stellung	Bewegung	Endstellung	Beschreibung	Abbildung	Bemerkungen
7	Stand ein-beinig oder zweibeinig	Sprünge auf Minitramp über ein Seil		einbeinige oder zweibeinige Sprünge in Serie; kann auch mit 2 Gummiseilen durchgeführt werden		Belastungszeit erhöhen
8	einbeiniger Stand vor Kreisel	Aufsprung	einbeinige Landung auf Kreisel			bedarf gewisser Geschicklichkeit; Voraussetzung ist, dass Sprünge an Linien gut ausge-führt werden
9	einbeiniger Stand auf Kreisel	Sprung auf den nächsten Kreisel	einbeinige Landung auf nächstem Kreisel	vorwärts springen		
10	Stand ein Bein neben Step, ande-res Bein auf Step	über den Step springen und auf der anderen Seite mit einem Bein auf Step und dem ande-ren auf Boden landen	Landung auf Boden und Step gleich-zeitig	Belastungszeit max. 30 sec für Amateure	 	Varianten: vor dem Step stehen; schnell springen; hoch springen

Tab. 14.5 Fortsetzung

Nr.	Ausgangs-stellung	Bewegung	Endstellung	Beschreibung	Abbildung	Bemerkungen
11	Stand vor der „Leiter“	schnelle Sprünge; zwei- oder einbeinig	Landung zwei- oder einbeinig	ca. 15–20 Sprünge sind koordinativ korrekt machbar	 	diverse Sprungvarianten sind möglich

Literatur

Beynnon NBD, Johnson RJ, Abate JA, Fleming BC, Nichols E. Treatment of Anterior Cruciate Ligament Injuries, Part I. Am J Sports Med. 2005; 33: 1579

Boks SS, Vroegindeweij D, Koes BW, Bernsen RMD, Hunink MGM, Bierma-Zeinstra SMA. Clinical Consequences of Posttraumatic Bone Bruise in the Knee. Am J Sports Med. 2007; 35: 990

Hewett TE et al. Biomechanical Measures of Neuromuscular Control and Valgus Loading of the Knee Predict Anterior Cruciate Ligament Injury Risk in Female Athletes: A Prospective Study. Am J Sports Med 2005; 33(4): 492–501.

Kernozek TW, Torry MR, Iwasaki M. Gender Differences in Lower Extremity Landing Mechanics Caused by Neuromuscular Fatigue. Am J Sports Med 2008; 36(3): 554–565.

Lee, St J, Aadalen KJ, Malaviya P, Lorenz EP, Hayden JK, Farr J, Kang RW Cole BJ. Tibiofemoral Contact Mechanics After Serial Medial Meniscectomies in the Human Cadaveric Knee. Am J Sport Med. 2006; 34: 1334

Leetun DT, Ireland ML, Willson JD, Ballantyne BT, Davis IM. Core Stability Measures as Risk Factors for Lower Extremity Injury in Athletes. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2004; 36(6): 926-934

Logan M, Watts M, Owen J, Myers P. Meniscal Repair in the Elite Athlete. Am J Sports Med. 2009; 37: 1131

Lubowitz JH, Bernardini BJ, Reid JB. Current concepts Review. Am J Sports Med. 2008; 36: 577

Lubowitz JH, Bernardini BJ, Reid JB. Current Concepts Review: Comprehensive Physical Examination for Instability of the Knee. Am J Sports Med 2008; 36: 577.

Lunden LB et al. Current Concepts in the Recognition and Treatment of Posterolateral Corner Injuries of the Knee. Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy 2010; 40(8): 502–516.

Mandelbaum BR, Silvers HJ, Watanabe DS, Knarr JF, Thomas SD, Griffin LY et al. Effectiveness of a Neuromuscular and Proprioceptive Training Program in Preventing Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Athletes. Am J Sports Med 2005; 33(7): 1003–1010.

Marzo JM, Gurske-De Perio. Effects of Medial Meniscus Posterior Horn Avulsion and Repair on Tibiofemoral Contact Area and Peak Contact Pressure With Clinical Implications. Am J Sports Med. 2009; 37: 124

Myklebust G, Bahr R. Return to play guidelines after anterior cruciate ligament surgery. Br J Sports Med 2005; 39(3): 127–131.

Palmieri-Smith RM, Kreinbrink J, Ashton-Miller JA, Wojtys EM. Quadriceps Inhibition Induced by an Experimental Knee Joint Effusion Affects Knee Joint Mechanics During a Single-Legged Drop Landing. Am J Sports Med. 2007; 35: 1269

Risberg MA, Holm I, Myklebust G, Engebretsen L. Neuromuscular Training Versus Strength Training During First 6 Months After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Randomized Clinical Trial. Phys Ther 2007; 87(6): 737–750.

Robinson JR, Bull AMJ, deW RR, Amis T, Amis AA. The Role of the Medial Collateral Ligament and Posteromedial Capsule in Controlling Knee Laxity. Am J Sports Med. 2006; 34: 1815

Sell TC, Ferris CM, Abt JP, Tsai YS, Myers JB, Fu FH, Lephart SM. The Effect of Direction and Reaction on the Neuromuscular and Biomechanical Characteristics of the Knee During Tasks That Simulate the Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury Mechanism. Am J Sports Med. 2006; 34: 43

Tschopp M, Bourban P, Hübner K, Marti B. Messgenauigkeit eines 4-teiligen, stndardisierten dynamischen Rumpfkrafttests: Erfahrungen mit gesunden männlichen Spitzensportlern. Schweiz Z Sportmed Sporttraumat. 2001; 49: 69–72 Seiten

Zazulak BT, Hewett TE et al. Deficits in Neuromuscular Control of the Trunk Predict Knee Injury Risk. Am J Sports Med 2007 a; 35(7): 1123–1130.

Zazulak BT, Hewett TE et al. The Effects of Core Proprioception on Knee Injury. Am J Sports Med 2007 b; 35(3): 368–373.



15 Fallbeispiel: Kniedistorsion – Hockey

Igor J. R. Tak

15.1 Vorstellung des Patienten

Robert H. ist ein junger Mann von 24 Jahren. Nach dem Studium der Umwelttechnik an der Technischen Universität Harburg in Hamburg bot ihm die Universität eine Promotionsstelle an und nun forscht er (in einer Ganztagsstelle) über den Einsatz alternativer nachhaltiger Techniken, bei denen natürliche Phänomene zur Stromerzeugung genutzt werden. Seine Eltern wohnen in Koblenz. Er hat einen jüngeren Bruder, der noch zu Hause bei den Eltern wohnt.

Robert macht den Eindruck eines lebhaften und fröhlichen jungen Mannes. An der Universität wird er als Mitarbeiter geschätzt und das nicht nur, weil er seine Arbeiten fast immer zu aller Zufriedenheit erledigt, sondern auch, weil es ihm leicht fällt, soziale Kontakte zu den Studenten und den anderen Dozenten zu knüpfen. Zu den meisten Studenten und Dozenten hat er einen „guten Draht". Man könnte sogar sagen, dass ihm seine sozialen Fähigkeiten bei seiner aktuellen Promotion geholfen haben: Aufgrund seiner gelegentlich etwas phlegmatischen Lebensweise hat er diese Kontakte ab und zu nutzen müssen, um Angelegenheiten in letzter Minute zu regeln. Vor allem in letzter Zeit stand er sehr unter Druck. Er führt seine wissenschaftlichen Untersuchungen sorgfältig durch und muss nun die Daten, die er auf diese Weise erhält, für seine zweite wissenschaftliche Veröffentlichung verarbeiten. Das bedeutet, er hat lange Arbeitstage. Während der letzten Wochen blieb ihm nach Feierabend kaum noch Zeit für etwas anderes als die Arbeit am Computer.

Robert spielt schon fast sein ganzes Leben lang Hockey. Er scheint eine natürliche Begabung für diesen Sport zu haben. Bereits in der Jugendabteilung des örtlichen Vereins spielte er immer in der ersten Mannschaft. Neben Hockey machte er sich viele andere Sportarten problemlos zu eigen. Windsurfen, Skifahren und Squash betreibt er so regelmäßig, wie es Wetter, Zeit und sein Portemonnaie zulassen. Seit seiner Studienzeit spielt er in der ersten Mannschaft eines örtlichen Hockeyvereins. Das wöchentliche Training, die Wettkämpfe und die anderen Sportarten sorgen dafür, dass Robert sich richtig fit fühlt.

Beim ersten Gespräch wird schnell offensichtlich, dass das Reden Robert leicht fällt. Gestikulierend beschreibt er den Moment, als er sich während eines Wettkampfes das Knie verdrehte. Das ist nun 1 Woche her. Sein eher phlegmatisches Temperament gewinnt zwar von Zeit zu Zeit die Oberhand, während er erzählt, aber seiner Stimme ist auch deutlich anzuhören, dass er sich Sorgen macht.

15.2 Anamnese

15.2.1 Verletzungsgeschehen

Ich befrage Robert zu seiner Verletzung. Was war passiert und führte dazu, dass er diese Woche nicht spielen konnte? Er erzählt seine Geschichte, ich zog meine Schlussfolgerungen.

Robert: „Im letzten Viertel des Spiels habe ich einen falschen Schritt gemacht. Es fühlte sich an, als ob sich mein Oberschenkel vom Unterschenkel löst."

Dabei macht er eine Handbewegung, das Knöchelzeichen, die diesen Vorgang beschreiben soll (**Abb. 15.1**).

Robert: „Es war jemand in der Nähe, aber es kam nicht zu direktem Körperkontakt."

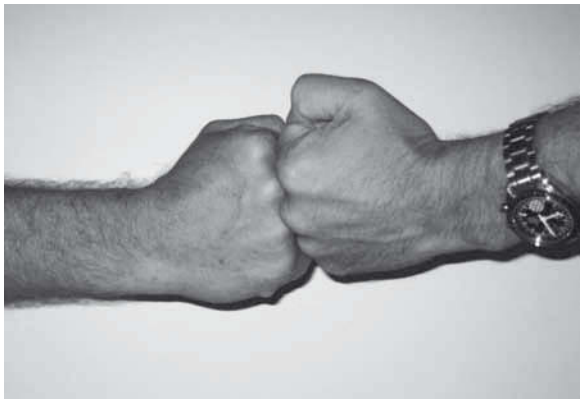


Abb. 15.1 Mit dem Knöchelzeichen drücken Patienten aus, was ihrem Gefühl nach zwischen Ober- und Unterschenkel passiert.

Zu schweren Knieverletzungen mit intraartikulärem Schaden kommt es häufiger in Situationen ohne direkten Körperkontakt als durch unmittelbar einwirkende Gewalt (Beynnon 2005, Renstrom 2008).

Robert: „Ich wollte einen Spieler stoppen, der eine Bewegung antäuschte. Ich versuchte, hinter ihm her zu laufen und mein rechter Fuß blieb einfach stehen, als ich mich nach links drehen wollte."

Hier beschreibt Robert den Verletzungsmechanismus. Eine derartige Bewegung bewirkt im Knie einen Exo-Valgus-Moment, meistens in einer leicht flektierten Position (**Abb. 15.2**). Diese Verletzungen werden klassischerweise mit einer Beschädigung des vorderen Kreuzbandes, des Meniskus und des medialen Bandes assoziiert (O'Donoghue 1964, Shelbourne 1991, Barber 1992).

Robert: „Ich hatte das Gefühl, dass etwas zerreißt, aber es ging alles so schnell."

Das Pop-Sign beschreibt die Wahrnehmung der Patienten, wenn im Knie etwas zerreißt. Manchmal wird es vom Patienten selbst oder von Umstehenden gehört. Es wird assoziiert mit dem Reißen einer anatomischen Struktur, meistens des Kreuzbandes, manchmal des Meniskus.

Robert: „Ich konnte danach zwar noch aufstehen und ohne fremde Hilfe das Spielfeld verlassen, aber mir war sofort klar, dass ich das Spiel abbrechen muss."

Dies ist klinisch relevant, denn es geht darum, Frakturen auszuschließen. Wenn das Knie noch belastet und bei der Untersuchung weiter als 90° flektiert werden kann, keine isolierten Druckschmerzen über der Patella und der Fibula auftreten und der Patient nicht älter als 55 Jahre ist, beträgt die Wahrscheinlichkeit einer Fraktur fast null. Die Reliabilität dieser Kriterien liegt bei 97–100% (Stiell 1995, 1996, 1997). Das Kniegelenk muss also nicht sofort geröntgt werden.

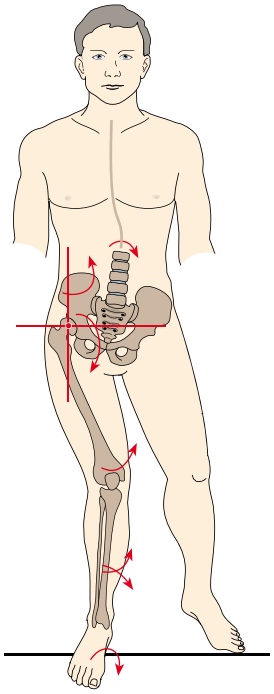


Abb. 15.2 Foto Exo-Valgus-Trauma. Dieses Bewegungsmuster bewirkt im Kniegelenk einen Exo-Valgus-Moment, meistens in einer leicht flektierten Position.

Symptome

Robert: „Ich habe mein Knie mit Eis gekühlt und noch ein Bierchen mit den anderen getrunken. Kurz danach habe ich mich dann auf den Heimweg gemacht, weil zu Hause noch Arbeit auf mich wartete. Ich war mit dem Auto da. Während der 10-minütigen Fahrt nach Hause ging es noch, aber beim Aussteigen fühlte sich mein Knie schon etwas steif an. Die Steifheit war am nächsten Morgen noch viel schlimmer. Ich konnte das Knie zwar bewegen, aber es war nicht so einfach. Dann konnte ich deutlich sehen, dass es angeschwollen war."

Eine schon nach kurzer Zeit auftretende Schwellung ist typisch für eine Knieverdrehung. Bei dieser Schwellung handelt es sich sehr häufig um einen Hämarthros (Blut im Gelenk).

Bei einem blutigen Erguss ist eine intraartikuläre Beschädigung anzunehmen; am häufigsten ist das vordere Kreuzband betroffen (Jensen 1985, Bomberg 1990, DeHaven 1983, Johannsen 1988).

Robert: „Solange ich nicht allzu viel machte, waren die Schmerzen zu ertragen. Erst nach 3 oder 4 Tagen konnte ich wieder mit dem Fahrrad zur Universität fahren. In den ersten Tagen nahm ich das Auto. Treppensteigen ist sehr unangenehm, vor allem abwärts."

Treppensteigen abwärts erfordert einen größeren Flexionswinkel als aufwärts und ist mit hohem patellofemoralem Druck verbunden.

Robert: „Ich fühle es auch ein bisschen auf der Rückseite, in Richtung der Wade. Das scheint auch immer schlimmer zu werden."

Schmerzen in der Wade können durch Einklemmung von Weichteilen bei Flexionsbewegungen verursacht werden. Dies geschieht bei einem gestörten Roll-Gleit-Mechanismus bei einer Funktionseinschränkung, z. B. durch eine Schwellung oder Adhäsion, oder durch die Einklemmung verletzter Strukturen auf der Rückseite des Knies, wie z. B. des Hinterhorns des Meniskus.

Robert: „Ich habe das Gefühl, dass ich meinem Bein noch nicht voll und ganz vertrauen kann."

Das fehlende Vertrauen in das Bein führt zu einer funktionellen Instabilität des Gelenks. Dafür können auch weitere Ursachen vorliegen, z. B. Schmerzen und eine Schwellung. Alle Faktoren haben Einfluss auf die arthrokinematische Kontrolle. Auch strukturelle Schäden können zu einem Gefühl der Instabilität führen. Die funktionelle Instabilität wurde bereits 1965 von Freeman im Zusammenhang mit einer Verrenkung des Sprunggelenks nach einem Inversionstrauma für das obere Sprunggelenk beschrieben.

Entstehung der Schädigung

Robert: „Ich verstehe nicht, wie das passieren konnte. Ich lief mit jemandem mit und es ging einfach schief. Es fühlte sich an, als ob mein Oberschenkel an meinem Unterschenkel vorbeischoss. Ich hatte mir schon früher einmal das Knie leicht verdreht, bei der Landung nach einem Sprung, um den Ball zu fangen. Das war vor ungefähr einem Jahr und wird mit der aktuellen Verletzung wohl nichts zu tun haben. Damals war es jedenfalls nur halb so schlimm."

Es hat also schon früher einen Exo-Valgus-Moment gegeben, in dem möglicherweise ein Schaden entstanden ist. Für Patienten scheint häufig kein Zusammenhang zu bestehen zwischen einem derartigen Moment und einer neuen Verletzung. Vor allem bei einer natürlichen, positiv verlaufenden Genesung, also bei Verschwinden von Symptomen und Rückkehr zum prätraumatischen Aktivitätsniveau. Es ist jedoch bekannt, dass eine frühere Verletzung ein Vorhersagefaktor für eine erhöhte Verletzungswahrscheinlichkeit ist (Schwellnuss 2004). Für andere verletzungsbegünstigende Faktoren konnte ein signifikanter Vorhersagewert bisher nicht nachgewiesen werden (Watson 2001).

Robert: „Das Knie war damals zwar ein wenig angeschwollen, aber das ging nach ein paar Tagen wieder vorüber."

Das lässt vermuten, dass es bei dieser Verletzung doch zu einer Schädigung kam.

Robert: „Es hat eine gewisse Zeit gedauert, bis ich wieder spielen konnte. Ich habe zuerst mein Laufpensum langsam erhöht und dann wieder am Training teilgenommen. Am Anfang fühlte ich mich etwas unsicher, aber es wurde immer besser."

Auch hierbei handelt es sich um eine, wenn auch nur vorübergehende, funktionelle Instabilität.

15.2.2 Entwicklung in der ersten Phase nach der Verletzung

Robert: „Die Schwellung ist deutlich zurückgegangen. Aber beim Hocken, was immer noch sehr schwierig ist, habe ich wirklich Schmerzen in der Kniekehle und die scheinen auch ein wenig oben in der Wade zu sitzen. Treppensteigen geht besser, das Knie fühlt sich weniger steif an. Aber die Schmerzen werden manchmal stärker. Fahrradfahren geht besser als zu Anfang. Was mir auffiel: Wenn ich eine längere Strecke mit dem Fahrrad gefahren bin oder längere Zeit im Auto gesessen habe, bereiten mir anschließend beim Gehen die ersten Schritte Schwierigkeiten. Neulich musste ich ein paar Meter laufen, um den Zug zu kriegen, aber eigentlich geht das überhaupt nicht gut."

Der Verlauf ist günstig. Das manifestiert sich vor allem darin, dass die Einschränkungen, die durch die Symptome entstanden, abnehmen. Aktivitätseinschränkungen, wie gering sie auch sein mögen, sollten während dieser Phase ebenfalls geringer werden. Diese Störungen sind mithilfe von standardisierten Score-Listen oder Punkttabellen einzuordnen. Bei Knieverletzungen empfiehlt sich die Verwendung des Lysholm- (**Tab. 15.1**) und des Tegner-Scores (**Tab. 15.2**), s. u.

Personbezogene Faktoren

Robert: „Eigentlich habe ich für das hier gar keine Zeit."

Verletzungen kommen immer ungelegen. Robert steht unter Druck, hat wenig Zeit und seine Kooperationsbereitschaft ist möglicherweise durch externe Faktoren und Stressoren eingeschränkt. Dies wird Einfluss auf die Selbstheilungskräfte haben, die im Genesungsprozess eine bedeutende Rolle spielen.

Robert: „Eigentlich glaube ich, dass alles wieder gut wird. Beim letzten Mal, als ich mir das Knie verdreht hatte, ist ja auch alles wieder in Ordnung gekommen. Aber dieses Mal scheint es doch etwas schlimmer zu sein. Vielleicht dauert es dieses Mal nur etwas länger. Ich hoffe, dass Sie mir sagen können, was ich tun muss, um es so schnell wie möglich besser zu machen. Am liebsten hätte ich Übungen für zu Hause. Das ist bequemer und ich muss nicht extra hierherkommen."

Robert formuliert hier eine der Fragen, die ihn in Bezug auf die von ihm erlebten Einschränkungen beschäftigen.

Umgebungsfaktoren

Robert: „Beruflich stehe ich zurzeit enorm unter Druck. Es geht um eine Publikation, die ich unbedingt fertigstellen muss. Die Hockeysaison ist fast vorbei. Noch drei Spiele, dann haben wir es geschafft. Ich gehe davon aus, dass ich nicht mehr mitmachen kann."

Er sieht es realistisch. Unabhängig davon, welche Struktur verletzt ist, ist bei einer schweren Knieverletzung nicht zu erwarten, dass jemand nach 3 Wochen wieder fit ist.

Robert: „Ich hoffe, dass ich zu Beginn der nächsten Saison wieder aufgestellt werden kann. Hockey ist meine Methode, Dampf abzulassen. Das brauche ich wirklich."

Die Erwartungen über die funktionelle Wiederherstellung – und damit die Wiederaufnahme der sportlichen Aktivitäten – werden sowohl durch Art und Ausmaß der Verletzung als auch durch die funktionellen Konsequenzen und Interventionen bestimmt.

Robert: „Nebenbei gesagt, die ganze Mannschaft ist toll und zu einigen Spielern habe ich auch außerhalb des Sports Kontakt."

Es geht Robert nicht ausschließlich um die sportliche Betätigung. Der Sport bedeutet auch einen Mehrwert für sein soziales Leben. Das macht den erzwungenen Verzicht möglicherweise noch schlimmer.

Robert: „Ja, Hockey ist mir eigentlich noch wichtiger als Squash. Da kommt man zwar auch ins Schwitzen, aber es ist halt kein Mannschaftssport."

In Deutschland erleiden 70 von 100 000 jungen, aktiven Menschen eine Bänderverletzung am Knie (Lobenhofer 1999). Auch wenn Squash auf der Liste der kniebelastenden Sportarten weiter unten steht und eine geringere Inzidenz bei Knieverletzungen hat, handelt es sich bei beiden Disziplinen um Sportarten, die durch Explosivität und Rotationsbelastung gekennzeichnet sind (Lobenhofer 1999).

Robert: „Obwohl mir einige Tätigkeiten im Alltag Probleme bereiten, vor allem wenn ich dazu in die Hocke gehen muss, geht es insgesamt doch recht gut. Ich muss ja wohl, denn ich lebe allein und da hat man keine Wahl, oder?"

Ich trage alle Faktoren in das RPS-Formular (**R**ehabilitation **P**roblem **S**olving) ein (**Abb. 15.3**, s. Kap. 1.2).

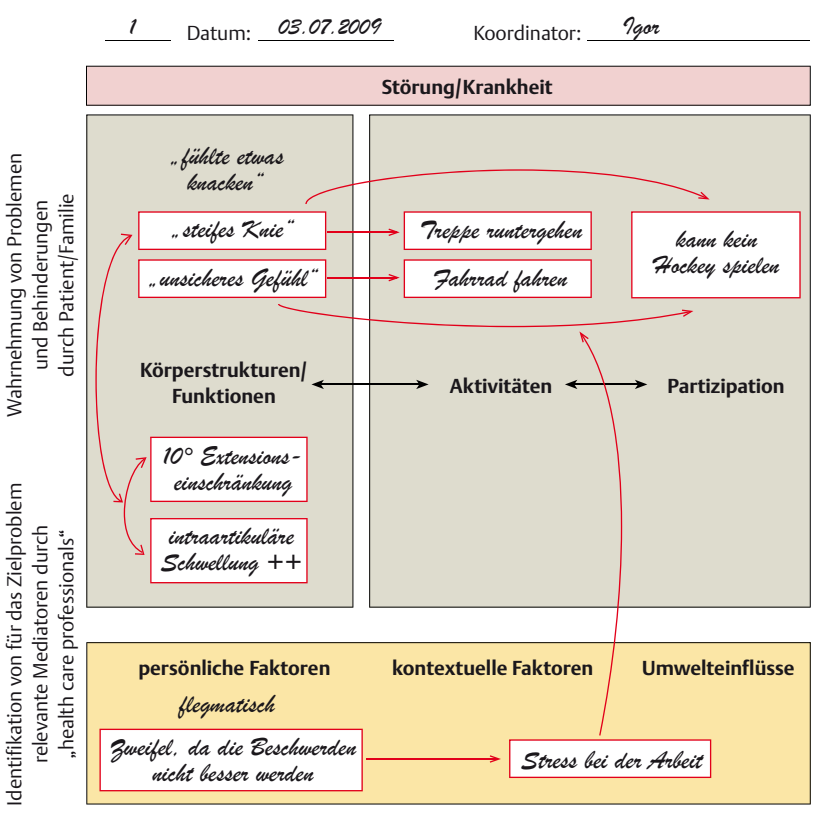


Abb. 15.3 RPS-Formular für Roberts Gesundheitsproblem.

15.3 Hypothesen

Angesichts der Tatsache, dass sich der Patient vor einem Jahr das Knie schon einmal, wenn auch augenscheinlich nur leicht, verletzt hatte, scheint es sich um einen Rückfall zu handeln.

Robert macht einen etwas phlegmatischen Eindruck, was sich auch in seiner Wortwahl widerspiegelt, wenn er beschreibt, dass sich alles zum Guten zu wenden scheint, da innerhalb kurzer Zeit, nämlich in einigen wenigen Tagen, eine partielle Genesung eintrat. Doch er merkt auch an, dass er nicht so recht versteht, warum die vollständige Heilung so lange dauert. Beim letzten Mal war nach ein paar Wochen wieder alles weitgehend in Ordnung. Nun ist alles schlimmer als damals, so scheint es jedenfalls, und es treten mehr Störungen und Einschränkungen auf. Er bittet um Empfehlungen für Übungen, die er zu Hause durchführen kann.

Allem Anschein nach verfolgt Robert eine aktive Bewältigungsstrategie. In Verbindung mit seiner etwas phlegmatischen Lebenseinstellung kann dies dazu führen, dass er die Dinge überstürzt und Belastbarkeitsgrenzen überschreitet. In allen Rehabilitationsphasen sollte dieser Aspekt im Auge behalten werden.

Vor der Untersuchung sollte man die Erzählung des Patienten über den Verletzungshergang versuchen einzuordnen. Das dahinterliegende Muster kann man anhand von eigenen Erfahrungen oder von Erfahrungen anderer (in der Fachliteratur beschriebene Fälle) bestätigen. So können die Art der Problematik und ihre Folgen einigermaßen sicher eingeschätzt werden. Im Verlauf des diagnostischen Prozesses wird das zugrunde liegende Muster genauer untersucht. Auf diese Weise versucht man, die Untersuchung in Maßarbeit durchzuführen, wobei man sich immer an der konkreten Situation des Patienten orientieren sollte. Während der Untersuchung kann man den Patienten detaillierter befragen, denn Anamnese und Diagnostik sind keine streng voneinander getrennten Vorgänge.

Clinical Reasoning

Ich komme zu dem Schluss, dass sich der Patient nach einer Kniedistorsion in einer Situation befindet, in der ihn Kniedysfunktionen aufgrund von Schmerzen und Schwellung im täglichen Leben und im Sport behindern (s. RPS-Formular in **Abb. 15.3**). Aufgrund der Problematik, wie der Patient sie schildert, besteht Grund zu der Annahme, dass es sich hier um ein „dérangement interne“ handelt. Die Schwellung trat nämlich schon nach kurzer Zeit auf, was im Allgemeinen mit einer Schädigung der durchbluteten Gelenkstrukturen assoziiert wird. Höchstwahrscheinlich handelt es sich um eine Kreuzbandverletzung. Weniger wahrscheinlich ist eine Verletzung des Meniskus oder eine Beschädigung subchondraler Strukturen.

Jede Struktur hat ihre eigene Genesungskapazität und -dauer. Um konkrete Aussagen darüber zu machen, „was los ist“, „ob es besser wird oder vorübergeht“, „wie lange es dauern wird, bis es vorbei ist“, „wer dabei helfen kann und wer nicht“ und „was die Folgen der Verletzung für den Patienten sind“, um auf diese Weise an die „illness beliefs“ (Leventhal 2002) des Patienten anzuknüpfen, sind eine genauere Bestimmung von Verletzungsart und -ausmaß und eine adäquate Diagnose erforderlich.

15.4 Untersuchung

15.4.1 Inspektion

Das Knie ist angeschwollen und das Bein liegt nicht ganz ausgestreckt auf der Behandlungsbank (**Abb. 15.4**, **Abb. 15.5**).

Es ist wichtig, dass der Patient während der Untersuchung entspannt ist. Die körperliche Untersuchung liefert dann zuverlässigere Ergebnisse. Er wird darüber aufgeklärt, dass er Beschwerden, Schmerzen oder Unsicherheiten nennen und beschreiben soll. Das kann dann dazu führen, dass ich im Verlauf der Untersuchung Ausgangspositionen und Handgriffe modifizieren werde.

Wenn der Patient rücklings auf der Bank liegt, besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass eventuelle Muskelspannungen, vor allem in der ischiokruralen Muskulatur und im Quadrizeps, kein „Rauschen“ in den Befunden Ihrer Untersuchung verursachen.



Abb. 15.4 Die Schwellung des rechten Kniegelenks ist deutlich zu erkennen. Die Konturen sind verwischt. Das wird vor allem medial an der Patella sichtbar.

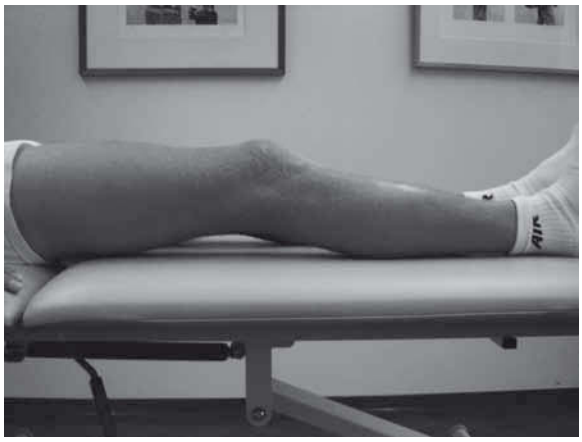


Abb. 15.5 Das rechte Knie kann nicht so weit gestreckt werden wie das linke. Indikatoren dafür sind der Abstand zwischen Kniekehle und Bank sowie der vordere Teil der Tibia.

15.4.2 Funktionstests

Schmerzfreie Untersuchung

Die Untersuchung beginnt bewusst mit schmerzfreien Tests. In dieser (sub-)akuten Phase ist mir ein entspannter Patient wichtig. Wenn Schmerzen provoziert werden, wird der Patient eine Abwehrspannung aufbauen, die die Testergebnisse weniger zuverlässig macht und eine Zunahme von Schmerzen und Stress bewirkt.

Bei einem angeschwollenen Knie lösen Kompression und zunehmender Druck auf die Kapsel Schmerzen aus, z. B. bei der Bestimmung der Flexionsmobilität. Wenn der Patient das Bein zusätzlich anspannt, nehmen diese Schmerzen aufgrund des erhöhten intraartikulären Drucks weiter zu, was sich auf die Testergebnisse auswirkt. Darum entschließe ich mich, die Bewegungsfunktion nicht in der üblichen Reihenfolge – passive Tests, aktive Tests, Widerstandstests und spezifische orthopädische Tests – zu untersuchen.

Während der ersten Phase (Solomon 2001), also bis zu 10 Tage nach der Verletzung (Wong 1999), ist die Zuverlässigkeit der körperlichen Untersuchung deutlich geringer als danach, was sich durch einen Rückgang von Störungen, wie Schmerzen und Schwellungen, aber auch durch die Abnahme der Abwehrspannung gut erklären lässt. Dies bedeutet jedoch nicht, dass in dieser Phase keine Tests durchgeführt werden sollten. Der Versuch einer Diagnose ist möglich, aber es empfiehlt sich, die Tests beim nächsten Kontakt mit dem Patienten zu wiederholen, um die Vermutung zu bestätigen oder zu widerlegen. Dies ist vor allem bei akuter Symptomatik wichtig. Bei einer anatomischen Verletzung hat das Nachlassen der Beschwerden eine größere Bedeutung als letztlich das Testergebnis. Der Rückgang von Störungen während der Untersuchung sagt etwas über den zu erwartenden Verlauf der Genesung aus.

Bei einer Verletzung des medialen Bandes ist tendenziell mit einer guten Genesung zu rechnen. Wichtig ist, dass das Gewebe Gelegenheit hat, sich zu regenerieren. Um zu beurteilen, wie sehr sich die Laxheit erhöht hat, können Tests durchgeführt werden. Eine endgradige Varusbelastung auf das Kniegelenk kann jedoch dazu führen, dass das verletzte Gebiet erneut beschädigt wird.

Letztlich spielt es für die Therapie keine Rolle, ob eine Hyperlaxität von 3 oder 5 mm auffällt oder nicht. Zu einem bewusst ausgewählten Test gehört immer auch eine bewusste Durchführung.

Beispiel

Sie führen einen Meniskustest durch. Bei 125° Flexion treten Schmerzen auf, die bei einem vorsichtigen Rotationsmanöver zunehmen. Dieser Befund wird relevant, wenn Sie den Patienten eine Woche später erneut testen und sich herausstellt, dass es erst ab 145° zu einer Provokation kommt, wobei die Rotation im selben Ausmaß als weniger unangenehm erfahren wird. So können Sie einen diagnostischen Test als evaluatives Instrument einsetzen. Natürlich wurden diese Tests nicht zu diesem Zweck entwickelt, aber sie lassen sich zur Provokation durchaus so einsetzen.

Fluktuationstest

Ein Test, mit dem sich eine Schwellung nachweisen lässt, ist der Fluktuationstest (**Abb. 15.6** und **Abb. 15.7**), bei dem das Auftreten oder Fehlen von Hydrops und/oder Hämarthrose überprüft wird. Eine schwere Hämarthrose führt zu einer starren Schwellung des Knies. Zugleich kann durch Palpation beurteilt werden, ob es sich um eine Synovitis handelt.

Ein Hydrops ist eine weiche Schwellung, die sich leicht verschieben lässt.

Bei einem Hämarthros liegt die Schwellung aufgrund einer zähflüssigeren Flüssigkeit vor, die sich weniger leicht oder gar nicht innerhalb der Kniekapsel hin und her bewegen lässt.

Bei gestrecktem Knie wird der mediale Rezessus von distal nach proximal leergestrichen. Sofort danach wird von distal nach proximal über den lateralen Rezessus gestrichen. Bei verschiebbarer Flüssigkeit kann man beim lateralen Ausstreichen sehen, wie diese zurück nach medial fluktuiert. In diesem Fall fällt der Test positiv aus.

Balottement-Patellae-Test

Beim ebenfalls möglichen Balottement-Patellae-Test wird bei gestrecktem Knie über die Patella eine approximierende Kraft auf den Oberschenkel ausgeübt. Bei einem geschwollenen Knie lässt sich eine „tanzende Patella" fühlen, was auf Flüssigkeit im Knie hindeutet. Bei einem



Abb. 15.6 Fluktuationstest.



Abb. 15.7 Fluktuationstest.

deutlich geschwollenen Knie ist dieser Test allerdings positiv. Häufig ist das Knie dann so dick, dass die Schwellung nicht erst durch einen Test nachgewiesen werden muss.

Lachman-Test

Zunächst bewerte ich die Schwellung sowohl durch Inspektion wie palpatorisch. Weil meiner Meinung nach eine Kreuzbandverletzung sehr wahrscheinlich ist, führe ich anschließend den Lachman-Test durch, genauer gesagt eine Modifizierung dieses Tests. Dabei platziere ich den Oberschenkel des Patienten mit einem Stützpunkt (meinem Oberschenkel) knapp oberhalb der Kniekehle. So kann ich mit einer Hand den Femur fixieren und mit der anderen die Tibia bewegen (**Abb. 15.8**).

Ich verzichte auf den vorderen Schubladentest. Der Lachman-Test sagt mir zuverlässig, ob eine Kreuzbandverletzung vorliegt oder nicht (Benjaminse 2001).

Der Lachman-Test wird in einer Position von 20° Flexion durchgeführt, also in der „maximally loose packed position". In dieser Position sind die Kapselstrukturen nur einer minimalen Spannung ausgesetzt, was die Durchführung des spezifischen, orthopädischen Tests zu diesem frühen Zeitpunkt der Untersuchung rechtfertigt. Diese bei akuten Kniebeschwerden angenehmste Position wird als Bonnet-Stand bezeichnet.

Die beschriebene Ausgangshaltung kann auch im akuten Stadium nach einer Kniedistorsion gewählt werden. Ob die Testergebnisse zuverlässig sind, hängt vor allem davon ab, wie entspannt der Patient und wie geschickt und erfahren der Untersucher ist.

Weitere Tests

Der vordere Schubladentest muss bei einem größeren Flexionswinkel durchgeführt werden, nämlich bei ungefähr 80°. Bei einer starken Schwellung und einer eventuellen weiteren Verletzung ist diese Position für den Patienten oft unangenehm. Schmerzen und Abwehrspannung können daher früher auftreten, was die Zuverlässigkeit der Testergebnisse einschränkt.



Abb. 15.8 Durchführung des modifizierten Lachman-Tests.

Anschließend kommen die Meniskustests an die Reihe. Ich weiß, dass bei einem gerissenen Kreuzband die Zuverlässigkeit von Meniskustests abnimmt, aber dennoch geben sie mir Aufschluss über das Ausmaß der Provokation der intraartikulären Strukturen. Danach teste ich die medialen und lateralen Bänder und die posteromedialen und posterolateralen Strukturen.

15.4.3 Untersuchungsergebnisse

Schwellung

Das Knie ist sichtlich geschwollen (**Abb. 15.4**). Beim Streichtest stelle ich fest, dass die Schwellung ein wenig verschoben werden kann. Dennoch besteht eine erhöhte Viskosität im Vergleich zu einem reinen Hydrops.

Zugleich sind die Kapselfalten des Knies dicker geworden. Dies ist auf der medialen Seite der Patella, aber auch im suprapatellaren Bereich palbierbar. Diese Befunde

passen zu einer Synovitis, die häufig mit einem Hämarthros einhergeht (Copeland 1997).

Befund vorderes Kreuzband

Der Lachman-Test zeigt, dass die Laxheit des rechten Knies größer ist als die des linken. Beim linken Knie bemerke ich weiterhin eine deutliche mechanische Bremse, fühlbar als einen harten Stopp, was sich sehr zutreffend mit den Ausdrücken „firm endpoint“ (International Knee Documentation Commitee, IKDC 2000) und „Seil-/Strang-/Sehnen-Phänomen“ umschreiben lässt. Ich schätze, dass der Bewegungsumfang ein paar Millimeter beträgt (nach dem IKDC-Score gelten 1–3 mm als normal). Beim rechten Knie scheint der Bewegungsumfang nach vorne größer zu sein, vielleicht 5 mm oder mehr (1a 2+ laut IKDC, ein fast normaler bis abnormaler Wert). Als Robert sich zu verspannen beginnt, beende ich die weitere Suche nach dem Seil-/Strang-/Sehnen-Phänomen. Jedenfalls habe ich einen Schaden am vorderen Kreuzband festgestellt.

Angesichts der Abwehrspannung und der Bewegungsangst verzichte ich auf den Pivot-Shift-Test, der vor allem dazu dient, eine Vermutung zu bestätigen.

> Bei positivem Pivot-Shift-Test ist eine Kreuzbandverletzung sehr wahrscheinlich. Fällt der Test negativ aus, ist eine Kreuzbandverletzung damit allerdings nicht ausgeschlossen.

Das liegt zum einen daran, dass der Test einigermaßen kompliziert ist und die Abwehrspannung sowohl die Durchführung wie die Interpretation erschwert. Zum anderen kann er sehr provozierend sein und ein unangenehmes, knacksendes Gefühl produzieren. Die entscheidende Information, dass höchstwahrscheinlich das vordere Kreuzband verletzt ist, habe ich bereits durch den Lachman-Test erhalten.

Befund Meniskus

Als einziges diagnostisches Testinstrument sind Meniskustests wenig zuverlässig.

> Nicht einer der Meniskustests hat Eigenschaften, die es dem Untersucher ermöglichen würden, mit nur einem einzigen Test eine Vermutung zu bestätigen oder auszuschließen (Meserve 2008).
>
> Durch die Kombination mehrerer solcher Tests kann die Aussagekraft jedoch erhöht werden (Solomon 2001).

Liegt allerdings eine weitere Pathologie vor, z. B. eine Verletzung des vorderen Kreuzbandes oder eine Arthrose, verlieren die Meniskustests viel von ihrer Aussagekraft. Eine gute Anamnese und das Aufspüren anderer Störungen bilden ein Konstrukt, mit dessen Hilfe die An- oder Abwesenheit einer Meniskusverletzung gut eingeschätzt werden kann.



Abb. 15.9 Die Gelenkfläche wird vorsichtig palpiert. Bei Meniskusverletzungen sind Druckschmerzen vor allem an der Gelenkfläche lokalisiert. Eine falsche Palpation führt von vornherein zu einem falsch negativen Ergebnis.

Ein hochspezifischer Test für Meniskusverletzungen ist der Joint-Line-Tenderness-Test (JLTT). Bei positivem Ausgang ist ein Meniskusschaden ziemlich wahrscheinlich. Um diese Vermutung zu bestätigen, brauchen wir noch einen weiteren, möglichst sensiblen Test. Für Meniskusverletzungen ist das der McMurray-Test. Die Kombination beider Tests liefert uns eine beträchtliche Menge an Informationen.

Ich palpiere die Gelenkfläche zuerst medial, dann lateral (**Abb. 15.9**). Über der medialen Gelenkfläche löst die Palpation deutliche Druckschmerzen aus, die vor allem im mittleren und hinteren Teil lokalisiert sind. Beim McMurray-Test werden bei einer Flexionsposition von 140° Schmerzen angegeben, noch bevor ich die Rotation ausführe. Wenn ich in der schmerzhaften Stellung eine Rotationskomponente hinzufüge, nehmen die Schmerzen weiter zu und ich fühle Krepitationen beim Ausführen einer kleinen Extensionsbewegung.

Bis jetzt gaben meine Untersuchungen Aufschluss über

- Art und Ausmaß der Schwellung
- die anatomische Stabilität
- die Reproduzierbarkeit von Schmerzen der intraartikulären Strukturen und
- über die Flexionsmobilität

Nun muss ich meine Hypothese bestätigen oder entkräften. Die Kombination weiterer Befunde aus der Untersuchung mit den bis jetzt erhaltenen Informationen macht dies vielleicht möglich.

Clinical Reasoning

Es liegt mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit eine Verletzung des vorderen Kreuzbandes vor. Weitere Untersuchungen sind nicht erforderlich. Andere mögliche Tests haben entweder eine geringere Zuverlässigkeit oder können aufgrund der Aktualität nicht angewandt werden. Es gibt keinen Grund anzunehmen, dass weitere Bänderverletzungen vorliegen.

Möglich ist jedoch, dass auch der mediale Meniskus verletzt ist. Dass Meniskustests bei Komorbidität ihre Zuverlässigkeit verlieren, bedeutet nicht zwangsläufig, dass die Informationen, die wir durch sie erhalten, völlig ohne Bedeutung sind. Als Nächstes versuche ich, durch weitere Untersuchungen zusätzliche Informationen zu erhalten.

Testen der Extension

Ich teste die Extensionsfähigkeit. Es wird eine Extension von –5° erreicht. Dabei werden Schmerzen in der Kniekehle, aber auch medial ausgelöst. Auf Nachfrage gibt Robert an, dass diese Schmerzen nicht nur medial auftreten, sondern auch „nach innen zu gehen scheinen, tief in das Knie hinein“. In klinischer Hinsicht passen eine Extensionseinschränkung und Schmerzen tief im Knie gut zur Diagnose Meniskusverletzung.

Als Nächstes führe ich den Apley-Test durch. Obwohl dieser Test aufgrund seiner Eigenschaften weniger detaillierte Ergebnisse liefert, wäre ein positiver Ausgang ein weiteres Indiz für eine Meniskusverletzung. Auch dieser Test fällt positiv aus.

Beim Übertragen von Wissen und Fertigkeiten rund um diagnostische Tests „mutieren“ diese häufig zu Ableitungen der ursprünglichen Tests. Malanga beschrieb dies 2003 in einem Artikel anhand des McMurray- und Apley-Tests.

Befund Kollateralbänder

Weder bei leichter Flexion (ungefähr 20°) noch bei Extension ist eine Zunahme der Varus- oder Valguslaxheit zu beobachten. Auch werden bei diesen Tests keine Schmerzen ausgelöst, was auf eine Zerrung der Kollateralbänder ohne anatomische Instabilität hindeuten könnte.

Befund posterolaterale Strukturen

Der posterolaterale Winkel wird mit dem Dial-Test untersucht, bei dem die Tibia, von Femur und der rückwärtigen lateralen Schublade aus gesehen, nach außen rotiert wird. Der Dial-Test wird bei 30° und 90° Flexion durchgeführt. Eine Zunahme der Rotation um mehr als 10° wird als relevant betrachtet.

Bei Robert lassen sich durch diese Tests keine Besonderheiten objektivieren, der Test fällt daher negativ aus. Es handelt sich also nicht um eine kombinierte Bänderverletzung. Kombinierte Bänderverletzungen sollten innerhalb kurzer Zeit (ungefähr 2 Wochen) von einem chirurgischen Orthopäden untersucht werden, um festzustellen, ob ein primäres Nähen dieser Kapselstrukturen notwendig ist.

Clinical Reasoning

Die durch die Anamnese und die körperliche Untersuchung erhaltenen Informationen müssen in einen Behandlungsplan übersetzt werden.

Eine der ersten Fragen, die sich dabei stellen, lautet: „Ist der Patient beim Physiotherapeuten an der richtigen Adresse?“ In diesem Fall kann diese Frage nur positiv beantwortet werden. Es gibt keine Red Flags (Zeichen oder Symptome, die als Warnsignale oder Risikofaktoren für eine mehr oder weniger schwere Pathologie interpretiert werden können und Anlass zu einer tiefer gehenden medizinischen Diagnose geben, NPI/KNGF 2004).

Störungen treten einerseits in Form von Schmerzen und Schwellung auf, andererseits als aktive Störungen, die sich in einem humpelnden Laufmuster, Mobilitätsverlust, verminderter Stabilität (funktionelle Instabilität) und Atrophie des Quadrizeps manifestieren. Diese Störungen sind ausschlaggebend für den Behandlungsplan. Sie müssen unbedingt behandelt werden. Aktive und „normale“ Störungen sind untrennbar miteinander verbunden. Die Frage lautet: „Ist der Patient beim Physiotherapeuten an der besten Adresse?“ Es ist zu klären, ob andere Versorgungsleistungen erwünscht oder erforderlich sind.

Um hier eine gute Wahl zu treffen, sind in gewissem Umfang Kenntnisse über verwandte medizinische und paramedizinische Disziplinen notwendig.

15.5 Indikatoren für eine operative Therapie

Vorderes Kreuzband

Bekanntermaßen besteht nach einer Kreuzbandruptur eine hohe Wahrscheinlichkeit für die Entwicklung einer Arthrose. Das gilt auch für den Fall, dass das Kreuzband rekonstruiert wird. Das Verhindern einer Arthrose ist daher keine ausreichende Begründung für eine Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes. Bei kombinierten Verletzungen ist die Gefahr, dass sich eine Arthrose entwickelt und Einschränkungen entstehen, allerdings grö-

ßer (Shelbourne 2000). Mit anderen Worten: Es muss dafür gesorgt werden, dass durch den Verlust des vorderen Kreuzbandes kein sekundärer Schaden am Meniskus oder Knorpel entsteht, z. B. durch weitere Drehmomente. Die langfristige Prognose kann sich hierdurch schnell verschlechtern.

Funktionelle Instabilität

Nebelung beschrieb 2005 eine Gruppe von Sportlern ohne vorderes Kreuzband. Bei 95 % dieser Sportler wurde bei einem 20-jährigen Follow-up eine Schädigung des Meniskus oder des Knorpels festgestellt. Nichtsdestotrotz gibt es, wenn auch in geringem Umfang, Hinweise darauf, dass eine größere, postoperative anatomische Instabilität den arthrotischen Prozess beschleunigt (Jonnson 2004).

Die Wahrscheinlichkeit einer funktionellen Instabilität lässt sich nicht anhand des Ausmaßes der anatomischen Instabilität vorhersagen (Engstrom 1993, Harilainen 1995, Lephart 1992). Diese Wahrscheinlichkeit ist also eine individuelle Angelegenheit, die möglicherweise von mehreren Faktoren bestimmt wird. Pivotierende Sportarten sind mit einem höheren Verletzungsrisiko durch Verdrehungen verbunden. Es muss ein Profil des Patienten erstellt werden, um zu überprüfen, ob eine Rekonstruktion eine gute Wahl wäre.

Disposition

Die einzigen eindeutigen Indikatoren für eine zukünftige Knieverletzung sind frühere Verletzungen. Es gibt jedoch Anzeichen dafür, dass auch Sprungtechnik (also Koordination) und Kraft einen gewissen Vorhersagewert haben. Darüber hinaus ist bekannt, dass Frauen anfälliger für Knieverletzungen sind (Renstrom 2008), vor allem für Verletzungen des vorderen Kreuzbandes. Jede Sportart hat ihre eigene Inzidenz für Knieverletzungen. Wenn man die Anzahl der Knieverletzungen pro Stunde Sportausübung zugrunde legt, steht dabei Skifahren an erster Stelle.

Eine in jeder Hinsicht wasserdichte klinische Vorhersageregel gibt es bisher noch nicht. Eine Faustregel, die immer noch zur Anwendung kommt, wenn eine Entscheidung für oder gegen eine Rekonstruktion getroffen werden muss, ist die Ein-Drittel-Regel (Rule of one Third, Noyes 1983):

- ein Drittel der Patienten ohne vorderes Kreuzband erreicht wieder das ursprüngliche Funktionsniveau
- ein Drittel muss seine Aktivitäten anpassen und
- ein Drittel benötigt aufgrund immer wieder auftretender Momente der Instabilität eine Operation

Es sei allerdings darauf hingewiesen, dass es sich hier um eine recht alte Studie handelt und dass seitdem mit vielen Facetten dieser Problematik anders umgegangen wird, auch wenn die wissenschaftliche Diskussion noch nicht zu einer abschließenden Bewertung dieser Fragen gekommen ist.

> Eine klinische Vorhersageregel (Clinical Prediction Rule) ist eine Regel, mit deren Hilfe Zeichen und Symptome eingeordnet und mit anderen vorliegenden Faktoren verknüpft werden können. Damit wird ermittelt, welche Faktorenkombination einen Vorhersagewert für die Ergebnisse einer bestimmten Behandlungsstrategie hat (McGinn 2000).

Meniskus

Eine operativ, durch (partielle) Meniskektomie behandelte Meniskusverletzung ist ein Indikator für das verfrühte Auftreten einer Arthrose. Dort, wo die Meniskusstrukturen noch eine Rolle bei der Kräftebewältigung spielen können, entsteht ein günstigeres Belastungsmuster als dort, wo diese Strukturen fehlen (Wilson 2003). Daher ist es wichtig, eine Ausheilung (konservativ oder operativ) des Meniskusschadens zuzulassen oder zu ermöglichen. Der Teil des Meniskus, in dem eine Genesungstendenz besteht, ist das äußere Drittel, der durchblutete Bereich, der in der Orthopädie auch als „rote Zone“ bezeichnet wird (Hauger 2000).

15.6 Vorschlag: ärztliche Konsultation

Der bisherige Verlauf der Untersuchung rechtfertigt die Vermutung, dass wir es hier mit einer Meniskusverletzung zu tun haben. Doch nur auf Grundlage der Geschichte des Patienten in Kombination mit den Testergebnissen kann diese Vermutung noch nicht mit völliger Sicherheit verifiziert werden. Angesichts der Tatsache, dass sich die Erhaltung von Meniskusstrukturen langfristig positiv auf den Gesundheitszustand des Knies auswirkt (Øiestad 2009), beschließe ich, dem Patienten zu raten, möglichst bald einen orthopädischen Chirurgen zu konsultieren. Wir beschließen, dass Robert H. zuerst den Hausarzt konsultiert und ihn fragt, ob er einer Überweisung an einen Orthopäden zustimmt. In diesem Fall trifft es sich besonders günstig, dass gute Kontakte zu einem nahe gelegenen Krankenhaus bestehen, das den Sportler kurzfristig aufnehmen kann.

Der Hausarzt stimmt zu und stellt dem Patienten eine Überweisung an einen orthopädischen Chirurgen aus.

Der Chirurg empfängt den Patienten in der folgenden Woche. Der Patient übergibt ihm einen Brief, in dem ich mein Vermutungen formuliere und den Chirurgen bitte, mir einen Bericht über seine Befunde zukommen zu lassen:

„Sehr geehrter Herr Dr. …

oben genannten Patienten habe ich heute wegen Kniebeschwerden untersucht. Die Beschwerden sind auf eine Distorsion zurückzuführen, die der Patient vor ungefähr anderthalb Wochen erlitten hat. Bei der Distorsion handelt es sich um ein Flexions-Exorotations-Moment, nach dem das Knie schnell anschwoll. Die Untersuchung ergab eine starke visköse Schwellung, die eine Hämarthrose vermuten lässt. Die klinische Untersuchung lieferte Anzeichen für eine Beschädigung des vorderen Kreuzbandes (positiver Lachman-Test) und des Meniskus (Joint-Line-Tenderness-Test, McMurray-Test und Apley-Test).

In Absprache mit dem Hausarzt riet ich dem Patienten, Sie zu konsultieren. Bitte lassen Sie mich Ihre Meinung, Ihre Diagnose und Behandlung wissen.

Mit freundlichen Grüßen

Igor Tak MSc, PT“

15.7 Dritte physiotherapeutische Behandlung

Einen Tag nachdem Robert H. beim Chirurgen war, kommt er zur dritten Behandlung. Er berichtet, dass eine Arthroskopie durchgeführt werden soll, um den Meniskus zu beurteilen. Im Falle eines peripheren Risses soll dieser in Kombination mit einer Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes genäht werden. Die Arthroskopie soll in 4 Wochen stattfinden. Der Patient erzählt weiter, dass die gesamte Konsultation nicht länger als 5 min dauerte. Er ist darüber nicht unglücklich, hat aber noch eine Reihe von Fragen, die er mir nun stellt.

Robert: „Was genau passiert eigentlich bei so einer Operation? Wie lange dauert es nach so einer Operation, bis man wieder Fahrrad fahren kann? Werde ich auf Krücken laufen müssen? Wie lange werde ich nicht arbeiten können? Wann werde ich wieder Sport treiben können?“

Ich bemühe mich, diese Fragen ruhig und mit einer gewissen Zurückhaltung zu beantworten. Verbindliche Aussagen zu den Aktivitäten des täglichen Lebens und der Wiederaufnahme sportlicher und beruflicher Aktivitäten sind nur auf allgemeiner Ebene möglich und unterscheiden sich von Patient zu Patient. Ich erkläre Robert, dass alles, was ich ihm sage, auf meiner Wahrnehmung der Patienten in meiner eigenen Praxis basiert und dass ich mich mit konkreten Aussagen entsprechend zurückhalten möchte.

Über den Ablauf der Operation informiere ich ihn, indem ich ihm in groben Zügen schildere, wie Kreuzband und Meniskus behandelt werden können. Welche Technik der Chirurg einsetzen wird, kann ich ihm nicht sagen. Das hängt von den Erfahrungen und Vorlieben des Operateurs ab. Aber zumindest kann ich Robert erklären, auf welche Weise ein Kreuzband rekonstruiert werden kann. Ich weise ihn auf verschiedene Webseiten hin, die entsprechende Informationen enthalten.

Ich erkläre, dass Radfahren auf einem Hometrainer nach 4–6 Wochen wieder möglich ist, richtiges Fahrradfahren jedoch wegen des Auf- und Absteigens problematisch sein kann. Das Fahren selbst ist in den meisten Fällen unproblematisch. Mit einer für sicheres Auf- und Absteigen ausreichenden dynamischen Stabilität ist nach ungefähr 8 Wochen zu rechnen. Außerdem kann ich Robert darüber informieren, dass ungefähr 9 Monate intensiver Rehabilitation nötig sein werden, bis er wieder an Wettkämpfen teilnehmen kann. Während dieser Zeit wird er jedoch wieder draußen trainieren und am Mannschaftstraining teilnehmen können. Natürlich können Phasen, in denen, aus welchen Gründen auch immer, keine zielgerichtete Rehabilitation stattfinden kann, oder Phasen körperlicher Überlastung, die zu einem angeschwollenen Knie führen können, die Genesung verzögern.

> Um Prognosen zur Wiederaufnahme der beruflichen Tätigkeit geben zu können, muss der Therapeut die Arbeitsumstände kennen und auch wissen, wie der Patient zur Arbeit und wieder nach Hause kommt.

Ich erzähle Robert, dass sich viele Patienten schon während der ersten Woche Zu Hause an den Computer setzen, um überhaupt wieder etwas arbeiten zu können. Langes Stehen und das Zurücklegen längerer Strecken mit Unterarmgehstützen stellen für viele Patienten eine Belastung dar, weil das lange Vertikalisieren zu einem Ödem und damit zu Schmerzen in Unterschenkel und Fuß führen kann. Die meisten Patienten können schon nach kurzer Zeit kürzere Strecken mit 2 Unterarmgehstützen zurücklegen, aber längere Strecken sind manchmal erst nach 2 Wochen möglich. Die meisten Patienten empfinden es als angenehm, das Bein im Verlauf des Tages von Zeit zu Zeit hochzulagern.

Auf die Unterarmgehstützen kann nicht verzichtet werden, vor allem weil das durch die Operation (erneut) verletzte Knie entlastet werden muss. Das Knie muss von Schwellungen und Schmerzen genesen können. Die Stützen kompensieren auch teilweise die verminderte Muskelkontrolle, die sich nach einer Operation einstellt.

15.7.1 Therapieverlauf

Nachdem ich Robert verschiedene Dinge erklärt haben, beginnen wir mit den Übungen. Ich sage ihm, dass eine Reihe von spezifischen Funktionen unbedingt verbessert werden muss, um die Beschwerden zu reduzieren und das Laufmuster zu verbessern.

Arbeitsmodell nach Rondhuis

Als Arbeitsmodell für die Gelenkfunktion benutze ich das Modell von Rondhuis (1996), um meine Behandlung zu evaluieren und mit Inhalt zu füllen (**Abb. 15.10**). In diesem Modell tauchen auch die Rehabilitationskreise wieder auf (Kap. 4.3). Das Modell von Rondhuis bietet die Möglichkeit, die Belastbarkeit begrifflich zu definieren und zu quantifizieren. Was Belastbarkeit im Zusammenhang mit Gelenken bedeutet, wurde unter anderem von Dye (1996) beschrieben.

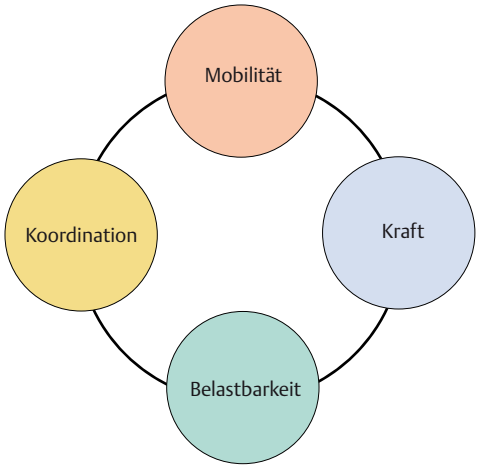


Abb. 15.10 Arbeitsmodell nach Rondhuis zur Beurteilung der Gelenkfunktion

Mobilität (nach der Neutral-0-Methode)

Befund Flexion/Extension des Kniegelenks: 140–5–0.

Beim Testen der passiven endgradigen Extension werden mediale Schmerzen angegeben sowie ein drückendes Gefühl über der Vorderseite des Knies rund um die Patella.

Die Flexion löst bei 140° medial Schmerzen aus, die stark in die Kniekehle ausstrahlen. Ich akzeptiere die Bewegungsgrenze der Flexion.

Koordination

Es liegt eine intramuskulärer Koordinationsverlust vor. Beim Anspannen in unbelasteter Position kann der Quadrizeps nur mühsam kontrolliert werden. Das zeigt sich an einem ruckartigen Anspannungsmuster. Mir fällt auf, dass Robert das Bein nicht gestreckt anheben kann. Es besteht ein Extensionsdefizit von ungefähr 10°. Daraus folgt, dass es nicht möglich ist, ausreichende Kraft innerhalb des Quadrizeps zu rekrutieren, um die eingeschränkte Extension über die gesamte Bewegungsbahn aktiv zu kontrollieren.

Intermuskuläre Koordination

Bei funktionellen Bewegungen wird die Extension systematisch vermieden. Dadurch weist das Kniegelenk beim Gehen keine Dynamik auf. Vor dem Aufsetzen des Beines, direkt vor dem Heel-strike (Fersenkontakt), befindet sich das Knie beim normalen Gehen in einer neutralen Streckstellung von ca. 0° Extension. Deshalb kommt es während der frühen Standphase, bei zunehmender Belastung, zu einem kleinen Flexionsmoment von bis zu 20°. Danach, von unmittelbar vor der mittleren Standphase bis zum Moment des aktiven Abhebens des Fußes vom Boden (Push-off), wird wieder aktiv die neutrale Extensionsstellung gesucht (Brunekreef 2005). Dieses Bewegungsmuster ist bei vielen Patienten mit Knieverletzungen so stark verändert, dass nur wenig oder gar keine Dynamik im Kniegelenk mehr zu sehen ist (Rudolp 1998, Torry 2004).

Kraft

Die Kraft lässt sich nicht gut spezifizieren. Bei einem angeschwollenen Knie und einer beeinträchtigten Koordination ist es nicht möglich, die Kraft zu bestimmen. Dafür wäre ja gerade Koordination nötig.

Belastbarkeit

Für die Belastbarkeit gilt, dass sie durch ein Trauma akut abnimmt. Schmerzen und Schwellung führen zu einer Bewegungsanpassung und Inhibition der Muskelaktivität.

Um mir eine Übersicht über die Störungen zu verschaffen und trotz allem zu versuchen, die Belastbarkeit genauer zu bestimmen, benutze ich den Lysholm-Score (**Tab. 15.1**) und den Tegner-Score (**Tab. 15.2**), die ich den Patienten selbst ausfüllen lasse (Briggs 2009).

Ergebnis:

- beim Lyholm-Score erreicht Robert 63 Punkte
- beim Tegner-Score 3 Punkte

Behandlung

Mobilisation

Bevor ich mobilisiere, lasse ich Robert ohne Belastung und schmerzfrei auf einem Fahrrad bewegen. Das Bein kann er ein wenig entspannen, die Trophik wird verbessert. Das erste Ziel ist die Verbesserung der Extension. Nach der Fahrradübung beginne ich mit manuellen Mobilisationstechniken, um den Dreh-Gleit-Mechanismus des Kniegelenks bei der Extension zu verbessern (**Abb. 15.11**, s. Kap. 4.3).

Dies führt schon nach kurzer Zeit zu einer Zunahme der Mobilität um fast 5°. Ruhig auf der Bank liegend

Tab. 15.1 Der Lysholm-Score. Bewertet werden Aktivitätsstörungen und -einschränkungen (Lysholm 1982)

Gehbehinderung/Hinken/Humpeln (5 Punkte)	keine	5
	leicht oder periodisch auftretend	3
	schwer und dauerhaft	⓪
Unterstützung/Gehhilfe (5 Punkte)	keine	⑤
	Stock oder Krücke	2
	Gewichtbelastung nicht möglich	0
Blockierung (15 Punkte)	keine Blockierung und kein Gefühl des „Verhakens“	15
	Gefühl des „Verhakens“, aber keine Blockierung	⑩
	Blockierung gelegentlich	6
	Blockierung häufig	2
	blockiertes Gelenk bei Untersuchung	0
Instabilität (25 Punkte)	kein Nachgeben	25
	selten bei Leichtathletik oder anderer großer Anstrengung	⑳
	häufig bei Leichtathletik oder anderer großer Anstrengung (oder unfähig zur Partizipation)	15
	gelegentlich bei täglichen Aktivitäten	10
	häufig bei täglichen Aktivitäten	5
	bei jedem Schritt	0
Schmerzen (25 Punkte)	keine	25
	unregelmäßig und leicht bei großer Anstrengung	⑳
	ausgeprägt bei großer Anstrengung	15
	ausgeprägt bei oder nach mehr als 2km Gehen	10
	ausgeprägt bei oder nach weniger als 2km Gehen	5
	ständig	0
Schwellung (10 Punkte)	keine	10
	bei großer Anstrengung	5
	bei normaler Anstrengung	2
	ständig	⓪
Treppensteigen (10 Punkte)	keine Probleme	10
	leichte Beeinträchtigung	⑥
	ein Schritt nach dem anderen	2
	nicht möglich	0
Hocken / in die Hocke gehen (5 Punkte)	keine Probleme	5
	leichte Beeinträchtigung	4
	nicht mehr als 90°	②
	nicht möglich	0

scheint das Bein völlig gestreckt zu sein, aber eine Überprüfung ergibt, dass die 0°-Position knapp verfehlt wird. Außerdem treten auf der Innenseite des Knies immer noch Schmerzen auf. Das drückende Gefühl auf der Vorderseite hat jedoch abgenommen.

So weiß ich, dass Robert noch nicht wieder symmetrisch gehen kann, denn dafür sind auf jeden Fall 0° Extensionsbeweglichkeit erforderlich. Zugleich muss die 0°-Stellung aktiv beherrscht werden können.

Ich bitte ihn, den Quadrizeps anzuspannen und das Bein so gestreckt wie möglich anzuheben. Er kann das Bein beim Anheben immer noch nicht besser strecken als vorher, es bleibt in 10° Flexion.

Tonuserhöhung

Das nächste Ziel ist, Tonus in den Oberschenkel zu bringen und eine bessere Kontrolle in Richtung der Endstreckung zu erreichen. Andernfalls kann die hinzugewonnene Mobilität nicht funktionell eingesetzt werden.



Abb. 15.11 Das Knie wird in der aktuellen Endstellung positioniert. Dann wird eine Extensions-Rotations-Mobilisation mit einer Translationskomponente durchgeführt.

Tab. 15.2 Der Tegner-Score. Bewertet werden Aktivitäts- und Partizipationseinschränkungen (Tegner 1985)

Level 10	Wettkampfsport	Fußball, nationale und internationale Elite/Spitzensport
Level 9	Wettkampfsport	Fußball, untere Ligen Eishockey Wrestling Gymnastik/Turnen
Level 8	Wettkampfsport	Bandy Squash oder Badminton Leichtathletik (Springen etc.) Abfahrt- /Alpinskifahren
Level 7	Wettkampfsport	Tennis Leichtathletik (Laufen) Motocross, Speedway-Motorradfahren Handball Basketball
	Freizeitsport	Fußball Bandy und Eishockey Squash Leichtathletik (Springen) Mountainbike Cross Country als Freizeit- und Wettkampfsport
Level 6	Freizeitsport	Tennis und Badminton Handball Basketball Abfahrt- /Alpinskifahren Joggen, mindestens 5mal pro Woche
Level 5	Arbeit/Beruf	Schwerarbeit (z.B. Bau- oder Waldarbeit)
	Wettkampfsport	Radfahren Skilanglauf
	Freizeitsport	Joggen auf unebenem Untergrund, mindestens 2mal pro Woche
Level 4	Arbeit/Beruf	mäßig schwere Arbeit (z.B. Lastwagen fahren, schwere Haushaltsarbeiten)
	Freizeitsport	Radfahren Skilanglauf Joggen auf ebenem Untergrund, mindestens 2mal pro Woche
Level 3	Arbeit/Beruf	leichte Arbeit (z.B. Pflege)
	Wettkampf- u. Freizeitsport	Schwimmen Gehen im Wald möglich
Level 2	Arbeit/Beruf	leichte Arbeit Gehen auf unebenem Untergrund möglich, aber Gehen im Wald nicht möglich
Level 1	Arbeit/Beruf	sitzende Tätigkeit Gehen auf ebenem Untergrund möglich
Level 0	Arbeit/Beruf	Krankschreibung/Krankheitsurlaub oder Invalidenrente wegen Knieproblemen

Ich lasse Robert Straight leg raises auführen, um eine möglichst hohe Spannung im Quadrizeps zu erzeugen sowie die Kontrolle über die zu diesem Zeitpunkt mögliche Endposition zu üben. Diese Übung kann mit großem Krafteinsatz durchgeführt werden, auch zu Hause (Kap. 4.3).

Beim Straight leg raise entsteht keine Erhöhung des Drucks im Kniegelenk, sie hat also keinen direkten Einfluss auf den intraartikulären Druck.

Ich entscheide mich für Übungsreihen mit vielen Wiederholungen (15–20), bis eine neuromuskuläre Ermüdung eintritt, also bis eine Muskelermüdung eintritt oder bis die Endstellung der Extension nicht mehr kontrolliert werden kann. Jeder Kontrollverlust in der Endstellung bewirkt eine Abnahme der Muskelaktivität in den Vastii-Kompartimenten, aktiv ist dann vor allem der Rectus femoris (s. S. 261).

Beim Verbessern der Extensionsmobilität muss die auch normale Arthrokinematik stimuliert werden. Nach einer Verletzung ist dies nicht unbedingt möglich, die Kinematik ist gestört. Es ist jedoch wichtig, beim Bewegen bestimmte Prinzipien einzuhalten:

- Bei der Extension des Kniegelenks findet eine Dreh-Gleit-Bewegung der Tibia statt. Diese Dreh-Gleit-Bewegung kann manuell stimuliert oder sowohl in offenen als auch in geschlossenen Ketten geübt werden.
- Eine Form der Übung, die in einer offenen Kette durchgeführt werden kann, ist in diesem Fall das Anspannen des Oberschenkels, während die Kniekehle unterlagert und abgestützt wird (vgl. **Abb. 15.11**). Aus dieser Position heraus kann der Quadrizeps maximal willkürlich angespannt werden.
- Beim Anheben des Fußes entsteht eine anguläre Bewegung im Unterschenkel, bei der sich die Tibia nach vorne bewegt. Auf diese Weise werden aktive Stabilität und Mobilität gemeinsam trainiert.
- Wichtig ist, dass schmerzfrei geübt wird.

Schmerzen haben eine unmittelbare negative Wirkung auf die Rekrutierungsfähigkeit des Muskels.

- Zugleich kann es zu einem Vorwärtsrutschen der Tibia kommen, das bei fehlendem vorderem Kreuzband die Belastung auf das Hinterhorn des Meniskus erhöht. Wenn diese Strukturen beschädigt sind, können bei dieser Übung Schmerzen auftreten.

15.7.2 Ergebnisse und Hinweise

Nach dieser Behandlung, die ungefähr eine halbe Stunde dauerte, bitte ich Robert, aufzustehen und ein paar Schritte zu gehen. Auf Nachfrage berichtet er, dass er weniger Druck auf das Knie spüre und mehr Bewegungs-

freiheit fühlt. Die Bewegungsqualität ist sichtbar besser geworden. Die Extension hat zugenommen.

Ich instruiere ihn für zu Hause und bitte ihn, die Extensionsmobilität tagsüber so gut wie möglich zu kontrollieren. Außerdem lege ich ihm nahe, belastende, tiefe Flexionshaltungen wie Knien und Hocken sowie andere Bewegungen, die Schmerzen medial oder in der Kniekehle auslösen, zu vermeiden.

Robert fragt, ob er weiter mit Eis kühlen und wie oft pro Tag er üben soll.

Die Anwendung von Eis hat hinsichtlich der Bekämpfung der Schwellung keinen kurativen Wert. Ich antworte, dass er eigentlich nach Belieben üben kann, solange es nicht mehr als 10 min sind. Ich schlage ihm 2-maliges Training pro Tag vor, es sei denn, das Knie wird dadurch gereizt, was er an der Zunahme von Schmerzen oder der Schwellung erkennen kann. Provokationen sollten natürlich während der ganzen kommenden Zeit und ganz gewiss bis zur geplanten Arthroskopie vermieden werden. Wir vereinbaren den nächsten Termin für die kommende Woche.

Nach 2 weiteren Behandlungseinheiten findet die Operation statt.

15.8 Operative Therapie

Zusätzlich zur Verletzung des vorderen Kreuzbandes wird bei Robert ein Riss im äußeren Rand des medialen Meniskus festgestellt.

- Der Meniskus wird genäht (**Abb. 15.12**).
- Das Kreuzband wird unter Verwendung der Kniebeugersehnen von Semitendinosus und Grazilis rekonstruiert (**Abb. 15.13**).
- Außerdem wird ein Knorpeldefekt gefunden, der durch Mikrofrakturierung behandelt wird (**Abb. 15.14**).

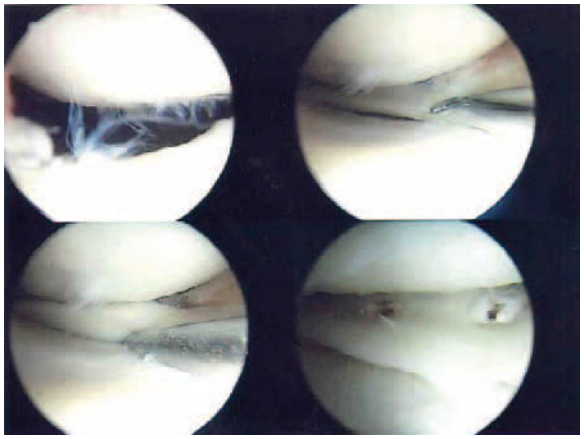


Abb. 15.12 Arthroskopisches Bild des Meniskusrisses vor und nach dem Nähen (eine „Meniskopexie“).

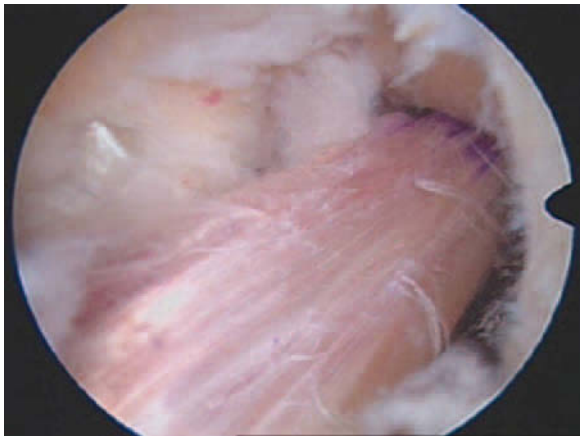


Abb. 15.13 Die vordere Kreuzbandplastik in situ.

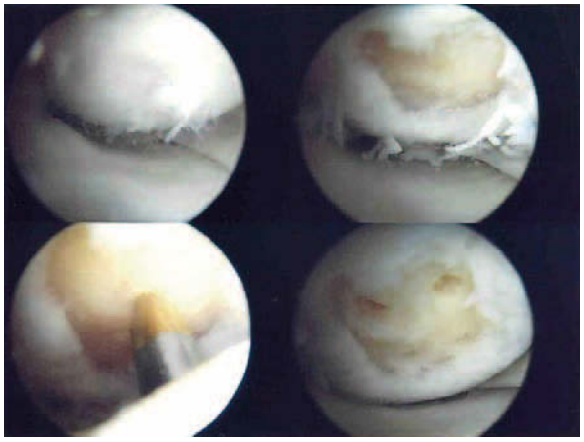


Abb. 15.14 Arthroskopisches Bild eines Knorpeldefekts IV. Grades vor und nach der Behandlung durch Mikrofrakturierung.

15.9 Postoperative Therapie

Nach der Rehabilitation wird der Patient nach Hause entlassen und ruft in der Praxis an, um einen Termin zu vereinbaren. Der erste Termin wird auf den vierten Tag nach der Operation gelegt. Er bringt eine Überweisung mit, auf der steht:

„Status nach Rekonstruktion des VKB auf der rechten Seite durch Kniebeugersehnen (StG) und Meniskopexie einer medialen Meniskusverletzung. Zugleich Mikrofrakturierung einer Verletzung IV. Grades auf der medialen Femurkondyle. Während der ersten sechs Wochen belasten mit Extension, Lock-brace berührend! Mobilität beim Üben nicht mehr als 90°."

Nach der Einteilung der International Cartilage Repair Society (ICRS) ist eine Verletzung IV. Grades eine Verletzung, die sich bis in den subchondralen Knochen erstreckt.

Die physiotherapeutische Behandlung wird am 4. postoperativen Tag wiederaufgenommen. Die Meniskusverletzung konnten genäht werden und die Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes ist erfolgreich verlaufen. Der Knorpeldefekt und seine Behandlung sind jedoch ein Rückschlag, sowohl für den Gesundheitszustand des Knies als auch für den Verlauf der Behandlung.

In der Frühphase der Therapie kann nur ein reduziertes Belastungsprogramm absolviert werden. Darüber und über die in der ersten Zeit zu erwartenden Einschränkungen muss der Patient aufgeklärt werden. Weiterhin ist ein guter Start der Therapie wichtig. Schäden, die während der ersten Wochen entstehen, schränken die Genesung stark ein. Auch für Robert ist die Knorpelverletzung eine Enttäuschung, aber er ist erleichtert, dass die Operation gut verlaufen ist und alle gefundenen Schäden behandelt werden konnten.

Bevor die Therapie begonnen werden kann, sollte reflektiert werden, innerhalb welcher Grenzen sich die therapeutische Intervention bewegen darf. Ausschlaggebend ist das Genesungsverhalten der bei der Operation behandelten Gewebe. Der schwächste Parameter bestimmt für jede Einheit die Therapieziele hinsichtlich Mobilität, Koordination, Belastbarkeit und Kraft.

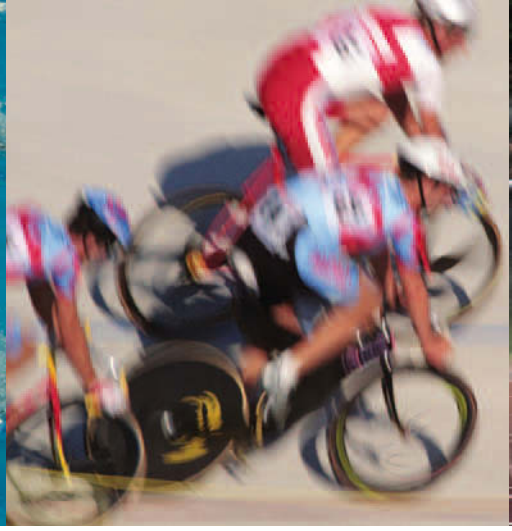
Zusammenfassung

- Kniedistorsionen mit sofort auftretender Schwellung sind berühmt-berüchtigt wegen der hohen Wahrscheinlichkeit einer intraartikulären Verletzung.
- Für eine gute Diagnose müssen der Unfallhergang, die Muster klinischer Erscheinungsformen sowie die Stärken und Schwächen der diagnostischen Tests bekannt sein.
- Es kann ein zweigleisiger Ansatz verfolgt werden. Es ist legitim, nach der Diagnose zu Behandlungsformen überzugehen. Bei Verdacht auf strukturelle Schäden, die möglicherweise medizinisch behandelt werden müssen, ist es angebracht, einen Spezialisten hinzuzuziehen.
- Der anatomische Schaden und die Genesungstendenz der betroffenen Gewebe bestimmen, auf welche Weise und wie stark belastet werden kann.
- Instruktionen und Beratung für den Patienten sollten an dessen Verständnis, Überzeugungen und Fragen zu seinen gesundheitlichen Problemen anschließen.
- Eine gute Behandlung im weitesten Sinne des Wortes ist ohne Kenntnisse über Anatomie, Physiologie, Diagnose und Behandlungsmöglichkeiten *per definitionem* unmöglich.

Literatur

www.carletonsportsmed.com (6.7.2010)
www.swarminteractive.com (6.7.2010)
Benjaminse A. Clinical diagnosis of an anterior cruciate ligament rupture: A meta-analysis. Journal of Orthopedic and Sports Physiotherapy 2006; 36: 267–288.
Bomberg B. Acute hemarthrosis of the knee: Indications for diagnostic arthroscopy. Arthroscopy 1990; 6: 221–225.
Briggs K. The reliability, validity, and responsiveness of the Lysholm Score and Tegner activity scale for anterior cruciate ligament injuries of the knee 25 years later. The American Journal of Sports Medicine 2009; 37: 890–897.
Brunekreef J. Reliability of videotaped observational gait analysis in patients with orthopedic impairments. BMC Musculoskeletal Disorders 2005; 6: 17.
Copeland S. Joint stiffness of the upper limb. Philadelphia: Saunders; 1997.
DeHaven K. Arthroscopy in the diagnosis and management of the anterior cruciate ligament deficient knee. Clininical Orthopedics and Related Research 1983; 172: 52–56.
Docentenhandleiding Directe Toegankelijkheid Fysiotherapie. Nederlands Paramedisch Instituut en Koninklijk Nederlands Genootschap Fysiotherapie. Amersfoort: 2004; 13–14.
Engstrom B. Knee function after anterior cruciate ligament ruptures treated conservatively. International Orthopedics 1993; 17: 208–13.
Freeman M. Instability of the foot after injuries to the lateral ligament of the ankle. Journal of Bone and Joint Surgery (Britain) 1965; 47: 669–677.
Harilainen A. Good muscle performance does not compensate instability symptoms in chronic anterior cruciate ligament

deficiency. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy 1995; 3: 135–137.
Hauger O. Characterization of the “red zone” of knee meniscus: MR imaging and histologic correlation. Radiology 2000; 217: 193–200.
Irrgang J. Development and Validation of the International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form. American Journal of Sports Medicine 2001; 29: 600–613.
Jense J. Systematic evaluation of acute knee injuries. Clinical Journal of Sports Medicine 1985; 4: 295–312.
Johannsen H. Arthroscopy in the diagnosis of acute injuries to the knee joint. International Orthopedics 1988; 12: 283–286.
Jonsson H. Positive pivot shift predicts later osteoarthrosis. Acta Orthopedica Scandinavica 2004; 75: 594–599.
Lephart S. Relationship between selected physical characteristics and functional capacity in the anterior cruciate ligament-insufficient athlete. Journal of Sports and Physical Therapy 1993; 16: 174–181.
Lysholm J. Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. American Journal of Sports Medicine 1982; 10: 150–154.
Malanga G. Physical examination of the knee: A review of the original test description and scientific validity of common orthopedic tests. The Archives of Physical and Medical Rehabilitation 2003; 84: 592–603.
McGinn T. Users’ guides to the medical literature: XXII: How to use articles about clinical decision rules. Evidence-Based Medicine Working Group. Journal of the American Medical Association 2000; 284: 79–84.
Meserve B. A meta-analysis examining clinical test utilities for meniscal injury. Clinical Rehabilitation. 2008; 22: 143–161.
Nebelung W. Thirty-five years of follow-up of anterior cruciate ligament-deficient knees in high level athletes. Arthroscopy 2005; 21: 696–702.
Noyes F. The symptomatic anterior cruciate-deficient knee, part 2: The results of rehabilitation, activity modification, and counseling on functional disability. Journal of Bone and Joint Surgery (America) 1983; 65: 163–174.
Øiestad B. Knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament injury: A systematic review. American Journal of Sports Medicine 2009; 37: 1434–1443.
Parkkari J. Is it possible to prevent sports injuries? Review of controlled clinical trials and recommendations for future work. Sports Medicine 2001; 31(14): 985–95.
Renstrom P. Non-Contact ACL injuries in female athletes. British Journal of Sports Medicine 2008; 42: 394–412.
Rondhuis G. Knierevalidatie. Utrecht: De Tijdstroom; 1996.
Rudolph K. Movement patterns after anterior cruciate ligament injury: A comparison of patients who compensate well for the injury and those who require operative stabilization. Journal of Electromyography and Kinesiology 1998; 8: 349–362.
Shelbourne D. Results of anterior cruciate ligament reconstruction based on meniscus and articular cartilage status at the time of surgery: Five- to fifteen-year evalutions. American Journal of Sports Medicine 2000; 28: 446–452.
Shelbourne D. The O’Donoghue triad revisited. Combined knee injuries involving anterior cruciate and medial collateral ligament tears. American Journal of Sports Medicine 1991; 19: 474–477.
Solomon D. Does this patient have a torn meniscus or ligament of the knee? Journal of the American Medical Association 2001; 286: 1610–1620.
Stiell I. Implementation of the Ottawa Knee Rule for the use of radiography in acute knee injuries. Journal of the American Medical Association 1997; 278: 2075–2079.
Stiell I. Prospective validation of a decision rule for the use of radiography in acute knee injuries. Journal of the American Medical Association 1996; 275: 611–615.
Stiell I. Use of radiography in acute knee injuries: Need for clinical decision rules. Academic Emergency Medicine 1995; 2: 966–973.
Tegner Y. Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. Clininical Orthopedics 1985; 198: 43–49.
Torry M. Mechanisms of compensating for anterior cruciate ligament deficiency during gait. Medicine & Science in Sports & Exercise 2004; 36: 1403–1412.
Watson AW. Sports injuries related to flexibility, posture, acceleration, clinical defects, and previous injury in high-level players of body contact sports. International Journal of Sports Medicine 2001; 22: 222–225.
Westin F. What is the terrible triad? Arthroscopy 1992; 8: 19–22.
Wilson W. Pathways of load induced cartilage damage causing cartilage degeneration in the knee after meniscectomy. Journal of Biomechanics 2003; 36: 845–851.


16 Fallbeispiel: Rehabilitation nach einer lumbalen Bandscheibenoperation – Triathlon

Guido Perrot und Harald Bant

16.1 Vorstellung des Patienten

Benjamin ist ein groß gewachsener, 18-jähriger, gut trainierter Triathlet, welcher mit starken Rückenbeschwerden in die Praxis kommt. Seine Spezialität ist die olympische Distanz. Er ist Student und steht kurz vor der Wettkampfphase. Benjamin leidet schon längere Zeit unter episodenhaften Rückenschmerzen, welche in der Vergangenheit dem hohen Belastungsdruck oder dem hohen Trainingsaufwand zugeschrieben wurden (**Tab. 16.1**).

Benjamin trainiert seit seinem 12. Lebensalter Triathlon (Trainingsalter: 7 Jahre) und gehört zum Hoffnungskader der Nationalmannschaft. Seine Stärke ist das Schwimmen, seine schwächste Disziplin das Laufen. Die persönlichen Trainingsrichtlinien für den Vierteltriathlon sind:

- 1,5 km Schwimmen: 17 min 30 sec
- 40 km Radfahren: durchschnittlich 58 min
- 10 km Laufen: 34 min 30 sec

Tab. 16.1 Trainingsaufwand von Benjamin in der Vorbereitungsperiode (Mai 2007)

Wochentag	morgens	nachmittags	abends
Montag	Vorlesungen	**Schwimmen** 90 min, 4,2 km härteres Training mit Hauptserie (schnell, voll): 5 × 200 m, 5 × 100 m, 5 × 50 m	**Laufen** 60 min, ca. 12 km hartes Training (Berglauf; schnell, voll): 6 × 2,5 min
Dienstag	Vorlesungen	**Radfahren** 120 min, ca. 60 km GA1 mit 5 Beschleunigungen am Berg 2–4 min	**Laufen** 45 min direkter Wechsel nach Rad: 15 min zügiges Tempo; danach locker GA-1
Mittwoch	**Laufen** 45 min GA-1 mit Technik-elementen Vorlesung	Vorlesungen	**Schwimmen** 100 min, 4,9 km Technik und kurze, schnelle Serien
Donnerstag	Vorlesung	Vorlesung	
Freitag	Vorlesung	**Schwimmen** 90 min Technik und einige Sprints **Radfahren** 90 min GA-1	**Laufen** 30 min lockeres Laufen mit 3 kurzen Steigerungen
Samstag	Anreise	**Kurztriathlon**	
Sonntag	aktive Erholung		

Benjamin gehört zum U-23-Nationalkader und zum High-Potential-Team für die Olympischen Spiele in London 2012, die auch Benjamins langfristiges Ziel sind. Seine kurz- und mittelfristigen Ziele sind:

- Etablierung in der Kategorie U-23 auf europäischem Niveau
- Qualifikation für die U-23-EM und -WM
- Top-20-Rangierungen bei Europacup-Rennen
- Top-4-Rangierung bei der Schweizer Meisterschaft

16.2 Das lumboradikuläre Syndrom (LRS)

Ziel und Schwerpunkt dieses Fallbeispiels ist es, für die Praxis relevante Erkenntnisse und Möglichkeiten einer funktionsorientierten Behandlungsstrategie nach einer Bandscheibenoperation aufzuzeigen und deren Bedeutung für eine optimale Rehabilitation zu verdeutlichen.

Wenn ein Triathlet mit Rückenbeschwerden zur Behandlung in die Sportphysiotherapie kommt, ist seine erste Frage oftmals, ab wann er wieder in vollem Umfang seinen Sport ausüben kann. Nebst der Diagnose ist deshalb eine Prognose für den Sportler sehr wichtig (s. Kap. 4, S. 303). Er will möglichst genau wissen, ab wann er wieder trainieren bzw. sein Comeback planen kann. Realistische Prognosen sind deshalb ein wichtiger Bestandteil der gemeinsamen Zielvereinbarung.

Der Sportphysiotherapeut richtet seine langfristige Zielsetzung primär nach den sportlichen Zielen des Athleten. Er stellt sich, in Dialog mit dem Sportler, erstens die Frage, welche funktionsorientierten, möglichst konkreten Behandlungsstrategien und -mittel er anwenden soll, um den Sportler rasch und erfolgreich zum vorherigen sportlichen Leistungsniveau zurückzuführen (s. Kap. 1.2, S. 23). Zweitens legt er fest, welche Behandlungsaspekte zu berücksichtigen sind, um die Gefahr eines Rückfalls möglichst gering zu halten.

Folgende Aspekte stellen die Grundlage der optimalen Wirbelsäulenrehabilitation dar:

- die Bindegewebsphysiologie
- der Wundheilungsprozess
- die neuromuskuläre Kontrolle
- die Trainingsprinzipien
- die Interpretation des Therapeuten
- das Verhalten des Sportlers
- die funktionelle Rehabilitation

McCarthy beschreibt das lumboradikuläre Syndrom (LRS – lumbale Rückenschmerzen) als ein multidimensionales Problem (McCarthy 2004). Multidimensional deshalb, weil pathomechanische, neurophysiologische, psychosoziale und kontextuelle Faktoren eine wichtige Rolle spielen (Einerhand 1995). Sportler der verschiedensten Disziplinen verfügen über vielfache Erfahrungen mit Einschränkungen und Schmerzen, welche durch lumbale Rückenschmerzen verursacht werden (O'Dowd 2001). Auch Triathleten sind diese Erfahrungen bekannt. Mehrere Studien haben gezeigt, dass Rückenbeschwerden auf die Sportart Triathlon zurückzuführen sind oder dass die Rückenbeschwerden zu einer Trainingspause geführt haben.

Im Laufe der letzten Jahre hat sich die Behandlung lumbaler Rückenbeschwerden grundlegend verändert. Körperliche Aktivitäten und Bewegungstherapien werden heute in allen relevanten nationalen und internationalen Richtlinien als Therapie der ersten Wahl empfohlen. Die Wirkungsweisen sind aber noch weitgehend unklar.

Sportlich aktive Menschen leiden häufiger unter Rezidiven (O'Dowd 2001), da sie ihre Beschwerden oft bagatellisieren und die funktionelle Rehabilitation aus verschiedenen Gründen nicht optimal durchgeführt wird.

Epidemiologie der Rückenbeschwerden

Die Prävalenz von LRS liegt bei 49–70%. Davon haben 5–10% der Beschwerden eine lumboradikuläre Ausprägung. 90% der lumboradikulären Probleme werden durch Diskushernien und 10% durch lumbale Stenosen und Tumore verursacht (Koes 2007). Bei Diskushernien wird heutzutage nicht mehr nur ausschließlich operiert. Die Indikationen einer Diskushernienoperation werden in direkte und indirekte unterteilt. Direkte Indikationen liegen vor bei einer Cauda-equina-Symptomatik, akuten Paresen oder bei vom Patienten als unerträglich empfundenen Schmerzen (Krämer 2005). Unter die indirekten Indikationen fällt die progressive Zunahme der neurologischen Problematiken (Koes 2007) oder wenn sich keine signifikante Verbesserung der Beschwerden durch konservative Therapie in einem Zeitabschnitt von 6–8 Wochen einstellt.

Minimalinvasive Bandscheibenoperation

Es existieren unterschiedliche minimalinvasive Interventionen zur Behandlung von Bandscheibenvorfällen. Zwei der häufigsten sind die mikroskopisch assistierte perkutane Nukleotomie (MAPN) und die endoskopische Nukleotomie (Schwarz 2008).

Ein Blick in die wissenschaftliche Literatur

Die Studienlage zu aktiven Rehabilitationsprogrammen nach Bandscheibenoperationen ist dünn (Erdogmus 2007). Vor allem auf die Frage, was in den ersten Wochen nach dem chirurgischen Eingriff therapeutisch am effektivsten ist, finden sich nur rudimentäre Informationen.

Ostelo kommt in einem Review von 2008 zu der wenig hilfreichen Schlussfolgerung, dass es eine starke Evidenz für „intensive Programme" gibt, welche 4–6 Wochen nach der Operation starten. Wie diese Programme konkret auszusehen haben, konnten die Forscher nach Durchsicht der vorhandenen Studien aber nicht sagen. Allerdings schlussfolgern sie, dass ein aktives Therapiemanagement die Funktionen der Patienten verbessert und die Rückkehr in den Arbeitsalltag beschleunigt (Erdogmus 2007, Ostelo 2002). Ostelo (2002) erkennt keinen Grund (Evidenz), weshalb Patienten ihre Aktivitäten nach einer Bandscheibenoperation einschränken sollten. Lumbal-dynamische Stabilisations- sowie Extensionsübungen nach einer lumbalen Diskektomie zeigen nach 8 Wochen eine signifikante Schmerzverbesserung (Yilmaz 2003).

Eine Untersuchung der Uniklinik Jena zeigte, dass ein sensomotorisch ausgerichtetes Training ebenso effektiv war wie ein Programm, welches vorwiegend Kräftigungskomponenten enthielt. Beide Interventionen starteten nach 12–14 Tagen (Bak 2006).

Aus diesen Untersuchungen lässt sich ableiten, dass bisher keine der Studien schädliche Übungen identifizieren konnte. Leider zeigen diese Studien nicht deutlich, welche Übungen konkret während der Rehabilitation nach einer Bandscheibenoperation durchgeführt wurden. Therapeuten sollten den Fokus daher auf eine frühe Aktivierung legen und die Übungsprogramme den Möglichkeiten und Bedürfnissen ihrer Patienten anpassen. Tut sich ein Patient schwer mit spezifischen Übungen zur Rumpfstabilisation, so kann er an Trainingsgeräten trainieren. Ist bei einem Patienten die Hemmschwelle zur Bewegung noch groß, so ist ein Einstieg über sensomotorisches Training möglich.

Patienten wünschen sich nach einer Operation klare Aussagen zu den erlaubten Aktivitäten (Williamson 2008). Evidenzbasierte Nachbehandlungsschemata, die in verständlichen Broschüren für sie aufbereitet sind, finden sich in den Kliniken heutzutage selten. Noch ist zwar nicht ausreichend untersucht, was schriftliche Informationen nach Bandscheibenoperationen leisten können, aber einiges lässt sich sicherlich von den Forschungsergebnissen zu konservativen Behandlungen bei Rückenschmerzen übertragen (Supp 2008). Erhalten Patienten mit Wirbelsäulenbeschwerden Informationsbroschüren mit klar verständlichen Anweisungen, so führen die Betroffenen ihre Behandlungsprogramme wesentlich konsequenter durch (Schneiders 1998).

Schriftliche Informationen helfen, die Angst-Vermeidungs-Mechanismen der Patienten anzugehen und die Belastbarkeit im Alltag zu steigern (Burton et al. 1999, McClune 2003). Bei chronischen Rückenschmerzen können Broschüren sogar dazu beitragen, Intensität und Häufigkeit der Schmerzepisoden zu reduzieren (Udermann 2004).

16.3 Die physiotherapeutische Untersuchung

16.3.1 Anamnese

Entstehung der Beschwerden

Benjamin ist beim Bahntraining mit hohem Lauftempo auf nasser Unterlage ausgerutscht und auf das Gesäß gestürzt. Die Rückenbeschwerden zeigten sich erst nach dem Training, als er sich in der Garderobe für einige Minuten hinsetzte. Anschließend konnte er sich im Stand nicht mehr ganz aufrichten. Starke Verspannungen der Lendenwirbelsäule und lokale starke Schmerzen zwangen ihn, sich wieder hinzusetzen. Als Benjamin nach Hause kam, nahm er 2 Paracetamol und legte sich ins Bett mit der Hoffnung, der Schmerz würde nachlassen. Am nächsten Tag waren die Schmerzen noch stärker. Zusätzlich zeigten sich schmerzhafte Ausstrahlungen in Bein und Fuß. Benjamin machte sich Sorgen und konsultierte den Sportphysiotherapeuten.

Beschwerdebild

Wegen starker Schmerzen (Wert 7–8 auf der numerischen Ratingskala [NRS]) war es für den Sportphysiotherapeuten nicht möglich, eine vollständige sportphysiotherapeutische Untersuchung durchzuführen. Die Inspektion ergab:

- Die Schonhaltung ist deutlich zu erkennen: Benjamin fixiert seine Lendenwirbelsäule in Kyphose.
- Die aktive Lordosierung der Lendenwirbelsäule kann im Stehen aufgrund von starken lokalen Schmerzen unmöglich eingenommen werden.
- In Seitlage mit kyphosierter Lendenwirbelsäule fühlt sich Benjamin deutlich besser.

Der Sportphysiotherapeut entscheidet sich als Erstes dafür, den Schmerz zu reduzieren: Wärmeanwendungen, oszillierende manuelle Therapie und die Entlastung der Lendenwirbelsäule mittels elastischer Bauchbandage ver-

ringern die Schmerzen und die Schonhaltung einigermaßen.

Benjamin befindet sich in der Entzündungsphase, die in eine vaskuläre und eine zelluläre Phase eingeteilt werden kann. Beide dominieren zu den typischen Entzündungszeichen: Rubor, Calor, Dolor, Tumor, Functio laesa.

In dieser Situation ist es wichtig, den Schmerz zu reduzieren, da extremes Schmerzempfinden ein prädisponierender Faktor für die Entstehung von chronischen Beschwerden ist.

Benjamin wird empfohlen, sich 2 Tage Ruhe zu gönnen und in den kommenden Wochen regelmäßig zur Therapie zu kommen. Nach internationalen Richtlinien sind 2 Tage Bettruhe erlaubt.

Nach einer Woche Physiotherapie mit der Zielsetzung Schmerzlinderung, wird deutlich, dass die Therapie nicht den gewünschten Erfolg zeigt, die Beschwerden nehmen sogar zu. Benjamin bemerkt immer mehr Parästhesien im Bein und er hat das Gefühl, an Kraft zu verlieren, was unter anderem zu vermehrtem Stolpern während des Gehens führt. Weil deutliche Zeichen einer Zunahme der neurologischen Problematik bestehen, entscheidet der Sportphysiotherapeut, Benjamin zum Arzt zu schicken. Somit können weitere Abklärungen gemacht und bildgebende Verfahren eingesetzt werden.

Eine progressive Zunahme der Beschwerden und der neurologischen Problematik sind Red Flags und somit eine Indikation für eine ärztliche Diagnostik (Huang 1997).

Der Sportarzt untersucht Benjamin und kommt zu folgendem Ergebnis:

- schmerzbedingte Flexionseinschränkungen der Lendenwirbelsäule
- progressive, sensible Ausfallerscheinungen in den Dermatomen L4–5 mit zunehmenden Schmerzen im Versorgungsgebiet
- Aufgrund seiner Schmerzen schläft Benjamin schlecht und ist müde. Ihm fällt auf, dass er beim Gehen immer mehr stolpert, weil er seinen Fuß nicht mehr hoch genug heben kann. Der Arzt entscheidet sich für ein MRT.

Im MRT zeigt sich ein Bandscheibenvorfall in der Lendenwirbelsäule (L4–5). Da die physiotherapeutische Intervention nicht den gewünschten Erfolg brachte und eine Zunahme der neurologischen Erscheinungen und der Schmerzen festgestellt wurde, wird gemeinsam entschieden, eine Bandscheibenoperation durchzuführen. Als Operationsmethode wird eine mikroskopisch assistierte, perkutane Nukleotomie gewählt. Da bei dieser Operation auch Bandscheibengewebe verletzt wird, orientiert sich das Rehabilitationsschema an der Wundheilungszeit des Bandscheibengewebes.

Die Turn-over-Zeit der Bandscheibe wird aufgrund ihrer geringen Durchblutung auf 50–60 Jahre geschätzt (Diemer u. Sutor 2007).

Die Bandscheibe ist ein Faserknorpel und besteht aus dem Nucleus pulposus und dem Anulus fibrosus. Der Nucleus pulposus enthält vor allem Chondroblasten, welche viel Grundsubstanz produzieren. Der Anulus fibrosus enthält eine Mischung aus Chondroblasten und Fibroblasten und besteht vor allem aus kollagenen Fasern. Der Nucleus pulposus federt den wechselnden Druck ab und sorgt für Entlastung. Der Anulus fibrosus reguliert die wechselnden Zugverhältnisse und sorgt in dieser Richtung für Entlastung. Die Orientierung der unterschiedlichen kollagenen Fasern bildet die verschiedenen Bewegungsrichtungen ab, die auf die Bandscheibe wirken: Flexion, Extension und Rotation (van den Berg 2000).

16.3.2 Erwartungen des Patienten

Benjamin möchte sich wieder schmerzfrei bewegen können. Die starken Schmerzen vor der Operation haben seine Bewegungsfreude gedämpft. Er bewegt sich vorsichtig und hat Angst, mit einer ungeschickten Bewegung die Schmerzsituation wieder zu verschlechtern. Diese Bewegungsangst möchte er so bald wie möglich wieder loswerden, damit er in den Leistungssport Triathlon zurückkehren kann.

Kinesiophobie kann mithilfe des Tampa-Score für Kinesiophobie oder des Fear Avoidance Beliefs Questionnaire festgestellt und bewertet werden (Goubert 2000).

16.3.3 Untersuchung nach den Kriterien der ICF

Inspektion

- abgeflachte lumbale Lordose
- asymmetrische Haltung, da Benjamin hauptsächlich sein „gesundes“ Bein belastet
- Schmerzen hauptsächlich im lumbalen Bereich (Wert 5, NRS)
- leichte Parästhesien
- Kraftverlust im M. tibialis anterior

Aktivitätsniveau

Die Aktivitätseinschränkungen von Benjamin werden durch unterschiedliche Fragebögen objektiviert. Eingesetzt wurde die Quebec Back Pain Disability Scale (**Tab. 16.2**) und ein patientenspezifischer Fragebogen.

Die Eintragungen zeigen deutlich, dass Benjamin im Alltag sehr stark eingeschränkt ist. Besondere Probleme

Tab. 16.2 Quebec Back Pain Disability Scale mit Eintragungen von Benjamin

Der folgende Fragebogen gibt Aufschluss darüber, wie stark Sie durch die Rückenschmerzen bei Ihren normalen täglichen Aktivitäten beeinträchtigt sind. Aufgrund der Rückenschmerzen kann es beim Ausführen von bestimmten Tätigkeiten Schwierigkeiten geben. Wir hätten gerne gewusst, wie groß die Schwierigkeiten für Sie beim Ausführen folgender Aktivitäten sind. Kreuzen Sie bitte bei jeder Möglichkeit nur eine Antwort an und lassen Sie keine Frage aus. Haben Sie heute Schwierigkeiten, aufgrund Ihrer Rückenschmerzen folgende Tätigkeiten auszuführen?

	Aktivität	keine Mühe	etwas Mühe	einige Mühe	viel Mühe	sehr viel Mühe	nicht möglich
1	Aufstehen aus dem Bett	O	X	O	O	O	O
2	die ganze Nacht durchschlafen	X	O	O	O	O	O
3	Umdrehen im Bett	O	O	X	O	O	O
4	Autofahren	O	O	O	O	O	X
5	20–30 min stehen	O	O	O	X	O	O
6	einige Stunden in einem Stuhl sitzen	O	O	O	O	O	X
7	Treppenlaufen	O	O	O	X	O	O
8	kurze Strecke gehen (300–400 m)	O	O	X	O	O	O
9	einige km gehen	O	O	O	O	O	X
10	etwas aus der Höhe greifen	O	O	O	X	O	O
11	Ballwerfen	O	O	O	O	O	X
12	eine kurze Strecke sprinten (100 m)	O	O	O	O	O	X
13	etwas aus dem Kühlschrank holen	O	O	X	O	O	O
14	Bettenmachen	O	O	X	O	O	O
15	Sockenanziehen	O	O	X	O	O	O
16	Runterbeugen, Putzen	O	O	O	O	O	X
17	einen Stuhl verstellen	O	O	X	O	O	O
18	eine schwere Türe öffnen bzw. schließen	O	O	O	O	O	X
19	2 Einkaufstüten tragen	O	O	O	O	O	X
20	einen schweren Koffer tragen	O	O	O	O	O	X

bereiten ihm die Ausführung von Extensions- und Rotationsbewegungen sowie die Stabilität der Wirbelsäule bei diesen Bewegungen. O'Sullivan (2000) spricht von Movement Impairments und in diesem konkreten Fall von einem multidirektionalen Muster.

Die wichtigsten Merkmale von Movement Impairments sind (O'Sullivan 2005):
- akutes Schmerzentstehen
- Bewegungseinschränkungen in der schmerzhaften Richtung
- starkes Bewusstsein für Schmerzen
- Zunahme der motorischen Reflexaktivität
- Zunahme der Bindegewebsbelastung
- Angst vor schmerzhaften Bewegungsabläufen
- Einschränkungen bei Aktivitäten

O'Sullivan (2005) hat die Beschwerden der Patienten in unterschiedliche Muster eingeteilt:
- Flexionsmuster
- Flexions-/Lateral-Shift-Muster
- passives Extensionsmuster
- aktives Extensionsmuster
- multidirektionales Muster

Für Benjamin ist es das Wichtigste, so schnell wie möglich wieder für den Triathlon trainieren zu können. Dies spiegelt sich im patientenspezifischen Fragebogen wider, in dem er dem Laufen, Schwimmen und Radfahren die höchste Priorität beimisst. Für die Rehabilitation bedeutet dies, dass die Therapie so gestaltet werden muss, dass Benjamin am Ende der Rehabilitation wieder an seine Leistungen vor der Bandscheibenoperation anknüpfen kann. Als Zwischenziel wird eine Laufwettkampfteilnahme terminiert.

Partizipationen

ADL-Aktivitäten sind eingeschränkt und es ist momentan keine sportliche Betätigung möglich.

Persönliche Faktoren

Benjamin ist ein sehr ambitionierter Triathlet, der seine physischen Grenzen beim Sport schlecht akzeptieren kann. Im Rehabilitationsprozess muss er deshalb eher gebremst und auf seine Grenzen aufmerksam gemacht werden.

Externe Faktoren

Benjamin spürt Druck vom nationalen Kader. Dieses möchte ihn am liebsten so schnell wie möglich wieder im Wettkampf sehen.

16.3.4 Sportphysiotherapeutische Überlegungen

Erwartungen des Patienten

Das Ziel von Benjamin ist es, im Spätherbst an einem 10-km-Laufwettbewerb teilzunehmen. Er denkt, dass er in 12 Wochen mit dem Lauftraining beginnen kann und im Anschluss daran mit Radfahren und Schwimmen. Während der Rehabilitation will Benjamin sich vor allem auf das Laufen konzentrieren. Seine Rückenprobleme sind einerseits beim Laufen entstanden, andererseits ist dies auch seine schwächste Disziplin.

Prognose

Obwohl die Literatur den Beschwerdeverlauf bei lumboradikulären Problemen günstig beschreibt, lautet die Prognose, dass Benjamin erst nach 8–12 Monaten wieder an Triathlonwettkämpfen teilnehmen kann. Die Abnahme der Beschwerden sagt nichts über die Belastbarkeit der unterschiedlichen Bindegewebestrukturen der Wirbelsäule aus.

Rückgang der Beschwerden beim akuten lumboradikulären Syndrom (Vroomen 2000):
- innerhalb von 10 Tagen: 50 %
- nach 4 Wochen: 75 %
- Turn-over-Zeiten (Diemer u. Sutor 2007):
- Kapsel und Ligamente: 300–500 Tage
- Bandscheibe: 50–60 Jahre
- Haut: 5–10 Tage
- Synovia: 14–21 Tage

Benjamin ist ein ambitionierter Triathlet, der während der Rehabilitation regelmäßig gebremst werden muss, um Überbelastungserscheinungen und Rezidiven der Rückenbeschwerden vorzubeugen. Er lässt sich wenig von Erklärungen über Movement Impairments und multidirektionale Bewegungsmuster beeindrucken, da er sehr motiviert ist, mit der Rehabilitation zu beginnen.

16.4 Physiologische Grundlagen für die sportphysiotherapeutische Rehabilitation

Um die Rehabilitationsprozesse in Benjamins Fall zu verdeutlichen, ist es notwendig, die Grundlagen der Wirbelsäulenrehabilitation darzustellen. Die Grundlagen betreffen:
- die Bindegewebsphysiologie
- den Wundheilungsprozess
- die neuromuskuläre Koordination
- die Trainingsprinzipien

Bindegewebsphysiologie

Bindegewebe besteht aus Zellen, die extrazelluläre Bestandteile produzieren (van den Berg 2000):
- kollagene und elastische Fasern
- Grundsubstanz, vor allem bestehend aus Proteoglykanen
- nichtkollagene Proteine
- Wasser

Die Zusammenstellung und die Organisation des Bindegewebes bestimmen dessen Funktion und Belastbarkeit (Junqueira 1998). Stokes und Latridis (2004) haben die unterschiedlichen histologischen Bestandteile der Bandscheibe deutlich dargestellt:

	Nucleus pulposus	Innerer Anulus fibrosus	Äußerer Anulus fibrosus
Zelltyp	Chondroblasten	Chondroblasten/ Fibroblasten	Fibroblasten
Proteoglykanen	<65 % (TG)	20–35 %	10–20 %
Kollagen	15–25 % (TG)	40–75 % (TG)	50–90 % (TG)
Elastin	10 % (TG)		10 % (TG)
Wasser	75–90 %	75–80 %	60–75 %
Gewebe	Faserknorpel	Mischgewebe	Ligamente

TG = trockenes Gewicht

Aufgrund der histologischen Zusammensetzung der Bandscheibe und der Organisation der unterschiedlichen Bestandteile kann gesagt werden, dass abwechselnde Zug- und Druckbelastungen von großer Bedeutung für die Belastbarkeit der Strukturen sind. Dies gilt im Besonderen für den Nucleus pulposus. Der äußere Anulus fibrosus besteht aus Ligamenten und braucht für eine optimale Belastbarkeit abwechselnd Zug und Entlastung.

Der Wundheilungsprozess

Wundheilungsprozesse sind als physiologische Antworten des Körpers auf Bindegewebsverletzungen zu betrachten (s. Kap. 1.4). Nach einer Bindegewebsverletzung reagiert der Körper mit einer Entzündung. Das Ziel der Entzündung ist eine gute Analyse der Verletzung. Nach der Entzündungsphase werden die unterschiedlichen Phasen der Gewebeheilung eingeleitet: Proliferations- und Remodulationsphase (Martinez-Hernandez 1993). Eine Bandscheibenoperation ist nichts anderes als das Entstehen einer akuten Bindegewebsverletzung. Das bedeutet, dass während der postoperativen Rehabilitation die physischen Einschränkungen der unterschiedlichen Wundheilungsphasen berücksichtigt werden müssen. Der Sportphysiotherapeut stimmt sein Handeln auf die Phasen der Wundheilung ab.

In der Proliferationsphase entsteht neues kollagenes Bindegewebe (Typ III). Um diesen Prozess optimal zu unterstützen, verstärkt der Sportphysiotherapeut seine Therapie mit physiologischen Reizen, welche die Syntheseaktivität der entsprechenden Zellen erhöhen, die Neubildung von Blutgefäßen stimulieren (Angiogenese) und eine optimale Orientierung von neugeformtem Gewebe in die Belastungsrichtung unterstützen (Matthijs 2003). Für die Bandscheibe ist es wichtig, Belastungsreize mit geringem Umfang und Intensität zu setzen. Reize in Mobilität und im Koordinationsbereich stehen hier im Vordergrund.

Die neuromuskuläre Kontrolle

Panjabi hat bereits 1992 ein Modell zur Gelenkstabilität entwickelt, bei welchem 3 verschiedene Subsysteme beteiligt sind. Das neurale Subsystem betrifft sowohl das periphere als auch das zentrale Nervensystem. Das passive Subsystem besteht aus knöchernen und periartikulären Strukturen; hierbei geht es sowohl um Kongruenz als auch um eine sensorisch-afferente Rolle. Das aktive Subsystem besteht aus der Muskulatur (Panjabi 1992). Hierbei soll nicht in einzelnen Muskeln sondern in Muskelgruppen und -funktionen gedacht werden. Entsprechend der Einteilung von Richardson kann die Muskulatur der Wirbelsäule in die lokale und globale Muskulatur unterteilt werden (Richardson 1995). Das lokale System sorgt für segmentale Kontrolle und besteht unter anderem aus den Mm. multifidii, dem M. transversus abdominis und dem medialen Teil des M. quadratus lumborum. Gerade bei subakuten und chronischen LRS ist dieses lokale System nicht mehr aktiv. Das globale System besteht sowohl aus mono- als auch aus multiartikulären spinalen Muskeln, dem M. latissimus dorsi, der Fascia thoracolumbalis und der Muskulatur der unteren Extremität.

Die 3 Subsysteme „neural“, „passiv“ und „aktiv“ bestimmen, in wieweit sich das Segment in der „neutralen Zone“ bewegt. Die neutrale Zone kann als das physiologische Bewegungsausmaß aufgefasst werden. Belastungen außerhalb dieser neutralen Zone führen automatisch zur Überbeanspruchung des Bindegewebes und eventuell zu Instabilitäten.

T’Jonck beschreibt die Stabilität des Segments innerhalb der neutralen Zone als Grundvoraussetzung, um belastungsmethodisch mit dem Sportler zu trainieren (T’Jonck 2001).

Trainingsprinzipien

Trainingsprinzipien und Trainingskontrollen werden mithilfe von Qualitätskriterien ermittelt und durchgeführt. Im ersten Teil der Rehabilitation besteht das Ziel darin, eine optimale neuromuskuläre Kontrolle zu erreichen. Im zweiten Teil der Rehabilitation sind die wichtigsten Trainingsprinzipien der Overload, also der wirksame Belastungsreiz, und die Superkompensation, der optimale Zeitpunkt für einen erneuten Trainingsreiz.

Qualitätskriterien

In der gesamten Rehabilitation gelten für alle Übungen folgende Qualitätskriterien:

- optimale Ausgangsposition der Wirbelsäule während der Übung
- optimaler Bewegungsablauf
- optimaler Bewegungsrhythmus
- optimales Bewegungsausmaß

Der Sportphysiotherapeut überwacht die Kriterien und legt anhand dieser die Quantität fest, also die Zahl der Übungen und Serien, die Wiederholungszahl pro Übung und das Trainingsgewicht. Dazu muss der Therapeut sowohl die verschiedenen Trainingsmethoden als auch deren Effekte kennen. Die Wirbelsäulenrehabilitation kennt 5 unterschiedliche Rehabilitationsstufen.

Problemlösestrategien der Patienten

Anhand der multiplen Ursachen lumbaler Rückenschmerzen kann man die Sportler in 2 Gruppen einteilen: Die einen zeigen eine eingeschränkte Beweglichkeit, die anderen eine verringerte motorische Kontrolle. Je nachdem, welche Einschränkung die Sportler haben, treten nichtadäquate Problemlösungsstrategien auf.

Problemlösungsstrategien können Instabilitäten fördern. Man kann festhalten, dass bei beiden Strategien das Verhalten der Patienten zu einer Überbelastung des Bindegewebes führt. Dadurch haben sie mehr Schmerzen, sind in ihrem Alltag eingeschränkt und es können Instabilitäten der Wirbelsäulensegmente entstehen.

Strategie 1

Eine eingeschränkte Beweglichkeit kompensiert der Sportler z. B. mit Ausweichbewegungen: dem Vermeiden der spezifischen Bewegung. Ist die motorische Kontrolle reduziert, kann er zwar alle Bewegungen ausführen, dies führt jedoch zu einer Irritation des Bindegewebes und deshalb zu Schmerzen. Patienten, die sich nicht normal bewegen können, versuchen, schmerzhafte Situationen zu vermeiden (O'Sullivan 2005).

Strategie 2

Bei Patienten, deren motorische Kontrolle verringert ist, verstärken sich die Symptome, weil sie ihre Rückenschmerzen während der Aktivität nicht optimal wahrnehmen (Verlust des Haltungs- und Bewegungsgefühls).

Typische Merkmale für den Verlust des Haltungs- und Bewegungsgefühls sind:

- verringerte segmentale Kontrolle
- Schmerzen während eines spezifischen Bewegungsablaufes
- Schmerzen bei endgradigen Bewegungen

Man unterscheidet zwischen einem schmerzhaften Flexions-/Extensionsmuster und einem multidirektionellen Muster (O'Sullivan 2005). Beim Flexionsmuster sind die Ursachen meistens im lokalen und stabilisierenden System zu finden, während sich das schmerzhafte Extensionsmuster vor allem durch eine Hypertonie der globalen spinalen Muskulatur manifestiert. Ein multidirektionelles Muster ist eine Kombination von beiden. Bei allen verstärken die Beschwerden den weiteren Verlust der motorischen Kontrolle, ohne dass der Patient sein Bewegungsverhalten ändert (Dankaerts 2005). Der Therapeut muss versuchen, diesen Teufelskreis zu durchbrechen. Der Sportler soll mehr Bewusstsein für die schmerzhaften Handlungen entwickeln und diese Bewegungen bewusst machen. Dazu stellt der Sportphysiotherapeut ein Trainingsprogramm zusammen, welches das motorische Verhalten verbessert und in dem die Belastung auf das Bindegewebe zunächst innerhalb der neutralen Zone bleibt.

Therapeutische Strategie

Bei Benjamin ist ein multidirektionales Muster festgestellt worden. Die Betonung der Rehabilitation bei Benjamin liegt auf dem aktiven Extensions-Rotationsmuster.

Die Strategie der Wirbelsäulenrehabilitation nennt sich Gradual Exposure (gestaffelte Belastung).

Gradual Exposure ist eine Strategie, die benutzt wird, um Movement Impairments zu reduzieren. Dabei wird der Patient stufenweise in die angstbesetzten Bewegungsabläufe gebracht, um die Angst vor bestimmten Haltungen und Bewegungen zu reduzieren bzw. zu eliminieren (Vlaeyen 1996).

Dazu wird die Graded Activity (gestaffelte Aktivität) eingesetzt, bei der stufenweise die mechanische Belastung erhöht wird. Dies gelingt entweder dadurch, belastende Aktivitäten seltener zu vermeiden, oder dadurch, spezifische Trainingsmethoden einzusetzen, z. B. auf Koordinationstraining folgendes Krafttraining.

Die unterschiedlichen Belastungsstufen bei der Graded Activity sind:

- lokale bzw. segmentale Stabilisation
- regionale Stabilisation
- totale Stabilisation
- totale Bewegung
- funktionelle Bewegung

16.5 Therapiegestaltung

Segmentale Stabilisation

In der ersten Phase der Therapie trainiert der Athlet die segmentale Stabilisation mithilfe eines Stabilizers (Druck-Biofeedback-System) (Richardson et al. 2004). Er lernt dabei, den M. transversus abdominis und M. multifidus zu aktivieren. Die monosegmentalen Systeme der spinalen Muskulatur sind verantwortlich für die segmentale Stabilität der Wirbelsäule. Mithilfe des segmentalen Stabilisationstrainings rekrutiert Benjamin – aufgrund einer verbesserten intramuskulären Koordination – mehr motorische Einheiten. Zusätzlich steigt die Spannung der aktivierten Muskeln. Das Stimulieren dieses Systems ist die Basis des Rehabilitationsprogramms.

Regionale Stabilisation

In der zweiten Trainingsstufe lernt der Sportler, die Wirbelsäule in vertikaler Position statisch zu stabilisieren. Dabei arbeiten sowohl das lokale, segmentale, gewichtstragende System aus der ersten Phase wie auch die globalen, mono- und multiartikulären, gewichtstragenden Systeme. Wenn der Athlet regional stabilisieren kann, steht die totale Stabilisation auf dem Trainingsplan.

Totale Stabilisation

Nachdem die beiden ersten Trainingsphasen statisch waren, darf der Sportler beim Trainieren der totalen Stabilisation seine Extremitäten nun dynamisch einsetzen. Es findet aber keine anguläre Bewegung zwischen den Segmenten statt. Die Wirbelsäule ist während der Bewegung der Extremitäten fixiert. Wie in den vorherigen Phasen kräftigt der Triathlet die Muskulatur und verbessert seine Koordination, während der Therapeut auf die korrekte Bewegungsausführung achtet.

Totale Bewegung

In der vierten Phase, der Phase der totalen Bewegung, stehen allgemeine und vielseitig zielgerichtete Übungen auf dem Trainingsplan. Der Sportler darf seine Wirbelsäule jetzt auch dynamisch belasten. Das heißt, während den Übungen finden kyphosierende, lordosierende und rotierende Bewegungen der Wirbelsäule statt, um das globale System zu trainieren. In dieser Phase spielen neben der Koordination auch Kraft und Beweglichkeit eine wichtige Rolle. Die Zahl der Wiederholungen, den Umfang und die Intensität legt der Sportphysiotherapeut für die einzelnen Trainingsphasen gemeinsam mit dem Patienten fest.

Ist die totale Bewegung wiederhergestellt, folgt direkt im Anschluss das sportartspezifische Training.

Funktionelle Bewegung

Im Rehabilitationsmodell sollen die funktionellen Handlungen (Bewegungshandlungen) immer sportartspezifisch sein (s. Kap. 1.2, S. 19 [handlungstheoretisches Modell]). Am Beispiel von Benjamin müssen sich die Bewegungen gezielt auf den Triathlon beziehen. Alle stabilisierenden Systeme sollten jetzt ineinandergreifen. Dasselbe gilt für die motorischen Grundeigenschaften Koordination, Kraft und Beweglichkeit. Der Sportler soll seine Bewegungserfahrungen mit in die Therapie einbringen. Der Sporttherapeut hat zwar das Wissen über Bindegewebsphysiologie, Wundheilung, neuromuskuläre Kontrolle, Trainingsprinzipien und das handlungstheoretische Modell, doch dieses Wissen bekommt erst eine Bedeutung, wenn auch die Erfahrungen und sportlichen Ziele des Sportlers mit in das sportspezifische Training einfließen. Erst dadurch können beide Parteien gemeinsam an einer erfolgreichen Rückkehr zum alten Leistungsniveau arbeiten.

In die Literatur wird die Einbeziehung des Patienten als Shared Decision Making bezeichnet (Higgs et al. 2008).

16.6 Analyse der Sportart Triathlon

Analyse auf der Partizipationsebene

Triathlon ist eine Trendsportart, welche in den frühen 1970er-Jahren erfunden wurde und die unmittelbare Aneinanderreihung von Schwimmen, Radfahren und Laufen beinhaltet. Durch den Ironman Hawaii hat Triathlon in den 1980er-Jahren stark an Popularität gewonnen. Mittlerweile gehört der Sport zu den am stärksten wachsenden Ausdauertrendsportarten und ist seit der Aufnahme zu den Olympischen Spielen 2000 in Sydney (Australia) eine der jüngsten olympischen Ausdauersportarten.

Triathlon ist eine Einzelsportart, in der 3 bzw. 4, wenn der Wechsel mit eingeschlossen ist, verschiedene Disziplinen nacheinander ausgeführt werden. Dabei wird zu Beginn geschwommen, und zwar im Crawl-Stil. Im Anschluss an das Schwimmen wird so rasch wie möglich auf das Rad gewechselt. Nach dem Radfahren kommt es erneut zu einem Wechsel: In Laufschuhen werden die letzten Kilometer zurückgelegt. Der Triathlet muss sich während des Wettkampfes 3-mal psychisch und physisch auf die unterschiedlichen Anforderungen einstellen und umstellen.

Das Ziel beim Triathlon ist es, so schnell wie möglich das Ziel zu erreichen. Für Benjamin bedeutet dies, so schnell wie möglich die olympische Distanz zu überwinden.

Tab. 16.3 Typische und wichtige Distanzen im Triathlon

Bezeichnung	Schwimmen	Radfahren	Laufen
Sprint	500 m	15 km	2,5 km
Kurz	750 m	20 km	5 km
Olympisch/ Classic	1500 m	40 km	10 km
Half Ironman	1900 m	90 km	20 km
Ironman	3800 m	180 km	40,2 km

Analyse auf Aktivitätsebene

Die Aktivitäten im Triathlon sind Schwimmen, Radfahren und Laufen.

Analyse auf Funktionsebene

Die Analyse auf der Funktionsebene bezieht sich auf die unterschiedlichen motorischen Grundeigenschaften. Diese motorischen Grundeigenschaften sind:

1. Mobilität
2. Koordination
3. Kraft
4. Ausdauer
5. Schnelligkeit

Benjamin braucht für den Triathlon im Bereich der Mobilität ein spezifisches Beweglichkeitstraining (s. Kap. 4.3). Im Triathlon ist es wichtig, trotz spezifischer Ermüdungszeichen optimale koordinative Fähigkeiten zu erhalten. Deshalb braucht Benjamin das Shaping. Da Triathlon ein Ausdauersport ist, braucht er bei der Kraft vor allem die Kraftausdauer und im Ausdauerbereich vor allem die aerobe Kapazität (Bant u. Ophey 2007). Die motorische Grundeigenschaft Schnelligkeit ist für Triathlon nicht relevant (**Tab. 16.4**).

Tab. 16.4 Analysekarte motorische Grundeigenschaften nach ESP 2007

	Proliferation	Remodelation	Maturation	Wettkampf
Beweglichkeit				
elastische Deformation Training Fußregion	X	X	O	O
elastische Deformation Training lineare Region	O	X	X	X
plastische Deformation Training	O	O	O	O
Creep/Stress Relaxationstraining	O	O	O	O
Strain Rate Dependance, Training Fußregion	O	O	O	O
Strain Rate Dependance, Training lineare Region	O	O	O	O
spezifische Beweglichkeit, Training	O	O	O	X
Koordination				
kognitives Training Fußregion	X	X	O	O
kognitives Training lineare Region	O	X	X	X
Hirnstammtraining	O	O	O	O
spinales Training Fußregion	O	O	O	O
spinales Training lineare Region	O	O	O	O
spezifisches Training	O	O	O	X
Agility Training	O	O	O	X
Shaping Training	O	O	O	X
Kraft				
Kraftausdauer	O	O	X	O
Maximalkraft	O	O	O	O
supramaximale Kraft	O	O	O	O
Schnellkraft (allgemeine Schnellkraft)	O	O	O	O
Explosivkraft (allgemeine Schnellkraft)	O	O	O	O
konzentrisch beschleunigen	O	O	O	O
exzentrisch bremsen	O	O	O	O
DVZ allgemein	O	O	O	O
DVZ spezifisch	O	O	O	O
Ausdauer				
aerobe Kapazität	O	O	X	X
aerobe Leistungsfähigkeit	O	O	O	O
anaerobe laktizide Kapazität	O	O	O	O
anaerobe laktizide Leistungsfähigkeit	O	O	O	O
anaerobe alaktizide Kapazität	O	O	O	O
anaerobe alaktizide Leistungsfähigkeit	O	O	O	O
Schnelligkeit				
kognitive Wahrnehmung	O	O	O	O
kognitive Antizipation	O	O	O	O
kognitive Entscheidung	O	O	O	O
motorische Reaktion	O	O	O	O
Beschleunigung	O	O	O	O
maximale Schnelligkeit	O	O	O	O
Schnelligkeitausdauer	O	O	O	O

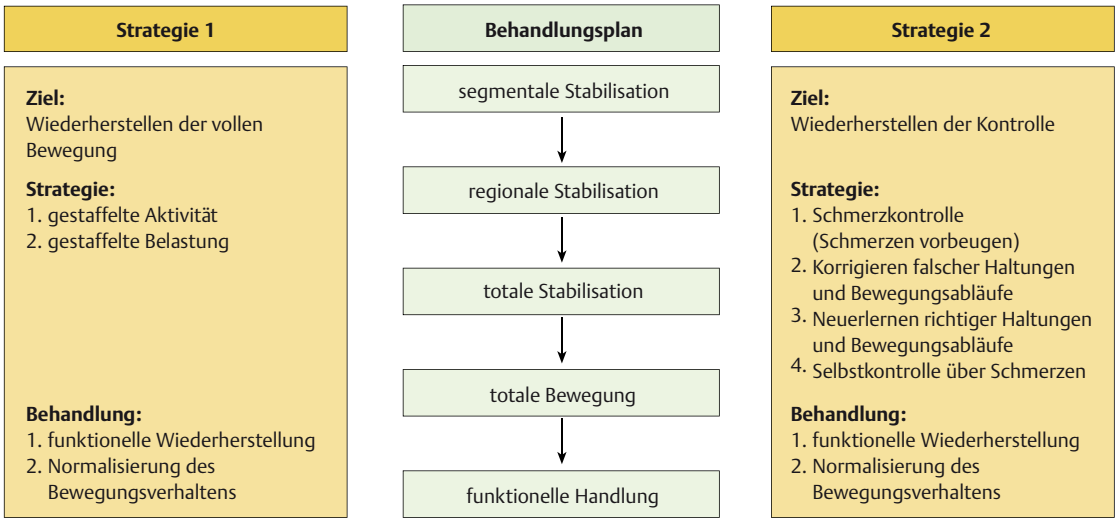


Abb. 16.1 Sportphysiotherapeutische Behandlung bei lumbalen Rückenschmerzen.

16.7 Methodischer Aufbau der funktionellen Rehabilitation

Der Vorschlag für die Rehabilitation basiert auf experimenteller, physiologischer und empirischer Evidenz sowie auf den Überzeugungen von Physiotherapeuten (Tonelli 2001).

Jede der aktiven Rehabilitationsstufen kennt unterschiedliche Rückenkarten (**Abb. 16.2**). Diese korrespondieren mit den verschiedenen Bewegungsmustern, welche Danckaerts und O'Sullivan (2005) benutzen, um die Aktivitätseinschränkungen einer Person zu klassifizieren: Flexionsmuster, Flexion/Lateral-Shift-Muster, passives Extensionsmuster, aktives Extensionsmuster und multidirektionales Muster. Bei Benjamin ist ein multidirektionales Muster festgestellt worden. In der Rehabilitation wird das Extensionsmuster betont, da sein nächstes Ziel ein 10-km-Laufwettkampf ist. Die Behandlungsstrategie bei Benjamin bezieht sich auf die Wiederherstellung der normalen individuellen Bewegung (persönliche Norm). Dies bedeutet, dass Graded-Activity- und Gradual-Exposure-Strategien durchgeführt werden (**Abb. 16.1**). In unserem Fallbeispiel wird dargestellt, wie die Klassifikation von O'Sullivan (2005), im Zusammenspiel mit den Rückenkarten, die Gestaltung einer aktiven Rehabilitation ermöglicht.

Die Rückenkarten

Jede der oben beschriebenen Stabilisationsstufen kennt genaue Übungen, die während der Rehabilitation durchgeführt werden können. Alle gewählten Übungen sind vorbereitend und werden im Zusammenspiel zum Ziel, dem Laufen, führen.

In **Abb. 16.2** (Rückenkarten) sind die unterschiedlichen Rehabilitationsstufen, welche mit Benjamin durchgeführt worden sind, grün eingefärbt.

16.8 Therapieverlauf

Aus dem Therapieverlauf werden 3 Situationen der Rehabilitation näher beschrieben.

Diese Situationen sind:

- Anfang der Rehabilitation: In dieser Phase liegt die Betonung der Rehabilitation auf der segmentalen und regionalen Stabilisation.
- Mitte der Rehabilitation: In dieser Phase liegt der Schwerpunkt vor allem auf der Stufe der totalen Stabilisation.
- Ende der Rehabilitation: Diese Phase entspricht den Stufen totale und funktionelle Bewegung; bei Benjamin in der Hauptsache Laufen.

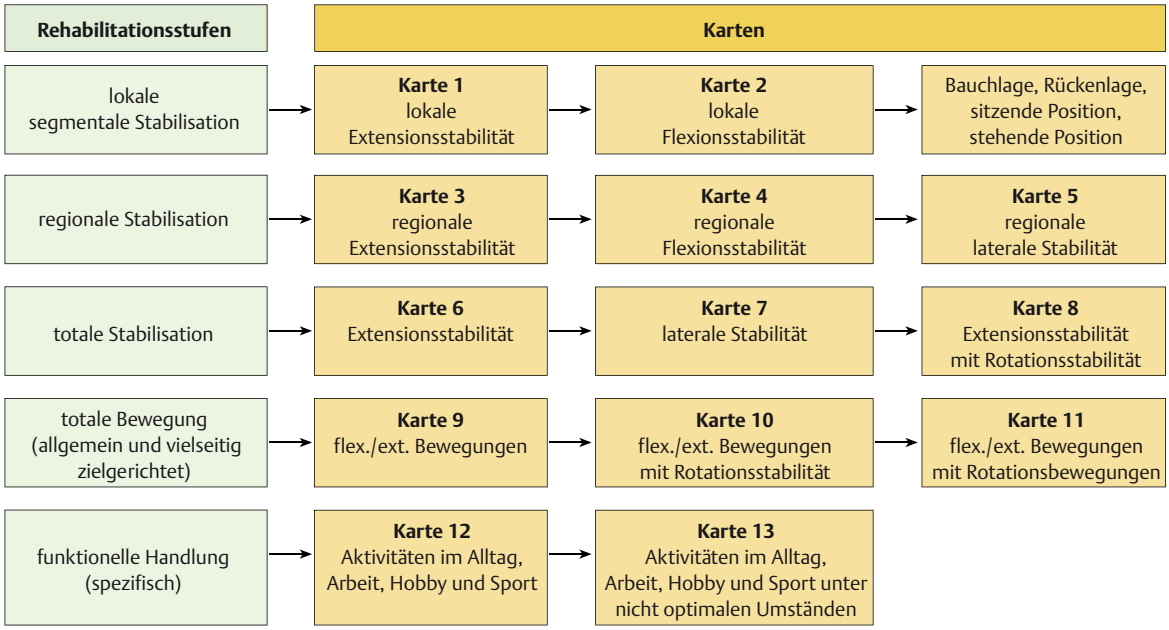


Abb. 16.2 Die Rückenkarten.

16.8.1 Anfang der Rehabilitation – Entzündungs- und Proliferationsphase

Die Proliferationsphase ist die erste Phase, in der anabole Prozesse im Vordergrund stehen. Das Ziel dieser Phase der Wundheilung ist die Stabilisierung des verletzten Gebietes durch Neubildung von Bindegewebe. Das neue Gewebe ist aus mechanischer Sicht noch kein starkes Bindegewebe (Kollagen Typ III). In dieser Phase ist es wichtig, für piezoelektrische Effekte, Transduktion und Strömungspotenziale (Bewegung) sowie optimale Sauerstoffanregung zu sorgen. So können physiologische, anabole Prozesse stattfinden und die neu gebildeten kollagenen Fasern können sich in der Belastungsrichtung orientieren.

Bewertung

Bei der Standortbestimmung am 5. postoperativen Tag stehen Benjamins starke Schmerzen (Wert 5, NRS) und seine Schonhaltung im Vordergrund. Die Quebec Back Pain Disability Scale dokumentiert, dass sehr viele Aktivitäten eingeschränkt oder gar nicht ausführbar sind (Autofahren, einige Stunden auf einem Stuhl sitzen, einige Kilometer laufen etc.). Vor allem Aktivitäten, die Extensions- und Rotationsstabilität (Rückenkarte 8) bzw. Extensions- und Rotationsbewegungen (Rückenkarte 11) brauchen, bereiten Benjamin Probleme. Er akzeptiert seine momentane physische Grenze eher wenig und wirkt nervös und unruhig.

Um neuen kollagenen Fasern optimale Reize zu geben, müssen sie in ihrer orientierten Richtung belastet werden. Dabei sind rotatorische Reize wichtig, da die meisten kollagenen Fasern des Anulus fibrosus diagonal verlaufen.

Zielsetzung und Mittel

Das oberste Ziel ist die Schmerzsenkung. In diesem Moment stehen die Schmerzen für Benjamin klar im Vordergrund. Die Tatsache, dass Benjamin die jetzige Situation nur schwer akzeptieren kann, unterstützt eine Steigerung des Schmerzempfindens (Vlaeyen 1996).

Da die lokale Muskulatur durch Schmerz oft inhibiert wird oder atrophiert, ist Schmerzlinderung das oberste Ziel dieser Phase (Dangaria 1998, Hodges 2001).

Um eine Schmerzlinderung zu erreichen, ergreifen wir folgende Maßnahmen:

- Aufklärung über die Stärke des vorhandenen Schmerzes, damit Benjamin besser versteht, welche Dimensionen beim Schmerz eine Rolle spielen.

Aufklärung und Akzeptanz der dem Schmerz zugrunde liegenden Mechanismen führen zu einer Senkung der Aktivitätsniveaus des vegetativen Nervensystems und damit zu einer Schmerzlinderung.

Es gibt eine sensible, eine affektive und eine kognitive Dimension des Schmerzes (Gifford 2000).

- passive physiotherapeutische Maßnahmen in Form von Elektrotherapie und oszilierenden Aktionspotenzialen (AP) am thorakolumbalen Übergang
- aktive physiotherapeutische Maßnahmen in Form von aktiver Rehabilitation

Die Rehabilitation konzentriert sich auf die segmentale und regionale Stabilisation. Bei der segmentalen Stabilisation stehen die Aktivierung des M. transversus abdominis in Rückenlage und der Mm. multifidii im Vordergrund (O'Sullivan 2000). Bei der regionalen Stabilisation wird vor allem die regionale Extensionsstabilität gefördert. Wir reden hier über Koordinationstraining. Die Trainingsmethode, die hier durchgeführt wird, nennt sich Cortical Toe Region (s. Kap. 4.3).

Bei der Therapie sollte der Noceboeffekt vermieden werden, damit die Compliance des Patienten nicht gefährdet wird. Wird ein Patient wiederholt Schmerzreizen ausgesetzt, die er nicht tolerieren kann oder möchte, kann sich dieser Effekt einstellen, der beim Patienten grundsätzlich negative Assoziationen in Bezug auf die Sportphysiotherapie und den Therapeuten weckt. Das kann zur Folge haben, dass Menschen auch Maßnahmen, die keineswegs schmerzhaft oder schädlich für sie sind, als unwirksam, unangenehm oder sogar kontraproduktiv empfinden. Patienten, die bei der Physiotherapie einen Noceboeffekt erleiden, bewerten dann alle physiotherapeutischen Maßnahmen negativ (Friedel 2009).

Mentales Training und Entspannungsmaßnahmen dienen dazu, dass Benjamin besser mit der momentanen Situation umgehen kann.

In dieser Phase der Rehabilitation ist, nach der Aufklärung und der Schmerzlinderung, die Aktivierung der lokalen, gewichtstragenden Muskulatur notwendig, damit eine bessere segmentale Kontrolle erreicht wird. Dazu trainiert Benjamin zuerst den M. transversus abdominis in Rückenlage und anschließend die Mm. multifidii im Vierfüßlerstand. Nachdem er in diesen Ausgangspositionen in der Lage ist, sein lokales System zu aktivieren und segmental zu stabilisieren, wird die Ausgangsstellung in die Vertikale verändert.

Mit der regionalen Stabilität werden die Neuaktivierung und das Zusammenspiel der lokalen gewichtstragenden Muskulatur mit Aktivitäten der globalen monoartikulären gewichtstragenden Muskulatur kombiniert.

Um die regionale Extensionsstabilität zu fördern, wird die Übung High-Sitting Good Morning ausgewählt. Die Flexionsstabilität wird mittels High-Sitting Sit-up mit Gewichten trainiert.

Alle Übungen werden in der individuellen 0-Stellung der Wirbelsäulenkrümmungen ausgeführt, wobei keine Bewegungen in der Wirbelsäule zugelassen werden. We-

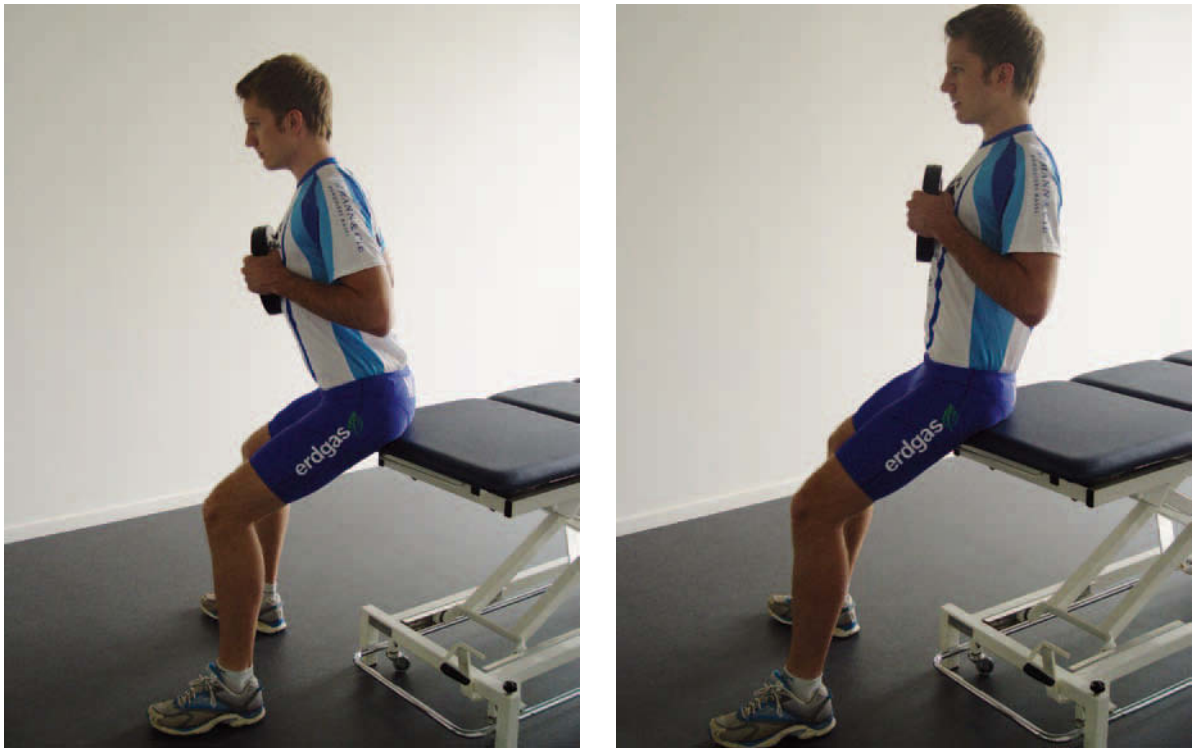


Abb. 16.3 High-Sitting Good Morning with weight.

sentlich dabei ist, dass keine Schmerzen ausgelöst werden und keine Ermüdungszeichen erkennbar sind.

Durch die schmerzlindernden Maßnahmen verschwand die Schonhaltung von Benjamin. Er konnte in der LWS wieder gut in Lordose bleiben. Das ist eine wichtige Voraussetzung dafür, die M. multifidii optimal arbeiten zu lassen (Hodges 2003).

Alle Rückenkarten dieser Rehabilitationsstufe wurden mit Benjamin durchgeführt (**Abb. 16.2**).

16.8.2 Mitte der Rehabilitation – Remodulationsphase

Die Remodulationsphase ist die Phase der Wundheilung, in der eine Umwandlung von Kollagen Typ III in Kollagen Typ I und II stattfindet, die besser belastbare Fasern aufweisen. Somit kann im Rehabilitationsprozess die mechanische Belastung auf das Bindegewebe erhöht werden.

Bewertung

Die Wiederbewertung ist notwendig, um neue Ziele und Mittel für die kommende Phase zu formulieren bzw. das weitere Vorgehen abzustimmen. Sie findet im Dialog mit Benjamin statt (Higgs 2008) (s. Kap. 4.4).

6 Wochen nach dem Beginn der Rehabilitation fühlt sich Benjamin schon wesentlich besser. Er kann seine Schmerzen mittels Stabilisationstraining günstig beeinflussen und akzeptiert seine Bewegungslimits nun besser. Seine Schmerzen sind deutlich zurückgegangen (Wert 3, NRS) und die Aktivitäten sind weniger eingeschränkt. Eine Wiederholung der Quebec Back Pain Disability Scale zeigt, dass Benjamin jetzt kurze Strecken Autofahren und längere Zeit sitzen kann. Am meisten freut ihn das schmerzfreie Gehen; letzte Woche schaffte er sogar einen längeren Spaziergang (30 min). Damit ist die Basis für aerobes Grundlagentraining gelegt, was Benjamins Regenerationsfähigkeit und Wohlbefinden verbessern wird.

Obwohl die Schmerzintensität auf einen Wert von 3 zurückgegangen ist, wird der Schmerz bei vielen Haushaltsaktivitäten, wie z. B. beim Bücken nach dem Wäschekorb, provoziert. Benjamin sucht nun wieder öfter seine Bewegungsgrenzen, was wiederum die Schmerzen verstärkt.

Zielsetzung und Mittel

Schmerzsenkung und Stabilisierung der Wirbelsäule bleiben die zentralen Themen in dieser Phase. Der Sporttherapeut erklärt Benjamin, dass man die Wundheilung zwar nicht beschleunigen, aber bremsen kann, vor allem wenn die Schmerzgrenze bei Aktivitäten nicht akzeptiert wird.



Abb. 16.4 Basic Squat.

Schmerzlinderung wird jetzt durch aktive physiotherapeutische Maßnahmen, Stabilitätstraining, dynamische Übungen der Wirbelsäule und Spaziergänge erreicht.

Das aerobe Grundlagentraining, in Form von ausgedehnten Spaziergängen, wird kontinuierlich ins Tagesprogramm aufgenommen, was unter anderem positive Effekte für die funktionelle Übertragung von Bewegungsabläufen hat und auf das Zwischenziel, den 10-km-Lauf, hinarbeitet.

Die Quebec Back Pain Disability Scale zeigt, dass viele Aktivitäten wieder möglich sind. Die größten Probleme bereiten Benjamin das Anziehen seiner Socken, Putzen, das Verstellen eines Stuhls und die Defizite beim Laufen. Die Schwerpunktsetzung der Rückenkarten liegt bei den Rehabilitationsstufen 3 und 4 (**Abb. 16.2**). In dieser Phase findet der Übergang von totaler Stabilität zu dynamischen Wirbelsäulenbewegungen statt. Außerdem beginnt der Sportler mit einem vielseitig ausgerichteten Übungsprogramm.

Stufe 3 der Rehabilitation wird als „totale Stabilisation" bezeichnet. Im Unterschied zu Stufe 2 wird hier auch die Aktivität des globalen multiartikulären Systems erhöht. Die statische Stabilität der Wirbelsäule wird durch die Kombination von Bewegungen der unteren und oberen Extremität erreicht (offene Kette). Mit der Übung Squat wird die Extensionsstabilität der Wirbelsäule gefördert (**Abb. 16.4**). Benjamin hat die Übung Squat koordinativ

schnell unter Kontrolle und fühlt sich dabei wohl. Um die Übung koordinativ schwieriger zu gestalten, werden der Imbalanced Squat, die Barbell-Rotation und Squat Lunges ins Rehaprogramm eingebaut. Alle Übungen gehören zur Karte 8. Der Schwerpunkt dieser Karte liegt auf der Flexions-, Extensions- und Rotationsstabilität (**Abb. 16.5**).

Benjamin führt sein gut dokumentiertes Programm größtenteils allein durch. Seine Bewegungsausführungen entsprechen den Qualitätskriterien: Bewegungsablauf, Bewegungsausmaß, Bewegungsrhythmus und Ausgangsstellung.



Abb. 16.5 Barbell Rotation.

Während der Übungen zeigt die NRS 0 und Benjamin fühlt sich wohl beim Durchführen des Programms. Das gibt ihm Vertrauen für die Zukunft und ist eine gute Voraussetzung für einen progressiven Stufenwechsel.

Mit der vierten Rehabilitationsstufe „totale Bewegung" startet ein allgemein und vielseitig ausgerichtetes Übungsprogramm. Die Karte 11 beschäftigt sich mit Flexions-, Extensions- und Rotationsbewegungen der Wirbelsäule (**Abb. 16.2**).

Wie in den Stufen zuvor werden die lokale gewichtstragende Muskulatur, die globale monoartikuläre gewichtstragende Muskulatur und die globale multiartikuläre nichtgewichtstragende Muskulatur trainiert. Die Betonung liegt nun aber nicht mehr auf der statischen Stabilisation, sondern auf der Stabilisierung in dynamischen Bewegungsabläufen der Wirbelsäule. Um die Einschränkungen der Aktivitäten zu reduzieren und Benjamin aufs Laufen vorzubereiten, liegt der Schwerpunkt auf folgenden Übungen:

- Roman Chair
- Bend-over Dumbell Row (**Abb. 16.6**)
- Scissors



Abb. 16.6 Bend-over Dumbell Row in 10° Vorneigung und Schrittstellung zur Vorbereitung des Bewegungsablaufes beim Laufen.

16.8.3 Ende der Rehabilitation

Bewertung

Die körperliche Verfassung von Benjamin entwickelt sich positiv. Inzwischen ist er in der 12. postoperativen Woche und hat keine Schmerzen mehr. Die Quebec Back Pain Disability Scale zeigt auf, dass die Alltagsbeschwerden fast vollständig zurückgegangen sind; Werfen, Sprinten und Kurzstreckenlauf sind noch verboten. Benjamin ist zufrieden, obwohl er weiß, dass sein persönlicher „Fahrplan" nicht eingehalten werden kann und das erste Lauftraining erst in ungefähr 4 Wochen stattfinden wird. In der Zwischenzeit beschäftigt er sich mit Brisk Walking, Radfahren, Rücken-Crawl und dem Rehabilitationsprogramm. Das Rehabilitationsprogramm kennt 2 Aspekte: ein extensives Kraftausdauertraining mit verschiedenen Basisübungen aus den Rückenkarten und ein koordinatives Programm, das sich vor allem auf die neu zu lernenden Übungen der Karte 11 konzentriert (**Abb. 16.2**).

Das Rehabilitationsprogramm zur Stufe der totalen Bewegung führt zum Erhalt der Belastbarkeit im Rest der kinetischen Kette (obere und untere Extremität), zu einer Zunahme der Regenerationsfähigkeit, zur Verbesserung der Ausdauer und zu einer Zunahme der Belastbarkeit der verletzten Struktur.

Zielsetzung und Mittel

Diese Phase ist vor allem durch funktionelle Bewegungen und spezifische Übungen bestimmt. Es handelt sich um die fünfte und letzte Rehabilitationsstufe bei den Rückenkarten (**Abb. 16.2**). Nebst den Aktivitäten aus Alltag, Hobby und Sport werden auch Aktivitäten unter nichtoptimalen Umständen ausgeführt. Die Betonung der Therapie liegt auf spezifischen dynamischen Bewegungsabläufen der Wirbelsäule, die mit Bewegungen der oberen und unteren Extremität kombiniert werden. Die Bewegungsabläufe sind so funktionell wie möglich und berücksichtigen in besonderem Maße die Umgebungsfaktoren und die persönlichen Faktoren (s. Kap. 1.2).

In dieser Phase kann Benjamin langsam wieder zu seiner großen Leidenschaft, dem Triathlon, zurückkehren. Am Anfang wird ein lockeres Lauftraining durchgeführt und die Elemente des Lauf-ABC werden eingebaut. Es handelt sich dabei vor allem um ein Techniktraining; Ermüdung ist im ersten Teil dieser Rehabilitationsphase noch nicht erlaubt. Am Schluss der Rehabilitation sollte Benjamin unter Vorermüdung spezifisch trainieren (Shaping, s. Kap. 3.4), da seine Beschwerden am Ende des Bahntrainings entstanden sind und es seiner Sportart entspricht. Beim Triathlon versuchen die Athleten unter Ermüdung ihre koordinativen Fähigkeiten so gut wie möglich aufrechtzuerhalten, damit keine Leistungsverringerung entsteht.

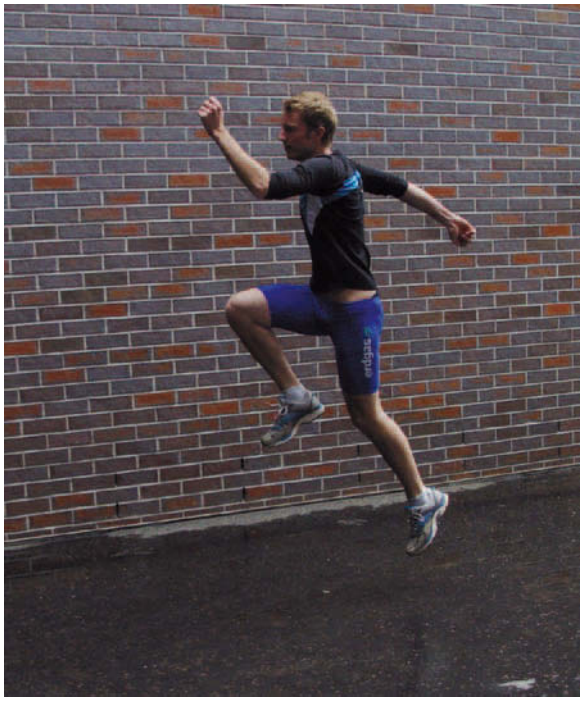


Abb. 16.7 Lauf-ABC: Laufsprung mit forcierter Extension in der Hüfte und der Lendenwirbelsäule.

16.8.4 Therapieabschluss

Benjamin hat 24 Wochen nach der Operation zum ersten Mal wieder an einem Laufwettkampf über 10 km teilgenommen. Das primäre Ziel war nicht, eine optimale Leistung zu vollbringen, sondern einen Trainingsreiz zu setzen. Inzwischen ist ein Jahr vergangen und Benjamin übt mit großer Leidenschaft wieder seinen Sport aus.

Literatur

Bak P, Müller WD, Liebing T, Bocker B, Smolenski UC. Kraft oder Sensomotorik in der Rehabilitation nach lumbaler Nukleotomie – Eine randomisierte, kontrollierte, klinische Studie. Phys Med Rehab Kuror 2006; 16: 139–143.

Bant H, Ophey M. Dem Sportler den Rücken stärken. Physiopraxis 2007; 5: 22–25.

Burton AK, Waddell G, Tillotson M, Summerton N. Information and Advice to Patients with Back Pain Can Have a Positive Effect. A Randomized Controlled Trial of a Novel Educational Booklet in Primary Care. Spine 1999; 24(23): 2484–2491.

Carragee EJ, Han MJ, Yang B, Kim DH, Kraemer H, Billys J. Activity Restrictions After Posterior Lumbar Discectomy. A Prospective Study of Outcomes in 152 Cases with no Postoperative Restrictions. Spine 1999; 24(22): 2346–2351.

Choi G, Pradyumna PR, Myung-Joon K, Chung DJ, Yu-Sik Ch, Sang-Ho L. The Effect of early isolated lumbar extension exercise programme for patients with herniated disc undergoing lumbar discectomy. Neurosurgery 2005; 57: 764–772.

Dangaria TR, Naesh O. Changes in Cross-Sectional Area of Psoas Major Muscle in Unilateral Sciatica Caused by Disc Herniation. Spine 1998; 23(8): 928–931.
Dankaerts W, O'Sullivan PB, Burnett AF, Straker LM. Differences in sitting postures are associated with non-specific chronic low back pain disorders when sub-classified. Spine 2005 b.
Delforge G. Musculoskeletal Trauma. Human Kinetics 2002; 1: 29–53.
Dewing CB, Provencher MT, Riffenburgh RH, Kerr S, Manos RE. The Outcomes of Lumbar Microdiscectomy in a Young. Active Population. Correlation by Herniation Type and Level. Spine 2008; 33(1): 33–38.
Diemer F, Sutor V. Praxis der medizinischen Trainingstherapie. Stuttgart: Thieme; 2006.
Einerhand MGK, Knol G, Prins R, Veerman TJ. Sickness and invalidity arrangements. Facts and Figures from six European countries. s'Gravenhage: VUGA; 1995.
Erdogmus CB, Resch KL, Sabitzer R, Müller H, Nuhr M, Schöggl A, Posch M, Osterode W, Ungersböck K, Ebenbichler GR. Physiotherapy-Based Rehabilitation Following Disc Herniation Operation: Results of a Randomized Clinical Trial. Spine 2007; 32(19): 2041–2049.
Friedel Th. Compliance nicht gefährden. physiopraxis 2009; 7: 38–39.
Gifford L. Topical Issues in Pain: Biopsychosocial Assessment and Management – Relationships and Pain v. 2. Physiotherapy Pain Association Yearbook 2000; 45–56.
Goubert L, Crombez G, Vlaeyen JWS, van Damme S, van den Broeck A, van Houdenhove B, Kroner-Herwig , Leibing E, Kronshage U, Hildebrandt J. Validation of the German version of the Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire. European Journal of Pain 2000; 4.
Hazard RG et al. Chronic spinal pain: The relationship between patient satisfaction, symptom and physical capacity outcomes and achievement of personal goals following functional restoration. Presented at the annual meeting of the International Society for the Study of the Lumbar Spine. Edinburgh; 2001.
Higgs J, Jones MA, Loftus S, Christensen N. Clinical reasoning in the health professions. Amsterdam: Elsevier; 2008.
Hodges PW, Lorimer Moseley G. Pain and motor control of the lumbopelvic region: Effect and possible mechanisms. Journal of Electromyography and Kinesiology 2003; 13(4): 361–370.
Junqueira LC, Carneiro J, Kelley RO. Functionele histologie negende. Elsevier Gezondheidszorg 1998; 9: 105–132.
Hodges PW, Lorimer Moseley G, Gabrielsson A, Simon C. Gandevia experimental muscle pain changes feedforward postural responses of the trunk muscles. Journal of Experimental Brain Research 2001; 151(2): 262–271.
Huang GD. Book Review Guide to Assessing Psychosocial Yellow Flags in Acute Low Back Pain: Risk Factors for Long-Term Disability and Work Loss. In: Kendall NAS, Linton SJ, Main CJ. Wellington, New Zealand: Accident Rehabilitation & Compensation Insurance Corporation of New Zealand and the National Health Committee. Public Domain 1997; 22.
Kjellby-Wendt G, Styf J. Early Active Training After Lumbar Discectomy: A Prospective, Randomized and Controlled Study. Spine 1998; 23(21): 2345–2351.
Koes BW, Tulder van MW, Peul WC. Diagnosis and treatment of sciatica. BMJ 2007; 334: 1313–1317.
Krämer R, Herdmann J, Krämer J. Mikrochirurgie der Wirbelsäule. Stuttgart: Thieme Verlag; 2005.
Manninen JSO. Low back pain and other overuse injuries in a group of Japanese triathletes. Br J Sports Med 1996; 30: 134–139.
Martinez-Hernandez A, Amenta PS. Basic concepts in woundhealing. In: Sports-induced inflammation. Leadbetter WD, Buckwalter JA, Gordon SL, Park Ridge III (eds.). American Academy of Orthopedic Surgeons. 1993; 2: 12–34.
Matthijs O et al. Manuelle Therapie der peripheren Gelenke, Teil 1. München: Urban & Fischer; 2003.
McCarthy C, Arnall F, Strimpakos N, Freemont A, Oldman J. The biopsychosocial classification of non-specific low back pain: A systematic review. Physical Therapy Reviews 2004; 9:17–30.
McClune T, Burton AK, Waddell G. Evaluation of an evidence-based patient educational booklet for management of whiplash associated disorders. Emerg Med J 2003; 20: 514–517.
Millisdotter M, Strömqvist B. Early neuromuscular customized training after surgery for lumbar disc herniation: A prospective controlled study. Eur Spine J 2007; 16: 19–26.
Neumann G, Pfützer A, Hottenrott K. Das große Triathlonbuch. Aachen: Meyer & Meyer; 2004.
O'Dowd J. Back pain in athletes. Minisymposium the spine. Current orthopedics 2001; 15: 110–126.
O'Sullivan P. Diagnosis and classification of chronic low back disorders: Maladaptive movement and motor control impairments as underlying mechanism. Journal of Manual Therapy 2005; 10; 242–255.
Ostelo RW, de Vet H, Waddell G, Kerckhoffs MR, Leffers P, van Tulder M. Rehabilitation Following First-Time Lumbar Disc Surgery. A Systematic Review Within the Framework of the Cochrane Collaboration. Spine 2008; 28(3): 209–218.
O'Sullivan P. Masterclass. Lumbar segmental instability: Clinical presentation and specific stabilizing exercise management. Journal of Manual Therapy 2000; 5(1): 2–12.
Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part 1. Function, dysfunction, adaptation and enhancement. Journal of Spinal Disorders 1992; 5: 383–389.
Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. Part 2. Neutral zone and stability hypothesis. Journal of Spinal Disorders 1992; 5: 390–397.
Richardson C, Hodger P, Hides J. Therapeutic exercise for lumbopelvic stabilization. 2nd Edition. London: Churchill and Livingstone; 2004.
Richardson CA, Jull GA. Muscle control – pain control. What exercises would you prescribe? Manual Therapy 1995; 1(1): 2–10.
Schneiders AG, Zusman M, Singer KE. Exercise therapy compliance in acute low back pain patients. Manual Therapy 1998; 3(3): 147–152.
Schwarz J. Minimalinversive Bandscheibenoperation. Eingriff durchs Knopfloch. physiopraxis 2008; 9: 36–38.
Stokes I, Iatridis J. Mechanical conditions that accelerate intervertebral disc degeneration: Overload versus immobilisation. Spine 2004; 29: 2724.
Supp G. Früh aktiv – Physiotherapie nach lumbaler Bandscheiben-OP. physiopraxis 10/08.
Tonelli MR. The limits of evidence-based medicine. Respiratory Care 2001; 46: 1435–1440.
Udermann BE, Spratt KF, Donelson RG, Mayer J, Graves JE, Tillotson J. Can a patient educational book change behavior and reduce pain in chronic low back pain patients? Spine 2004; 4: 425–435.
Universitätsklinikum Tübingen, Therapie Zentrum. Informationsbroschüre für Patienten nach einer lumbalen Bandscheibenoperation. Tübingen; 2008.
van den Berg F. Angewandte Physiologie, Band 1. Das Bindegewebe des Bewegungsapparates verstehen und beeinflussen. Stuttgart: Thieme; 2003.

Villavicencio AT. Back and neck pain in triathletes. Neurosurg Focus 2006; 21(4): E7.
Vlaeyen JWS, Kole-Neijders AMJ, van Eek H. Chronische pijn en revalidatie. Bohn Stafleu Van Loghum 1996; 48–84.
Vroomen PCAJ, de Krom MCTFM, Slofstra PD, Knottnerus JA. Conservative Treatment of Sciatica: A Systematic Review. Journal of Spinal Disorders 2000; 13(6): 463–469.
Waddell G. The Back Pain Revolution. Edinburgh: Churchill Livingstone; 1998.
Williamson J, Bulley C, Coutts F. What do patients feel they can do following lumbar microdiscectomy? A qualitative study. Disability & Rehabilitation. 2008; DOI: 10.1080/09638280701639915.
Woischneck D, Hussein S, Rückert N, Heissler HE. Einleitung der Rehabilitation nach lumbaler Bandscheibenoperation: Pilotstudie zur Entscheidungsfindung aus Sicht der operierenden Klinik. Rehabilitation 2000; 39: 88–92.
Yilmaz F, Yilmaz A, Merdol F, Parlar D, Sahin F; Kuran B. Efficacy of Dynamic Lumbar Stabilization Exercise in Lumbar Microdiscectomy. Journal of Rehabilitation Medicine 2003; 35(4): 163–167.
Younes M, Béjia I, Aguir Z, Letaief M, Hassen-Zrour S, Touzi M, Bergaoui P. Prevalence and risk factors of disk-related sciatica in an urban population in Tunisia. Joint Bone Spine 2006; 73(5): 538–542.



17 Fallbeispiel: Ventrale Schulterinstabilität – Basketball

Harald Bant, Martin Ophey

17.1 Vorstellung des Patienten

Jan meldet sich beim Sportphysiotherapeuten an. Er ist 19 Jahre alt und spielt seit einem Jahr in der Oberliga Basketball. In seinem Verein gehört er zu den vielversprechenden Talenten, die es bis ganz nach oben schaffen können.

Alter < 20 ist ein Risikofaktor für das Entstehen von ventralen Instabilitäten.

Den ersten Dämpfer in seiner sportlichen Karriere erlitt Jan vor 2 Jahren am Ende eines Spieles. Bei dem Versuch, einen Rebound abzufangen, griff ihm ein Gegenspieler in den Wurfarm links. Der Arm befand sich in ca. 140º Abduktion. In Kombination mit maximaler Außenrotation befindet sich das Gelenk in einer verriegelten Position. Jan wusste sofort, dass sein glenohumerales Gelenk luxiert und das Spiel damit für ihn beendet war. Mit der Köcher-Methode konnte die Schulter im Krankenhaus reponiert werden. Es folgten 3 Wochen Immobilisation mit einer Schlinge, anschließend Massage und einige Übungen beim Physiotherapeuten. Nach 2 Monaten war Jan wieder so weit, um am ersten Training teilzunehmen.

Bei der Köcher-Methode wird unter Traktion eine Innenrotation und Adduktionsbewegung durchgeführt mit dem Ziel, den Humeruskopf zu reponieren.

Ausgerechnet beim ersten Kontakt mit einem Mitspieler luxierte die Schulter zum zweiten Mal. Die nächsten Schritte waren für Jan schnell erzählt – Krankenhaus, Reposition und erneut dieselben Massagen und Übungen.

Bisher ging es um eine akute primäre anteriore Schulterluxation (APAS). Ab dieser zweiten Luxation spricht man von einer habituellen Luxation.

Nach einem halben Jahr fängt er wieder mit dem Training an und 9 Monate nach seiner zweiten Luxation spielt er wieder den ersten Wettkampf. Über 1Jahr geht es gut. Er knüpft an seine Leistungen vor der ersten Luxation an und bekommt die Möglichkeit, in der ersten Mannschaft bei den Senioren seine ersten Erfahrungen zu sammeln. Jan hatte in der Zeit das Gefühl, dass die Schulter „hält". Aber wirklich Vertrauen hatte er nicht, da er Angst verspürte, dass er sich bei einer verkehrten Bewegung eine erneute Luxation zuziehen könnte.

Klinische Erfahrung weist darauf hin, dass Angst vor erneuter Luxation ein Risikofaktor sein kann.

Vor 3 Monaten ereignete sich wiederum am Ende eines Wettkampfes genau dieselbe Situation wie bei der ersten Luxation: Sprung – und der Versuch den Rebound abzufangen. Nach dieser dritten Luxation schlägt der Orthopäde vor, eine Röntgenaufnahme zu machen und einen MRI-Scan durchzuführen. MRI-Aufnahmen machen es möglich, Weichteildiagnostik auszuführen.

Anterior-posteriore Röntgenaufnahmen geben Informationen über die Position des Caput humeri und über eventuelle Hill-Sachs-Läsionen.

Die Befunde der Röntgenaufnahmen sind negativ. Auf den MRI-Scans ist jedoch ein deutlicher Ausriss der

ventrokaudalen Schulterkapsel vom Labrum glenoidale sichtbar. Der Orthopäde hat dann vorgeschlagen, einen Bankart-Repair durchzuführen. Dabei werden Kapsel und Ligament am Labrum glenoidale reinseriert.

Eine Verstärkung der ventrokaudalen Kapsel bildet das Lig. glenohumerale inferior. In der verriegelten Position kommt dieses Ligament am meisten auf Spannung. Ein Ausriss am Labrum wird auch als Bankart-Läsion bezeichnet. Diese Läsionen kommen bei 80–100 % der traumatischen anterioren Luxationen vor (Hayes u. Callanan 2002).

17.2 Operative Therapie

Vor 6 Wochen wurden dann ein offener Bankart-Repair und Capsular-Shift durchgeführt. Jan hat den Operationsbericht mitgebracht. Hieraus geht hervor, dass die Operation komplikationslos verlaufen ist. Bei einem offenen Repair wird meistens perioperativ der M. subscapularis durchtrennt, um sich so Zugang zur ventralen Kapsel zu verschaffen. Für die Reha bedeutet dies, dass wir auch eine Muskelverletzung betreuen müssen.

Auch wenn Sportphysiotherapeuten keine Mediziner sind, hilft der Operationsbericht immer wieder, die Probleme des Patienten besser zu begreifen.

Entlassungsbericht des Krankenhauses

Entsprechend dem Protokoll des örtlichen Krankenhauses hat Jan anschließend 5 Wochen eine Schlinge getragen, um die Schulter zu immobilisieren. Er hat schon selbstständig experimentiert und jeweils tagsüber das Tragen der Schlinge immer weiter abgebaut. Nachts vertraut er jedoch auf die Sicherheit der Schlinge. Er macht sich Sorgen, dass er sich beim Drehen im Bett aus Versehen die Schulter wieder verletzen könnte.

Es gibt nach wie vor keine eindeutigen Richtlinien für die postoperative Betreuung. Ein deutlicher Trend in den letzten Jahren ist eine sichtliche Verkürzung der Immobilisationszeiten in der postoperativen Phase.

17.3 Problemanalyse nach der Anamnese

Nach dieser Kurzfassung von Jans Vorgeschichte habe ich ein Grundverständnis für das Gesundheitsproblem entwickeln können. Dieses Verständnis fasse ich folgendermaßen zusammen:

Ein 19-jähriger sehr talentierter Basketballspieler mit Zustand nach Bankart-Repair und Capsular-Shift aufgrund von habitueller anteriorer Schulterluxation.

Clinical Reasoning

Die Tatsache, dass Jan jung ist und es sich um eine habituelle Luxationsgeschichte vor der OP handelt, bedeutet für meine Reha, dass ich mich am Anfang einerseits auf die Kontrolle von Entzündungserscheinungen konzentrieren möchte und andererseits auf die Mobilität des Schultergürtels. Die Entzündungserscheinungen können nämlich für eine Reflexinhibition der Rotatorenmanschette sorgen (Myers u. Lephart 2003, Liu u. Henry 1996). Damit ist die Stabilität des glenohumeralen Gelenks nicht gewährleistet. Außerdem haben die Immobilisation und die OP sehr häufig Einfluss auf den skapulothorakalen und skapulohumeralen Rhythmus. Die neuromuskuläre Kontrolle lässt nach. Es ist wichtig, dies zu kontrollieren und, wo nötig, über Stabilitätstraining zu verbessern. Da Jan sich in der Proliferationsphase befindet, ist es notwendig, physiotherapeutische mechanische Reize zu setzen, die piezoelektrische Effekte, Strömungspotenziale und Transduktion hervorrufen (Delforge 2002, Diemer u. Sutor 2006). Diese sorgen für eine Zunahme der Syntheseaktivität der Zellen und die Ausrichtung des neuen Bindegewebes in die Belastungsrichtung.

Jan macht einerseits einen erleichterten Eindruck auf mich, da er froh zu sein scheint, dass mit der Operation die Ursache seines Schulterproblems beseitigt wurde. Außerdem experimentiert er aktiv mit dem Tragen der Schlinge. Er scheint in der jetzigen Situation Kontrolle über seine Schulterbeschwerden zu haben.

Jan verfolgt eine aktive Problemlösungsstrategie. Meiner Erfahrung nach ist diese Strategie ein Erfolgsfaktor für die Rehabilitation. Ein Nachteil bei Patienten mit diesem Stil kann jedoch darin liegen, dass sowohl der Therapeut als auch der Patient zu schnell zu viel wollen.

Andererseits macht er auf mich den Eindruck, dass er tiefe Zweifel und Angst hat, ob er je wieder wirklich Basketball spielen kann. Seine Karriere steht auf dem Spiel.

Die Tatsache, dass er Zweifel und Angst hat, ist meiner Meinung nach eine normale Reaktion aufgrund seiner bisherigen

Erfahrungen in der Reha. Daher ist es wichtig, mit Jan systematisch eine Wiederbefundung zu machen und miteinander zu besprechen, was die Ziele und Therapiemittel der jeweiligen Rehaphase sind. Hiermit sorge ich für Kontrolle des Rehaverlaufes und biete Jan die Möglichkeit, seine Therapiefortschritte zu erkennen. Auf diese Art sollte er auch seine Karrieremöglichkeiten als Basketballspieler einschätzen können.

Aufgrund all dieser ersten Überlegungen wird eine körperliche Untersuchung durchgeführt.

17.4 Die körperliche Untersuchung

17.4.1 Inspektion

Die Haltung äußert sich vor allem durch eine deutliche thorakale Kyphose und durch eine Protraktion des Schultergürtels. Seine rechte Schulter zeigt einen Hochstand. Vielleicht hat das mit einer Tonuszunahme des M. trapezius descendens zu tun. Das möchte ich später mit meiner Palpation kontrollieren.

Ein Schulterhochstand ist oft ein Zeichen für Kompensation. Der Schultergürtel wird zu schnell nach kranial gezogen, man spricht von Superior Tilting (Hauser-Bischof 2002).

Bei der Inspektion der Muskulatur nehme ich atrophische Erscheinungen in der Region des M. deltoideus und in den Fossa infraspinata wahr (Myers u. Lephart 2002). Dort befinden sich die Muskeln der Rotatorenmanschette: M. infraspinatus und M. teres minor.

Später eventuell EMG-Untersuchung des N. suprascapularis.

Bei der Inspektion der Haut sind keine vegetativen Erscheinungen sichtbar. Die Operationsnarbe ist gut geschlossen, sie ist noch rötlich verfärbt, es befindet sich eine leichte Schwellung im Narbenbereich.

17.4.2 Funktionsuntersuchung

Die Bewegungsuntersuchung der HWS, BWS und des Schultergürtels

Die Bewegungen der HWS sind schmerzfrei und es gibt keine Bewegungseinschränkungen. Seine BWS zeigt eine schmerzfreie Bewegungseinschränkung nach Extension und Rotation links. Die Bewegungen des Schultergürtels (Elevation, Depression, Protraktion, Retraktion) sind auch schmerzfrei und es sind keine Bewegungseinschränkungen vorhanden.

Die Mobilität der HWS, BWS und des Schultergürtels haben direkten Einfluss auf die Mobilität des glenohumeralen Gelenks.

Einschränkungen der Schultgergürtelbewegungen sind ein prädisponierender Faktor für das Entstehen oder Erhalten einer ventralen Instabilität (Hayes u. Callanan 2002).

Orientierende Bewegungsuntersuchung:

2 wichtige orientierende Bewegungsabläufe sind die Anteflexion-Elevation und die Abduktion-Elevation. Gerade diese Bewegungsabläufe sind sehr informativ in Bezug auf den glenohumeralen und skapulothorakalen Rhythmus. Während der aktiven Abduktion rotiert der Angulus inferior eigentlich unmittelbar nach dem Bewegungseinsatz nach außen.

Donatelli unterteilt diese Bewegungen in 3 Teile (Donatelli 1997):

- 0–60°
- 60–120°
- 120–180°

Das Verhältnis der Bewegungen Skapula : Humerus ist

- von 0–60° = 1 : 7
- von 60–120° = 1 : 1
- von 120–180° = 1 : 3

In 60° Abduktion ist der Angulus inferior rechts 2 cm weiter von der Wirbelsäule entfernt als an der nichtdominanten Seite. Weiter konnte ich nicht testen, da das Bewegungsausmaß 6 Wochen postoperativ nicht vorhanden war.

Das Messen des Seitenunterschiedes der horizontalen Abstände zwischen Angulus inferior und Wirbelsäule hilft, eventuelle Skapuladysfunktionen zu entdecken. Der hier ausgeführte Skapuladyskinesietest nach Kibler ist positiv, wenn der Seitenunterschied mindestens 2 cm beträgt (Kibler 1991, Ellenbecker 2004).

Tab. 17.1 Ergebnis der aktiven Bewegungsuntersuchung beim ersten Kontakt

Aktive Mobilität	Erster Kontakt
Außenrotation	15°
Innenrotation	30°
Anteflexion	60°
Abduktion	45°
Horizontale Adduktion	90°

Tab. 17.2 Ergebnis der passiven Bewegungsuntersuchung beim ersten Kontakt

Passive Mobilität	Erster Kontakt
Außenrotation	15°
Innenrotation	35°
Anteflexion	70°
Abduktion	50°
Horizontale Adduktion	110°

Aktive Bewegungsuntersuchung:

Die aktive Bewegungsuntersuchung (**Tab. 17.1**) zeigt ein in alle Richtungen schmerzfreies Bewegungsausmaß. Aufgrund der Operation hätten durchaus noch Schmerzerscheinungen in den endgradigen Positionen auftreten können. Möglicherweise spielt bei Jan Bewegungsangst noch eine wichtige Rolle. Auf Nachfrage gibt er auch zu, dass er noch Angst hat, die Bewegungen aktiv durchzuführen.

Passive Bewegungsuntersuchung:

Die passive Bewegungsuntersuchung (**Tab. 17.2**) führe ich in ruhigem und gleichmäßigem Tempo aus, wobei ich tatsächlich versuche, die endgradige Position zu erreichen. Die passive Bewegungsuntersuchung zeigt somit letztlich auch, dass endgradige Positionen auch leicht schmerzhaft sind.

Vor allem die Außenrotation war aufgrund der Angst des Patienten nicht einfach zu testen. Endgradige Außenrotation war am schmerzhaftesten von allen passiven Bewegungen.

Clinical Reasoning

Dies entspricht meinen Erwartungen, da gerade bei der passiven Außenrotation sowohl die ventrale Kapsel als auch der M. subscapularis gedehnt werden.

17.4.3 Krafttests

Aufgrund der Operation werden in diesem ersten Kontakt keine isometrischen Widerstandstests durchgeführt. Die Außenrotation wird zu einem späteren Zeitpunkt getestet. Der Widerstand der Innenrotation wird nicht gemessen, da die Reinsertion des M. subscapularis wahrscheinlich noch nicht ausreichend belastbar ist. Vor allem das Testen der Außenrotation ist wichtig wegen der Delle in der Fossa infraspinata; Hypothesen für diese Delle sind einerseits eine Inaktivitätsatrophie und andererseits eine Läsion des N. suprascapularis.

17.4.4 Spezifische Tests

Modified-lateral-scapular-slide-Test – MLSST

Der Modified-lateral-scapular-slide-Test (MLSST) zeigt bei 30° Abduktion einen Seitenunterschied von 1 cm und bei 60° Abduktion einen Seitenunterschied von 2 cm. Aufgrund der aktiven und passiven glenohumeralen Bewegungseinschränkungen war es nicht möglich, den MLSST in der dritten Ausgangsposition zu testen.

Spezifizität bei „One-arm-dominant-Sports“:

Position 1: 55 %

Position 2: 58 %

Position 3: 35 %

Trotzdem kann dieser Test helfen, einen orientierenden, aber systematischen Eindruck vom skapulothorakalen Rhythmus zu bekommen. Ein klinisch relevanter Seitenunterschied ist mindestens 2 cm (Ellenbecker 2004).

Load-and-Shift-Test

Um die passive Dehnfähigkeit der glenohumeralen Kapsel zu kontrollieren, wird der Load-and-Shift-Test durchgeführt. Dieser Test wird in der anatomischen Nullposition durchgeführt. Der Test zeigte sowohl nach ventral als auch dorsal eine Grad-1-Beweglichkeit.

Anterior:
- Sensitivität: 50 %
- Spezifität: 100 %

Posterior:
- Sensitivität: 14 %
- Spezifität: 100 %

Vor allem die hohe Spezifität macht diesen Test zu einem klinisch wertvollen Test. Der Load-and-Shift-Test wird in 3 Grade eingeteilt (Tennent et al. 2003):
- Grad 1: Humeruskopf auf den Rand des Glenoids. Diese Grad-1-Beweglichkeit ist physiologisch
- Grad 2: Humeruskopf über den Rand des Glenoids mit spontaner Reposition

- Grad 3: Humeruskopf über den Rand des Glenoids ohne spontane Reposition

Subakromialer Impingement-Test

Der subakromiale Impingement-Test nach Hawkins und Kennedy (Michener 2009) wurde in 45° Abduktion gemacht. Der Test war positiv bei 25° Innenrotation. Dies deutet darauf hin, dass Strukturen im subakromialen Raum gereizt sind.

Eine Untersuchung ergab eine Anfälligkeit von 92% für Schleimbeutelentzündung und von 88% für Veränderungen der Rotatorenmanschette mit Ausprägungen von 44 bzw. 43%. Die Tests waren in 31% der Bankart-Läsionen und 69% der SLAP-Läsionen positiv. 94% der Patienten mit Akromioklavikulargelenksarthritis hatten ein positives Testergebnis (Tennent et al. 2003).

17.4.5 Neurologische Untersuchung

Der Verlauf der körperlichen Untersuchung ergab noch keinen Grund, um eine neurologische Untersuchung durchzuführen. Sollte in den kommenden Wochen keine Kraftzunahme in den Außenrotatoren festzustellen sein, ist eine EMG-Untersuchung des N. suprascapularis indiziert (Safran 2004).

17.4.6 Palpation

Die Palpation bestätigt die Ergebnisse aus der Inspektion; der Tonus im M. trapezius descendens ist rechts höher als links und die Beweglichkeit der Narbe ist eingeschränkt.

Um ein komplettes Bild des Gesundheitsproblems zu bekommen, wurde der Shoulder-Disability-Index (SDI) ausgefüllt, in dem nach typischen Einschränkungen im ADL-Bereich gefragt wird (van der Heijden 1996, Triffitt 1998, van der Windt 1998, Oesch et al. 2007). Hieraus ergibt sich das folgende Bild: Insgesamt waren 15 der 20 Aktivitäten aus dem SDI problematisch aufgrund der Schulterbeschwerden – also 15 Punkte auf dem SDI. Von diesen 15 eingeschränkten Aktivitäten sind die wichtigsten hier aufgelistet:

- das An- und Ausziehen einer Jacke
- die Hand der operierten Extremität auf den Rücken bringen
- das Aufstützen auf der operierten Schulter
- das Tragen eines schweren Koffers
- Tippen am Computer
- das Festhalten des Lenkrads beim Autofahren
- das Aufheben von Gegenständen vom Boden
- das Heben des operierten Armes über 90°
- die Hand der operierten Extremität in den Nacken legen

Oesch und Kollegen zeigen eine gute Alternative zum SDI, nämlich den Shoulder-Pain-and-Disability-Index (SPADI) in der deutschen Version (Oesch et al. 2007, S. 319).

Am meisten stört Jan im Alltag zurzeit die Tatsache, dass er seine Haare nicht wirklich waschen und kämmen kann. Dies kommt vor allem durch die aktive glenohumerale Bewegungseinschränkung über 90°. Außerdem stört ihn, dass er Schwierigkeiten beim Autofahren hat. Dies kommt vor allem durch das Problem, seine Hand länger aktiv am Lenkrad festzuhalten, und das Schalten findet er auch noch schwierig.

17.4.7 Aktivitätsorientierter Funktionstest

Der aktivitätsorientierte Funktionstest (s. Kap. 1.2, S. 25) für diese meist störenden Einschränkungen führt uns zu den folgenden Transferübungen:

- Arm nicht über 90° Anteflexion: One-Armed-Front-Raise
- Hand in den Nacken legen: One-Armed-Pull-Over in-External Rotation
- Schwierigkeiten mit Autofahren: One-Armed-Front-Raise

Vorbereitende Übungen: Bei der Bestimmung der vorbereitenden Übungen spielen für mich die Ergebnisse der physiotherapeutischen Untersuchung, der Verlauf der Operation, die Phase der Wundheilung und das Proximal-Distal-Prinzip (Einteilung Jobe: das Proximal-Distal-Prinzip; pivoters, protectors, positioners, propellors) eine wichtige Rolle.

Überlegungen zu den vorbereitenden Übungen sind:

- Sie müssen für eine ausreichende Mobilität der Wirbelsäule sorgen, da eine starke thorakale Kyphose mit Extensionsdefizit vorliegt.
- Sie richten sich an die Muskeln der Wirbelsäule (Preparators) und an die skapulothorakale Muskulatur (Pivoters).
- Der skapulohumerale Rhythmus ist eine wichtige Voraussetzung für die Kraftübertragung von proximal nach distal (Pivoters).

Vorbereitende Übungen sind:

- Preparators:
  - Barbell-Rotation
  - Zercher-Good-Morning
- Pivoters:
  - Shrugs
  - Straight-Arm-Bench-Press
  - Bend-Over-Dumbell-Row

17.5 Diagnose des Sportphysiotherapeuten

Erwartung des Patienten

Auf Nachfrage erklärt Jan, dass er zunächst einmal wieder eine schmerzfreie und stabile Schulter im ADL-Bereich erreichen möchte. Er erwartet außerdem deutliche Informationen in Bezug auf die Rehaplanung und hofft dass die Reha so gestaltet wird, dass er den Zusammenhang zwischen Rehaübungen und seinem Sport sieht. Ihm scheint es von großer Bedeutung zu sein, dass realistische Einschätzungen gemacht werden über seinen zu erwartenden Rehaverlauf anstelle von falschen Versprechungen.

ICF

Das Gesundheitsproblem von Jan lässt sich mit der International Classification of Function, Disability and Health (ICF) beschreiben. Die ICF ist ein internationales Klassifikationssystem, mehr Info hierzu auf www.who.org oder bei Schuntermann (2001) (**Abb. 17.1**, s. Kap. 1.2).

Prognose

Nach meiner Einschätzung bedarf Jan 9–12 Monate intensiver Reha, um wirklich wieder auf sein altes Spielniveau zurück zu kehren. Die Chance, dass es tatsächlich gelingen wird, liegt bei 60–80 %. Arthroskopische Repairs haben eine höhere Rezidivchance im Vergleich zu offenen Repairs (Roberts et al. 1999). Anders gesagt, die Art der Operation sehe ich als günstigen Faktor für die Prognose. Außerdem denke ich, dass Jan eine günstige Prognose hat, weil er eine aktive Problemlösung betreibt und wahrscheinlich sehr zuverlässig an seiner Reha arbeiten wird. Ich erwarte, dass er sicherlich aufgrund der OP ein leichtes Außenrotationsdefizit behalten wird (ca. 10°), was wiederum die Chance auf ein subakromiales Impingement erhöht. Auch die endgradige Abduktions-Elevations-Bewegung bleibt vielleicht eingeschränkt.

> Bei den offenen Bankart-Repairs sieht man, dass Bildung von Narbengewebe im ventralen Kapselbereich zu diesen Defiziten führt. Mehr als bei arthroskopischen Repairs.

Endziel

Das Endziel der Rehabilitation liegt für Jan ganz klar im sportartspezifischen Bereich. Er möchte seiner Leidenschaft, dem Basketball, wieder unter optimalen Bedingungen nachgehen können.

17.5.1 Physiotherapeutische Interventionsplanung

Extension und Rotation der BWS mobilisieren und stabilisieren

Da ich in meiner physiotherapeutischen Untersuchung Mobilitätsdefizite in Extension der Brustwirbelsäule entdeckt habe und weiß, dass ausreichende Extension und Rotation entscheidend ist für das skapulothorakale Gleiten, entscheide ich mich gleich am Anfang der Rehabilitation, die Extension mit aktiven Übungen zu mobilisieren und zu stabilisieren.

Tonusnormalisierung der Scapulafixatoren

Die konstatierte Skapuladysfunktion hängt vielleicht mit der Hypertonie des M. trapezius descendens zusammen. Auf Basis meiner klinischen Erfahrung erwarte ich einerseits, in der Skapularegion Triggerpunkte zu finden und andererseits durch das Behandeln dieser Punkte eine

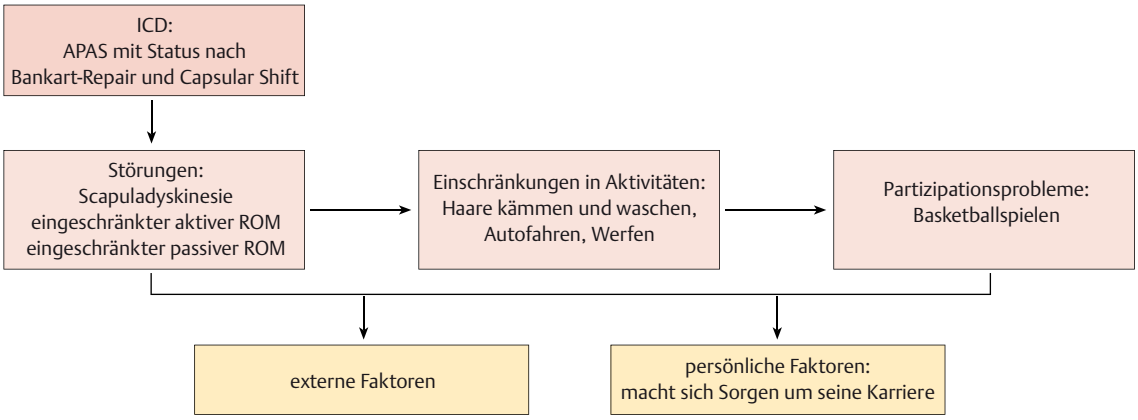


Abb. 17.1 ICF. Beschreibung von Jans Problem mit der ICF.

Tonusnormalisierung und somit eine Reduzierung der Skapuladysfunktion zu erreichen.

Eine weitere Hypothese ist der mögliche Zusammenhang zwischen Skapuladyskinesie und Mobilitätseinschränkungen des glenohumeralen Gelenks. Passive arthrokinematische Mobilisationstechniken und aktive Mobilisationstechniken in der Form von Übungen können somit eventuell indirekt die Skapuladysfunktion verringern.

Aktivieren der Außenrotatoren

Bei diesem Patienten ist eine optimal funktionierende Rotatorenmanschette sehr relevant. Einerseits hat Jan eine Muskelverletzung des M. subscapularis, andererseits habe ich aufgrund meiner körperlichen Untersuchung die Vermutung, dass auch M. supra- und infraspinatus in ihrer Funktion gestört sind. Aus diesem Grund werde ich gleich am Anfang der Rehabilitation mit dem Ansprechen der Außenrotatoren beginnen. Die Subskapularisnaht respektiere ich die ersten 4–6 Wochen dadurch, dass ich nur im schmerzfreien Bereich die Naht belaste.

Die Rotatorenmanschette (supra- und infraspinatus, subscapularis, Teres minor) hat zusammen mit dem langen Bizepskopf einen zentralisierenden und kaudalisierenden Einfluss auf den Humeruskopf. Für Wurfsportler ist es sehr wichtig, dass das glenohumerale Gelenk optimal zentriert ist (Donatelli 1997, Myers u. Lephart 2002).

Abduktion, horizontale Adduktion und Innenrotation vorsichtig beüben

Da die Strukturen im subakromialen Raum möglicherweise noch gereizt sind, bin ich zurückhaltend mit der Auswahl von Übungen, die für eine Enge im Subakromialraum sorgen können (Ardic 2006). Es geht hierbei vor allem um Übungen in Abduktion, horizontaler Adduktion und Innenrotation.

Vorbereitende Übungen

Der Shoulder-Disability-Index zeigt, dass viele Aktivitäten noch eingeschränkt sind. Mithilfe des aktivitätsorientierten Funktionstests habe ich Transferübungen festgestellt. Die Transferübungen sind jedoch zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht ausführbar. Deswegen entscheide ich mich für einige vorbereitende Übungen. Diese vorbereitenden Übungen ebnen den Weg, um zu einem späteren Zeitpunkt die Transferübungen auszuführen.

Der SDI wird mir bei der evaluativen Verlaufsbeurteilung helfen. Außerdem hilft mir der SDI, einen Eindruck von ADL-Einschränkungen bei diesem Patienten zu bekommen und entsprechende Transferübungen abzuleiten. Die Intra-Observer-Reliabilität ist ausreichend. Dies ist wichtig bei der Evaluation der Verlaufsbeurteilung.

Die vorbereitenden Übungen beziehen sich entsprechend dem Proximal-zu-Distal-Prinzip (Jobe u. Pink 1993) einerseits auf die Wirbelsäule (Preparators) mit dem Ziel, Extensions- und Rotationsmobilität und -stabilität zu verbessern, und andererseits auf die skapulothorakale Muskulatur (Pivoters), um die Skapuladyskinesie zu beeinflussen und letztlich auch die Außenrotatoren (Protectors) zu verbessern.

Mögliche vorbereitende Übungen sind:

- Wirbelsäule (Preparators)
  - Barbell Rotation
  - Zercher Good Morning
- Skapulothorakale Muskulatur (Pivoters)
  - Shrugs
  - Straight-Arm-Bench-Press (**Abb. 17.2**)
  - Bend-Over-Barbell-Row (**Abb. 17.3**)
- Rotatorenmanschette (Protectors)
  - Theraband in 0° Abduktion: Außen- und Innenrotationstraining (**Abb. 17.4** und **Abb. 17.5**).



Abb. 17.2 Straight-arm-benchpress: in Rückenlage lernt der Patient mit gestreckten Armen eine isolierte Pro- und Retraktionsbewegung im Schultergürtel durch zu führen. Dies ist ein gezieltes Training für den m. serratus anterior.



Abb. 17.3 Bendover barbell row: Diese symmetrische Ruderübung ist hervorragend geeignet zum Training der Skapulafixatoren.



Abb. 17.4 Außenrotationstraining mit dem Theraband. Der Patient stützt gleichzeitig ab. Axiale Kompression des glenohumeralen Gelenkes muss dafür sorgen dass nicht zu viel Stress auf die operierte ventrokaudalen Strukturen kommt.



Abb. 17.5 Dasselbe gilt für Innenrotationstraining.

17.6 Analyse der Sportart Basketball

17.6.1 Analyse der Sportart Basketball auf Partizipationsebene

Basketball wird auf einem Feld gespielt. Das Feld ist 15 Meter breit und 28 Meter lang. Gespielt wird mit 2-mal 5 Spieler 4-mal 15 min mit einer Pause von 2 min.

Mannschaft

Eine Mannschaft besteht aus 5 Spielern und 0–7 Auswechselspielern. Während des gesamten Spiels kann beliebig ausgewechselt werden. Abzulösende Spieler müssen das Feld in der Mitte verlassen haben, bevor die Wechselspieler dieses an derselben Stelle betreten.

Spielbeginn

Der Spielbeginn erfolgt durch einen Sprungball in der Feldmitte zwischen 2 Spielern. Die Mitspieler stellen sich außerhalb des Kreises auf. Die beiden springenden Spieler versuchen mit einer Hand einem Mitspieler den Ball zuzutippen. Der Ball darf nicht gehalten und höchstens je 2-mal getippt werden. Die Springer dürfen den Ball erst wieder spielen, wenn dieser einen weiteren Mitspieler oder den Boden berührt hat.

Wertung

Jeder im Spiel erzielte Korb zählt 2 oder 3 Punkte, jeder erzielte Freiwurf 1 Punkt. Nach einem gültigen Korb erfolgt der Abwurf hinter der Grundlinie.

Spielregeln

- Der Ball darf nicht mit der Faust geschlagen oder zum eigenen Vorteil mit dem Fuß getreten werden.
- Der Ball darf nicht länger als 5 sec gehalten werden, wenn man angegriffen wird.
- Als *Outball* gilt, wenn der Ball oder der ballführende Spieler etwas berührt, was außerhalb des Spielfeldes liegt (Linie = out).
- Als *Doppeldribbling* gilt das einhändige Prellen des Balles mit Unterbrechung und Wiederbeginn.
- Als *Schrittfehler* gilt, mehr als einen Schritt auszuführen, ohne zu dribbeln oder abzuspielen.
- Als *3-sec-Regel* gilt, sich mit oder ohne Ball länger als 3 sec im gegnerischen Trapez aufzuhalten, ohne auf den Korb zu werfen. Beim Korbwurf oder Wurfversuch beginnt die Zeit wieder bei null, sobald ein Angreifer wieder in Ballbesitz kommt.
- Als *Rückpass* gilt, den Ball vom Vorfeld einer Mannschaft wieder ins Rückfeld zu spielen (passen, dribbeln, Sternschritt). Die Mittellinie gehört zum Rückfeld.
- Als unsportliches Verhalten gegenüber Spielern oder Schiedsrichtern sowie als grobe oder gefährliche Spielweise gelten:
  - den Gegner durch Berühren zu stören oder zu behindern
  - den Gegner mit Armen und Beinen zu sperren
  - unbeherrschtes Anrennen oder Durchdribbeln des Angreifers
  - sich als Verteidiger so in den Weg des Angreifers zu bewegen, dass ein Kontakt unvermeidlich wird

17.6.2 Analyse der Bewegungshandlungen im Basketball

Beim Basketball können die Bewegungshandlungen verteilt werden in Bewegungshandlungen mit Betonung der unteren Extremitäten (UE) und der oberen Extremitäten (OE). Die Bewegungshandlungen der UE sind im Allgemei-

nen bewusste Bewegungen sowie Dribbling mit dem Ball. Schnelle intuitive und adaptative Bewegungen in Form von Ausweichbewegungen, Passierbewegungen (Cut-Bewegungen), Sprünge beim Rebound aber auch als Sprungwurf und Sternschritte mit dem Ziel, den Ball zu passen.

Die Bewegungshandlungen der OE sind im allgemeinen Passgang während des Dribblings, ein Passwurf entweder während des Dribblings oder nach einem Sternschritt, Sprungwürfe und Powershot-Würfe während der Dynamik des Spiels und natürlich Freiwürfe.

Am Ende der Rehabilitation, sobald die Partizipation wieder zu einer wichtigen Komponente wird, beziehen wir die untere Extremität, die persönlichen Faktoren und die externen Faktoren mit ins Programm ein. Damit Jan wieder optimal vorbereitet wird auf seine große Leidenschaft: Basketball (s. Kap. 4.4, S. 306).

Tab. 17.3 Analyse motorischer Grundeigenschaften im Basketball

	Proliferation	Remodellation	Maturation	Wettkampf
Beweglichkeit				
elastische Deformation, Training Fußregion	X	O	O	O
elastische Deformation, Training lineare Region	O	X	O	O
plastische Deformation, Training	O	O	X	O
Creep/Stress, Relaxationstraining	O	O	X	O
Strain Rate Dependance, Training Fußregion	O	O	X	O
Strain Rate Dependance, Training lineare Region	O	O	X	O
spezifische Beweglichkeit, Training	O	O	O	X
Koordination				
kognitives Training Fußregion	X	O	O	O
kognitives Training lineare Region	O	X	O	O
Hirnstammtraining	O	X	O	O
spinales Training Fußregion	O	O	X	O
spinales Training lineare Region	O	O	X	O
spezifisches Training	O	O	X	O
Agility Training	O	O	X	O
Shaping Training	O	O	O	X
Kraft				
Kraftausdauer	O	X	O	O
Maximalkraft	O	O	X	O
supramaximale Kraft	O	O	X	O
Schnellkraft (allg. Schnellkraft)	O	O	X	O
Explosivkraft (allg. Schnellkraft)	O	O	X	O
konzentrisch beschleunigen	O	O	X	O
exzentrisch bremsen	O	O	X	O
DVZ allgemein	O	O	X	O
DVZ spezifisch	O	O	O	X
Ausdauer				
aerobe Kapazität	O	O	O	O
aerobe Leistungsfähigkeit	O	O	O	O
anaerobe laktizide Kapazität	O	O	O	O
anaerobe laktizide Leistungsfähigkeit	O	O	O	O
anaerobe alaktizide Kapazität	O	O	O	O
anaerobe alaktizide Leistungsfähigkeit	O	O	O	O
Schnelligkeit				
kognitive Wahrnehmung	O	O	O	O
kognitive Antizipation	O	O	O	O
kognitive Entscheidung	O	O	O	O
motorische Reaktion	O	O	O	O
Beschleunigung	O	O	O	O
maximale Schnelligkeit	O	O	O	O
Schnelligkeitausdauer	O	O	O	O

17.6.3 Analyse der motorischen Grundeigenschaften

Um das Endziel der Rehabilitation optimal zu gestalten, ist eine Analyse der motorischen Grundeigenschaften für die obere Extremität notwendig (s. Kap. 4.4, S. 309).

17.7 Initiale Therapie

Die erste Behandlung ist Teil der Interventionsplanung. Die gesamt Planung verläuft in 5 verschiedenen Phasen.

Eine optimale Interventionsplanung sollte systematisch stattfinden, wobei die Systematik dem Proximal-Distal-Prinzip und den Wundheilungsprozessen folgt. Die Interventionsplanung ist an 5 verschiedenen Phasen orientiert (**Tab. 17.4**).

17.7.1 Erste Behandlung

2 Tage nach der ersten physiotherapeutischen Untersuchung kommt Jan zur ersten Behandlung. In den beiden vergangenen Tagen haben sich keine besonderen Veränderungen gezeigt. Jan ist etwas müde, da er gestern eine Party mit der Mannschaft hatte; er lag erst um 4 Uhr morgens im Bett.

Müdigkeit hat Einfluss auf die Ausführung des heutigen Rehaprogramms: Intensität und Umfang werden bestimmt durch Ermüdung; Ermüdung beeinflusst die koordinativen Fähigkeiten negativ (Lephart et al. 1997).

Ich erkläre Jan, dass ich gerne noch einen Teil der Bewegungsuntersuchung durchführen möchte, um die aktuelle Standortbestimmung zu vervollständigen. Seine körperliche Haltung hat sich nicht geändert, die atrophischen Erscheinungen in der Fossa infraspinata sind nach wie vor sichtbar, genauso wie der Schulterhochstand.

Die orientierenden Bewegungsabläufe nach Anteflexion-Elevation haben leicht zugenommen (jetzt 65 °), bevor der Schultergürtel sich zu schnell mit nach kranial schiebt – Ausdruck der skapulohumeralen Dysfunktion.

Ich bespreche mit Jan die Resultate aus diesem zweiten Teil der physiotherapeutischen Untersuchung. Es stellt sich heraus, dass Jan noch viele unbeantwortete Fragen hat in Bezug auf den Verlauf der Operation, den zu erwartenden Heilungsprozess und was dies für ADL und Sport in den nächsten Monaten bedeutet. Ich entschließe mich, mir in den ersten Behandlungen ausreichend Zeit zu nehmen, um die Fragen meines Patienten zu beantworten.

Außerdem werde ich die BWS in Extension-Rotation mobilisieren. Mit Triggerpunkt-Behandlung im M. trapezius descendens erwarte ich, eine Tonusnormalisierung zu erzielen, die auf der Störungsebene zu einer Normalisierung der Skapulabewegung und auf der Einschränkungsebene zu einer Verbesserung der ADL führen sollte – Auto fahren und Haare waschen.

Das Proximal-zu-Distal-Prinzip besagt: In der Schulterreha soll zunächst proximal optimale Mobilität und Stabilität vorherrschen, bevor distal gearbeitet werden kann.

Bindegewebsmassage

In der ersten Behandlung leite ich diese physiotherapeutischen Maßnahmen mit Bindegewebsmassage ein. Die Bindegewebsmassage hat verschiedene Ziele.

- eine Normalisierung der Aktivität des vegetativen Systems
- Verbesserung der trophischen Umstände in den entsprechenden Segmenten und gleichzeitig
- die Möglichkeit zu einer ersten Feinabstimmung zwischen Therapeut und Patient zu kommen

Ich erkläre Jan den Aufbau der heutigen Behandlung. Er hat das Gefühl, gut informiert zu werden. Im Anschluss mache ich den Schritt zur Mobilisation der Extension-Rotation. Zwischendurch unterhalten wir uns über die Operation und mögliche Konsequenzen für die Reha. Jan hat wirklich über vieles nachgedacht. Ich merke das an der Vielzahl von Fragen, die er mir stellt. Er entschuldigt sich sogar wegen all der Fragen. Ich habe das Gefühl, mit der Reha gut gestartet zu sein.

Nach der Bindegewebsmassage und der Mobilisation evaluiere ich Tonus und Mobilität. Im Allgemeinen stelle ich eine Verminderung des Tonus fest. In der sitzenden Position zeigt Jan jedoch nach wie vor eine Elevation des Schultergürtels – ein Grund für mich, eine Triggerpunkt-Behandlung durchzuführen.

Ziel ist die Tonusnormalisierung der skapulothorakalen Muskulatur. Ein guter skapulohumeraler Rhythmus ist die Basis für Stabilität des glenohumeralen Gelenks. Die korrekte Ausrichtung der Cavitas glenoidalis gegenüber dem Humerus ist die Voraussetzung für optimale Länge der skapulothorakalen Muskulatur, um größtmögliche Kraft der Rotatorenmanschette zu erreichen (Donatelli 1997).

Tab. 17.4 Richtlinie Schulterrehabilitation

Phasen	Ziele
Phase 1 Akutphase Zeit: 0–14 Tage postoperativ	▪ Kontrolle Entzündungserscheinungen ▪ Aktive und passive physiotherapeutische Maßnahmen entsprechend Kap. 3.1 und 3.2 ▪ Relative Immobilisation (Rehakreis Mobilität, Rehamethode 1 und 2, s. Kap. 4.3) ▪ Bewusstes statisches Stabilitätstraining (Rehakreis Koordination, Rehamethode 1, s. Kap. 4.3) ▪ Training Preparators (KRS 1) und Pivoters (KRS 1)
Phase 2 Basisprogramm Zeit: 2–4 Wochen postoperativ	▪ Kontrolle Entzündungserscheinungen ▪ Relative Immobilisation (Rehakreis Mobilität, Rehamethode 1 und 2, s. Kap. 4.3) ▪ Bewusstes statisches Stabilitätstraining (Rehakreis Koordination, Rehamethode 1 und 2, s. Kap. 4.3) ▪ Training Preparators (KRS 3), Pivoters (KRS 1 oder 3) und Protectors (KRS 1), (s. Kap. 4.3)
Phase 3 Allgemeiner Aufbau Zeit: 4–9 Wochen postoperativ	▪ Rehakreis Mobilität, Rehamethode 2, 3, 6, s. Kap. 4.3). Spezifisches Mobilitätstraining vor allem im ADL-Bereich. ▪ Bewusstes dynamisches Stabilitätstraining (Rehakreis Koordination, Rehamethode 3 und 6, s. Kap. 4.3). Spezifisches Koordinationstraining im ADL-Bereich. ▪ Training Preparators (KRS 4), Pivoters (KRS 3) und Protectors (KRS 3), Positioners (KRS 1) (s. Kap. 4.3) ▪ Allgemeine Ausdauer: aerobe Leistungsfähigkeit (Rehakreis Ausdauer, Rehamethode 3)
Phase 4 Vielseitig zielorientierter Aufbau Zeit: 10–16 Wochen postoperativ	▪ Rehakreis Mobilität, (Rehamethode 2, 3, 6, s. Kap. 4.3). Spezifisches Mobilitätstraining vor allem im ADL-Bereich. ▪ Bewusstes dynamisches Stabilitätstraining und zusätzliches Agilitytraining (Rehakreis Koordination, Rehamethode 7, s. Kap. 4.3). Spezifisches Koordinationstraining unter Vorermüdung im ADL-Bereich. ▪ Training Preparators (KRS 5), Pivoters (KRS 4) und Protectors (KRS 4), Positioners (KRS 3) und Propellors (KRS 1) (s. Kap. 4.3) ▪ Allgemeine Ausdauer: Tempodauerlauf (Rehakreis Ausdauer, Rehamethode 3)
Phase 5 Spezifischer Aufbau Zeit: 17–? Wochen postoperativ	▪ Rehakreis Mobilität, Rehamethode 7, s. Kap. 4.3). Spezifisches Mobilitätstraining vor allem im Sportbereich. ▪ Bewusstes dynamisches Stabilitätstraining und zusätzliche Shaping (Rehakreis Koordination, Rehamethode 8, s. Kap. 4.3). Spezifisches Koordinationstraining unter Vorermüdung im Sport-Bereich. ▪ Beginn Transfersystem Rekrutieren in Geschwindigkeit bis Plyometrie (s. Kap. 4.3) ▪ Spezifische Ausdauer: anaerobe alaktische Leistungsfähigkeit (Rehakreis Ausdauer, Rehamethode 7)

Einteilung nach Jobe u. Pink 1993

Preparators: Muskeln der unteren Extremität und der Wirbelsäule
Pivoters: Skapulafixatoren
Protectors: gelenknahe, schützende Muskulatur (Rotatorenmanschette, M. biceps)
Positioners: M. deltoideus
Propellors: große Muskelgruppen, die primär für Bewegung verantwortlich sind, z. B. M. pectoralis, M. latissimus, M. triceps

Triggerpunkt-Behandlung

Ich erkläre Jan zunächst den Begriff Triggerpunkt und die Behandlung der Triggerpunkte. Ich finde Triggerpunkte im M. levator scapulae, M. trapezius und M. infraspinatus. Durch Behandlung dieser Triggerpunkte hoffe ich den Schulterhochstand zu verringern und auch den M. infraspinatus zu reaktivieren. Ich beginne mit der Behandlung des Triggerpunktes am Ansatz des M. levator scapulae. Ziemlich rasch teilt Jan mir mit, dass er sich beginnt unwohlzufühlen. Ich deute dies als vegetative Reaktion auf die Triggerpunkt-Behandlung. Ich führe daher zunächst einige oberflächliche Entstörungstechniken aus der Bindegewebsmassage aus. Nach einigen Minuten geht es Jan wieder besser. Da ich eigentlich viel von der Triggerpunkt-Behandlung erwarte, schlage ich Jan vor, dies noch mal zu versuchen, aber dann den Triggerpunkt im M. trapezius descendens zu wählen. Jan ist einverstanden. „Das fühlt sich wesentlich besser an“, sagt er. Nach der Behandlung dieses Triggerpunktes lasse ich Jan wieder eine Anteflexion-Elevation machen. Das Bewegungsausmaß hat nicht zugenommen – immer noch 65 °. Ich habe jedoch den Eindruck, dass die Skapula jetzt später nach außen rotiert als vorher – jetzt bei etwa 55 ° im Gegensatz zu vorher bei 40 °. Das ist ein erster Schritt. Ich bin jedoch noch nicht zufrieden, da ich noch nicht wirklich eine Strategie gefunden habe, mit der sich das schmerzfreie Bewegungsausmaß positiv beeinflussen lässt.

Extension-Rotation in der Brustwirbelsäule

Um jetzt doch möglicherweise die Mobilität in Anteflexion-Elevation zu verbessern, versuche ich erst die Extension-Rotation in der Brustwirbelsäule zu verbessern. Hierzu verwende ich eine SNAG-Technik aus dem Mulligan-Konzept. Jan extendiert und rotiert aktiv in der Wirbelsäule, während ich diese Bewegung segmental in der BWS unterstütze – SNAG. Wie von Brian Mulligan empfohlen, wiederholen wir diese Mobilisation in 2 Serien von je 10–15 Übungen. Die beiden Serien verlaufen schmerzfrei. Anschließend lasse ich Jan nochmals die Anteflexion-Elevation machen. Jan ist erstaunt – der Bewegungsverlauf fühlt sich „freier“ an und er hat auch etwa 10 ° aktive Mobilität gewonnen. Auch ich bin mit diesem ersten Therapieerfolg zufrieden.

Das Mulligan-Konzept habe ich gewählt, weil gleichzeitig die Mobilität der passiven Strukturen und die Stabilität über neuromuskuläre Kontrolle trainiert wird. Außerdem hat Jan Kontrolle über die Bewegung, was meistens die Angst verringert.

Aktive Übungen

Ich schlage Jan vor, diese neu gewonnene Mobilität in verschiedenen aktiven Übungen zu etablieren. Meiner Erfahrung nach sollte Jan in der Lage sein, in dieser Phase der Reha etwa 3 Übungen durchführen zu können. Übungen und entsprechende Überlegungen sind:

- Preparator: Backextension mit Rotation mit dem Ziel, die neu gewonnene Mobilität in der BWS zu erhalten
- Pivoter: Shrugs – hochziehen der Schultern – mit dem Ziel, den Tonus im Trapezius zu normalisieren
- Protector: Außenrotation in Seitlage

Außerdem erkläre ich Jan, dass diese Übungen vorbereitend sind auf die eingeschränkten ADL-Aktivitäten „Auto fahren“ und „Haare waschen“. Die Übungen sollten ein optimales Bewegungsausmaß und einen Rhythmus haben, bei dem weder Schmerzen noch Ermüdung auftreten.

Für Patienten ist es wichtig zu wissen, warum und mit welchem Ziel eine Übung gemacht werden sollte. Damit bekommt eine Übung Sinn und mehr Bedeutung für den Patienten.

Backextension

Jan beginnt mit den Backextensions. Die ersten beiden Serien von je 10 Wiederholungen verlaufen komplikationslos. In der dritten Serie fängt Jan an zu kompensieren. Dies wird durch die erhöhte Geschwindigkeit in der konzentrischen Phase sichtbar. Bei der zehnten Wiederholung lasse ich ihn die Serie abbrechen, da er trotz Korrekturangaben meinerseits nicht in der Lage war, das Tempo in der konzentrischen Phase zu reduzieren. Für das Heimübungsprogramm bedeutet dies, dass er 2 Serien von je 10 Wiederholungen täglich machen darf.

Shrugs

Wir machen weiter mit den Shrugs: Schulter heben. Die körperliche Untersuchung hatte aufgezeigt, dass Jans Schulter in Elevation steht. Aus diesem Grund entscheide ich mich dafür, bei den Shrugs die exzentrische Phase zu akzentuieren, sprich langsamer durchzuführen als die konzentrische Phase. Dies sollte Jan die Möglichkeit bieten, ein Gespür für den Schulterhochstand zu bekommen. Während der ersten Serie fällt auf, dass die Ausführung mit Zittern im M. trapezius einhergeht. Dies deutet darauf hin, dass die intramuskuläre Koordination nicht ausreichend ist. Wir belassen es auch bei dieser Übung im Heimprogramm zunächst bei 10 Wiederholungen und 2 Serien.

Außenrotationstraining in Seitlage

Die letzte Übung ist das Außenrotationstraining: Diese Übung wird zunächst mit einem leichten Gewicht durchgeführt, da es vor allem um das isolierte Rekrutieren der Außenrotatoren geht. Jan kann diese Übung 3 Serien lang mit 10–15 Wiederholungen schmerzfrei durchführen. Bei der 15. Wiederholung klagt Jan über Schmerzen im Deltoidbereich. Wir brechen die Serie ab. Den Angaben von Jan zufolge handelte es sich um einen stechenden Schmerz, der gleich nach Abbruch der Serie verschwand.

Dieser A-Delta-Schmerz hat eine Feedforward-Funktion. Er warnt vor möglicher Überbelastung (Wingerden 1997).

Ergebnis der ersten Behandlung

Wir sind beide zufrieden mit dieser Therapiesitzung. Einerseits weil wir die ersten Therapieerfolge erzielt haben; andererseits weil wir neue Informationen gewonnen haben für eine effektive, zielgerichtete und individuelle Rehabilitation. Jan kann in den nächsten beiden Tagen seine Übungen zu Hause durchführen. In 3 Tagen ist er dann wieder hier in der Praxis.

17.8 Therapieverlauf

17.8.1 Erste Wiederbefundung

Verlauf

Die erste Wiederbefundung fand 9 Wochen postoperativ statt, also 3 Wochen nach Rehabeginn. Nach Wundheilungsphasen der unterschiedlichen verletzten Bindegewebestrukturen (Kapsel) befindet Jan sich aufgrund des physiotherapeutische Befunds in der Proliferationsphase. Die Proliferationsphase ist die erste Phase, in der die anabole Prozesse im Vordergrund stehen. Das Ziel dieser Phase der Wundheilung ist die Stabilisierung des verletzten Gebietes durch Neubildung von Bindegewebe. Das neu gebildete Gewebe ist aus mechanischer Sicht noch kein starkes Bindegewebe (Kollagen Typ III). In dieser Phase ist es wichtig, für piezoelektrischen Effekt (Bewegung) und optimale Sauerstoffanregung zu sorgen, sodass die physiologisch anabolen Prozesse stattfinden und die neu gebildeten kollagenen Fasern sich in der Belastungsrichtung orientieren können. Es sind keine Entzündungszeichen mehr vorhanden, Belastungsschmerz besteht weiterhin und die Aktivitäten nehmen allmählich zu. Grund für

Tab. 17.5 Ergebnis der aktiven Bewegungsuntersuchung bei der ersten Wiederbefundung

Aktive Mobilität	Erster Kontakt	1. Wiederbefundung
Außenrotation	15°	25°
Innenrotation	30°	40°
Anteflexion	60°	75°
Abduktion	45°	60°
horizontale Adduktion	90°	110°

Tab. 17.6 Ergebnis der passiven Bewegungsuntersuchung bei der ersten Wiederbefundung

Passive Mobilität	Erster Kontakt	1. Wiederbefundung
Außenrotation	15°	25°
Innenrotation	35°	45°
Anteflexion	70°	80°
Abduktion	50°	70°
Horizontale Adduktion	110°	115°

die Evaluation waren die rasche Abnahme der ADL-Einschränkungen und die gleichzeitige Stagnation in der aktiven und passiven Mobilitätszunahme. Grund genug, um am Ende der dritten Phase ein Fazit zu ziehen.

Test motorischer Grundeigenschaften

Siehe **Tab. 17.5.**

Funktioneller Fragebogen

Im funktionellen Fragebogen (Shoulder Disability Index, SDI) waren 3 Aktivitäten nicht mehr eingeschränkt, die während der Nullmessung noch Probleme machten. Dies ist eine klinisch relevante Verbesserung von 3 Punkten auf jetzt 12 Punkte. Jan kann sich jetzt auf Händen und Ellenbogen abstützen, ohne Schulterbeschwerden zu bekommen. Außerdem kann er Türen besser öffnen – ziehen und drücken. Für Jan am erfreulichsten war übrigens, dass er jetzt beschwerdefrei Auto fahren kann. Er fühlt sich sicherer und unabhängiger! Dies ist ein erster Meilenstein in der Reha, da wir eine der meist problematischen Bewegungshandlungen verbessern konnten. Erneut bestimmt Jan die 3 meistproblematischen Handlungen. Jan gibt an, dass das Heben seines operierten Armes über 90 und die Hand in den Nacken legen nach wie vor seine Schulterbeschwerden provoziert. Als Transferübungen für diese beiden eingeschränkten Aktivitäten werden Front-Press und One-Armed-Pull-Over in Außenrotation gewählt – Letztere war übrigens schon Transferübung in der vorherigen Rehaphase.

Ziele und Therapiemittel der nächsten Phase

Verbesserungen der arthrogenen Mobilität und der Skapulafunktion

Da Jan ab 90° Abduktion und einer passiv durchgeführten Außenrotation Schmerzen an der ventralen Schulter signalisierte, lautete meine Hypothese „subakromiales Impingement“. Diese Enge im Subakromialraum tritt wahrscheinlich aufgrund von fehlender Kaudalisierung des Humeruskopfes in Außenrotation und Abduktion auf. Das kaudale Gleiten geht verloren durch Einschränkungen in der ventrokaudalen Kapsel. In den nächsten Wochen will ich versuchen, mit Kaudal-Glide-Techniken diese arthrogene Bewegungseinschränkung positiv zu beeinflussen. Wenn meine Hypothese stimmt, erwarte ich innerhalb von 3–5 Wochen eine deutliche Verbesserung der arthrogenen Mobilität und der Skapulakontrolle.

> Wenn die Außenrotation in 90° Abduktion mehr eingeschränkt ist als in 0° Abduktion, sprechen wir von einer Einschränkung der ventrokaudalen Kapsel (Hayes u. Callanan 2002).

Positioner-Übungen

Die aktive Stabilität wird weiter trainiert mit den Übungen aus der vorherigen Phase – Preparators, Pivoters und Protectors. Außerdem versuche ich zum ersten Mal, Positioners einzuschalten. Gerade das Zusammenspiel zwischen dem M. deltoideus und der gelenknahen Rotatorenmanschette ist ein wichtiges Kräftepaar, das für Stabilität im Glenohumeralgelenk verantwortlich ist (Hauser-Bischof 2002). Da jedoch ab 60° Abduktion die Skapuladyskinesie sichtbar wird, werden die Positioner-Übungen (Scaption-Raise) mit einem eingeschränkten ROM (bis 45°) ausgeführt.

Diese Übung wird vor einem Spiegel gemacht, wobei der Patient mit bewusster Kontrolle der Skapula (Retraktion und Depression) versucht, der Skapuladyskinesie entgegenzuwirken. Im Laufe der Behandlungen werden wir versuchen, das Bewegungsausmaß der Scaption-Raises zu vergrößern.

Konditionstraining

Da Jan jetzt wieder stützen kann, ist es möglich, ein allgemeines Konditionstraining durchzuführen. Das allgemeine Konditionstraining unterstützt die allgemeine Regenerationsfähigkeit. Das Ziel wird sein, dass Jan auf einem Ergometer 3-mal pro Woche 30 min Fahrrad fährt. Die Intensität liegt dabei zwischen 60% und 80% der theoretisch maximalen Herzfrequenz.

Die maximale Herzfrequenz beträgt 220 minus Lebensalter. Bei Jan also 220 minus 19 = 201. Die Trainingsfrequenz für Jan liegt somit zwischen 120 und 160 BPM. Zu Beginn der Reha ist das erste Ziel, die Herzfrequenz mindestens auf das Niveau des unteren Wertes zu bringen. Im Verlauf der Reha wird die Intensität erhöht.

17.8.2 Zweite Wiederbefundung

Verlauf

13 Wochen postoperativ haben sich alle Variablen den günstigen Prognosen entsprechend entwickelt. Die Mobilität hat im Allgemeinen zugenommen, Jan hat weniger Belastungsschmerzen und die Aktivitäten sind weniger eingeschränkt. Vor allem die manuellen Mobilisationstechniken mit der Kaudal-Glide-Komponente haben viel bewirkt. Außerordentlich gut funktionierten die Mulligan-Techniken bei diesem Patienten.

Die Mulligan-Techniken kombinieren Bewegung mit kaudalen Translationsbewegungen in Anteflexion-Elevation. Durch die Kombination werden periartikuläre Strukturen mobilisiert und gleichzeitig wird die neuromuskuläre Kontrolle im neu erreichten Bewegungsausmaß trainiert.

Diese günstige Entwicklung deutet darauf hin, dass sich die verletzten Strukturen möglicherweise in der nächsten Phase der Wundheilung, in der Remodellationsphase befinden. Dies ist für mich der Grund, eine Standortbestimmung durchzuführen.

In der Remodelationsphase und Maturationsphase nehmen die Syntheseaktivitäten der Zelle ab und die Qualität des Bindegewebes zu. Es kommt zur

- Umwandlung von Kollagen Typ III zu Kollagen Typ I
- Zunahme von Crosslinking
- besseren Orientierung der kollagenen Fasern und
- Zunahme der Qualität der Grundsubstanz

Als klinische Konsequenz können in dieser Phase die mechanischen Reize an Intensität und/oder Umfang zunehmen. In dieser Rehaphase werden passive und aktive physiotherapeutische Maßnahmen kombiniert. Im weiteren Verlauf werden die aktiven Maßnahmen immer wichtiger.

Tab. 17.7 Ergebnis der aktiven Bewegungsuntersuchung bei der 2. Wiederbefundung

Aktive Mobilität	Erster Kontakt	1. Wiederbefundung	2. Wiederbefundung
Außenrotation	15°	25°	40°
Innenrotation	30°	40°	80°
Anteflexion	60°	75°	175°
Abduktion	45°	60°	165°
Horizontale Adduktion	90°	110°	130°

Tab. 17.8 Vergleich des Seitenunterschieds

Seitenunterschied	Erster Kontakt	1. Wiederbefund	2. Wiederbefund
0°	0 cm	0 cm	0 cm
30°	1 cm	1 cm	0 cm
60°	**2 cm**	**2 cm**	0,5 cm
90°	X	X	0,5 cm
120°	X	X	1 cm
150°	X	X	**2 cm**
180°	X	X	X

Test der motorischen Grundeigenschaften

Aktive Mobilität

Die aktive Mobilität ist in **Tab. 17.7** dargestellt.

Außerdem fällt auf, dass der Seitenunterschied von Angulus-Inferior-Abstand zur Wirbelsäule bei 60° Abduktion nur noch einen halben Zentimeter beträgt. Der Seitenunterschied wird erst bei 150° Abduktion-Elevation klinisch relevant (2 cm, **Tab. 17.8**).

Passive Mobilität

Die passive Mobilität ist in **Tab. 17.9** dargestellt.

Ausdauertraining

Das Fahrradfahren macht Jan Spaß. Es sorgt für Entspannung und er hat das Gefühl, dass seine Ausdauer einigermaßen intakt bleibt. Er merkt es an der Tatsache, dass er im ADL-Bereich weniger schnell ermüdet. Er trainiert jetzt schon 3-mal pro Woche 30 min mit einer Herzfrequenz zwischen 130 und 140 Schlägen pro Minute. Die subjektiv erfahrene Intensität gemessen mit der Borg-Skala befindet sich im unteren Bereich – „leicht".

Funktioneller Fragebogen

Der SDI hat sich um 4 Punkte verbessert, er ist jetzt auf 8 Punkte gefallen. Die noch vor 5 Wochen problemati-

Tab. 17.9 Ergebnis der passiven Bewegungsuntersuchung bei der 2. Wiederbefundung

Passive Mobilität	Erster Kontakt	1. Wiederbefundung	2. Wiederbefundung
Außenrotation	15°	25°	45°
Innenrotation	35°	45°	90°
Anteflexion	70°	80°	180°
Abduktion	50°	70°	170°
Horizontale Adduktion	110°	115°	135°

schen Bewegungshandlungen beherrscht er mittlerweile beschwerdefrei. „Arm über 90° heben“, „Hand in den Nacken legen“ und „Haare waschen und kämmen“ sind nicht mehr eingeschränkt.

Auf die Frage, welche ADL-Bewegungen auf dem SDI die meisten Probleme verursachen, erzählt Jan, dass „Koffer tragen“ oder „schwere Gegenstände heben“ noch Probleme bereitet. Die Transferübungen für „Koffer tragen“ sind die Shrugs. Für „das Heben von schweren Gegenständen“ wird der Dead-Lift gewählt. Beide Übungen wurden in der Vorbereitung schon koordinativ trainiert, der Dead-Lift als eine Preparator-Übung und die Shrugs als eine Pivoter-Übung. Das Ziel in der nächsten Phase wird sein, beide Übungen im Krafttrainingsbereich (s. Kap. 4.3) – intensive Kraftausdauer und maximale Kraft – aufzubauen.

Ziele und Therapiemittel der nächsten Phase

Endgradige Mobilität

Das nächste Ziel waren die Verbesserung der endgradigen Mobilität und die weitere Normalisierung des skapulothorakalen Rhythmus mithilfe von manuellen Techniken. Gerade die endgradige Mobilität ist abhängig von der Dehnfähigkeit periartikulärer Strukturen glenohumeral (Donatelli 1997). Die endgradige Mobilität wird mithilfe von therapeutischem Dehnen (s. Kap. 4.3, S. 230) verbessert und anschließend mit Geschlossene-Kette-Training über 90° Anteflexion und Abduktion stabilisiert (**Abb. 17.6**).

Vor allem die Pivoters und Protectors müssen aktiviert werden. Die Aktivierung ist zunächst einfacher über ein geschlossenes Kettentraining zu erreichen. Im Anschluss wird auch in offener Kette trainiert (Gokeler u. Lehmann 2001).

Aktives Stabilisieren

Das aktive Stabilisieren der neu gewonnenen Bewegungsbereiche in Anteflexion sollten durch den Front-Press und in Abduktion durch den Military-Press aktiv stabilisiert werden.

Kraftausdauer und Maximalkraft

Ein weiteres Ziel ist die Verbesserung der Kraftausdauer und der Maximalkraft in den Preparators, Pivoters, Protectors und Positioners. Hierzu werden die Übungen aus der vorherigen Phase zum ersten Mal mit Overload durchgeführt. Die entsprechenden Methoden sind:

- intensive Kraftausdauer (KRS 3)
- extensive Wiederholungsmethode (KRS 4))

Die Preparators und Pivoters werden durch die extensive Wiederholungsmethode trainiert. Diese Muskeln sind nicht verletzt und können deswegen diese Belastung vertragen. Die Protectors und Positioners werden in der intensiven Kraftausdauermethode trainiert. Diese Muskeln beeinflussen primär das glenohumerale Gelenk und müssen deswegen im Krafttrainingsbereich zurückhaltender belastet werden.



Abb. 17.6 Geschlossene Kette Training mit dem Balanceboard um gezielt intermuskuläre Koordination zu trainieren.



Abb. 17.7 Außenrotationstraining: wird nicht nicht nur in 0 Grad Abduktion sondern auch bis 90 oder 100 Grad Abduktion trainiert.



Abb. 17.8 Powerblade: mit dem Powerblade wird Kokontraktion und intermuskuläre Koordination trainiert.

Die Protectors werden koordinativ in 80–90° Abduktion-Elevation trainiert (**Abb. 17.7**). Mithilfe des Powerblade wird das Zusammenspiel zwischen den Außen- und Innenrotatoren stimuliert (**Abb. 17.8**). Die Raise-Übungen werden jetzt bis 80° durchgeführt, um das Zusammenspiel zwischen kaudalisierenden und kranialisierenden Muskelgruppen zu verbessern.



Abb. 17.9 Throw between the legs: beidhändige Würfe eignen sich besonders gut am Anfang der Reha, da der Patient auch mit dem gesunden Arm die Wurfbewegung kontrollieren kann.

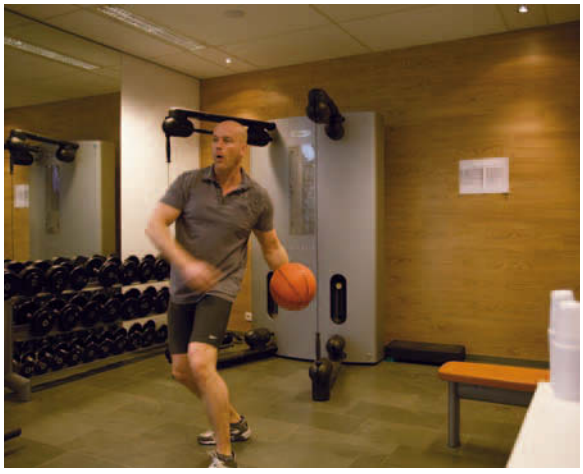


Abb. 17.10 Underhand-throw: Wenn beidhändige Würfe gelingen können einhändige Würfe im unteren Quadranten durchgeführt werden.

Es geht hier um das Verbessern der intermuskulären Koordination, die in Kräftepaaren beschrieben wird. Ein wichtiges Kräftepaar in Bezug auf die Positionierung der Humeruskopfes ist das Zusammenspiel der Rotatorenmanschette mit ihrer kaudalisierenden Wirkung mit dem M. deltoideus, der eine kranialisierende Wirkung hat (Hauser-Bischof 2002).

Beweglichkeit und Stabilität

Da Beweglichkeit und Stabilität ausreichend weit entwickelt sind, können in dieser Phase der Reha zum ersten Mal auch die Propellers im koordinativen Bereich angesprochen werden. Das Mittel der Wahl ist der Pull-Over. Der Pull-Over wird jedoch zunächst mit einem eingeschränkten ROM ausgeführt, da der skapulothorakale Rhythmus über 140° noch nicht optimal ist. Last, but not least bringe ich einen Ball ins Spiel und schlage einen Throw-between-the-Legs (**Abb. 17.9**) vor. Diese Wurfübung trainiert die Anteflexion-Elevation-Bewegung in einem funktionellen Bereich. Dann wird anschließend auch mit einarmigen Wurfübungen trainiert wie zum Beispiel dem underhand throw (**Abb. 17.10**).

Funktionelle Übungen

Jan bekommt immer mehr funktionelle Übungen, die seinen Alltag betreffen; länger und mehr Auto fahren, die Haare waschen und kämmen (Kap. 4.3.3, Spezifisches Training Rehakreis Koordination S. 240).

Konditionstraining

Da Jan das bisherige Konditionstraining einfach findet, wird in der nächsten Rehaphase der Umfang um 15 min auf 45 min mit der gleichen Herzfrequenz erweitert.

17.8.3 Dritte Wiederbefundung

Verlauf

17 Wochen nach der Operation findet die nächste Wiederbefundung statt. Alle Variablen haben sich wiederum verbessert. Die Beweglichkeit in Außenrotation hat sich so weit entwickelt, dass es jetzt gut möglich ist, unterschiedliche Übungen aus dem Wurf-ABC durchzuführen. Der Belastungsschmerz ist jetzt nur noch bei schnelleren Bewegungen oberhalb von 90° Abduktion-Elevation und starker Außenrotation wahrnehmbar. Der skapulathorakale Rhythmus zeigt noch eine Dysfunktion bei 150° Abduktion. Da in dieser Position die Bewegung vor allem aus dem glenohumeralen Gelenk kommt, werden passive Techniken durchgeführt mit dem Ziel, die ventrokaudale Kapsel zu dehnen. Da das Kapselgewebe sich jetzt in der Maturationsphase befindet, werden die Belastungsreize immer intensiver und spezifischer (z. B. ist therapeutisches Dehnen jetzt möglich).

Test der motorischen Grundeigenschaften

Aktive Mobilität

Tab. 17.10 Ergebnis der aktiven Bewegungsuntersuchung bei der 3. Wiederbefundung

Aktive Mobilität	Erster Kontakt	1. Wiederbefundung	2. Wiederbefundung	3. Wiederbefundung
Außenrotation	15°	25°	40°	50°
Innenrotation	30°	40°	80°	80°
Anteflexion	60°	75°	175°	175°
Abduktion	45°	60°	165°	165°
horizontale Adduktion	90°	110°	130°	140°

Passive Mobilität

Bei der passiven Mobilität hat sich einiges mehr getan. Durch das Durchführen unterschiedlicher passiver ventrokaudaler Mobilisationstechniken hat sich die Außenrotation auf 55° verbessert.

Tab. 17.11 Ergebnis der passiven Bewegungsuntersuchung bei der 3. Wiederbefundung

Passive Mobilität	Erster Kontakt	1. Wiederbefundung	2. Wiederbefundung	3. Wiederbefundung
Außenrotation	15°	25°	45°	55°
Innenrotation	35°	45°	90°	90°
Anteflexion	70°	80°	180°	180°
Abduktion	50°	70°	170°	175°
horizontale Adduktion	110°	115°	135°	145°

Ausdauertraining

Das Programm wird auf 3-mal pro Woche 45 min erweitert. Wir entscheiden uns, mit dem Lauftraining als Konditionstraining für Basketball anzufangen. Aufgrund der früheren Trainingserfahrungen kann Jan mit einem Tempodauerlauf (s. Kap. 4.3.4, S. 250) von 30 min beginnen: 4-mal 6 min laufen mit einer relativen Erholungspause von 2 min im Dauerlauf zwischen den Belastungsintervallen.

Ein Tempodauerlauf wird gewählt, da diese Trainingsmethode in Ausdauer die Basis legt für bessere und schnellere Regeneration während des Spiels.

Funktioneller Fragebogen

Der SDI zeigt eine Verbesserung von 3 Punkten und reduziert sich weiter von 8 Punkten auf 5 Punkte. Aufgrund des durchgeführten Krafttrainings in den Übungen Shrugs und Dead-Lift geht es schon bedeutend besser mit dem Heben schwerer Gegenstände. Jan bemerkt bei diesen Aktivitäten jedoch noch einen leichten Belastungsschmerz; der ihn aber nicht stört.

Jan bekommt durch die Wurfübungen viel Selbstvertrauen. Am liebsten möchte er so schnell wie möglich wieder Basketball spielen. Ich erkläre Jan, dass wir gerade in dieser Phase zurückhaltend sein müssen, um Rezidiven vorzubeugen.

Ziele und Therapiemittel der nächsten Phase:

Endgradige passive Mobilität

Die endgradige passive Mobilität, vor allem Anteflexion-Elevation, soll sich weiter verbessern. Das möchte ich realisieren über plastische Deformation (s. Kap. 4.3, S. 232) des Bindegewebes (therapeutisches Dehnen) mittels ventrokaudaler Mobilisationstechniken.

Aktives Stabilisieren

Das aktive Stabilisieren der neu gewonnenen Bewegungsbereiche in Anteflexion-Elevation wird durch Military-Press und Pull-Over (**Abb. 17.11**) verbessert.

Krafttraining

Die Preparators, Pivoters, Protectors und Positioners werden jetzt trainiert auf maximale Kraft; die entsprechenden Übungen lauten:

- für die Preparators
  - Squatlunge
  - Dead-Lift
- für die Pivoters
  - Shrugs
  - Bend-Over-Dumbell-Row
- für die Protectors
  - Außen- und Innenrotationstraining
- für die Positioners
  - Front-Press

Dies wird kombiniert mit Geschlossener-Kette-Training im koordinativen Bereich unter Vorermüdung (Agility) (s. Kap. 4.3, S. 241).

Beweglichkeit und Stabilität

Die Propellors werden noch immer koordinativ trainiert (**Abb. 17.12**). Im Gegensatz zur vorherigen Phase wird jetzt jedoch versucht, ein optimales aktives Bewegungsausmaß zu erreichen. Mittel der Wahl sind die Übungen Flys und Pull-Over. Wenn die optimalen Bewegungsausmaße in beiden Übungen erreicht sind, kann das Wurf-



Abb. 17.11 Pull over: gezieltes Krafttraining in der vertikalen Wurfposition.

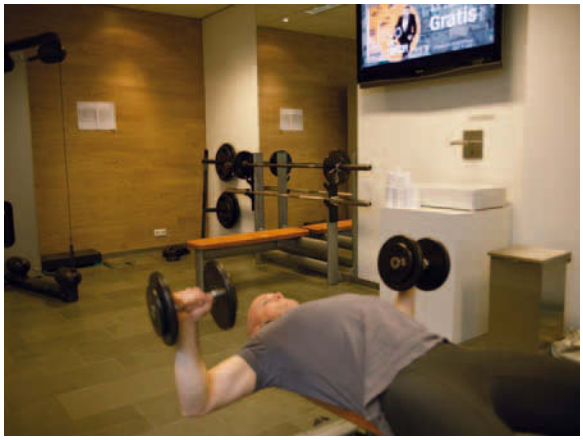


Abb. 17.12 Dumbell bench press: Bank drücken mit Kurzhanteln ist eine koordinative Herausforderung.

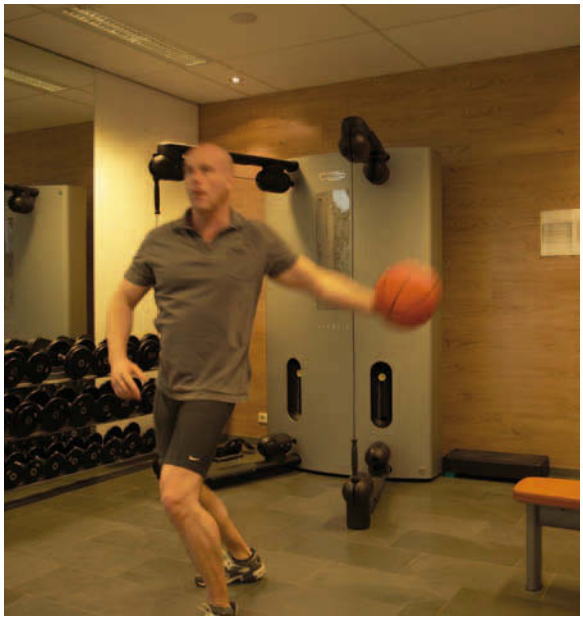


Abb. 17.13 Straight-arm-throw: hier lernt der Patient wieder eine Wurfbewegung im oberen Quadranten durchzuführen. Der Arm bleibt gestreckt, wodurch die Wurfgeschwindigkeit geringer bleibt.

ABC mit einarmigen Übungen erweitert werden. Hierbei werden zunächst Würfe durchgeführt, die ohne die Rotationskomponente auskommen. Die Übungen der Wahl sind deswegen der Sweeping-Throw und Straight-Arm-Throw (**Abb. 17.13**).

Rotation sorgt in der Wurfbewegung für hohe Geschwindigkeit. Hohe Geschwindigkeit bedeutet wiederum eine hohe Bindegewebsbelastung – Strain-Rate-Dependance (van den Berg 2003).

Funktionelle Übungen

Jan bekommt funktionell gesehen immer schwierigere Hausaufgaben. Einfache ADL-Aktivitäten, die ihm normalerweise keine Probleme mehr machen, muss er jetzt durchführen, wenn er ermüdet ist: entweder durch ein Training oder am Ende des Tages. Das Heben schwerer Lasten wird so oft wie möglich bewusst in den Alltag integriert.

Konditionstraining

Laufen ist nun sein allgemeines Konditionstraining. Ziel in dieser Phase ist es, eine konditionelle Grundlage für das Basketball zu schaffen. Als Methode wird der Tempodauerlauf gewählt.

17.8.4 Vierte Wiederbefundung

Verlauf

20 Wochen später findet die vierte Wiederbefundung statt. Die Rehabilitation verläuft prima. Viele Parameter haben sich in dieser relativ kurzen Zeit verbessert. Die Mobilität in Anteflexion-Elevation ist realisiert, der Belastungsschmerz oberhalb von 90 ° Abduktion und in starker Außenrotation hat sich weiter verringert. Der skapulathorakale Rhythmus zeigt keine Dysfunktionen mehr. Jan fühlt sich prima und ist sehr zufrieden über den Verlauf der Reha. Seine bisherige Bewegungsangst während der Wurfbewegung hat sich bedeutend vermindert und damit hat sich auch sein Vertrauen in die Zukunft und seine professionelle Perspektive verbessert.

Test der motorischen Grundeigenschaften

Aktive Mobilität

Tab. 17.12 Ergebnis der aktiven Bewegungsuntersuchung bei der 4. Wiederbefundung

Aktive Mobilität	Erster Kontakt	1. Wiederbefundung	2. Wiederbefundung	3. Wiederbefundung	4. Wiederbefundung
Außenrotation	15 °	25 °	40 °	50 °	50 °
Innenrotation	30 °	40 °	80 °	80 °	90 °
Anteflexion	60 °	75 °	175 °	175 °	180 °
Abduktion	45 °	60 °	165 °	165 °	180 °
Horizontale Adduktion	90 °	110 °	130 °	140 °	140 °

Passive Mobilität

Tab. 17.13 Ergebnis der passiven Bewegungsuntersuchung bei der 4. Wiederbefundung

Passive Mobilität	Erster Kontakt	1. Wiederbefundung	2. Wiederbefundung	3. Wiederbefundung	4. Wiederbefundung
Außenrotation	15°	25°	45°	55°	55°
Innenrotation	35°	45°	90°	90°	95°
Anteflexion	70°	80°	180°	180°	185°
Abduktion	50°	70°	170°	175°	180°
Horizontale Adduktion	110°	115°	135°	145°	145°

Ausdauertraining

Das Laufprogramm kommt bei Jan sehr gut an. Er kann den Tempodauerlauf gut durchhalten. Seine Herzfrequenz liegt zwischen 150 und 170 Schlägen pro Minute. Seine anaerobe Schwelle liegt bei 173 Schlägen pro Minute.

Das Ziel ist jetzt, den Umfang gleich zu halten und die Intensität zu erhöhen: nach 3-mal 10 min mit einer Pause von 2 min Dauerlauf.

Die anaerobe Schwelle wurde erstmals 1973 von Wasserman als Punkt des ersten Laktatanstiegs beschrieben. Seitdem wird dieses Schwellenkonzept benutzt, um die Ausdauerleistungsfähigkeit und die Trainingssteuerung zu beurteilen (Wasserman 1973).

Funktioneller Fragebogen

Die SDI zeigt eine Verbesserung von 2 Punkten und reduziert sich auf 3 Punkte. Das Heben von schweren Gegenständen bereitet Jan keine Probleme mehr. Er kann im ADL-Bereich jetzt beschwerdefrei funktionieren, auch wenn eine Vorermüdung vorliegt. Jans Hauptprobleme liegen vor allem noch in Aktivitäten, die oberhalb von 90° Abduktion-Elevation stattfinden und auf Geschwindigkeit durchgeführt werden müssen, also den unterschiedlichen Wurfbewegungen.

Vor allem der Straight-Arm-Throw mit etwas mehr Beschleunigung im koordinativen Bereich führt noch zu Belastungsschmerz. Dieser Schmerz tritt vor allem im Übergang von der Phase Late-Cocking in die Accelerations-Phase auf. Aus diesem Grund werden in der folgenden Phase die Würfe einerseits auf Geschwindigkeit aufgebaut und andererseits auch spezifischer auf Basketball abgestimmt; hierfür sind jedoch im Krafttrainingsbereich zunächst optimale Voraussetzungen zu schaffen.

Die Wurfbewegung wird unterteilt in unterschiedlichen Phasen: Wind-up-, Early-Cocking-, Late-Cocking-, Accelerations- und Decelerations-Phase (Huijbregts u. Clarijs 1999).

Gerade der Übergang von der Late-Cocking- in die Accelerations-Phase ist sehr belastend für das Bindegewebe.

Ziele und Therapiemittel der nächsten Phase

Endgradige passive Mobilität

Da die optimale passive und aktive Mobilität in der Schulter jetzt erreicht ist und der Rest der kinetischen Kette schon optimal war, werden keine passiven Mobilisationstechniken mehr durchgeführt. Die erreichte Mobilität wird erhalten, indem die Übungen in dieser Phase in einem optimalen Bewegungsausmaß trainiert werden. Vor allem der Pull-Over trainiert dieses optimale Bewegungsausmaß in Außenrotation und Anteflexion-Elevation.

Aktives Stabilisieren

Alle „P“ – Preparators, Pivoters, Protectors, Positioners, Propellors – werden jetzt trainiert. Ziel ist, Geschwindigkeit und Kraft aufzubauen. Konkret bedeutet dies, dass wir mit der Propeller-Übung Pull-Over Geschwindigkeit aufbauen werden. Voraussetzung hierfür ist eine Belastung in der extensiven Wiederholungsmethode: grundmotorische Eigenschaft Kraft. Die Geschwindigkeit wird aufgebaut von konzentrischem Beschleunigen zu exzentrischem Bremsen nach dem Dehnungsverkürzungszyklus (DVZ) – von DVZ allgemein nach DVZ spezifisch (s. Kap. 4.3, S. 271).

Kraftausdauer

Die verschiedenen Wurfbewegungen bekommen eine zentrale Rolle im Rehaprogramm. Die Aufmerksamkeit liegt in dieser Phase auf der Außen-/Innenrotationskomponente innerhalb des spezifischen Bewegungsverlaufs, z. B. dem three quarter throw (**Abb. 17.14**), Passwurf, Passgang-Dribbling, Sprungwurf, Powershot, Freiwurf. Das alles geschieht noch in der Praxis.

Beweglichkeit und Stabilität

In ADL-Aktivitäten hat Jan keinerlei Schwierigkeiten mehr. Er kann jetzt zu Hause alle sportspezifischen Übungen aus dem Wurf-Abc selbst trainieren.

Konditionstraining

Die Kondition ist mittlerweile im Grundlagenausdauerbereich optimal. Der nächste Schritt ist das Training der sportartspezifischen Ausdauer: die anaerobe alaktizide Leistungsfähigkeit und Kapazität (s. Kap. 4.3, S. 252).

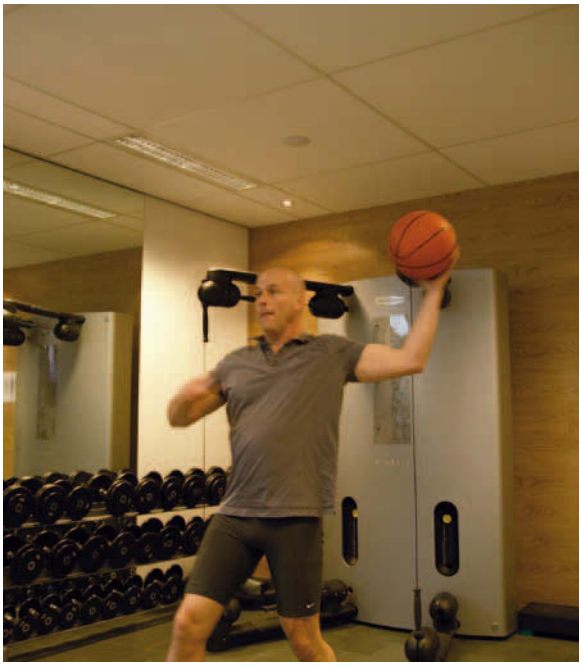


Abb. 17.14 Three quarter throw: der Patient führt die Wurfbewegung in über 90° Abduktion durch.

17.8.5 Fünfte Wiederbefundung

Verlauf

28 Wochen später findet die letzte Bewertung statt. Die Rehabilitation bei Jan ist prima verlaufen. Er ist nach wie vor sehr motiviert und hält sich aber gleichzeitig an meine Reha- und Trainingsvorgaben. Diese Vorgaben richten sich vor allem auf Zeichen, die sein Körper ihm bei Ermüdung oder Überbelastung gibt. Alle motorischen Grundeigenschaften werden jetzt sehr spezifisch trainiert und sind sehr gut eingebettet in den Sportkontext. Das ist auch gleichzeitig das nächste Ziel: Training mit der Mannschaft.

Test der motorischen Grundeigenschaften

Sowohl die aktive als auch die passive Mobilität sind gleich geblieben wie vor 8 Wochen.

Krafttraining

Im Krafttrainingsbereich ist das 6-WH-Maximum (S. 261) bestimmt für Bench-Press und Pull-Over. Anschließend wird Geschwindigkeit aufgebaut bis zur DVZ-allgemein-Methode. Jan fühlt sich sicher und ist bei diesen Übungen voller Vertrauen beim Durchführen von Geschwindigkeit.

Ausdauer

Die spezifische Kondition haben wir bei Jan trainiert durch Antizipation und Reaktionsspiele in Kombination mit Acceleration über 5-mal 5–10 Meter, bis er mehr als 10% Verlust bei der Zeit hatte.

> Bei mehr als 10% Verlust kommt Jan in sein laktisches Energiesystem. Wir möchten ihn gerne trainieren in seinem spezifischen Energiesystem für Basketball: dem anaeroben alaktischen System.

Funktioneller Fragebogen

Die SDI zeigt jetzt eine Verbesserung von 2 Punkten und reduziert sich auf einen Punkt. Die Wurfbewegungen bereiten ihm keine Schmerzen mehr, auch nicht bei Prestretch-Würfen. Alle Basketballwürfe in der Form von Passwurf, Passgang-Dribbling, Sprungwurf, Powershot und Freiwurf gehen prima sowohl in der Praxis als auch zu Hause. Die Kombination von Würfen mit Antizipation, Reaktion und Acceleration, Cut-Bewegungen, Dribbling, Sternschritten und Sprüngen verlaufen problemlos.

Ziele und Therapiemittel der nächsten Phase

Die sportphysiotherapeutische Rehabilitation wird hier beendet. Jan kann jetzt wieder mit dem Teamtraining starten. Ich habe Kontakt aufgenommen mit seinem Trainer und wir haben besprochen, wie das sportspezifische Training für Jan jetzt weiter verlaufen kann. Jan muss sich jetzt langsam an sportartspezifische Situationen gewöhnen, die als Vorbereitung auf die zukünftigen Wettkämpfe dienen. Bei dieser Vorbereitung muss er wieder in traumaprovozierende Situationen gebracht werden. Als letzten Schritt sollte Jan sportartspezifisch ermüden und in dieser Ermüdung in die traumaprovozierende Situationen gebracht werden.

10 Wochen später bekomme ich einen Anruf von Jan, dass er wieder seinen ersten Wettkampf gespielt hat – ohne Probleme – und dabei 15 Punkte gemacht hat. Ein toller Erfolg, nachdem er 3 Jahre ohne Punkte geblieben war!

Aktive Mobilität

Tab. 17.14 Ergebnis der aktiven Bewegungsuntersuchung bei der 5. Wiederbefundung

Aktive Mobilität	Erster Kontakt	1. Wiederbefundung	2. Wiederbefundung	3. Wiederbefundung	4. Wiederbefundung
Außenrotation	15°	25°	40°	50°	50°
Innenrotation	30°	40°	80°	80°	90°
Anteflexion	60°	75°	175°	175°	180°
Abduktion	45°	60°	165°	165°	180°
Horizontale Adduktion	90°	110°	130°	140°	140°

Passive Mobilität

Tab. 17.15 Ergebnis der passiven Bewegungsuntersuchung bei der 5. Wiederbefundung

Passive Mobilität	Erster Kontakt	1. Wiederbefundung	2. Wiederbefundung	3. Wiederbefundung	4. Wiederbefundung
Außenrotation	15°	25°	45°	55°	55°
Innenrotation	35°	45°	90°	90°	95°
Anteflexion	70°	80°	180°	180°	185°
Abduktion	50°	70°	170°	175°	180°
Horizontale Adduktion	110°	115°	135°	145°	145°

Tab. 17.16 Resultate Modified-Lateral-Scapular-Slide-Test

Seitenunterschied	Erster Kontakt	1. Wiederbefund	2. Wiederbefund	3. Wiederbefund	4. Wiederbefund
0°	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm
30°	1 cm	1 cm	0 cm	0 cm	0 cm
60°	**2 cm**	**2 cm**	0,5 cm	0,5 cm	0 cm
90°	X	X	0,5 cm	0,5 cm	0,5 cm
120°	X	X	1 cm	1 cm	0,5 cm
150°	X	X	**2 cm**	**2 cm**	0,5 cm
180°	X	X	X	X	0,5 cm

Zusammenfassung

Kritische Erfolgsfaktoren in der postoperativen Nachbehandlung von Patienten mit ventraler Instabilität:

- geschlossene Kette vor Offene-Kette-Training
- Mobilität vor Stabilität
- Reha verläuft von proximal nach distal
- Koordination ist die basismotorische Grundeigenschaft für Schulterrehabilitation
- Patientenzentriertes Arbeiten

Literatur

Ardic F. Shoulder Impingement Syndrome: Relationships Between Clinical, Functional, and Radiologic Findings. American journal of physical medicine and rehabilitation 2006; 85(1): 53–60.

Delforge G. Musculoskeletal Trauma – Implications for Sports Injury Management. Champaign: Human Kinetics; 2002.

Diemer F, Sutor V. Medizinische Trainingstherapie. Stuttgart: Thieme; 2006.

Donatelli RA. Physical Therapy of the Shoulder. Philadelphia: Churchill Livingstone; 1997.

Ellenbecker TS. Clinical Examination of the Shoulder. St. Louis: Elsevier Saunders; 2004.

Fremerey R, Bosch U. Proprioception and EMG pattern after capsulolabral reconstruction in shoulder instability: a clinical and experimental study. Knee surgery, sportstraumatology and arthroscopy. 2006; 14: 1315–1320.

Gokeler A, Lehmann M. Tennis: Rehabilitation, Training and Tips. Sports Medicine and Arthroscopy Review 2001; (9): 105–113.

Hauser-Bischof C. Schulterrehabilitation in der Orthopädie und Traumatologie. Stuttgart: Thieme; 2002.

Hayes K, Callanan M. Shoulder Instability: Management and Rehabilitation (clinical commentary). Journal of Orthopedic Sports Physical Therapy 2002; 32; 1–13.

Huijbregts PA, Clarijs JP. Krachttraining in revalidatie en sport. Maarssen: Elsevier/De Tijdstroom; 1999.

Jobe FJ, Pink M. Classification and treatment of shoulder dysfunction in the overhead athlete. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy 1993; 18(2): 427–432.

Kibler WB. Role of the scapula in the overhead throwing motion. Contemp Orthop. 1991; 22: 525–532.

Lephart S, Pincivero DM, Giraido JL, Fu FH. The Role of Proprioception in the Management and Rehabilitation of Athletic Injuries. Am J Sports Med 1997; 25(1): 130–137.

Liu SH, Henry MH. Anterior shoulder instability. Current review. Clinical orthopedics and related research: 1996; 327–337.

Michener LA, Walsworth MK, Doukas WC, Murphy KP. Reliability and Diagnostic Accuracy of 5 Physical Examination Tests and Combination of Tests for Subacromial Impingement. Arch Phys Med Rehabil 2009; 90: 1898–1903.

Miller J. The Mulligan Concept: the next step in the evolution of manual therapy. Published orthopaedic review 1999. Im Internet zu finden auf http://www.itherapies.com/support/support_downloads/MulliganConcept_NextStep.pdf. Stand: 14.07.2010.

Myers J, Lephart S. Sensorimotoric Deficits Contributing to Glenohumeral Instability. Clinical orthopedics and related research 2002; 400: 98–104.

Myers J, Lephart S. Shoulder Muscle Reflex Latencies Under Various Levels of Muscle Contraction. Clinical orthopedics and related research 2003; 407: 92–101.

Oesch P, Hilfiker R, Keller S, Kool J, Schädler S, Tal-Akabi A, Verra M, Widmer Leu C. Assessment in der muskuloskelettalen Rehabilitation. Bern: Hans Huber; 2007.
Roberts S, Taylor DE, Brown JN, Hayes MG. Open and arthroscopic techniques for the treatment of traumatic anterior shoulder instability in Australian rules football players. Journal of Shoulder and Elbow Surgery 1999; 8: 403–409.
Safran MR. Nerve Injury About the Shoulder in Athletes. Part 1: Suprascapular Nerve and Axillary Nerve. Am J Sports Med 2004; 32 (3): 1–17.
Schuntermann M. Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit (ICF). Phys Med Rehab Kuror 2001; 11: 229–230.
Tennent TD, Beach W, Myers J. A Review of the Special Tests Associated with Shoulder Examination. Part II: Laxity, Instability and Superior Labral Anterior and Posterior (SLAP) Lesions. Am J Sports Med 2003; 31(2): 301–307.
Triffitt PD. The Relationship between Motion of the Shoulder and the Stated Ability to Perform Activities of Daily Living. The Journal of Bone and Joint Surgery 1998; 80(1): 41–46.
Van den Berg F. Angewandte Physiologie 1 – Das Bindegewebe des Körpers verstehen und beeinflussen. Stuttgart: Thieme; 2003.
Van der Heijden G. Shoulder Disability Questionnaire: design and responsiveness of a functional status measure. In: Shoulder disorder treatment: efficacy of ultrasound therapy and electrotherapy. University of Maastricht 1996: 79–91.
Wasserman K, Whipp BJ, Koyl SN, Beaver WL. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. J Appl Physiol 1973; 35(2): 236–243.
Windt van der DAWM, Koes BW, Bouter LM. The responsiveness of the Shoulder Disability Questionnaire. Ann Rheum Dis 1998; 57: 82–87.
Wingerden BAM. Bindweefsel in de revalidatie, Schaan. Liechtenstein: Scipro; 1997.



18 Fallbeispiel: Nachbehandlung einer Rekonstruktion des vorderen Kreuzbands (Quadrizepssehne) – Handball

Mike Steverding

18.1 Vorstellung des Patienten

Im Dezember 2006 übermittelte das Ministerium für Jugend und Sport des Königreiches Bahrain per E-Mail den medizinischen Befund des 23-jährigen Handballnationalspielers Mahmood A. Q., um das weitere Vorgehen seines Falls mit mir abzustimmen. Der Spieler zog sich bei einem Länderspiel im Rahmen eines internationalen Turniers ein Distorsionstrauma des rechten Kniegelenks zu.

18.1.1 Anamnese

Die klinischen Tests vor Ort zeigten entsprechend des Untersuchungsberichts 10 Tage nach dem Trauma folgenden Befund:

- deutlicher Gelenkerguss
- positiver Lachmann-Test
- positiver und schmerzhafter MC-Murray-Test für den Bereich des medialen Kompartiments

Der untersuchende Arzt beschrieb in seinem Befund keine weiteren Auffälligkeiten.

Mit der Verdachtsdiagnose Ruptur des vorderen Kreuzbandes mit Meniskusbeteiligung wurden durch die behandelnden Ärzte in Bahrain mit dem Patienten 2 Therapieoptionen diskutiert:

- Nach einer präoperativen Rehabilitation zur Reduktion von Schmerzen, Schwellung und zur Verbesserung der Beweglichkeit sollte eine Rekonstruktion des vorderen Kreuzbands (VKB) und eine Revision der wahrscheinlich vorliegenden Meniskusläsion arthroskopisch durchgeführt werden. Vor allem unter dem Aspekt der hohen sportlichen Ambitionen des Athleten (Asiens Handballer des Jahres) erschien diese Variante die konsequenteste Lösung zu sein.
- Die zweite Option war eine sofortige Arthroskopie zur Revision des verletzten Meniskus, dabei könnte diagnostisch auch das VKB abgeklärt werden. Eine weitere Rekonstruktionsmaßnahme für das VKB wäre dann in Abhängigkeit der Symptome zu einem Zeitpunkt seiner Wahl möglich.

> Primäroperationen sind eher abzulehnen. Wichtigste Prämisse für den OP-Zeitpunkt ist ein weitgehend schmerzfreies, gut bewegliches und minimal geschwollenes Kniegelenk. Verzögerungen der Operation von 2–4 Wochen sind auch im Hinblick auf ein reduziertes Arthrofibroserisiko zu empfehlen.

Aus unserer heutigen Sicht entschied sich der Patient leider für die zweite Option, um eine schnellere Spielfähigkeit für den weiteren Verlauf der Handballsaison zu erreichen. Dies geschah allerdings gegen unsere erteilte Empfehlung zur primären Rekonstruktion und ohne weitere Abklärung der Befunde über eine Magnetresonanzuntersuchung.

Erwartungsgemäß bestätigten sich unsere Befürchtungen, denn das verletzte Gelenk tolerierte die deutliche Instabilität im weiteren Saisonverlauf nicht wie gewünscht. Immer wieder klagte der Spieler über Schmerzen, Schwellung und einem deutlichen Unsicherheitsgefühl während sportlicher Belastung.

Wie so oft im Hochleistungssport mutete sich der Athlet bei Einsätzen mit dem Nationalteam, respektive in der nationalen Meisterschaftsrunde, unterstützt durch Medikamente, deutlich zu hohe Belastungen zu.

Die Symptomatik im Kniegelenk verschlechterte sich progredient. Mehrfach wurde das Kniegelenk punktiert, mit entzündungshemmenden Medikamenten quasi dauerversorgt sowie immer wieder mit eingelegten Behandlungspausen halbwegs spielfähig gemacht.

Erst Ende September 2007, nach einer langer Leidensgeschichte von fast 10 Monaten nach dem Primärtrauma, initiierte das Sportministerium den Rehabilitationsaufenthalt in unserem Therapiezentrum mit dem Auftrag, die notwendige VKB-Wiederherstellungsoperation zu organisieren und die anschließende forcierte sportliche Rehabilitation (FSR) durchzuführen.

Am 1.10.07 konnte ich Mahmood A. Q. am Frankfurter Flughafen abholen und ihn dann in meinem ambulanten Therapiezentrum zum ersten Mal persönlich untersuchen.

18.2 Diagnostik

Sportphysiotherapeutische objektive Untersuchung

In der klinischen Befunderhebung zeigten sich folgende Befunde (**Tab. 18.1**):

Die sportphysiotherapeutische Diagnose definierte sich aufgrund des klaren Befundes fast von selbst: isolierte Ruptur des vorderen Kreuzbands bei Zustand nach Innenmeniskusteilresektion im rechten Kniegelenk.

Tab. 18.1 Befunde der klinischen Befunderhebung

Inspektion	▪ leichte Kapselschwellung ohne Gelenkerguss ▪ gute Muskeltrophik ▪ reizlose Arthroskopienarben	
Funktion	▪ reduziertes Range of Motion (ROM) in Flexion/Extension, 130°–5°–0° ▪ leichte endgradige Einschränkung der Innenrotation (in 90° Flex)	
Gelenkspiel	Joint Play in Ruhestellung leicht reduziert (Capsulitis/Arthritis)	
Gelenktests	Lachmann-Test ++ Pivot Shift Test + Schubladentest +	mediale Aufklappbarkeit: o. B. laterale Aufklappbarkeit: o. B.
Meniskustests	o. B.	
Widerstandstests	o. B.	
Palpation	▪ leichte Triggerreaktion im M. biceps femoris, Caput breve und im M. popliteus sowie im Bereich des Tractus iliotibialis und des M. tensor fasciae latae ▪ Weiter zeigten sich im M. sartorius und in M. iliopsoas deutlich erhöhte Spannungszonen auf der betroffenen Seite.	

Magnetresonanzuntersuchung

Nach Rücksprache mit dem Chirurgen veranlassten wir am nächsten Tag einen MRT-Scan.

Sowohl die am 02.10.07 durchgeführte Magnetresonanzuntersuchung als auch die klinische Untersuchung des Chirurgen bestätigte die Verdachtsdiagnose. Eine begleitende und in über 80 % der Fälle zu erwartende Bone-Bruise-Verletzung war nicht oder nicht mehr festzustellen.

Differenzialdiagnostisch konnten folgende Pathologien ausgeschlossen werden:

- Kombinationsverletzungen
- Ruptur des hinteren Kreuzbands
- Meniskusläsionen
- patellofemorales Schmerzsyndrom
- Plicasyndrom

18.3 Operative Therapie

Die Operationsindikation zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes stellte sich aufgrund der sportlichen Ambitionen des Patienten und den exorbitant hohen Belastungen durch den professionell betriebenen Handballsport quasi von selbst. Eine weitere Indikation für die dringend erforderliche Rekonstruktionsoperation resultiert aus den im Verlauf der letzten 10 Monate persistierenden Instabilitätsproblemen des verletzten Kniegelenks (Hertel 2001).

An diesem Punkt stellte sich die Frage nach der Wahl der Operationsmethode und des Transplantates, also des autologen Sehnenmaterials zum Ersatz des rupturierten Bandes.

Tab. 18.2 Reißfestigkeit verschiedener Transplantate im Vergleich zum normalen VKB (Diemer u. Sutor 2007)

Struktur	Maximale Reißfestigkeit
normales vorderes Kreuzband	2160 N ± 157 N
Patellasehne (10 mm)	2352 N ± 495 N
Patellasehne (14 mm)	3600 N ± 300 N
Semitendinosussehne	1216 N ± 50 N
Semitendinosussehne (quadrupel)	4108 N ± 200 N
Quadrizepssehne	2352 N ± 495 N

Umfragen bei amerikanischen Allgemeinchirurgen ergaben, dass zu 79 % Patellasehnen, zu 12 % Hamstrings und zu 9 % andere Materialien verwendet werden (Marx et al. 2003). Spezialisten verwenden überwiegend Sehnen der Hamstrings (Harner et al. 2001).

Bei Mahmood galt es bei der Materialauswahl einen besonderen Aspekt zu beachten, den ich persönlich bis zu diesem Zeitpunkt in meiner Karriere noch nicht zu bedenken hatte. Es war der religiöse Glaube unseres arabischen Patienten und die damit verbundenen täglichen Gebetsrituale, die ihn als Moslem zum mehrfachen Gebet auf dem Gebetsteppich verpflichten.

In einem ausführlichen Aufklärungsgespräch erläuterten wir dem Patienten die unterschiedlichen Sehnenmaterialien und deren Entnahme mit Vor- und Nachteilen. Patellasehne und Hamstrings unterscheiden sich kaum in Stabilität und Funktionalität (Diemer u. Sutor 2007, s. **Tab. 18.2**), aber in puncto Schmerz an der Entnahmestelle scheint der Semitendinosus überlegen zu sein (Goldblatt et al. 2005, Spindler et al. 2004).

Wir entschieden uns für ein Quadrizepssehnentransplantat. Dadurch reduziert sich das Risiko des anterioren Knieschmerzes beim täglichen Gebet, welches mit einer höheren Inzidenz bei Patellasehnentransplantaten nachgewiesen wurde. Dem Gracilis-/Semitendinosusmaterial zogen wir die Sehne des Quadrizeps vor, da diese mit einem patellaren Knochenblock entnommen wird und wir uns so eine höhere Zugfestigkeit mit schneller Knocheneinheilung an den Verankerungspunkten versprachen.

Knochenblöcke

Nach Kasperczyk et al. 1993, Wilson et al. 2004 und Papageorgiou et al. 2001 dauert die stabile Verankerung von Knochenblöcken mindestens 6 Wochen. Die vollständige Einheilung ist erst nach ca. 16 Wochen abgeschlossen. Sehnen ohne Knochenblock sind zwar nach etwa 3 Monaten stabil fixiert, aber sie brauchen für eine komplette Einheilung mindestens 6 Monate. Für die Verankerung bedeutet das eine um ca. 4–6 Wochen frühere stabile Fixation des Transplantates mit Knochenblöcken gegenüber knochenfreier Sehnentransplantate.

Am 05.10.2007 wurde die Operation wie geplant unter Vollnarkose durchgeführt. Sie verlief komplikationslos. Intraoperativ wurden der Sitz und die Stabilität des isometrisch eingebauten Transplantates geprüft. Das rekonstruierte Band saß perfekt, zeigte eine hervorragende Stabilität und ließ eine volle Beweglichkeit in alle Richtungen zu.

Eine intraartikuläre und eine tibiale Redondrainage wurden zur Reduktion des Gelenkergusses eingelegt. Der Patient war für 3 Tage in stationärer Behandlung.

18.4 Rehabilitation

Nach dem stationären Aufenthalt begann der Patient am 08.10.07 seine Rehabilitation in unserem Therapiezentrum.

Aus dem Operationsbericht, dem Befund des Radiologen (MRT-Scan) und den entsprechenden MRT-Bildern erhalten wir wichtige Informationen über Begleitverletzungen, eventuelle Komplikationen oder Besonderheiten und vor allem die Medikation des Patienten. Alle diese Hinweise erleichtern uns die Planung respektive die Wahl unserer Therapiemethoden.

Mit 20 kg Teilbelastung für die erste Woche kam der Patient an Unterarmgehstützen und ohne Orthese zur Behandlung. Bei der Fragestellung nach der Dauer der Entlastung, Limitierung der Bewegung und Wiederaufnahme belastender Sportarten gibt es völlig unterschiedliche Auffassungen (Diemer u. Sutor 2007).

Nach Vorgabe des Operateurs konnte innerhalb der 2. Woche, in Abhängigkeit von Schwellneigung und Schmerzentwicklung, langsam zur Vollbelastung gesteigert werden. Nach spätestens 3 Wochen sollte das schmerzfreie Gehen ohne Entlastung möglich sein.

Postoperativer Befund

In **Tab. 18.3** sind die Befundergebnisse zusammengefasst.

Zielsetzung

Die Zielsetzung des Patienten ergab sich aus

- seinem hohen Leistungssportlevel
- den Interessen des verantwortlichen Ministeriums für Sport, das den Athleten für eine möglichst schnel-

Tab. 18.3 Postoperative Befunde

Inspektion	▪ leichte Kapselschwellung ▪ reizlose Narben, allerdings deutlich eingeschränkte Narbenmobilität ▪ Muskelturgor in der Extensorenloge deutlich herabgesetzt ▪ Muskeltrophik am gesamten Oberschenkel gut ausgeprägt ▪ Ilium rechts nach posterior fixiert
Funktion	▪ Extension komplett frei ▪ Flexion spontan bis 70° problemlos möglich ▪ Innenrotation deutlich eingeschränkt 5°–10° ▪ Außenrotation frei
Joint Play	▪ aktuell durch die postoperative Arthritis deutlich verringert
Palpation	▪ leicht schmerzhafte, gut bewegliche OP-Narben ▪ Triggerreaktion im M. popliteus, M. biceps femoris, M. tensor fasciae latae, Tractus iliotibialis und dem M. iliopsoas ▪ Fibulaköpfchen in posteriorer Stellung fixiert
Krafttest	▪ zum jetzigen Zeitpunkt nicht wirklich relevant
Stabilitätstest	▪ in Lachmann-Position (20–30° Flexion) prüfe ich das Joint Play in der Position des größten Gelenkspiels, ich teste ohne Kraft und suche sehr vorsichtig den festen Anschlag. In Quantität und Qualität entspricht der Test annähernd der gesunden Seite. *Beachte:* Diese Überprüfung sollte kein Provokationstest sein! Sie ist zu diesem Zeitpunkt auch nicht zwingend notwendig, da der Operateur diese Prüfung intraoperativ beschreibt.

le Genesung und Reintegration in die Nationalmannschaft zu uns nach Deutschland schickte

Angestrebt wurde eine volle Sporttauglichkeit auf internationalem Leistungsniveau.

Prognose

Bei optimalem Verlauf der Rehabilitation ist bei einem Profisportler nach 5 Monaten mit der Aufnahme des Leistungstrainings zu rechnen. Nach 6 Monaten kann der Athlet in der Regel zum Wettkampfsport zurückkehren. Voraussetzungen dafür sind ein reizfreies respektive ein voll bewegliches Kniegelenk. Ein Kraftdefizit sollte im Seitenvergleich deutlich unter 10 % liegen und im Idealfall überhaupt nicht vorhanden sein.

In funktionellen Sprungkrafttests lassen sich die Leistungsfähigkeit des Athleten sowie die Funktionstüchtigkeit des betroffenen Kniegelenkes aussagekräftig überprüfen (Diemer u. Sutor 2007). Hier sind Defizite von über 15 % ein klarer Hinweis auf eine unzureichend entwickelte Funktionalität vor allem der koordinativen/reaktiven Fähigkeiten sowie im Schnellkraftbereich.

Normal aktive Patienten zeigen nach 11 Monaten noch Kraftdefizite (Augustsson, Thomee u. Karlsson 2004), bei

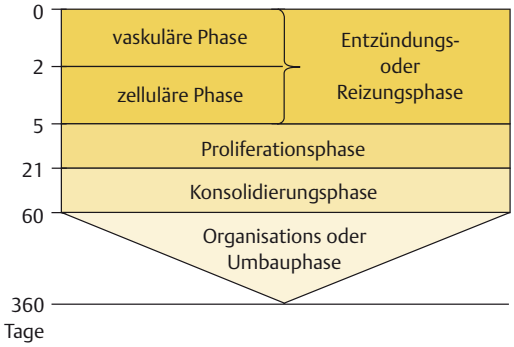


Abb. 18.1 Phasen der Wundheilung.

Athleten ist die Kraft nach 5–6 Monaten noch defizitär (Diemer u. Sutor 2007).

18.4.1 Sportphysiotherapeutische Interventionsplanung

Im Falle unseres Nationalspielers Mahmood A. Q., empfahl sich in der Rehabilitation ein Vorgehen nach einem 4-Phasen-Modell. Dieses orientiert sich an den unterschiedlichen Wundheilungsphasen der betroffenen Strukturen (**Abb. 18.1**, **Tab. 18.4**).

Entsprechend des intraoperativen Befunds dominieren die Strukturen mit dem längsten Heilungsverlauf die zeitliche Planung der unterschiedlichen Phasen.

So orientiert man sich bei dieser isolierten VKB-Ruptur mit Ersatz durch die Quadrizepssehne an der Wundheilung von Kapsel- und Bandgewebe und des entnommenen Sehnenmaterials.

18.4.2 Therapie- und Trainingsverlauf

Phase 1: Entzündungsphase, 0.–7. Tag

Therapie während der stationären Phase

Schon während des stationären Aufenthaltes versuchten wir, bei unserem arabischen Patienten die Rahmenbedingungen für eine gute Wundheilung zu optimieren. Die klassischen Entzündungszeichen zu bekämpfen und das Bestreben, eine stabile Gefäßabdichtung respektive einen schnellen Wundverschluss zu erreichen (van den Berg 1999, 2000), standen dabei im Vordergrund.

Manche Operateure lagern die Patienten für die ersten 24–48 h mithilfe einer Mecron-Schiene strikt in Streckstellung. Durch die Lagerung in Streckstellung oder aktueller Ruhestellung mit etwas erhöhtem Fußteil versuchen wir, diese Reparaturprozesse zu unterstützen bzw. nicht zu stören und den Abtransport im Operationsgebiet zu fördern.

Tab. 18.4 4-Phasen-Modell für die postoperative Reha.

Phase 1 (0.–7. Tag) Entzündungsphase	Therapie ▪ Herabsetzen des Sympathikotonus ▪ Narben- und Weichteilmassage ▪ Ödemreduktion/Lymphdrainage ▪ myofasziale Techniken ▪ manuelle Therapie: Mobilisation mit Matrixbelastung (Traktion und Gleiten, Stufe1) ▪ schmerzfreies (!) Bewegen in funktionellen Bewegungsmustern ▪ Propriozeptions- und Fußgewölbetraining, Gangschule ▪ Elektro- und Thermotherapie (Beeinflussen des vegetativen Nervensystems) Trainingstherapie ▪ assistive und aktive Bewegungen ▪ Isometrie in geschlossener Kette (Sohlenkontakt) ▪ Propriozeption unter Teilbelastung (vertikale Position) ▪ Seilzugtraining im Sitz (Irradiation nutzen) ▪ Rumpf- und Oberkörperkrafttraining ▪ Oberkörperergometer ▪ Fahrradergometer (ohne Widerstand, kurze Pedale, Klickbindung)	Phase 3 (7.–12. Woche) Konsolidierungsphase	Therapie ▪ begleitend: Massagetechniken, Elektro- und Thermotherapie (lokal) ▪ muskuläre Entspannungs- und Dehntechniken ▪ manuelle Therapie: bei Bedarf Mobilisation mit endgradiger Belastung des Kollagens (Stufe 2–3) ▪ Knorpelkompressionstherapie in der Funktionskette ▪ dynamische Stabilisation in dreidimensionalen Bewegungsmustern ▪ Propriozeptionstraining in Gang- und Laufschule ▪ Elektrostimulation in geschlossener Kette Trainingstherapie ▪ dynamisches Propriozeptions- und Beinachsentraining auf instabiler Unterlage (zunehmend sportspezifisch) mit vielseitiger Variation ▪ Seilzugtraining im Stand auf unterschiedlichen Unterstützungsflächen ▪ Maximalkrafttraining in geschlossener Kette (z. B. Beinpresse) ▪ koordinationsorientiertes Krafttraining mit freien Gewichten ▪ Beginn des Schnelligkeitstrainings ▪ Laufkoordination und Vorbereitung Sprungkoordination ▪ Ergometertraining, Grundlagenausdauer (Laktat 3–4) ▪ Aquajogging ▪ Walking und Lauftraining (frühestens ab 10. Woche) auf dem Laufband und/oder auf ebenem Gelände ▪ Steppertraining ▪ Rumpf- und Oberkörperkrafttraining
Phase 2 (2.–6. Woche) Proliferationsphase	Therapie ▪ wenn nötig: Ödemreduktion/Lymphdrainage ▪ Weichteilbehandlung/Funktionsmassagen ▪ muskuläre Entspannungstechniken ▪ manuelle Therapie: oszillierende Mobilisation mit Matrixbelastung ▪ Knorpelkompressionstherapie bei chondralen Läsionen ▪ aktives Bewegen in dreidimensionalen Mustern ▪ Propriozeptionstraining und Gangschule ▪ Elektrostimulation in geschlossener Kette ▪ Elektro- und Thermotherapie (vegetativ und lokal) Trainingstherapie ▪ Propriozeptions- und Beinachsentraining: stabile/instabile Unterlage, vielseitig variieren, zunehmende Belastungsintensität ▪ Seilzugtraining im Stand mit Variation der Unterstützungsfläche ▪ Kraftausdauertraining in geschlossener Kette (z. B. Beinpresse oder Squats) ▪ Ergometertraining, Grundlagenausdauer (Laktat 2) ▪ Aquajogging ▪ Walking auf dem Laufband ▪ ab Vollbelastung: synchronisiertes Steppertraining ▪ Rumpf- und Oberkörperkrafttraining	Phase 4 (13.–24. Woche) Umbauphase	Therapie ▪ begleitend: passive und physikalische Therapie ▪ muskuläre Entspannungs- und Dehntechniken ▪ wenn nötig: manuelle Mobilisation und Kompressionstherapie in funktionellen Ausgangsstellungen ▪ wenn nötig: Anbahnung der neuromuskulären Ansteuerung in Endstellung (z. B. beim Streckdefizit) Trainingstherapie ▪ sportspezifisches Training: Propriozeptions- und Beinachsentraining mit spezifischem Sportgerät, Schnelligkeitstraining, Laufkoordinations- und Sprungkoordinationstraining, Lauftraining im freien Gelände, Techniktraining mit/ohne Sportgerät ▪ intramuskuläres Koordinationstraining: exzentrisches und bei Bedarf supramaximales Krafttraining in geschlossener und offener kinetischer Kette ▪ koordinationsorientiertes Krafttraining mit freien Gewichten auf stabilen Unterstützungsflächen ▪ Zweikampfverhalten trainieren (dosiert steigern) ▪ ergänzend: Aquajogging als Ausdauertraining ▪ abschließend: Probewettkampf

Eine leichte, aufsteigende Kompressionswickelung des gesamten Beines soll den extravasalen Druck dosiert erhöhen, um den Druckgradienten zwischen intra- und extravasalem Druck zu reduzieren. Dadurch kommt es zu einem geringeren Austreten von Flüssigkeit aus dem Gefäßsystem und zu einer geringeren Schwellneigung im betroffenen Bein/Gelenk.

In dieser frühen Wundheilungsphase unterstützt eine reflektorische Behandlung im sympathischen Grenzstranggebiet der Brustwirbelsäule, vor allem in den zugehörigen Referenzsegmenten der unteren Extremität (TH 8 – L1/L2), eine schnellere vegetative Dämpfung der Alarmreaktionen. Das Umschalten der durch Katecholamine gesteuerten vaskulären auf die zelluläre Entzündungsphase gelingt dadurch leichter.

Zum Einsatz kommen weiche Massagegriffe, Techniken aus der Bindegewebsmassage und klassische Mobilisationstechniken aus dem Bereich der manuellen Therapie. Der Patient fühlt sich durch diese Behandlung, die primär nicht an der betroffenen Extremität ausgeführt wird, wohl und kann mit dem Therapeuten einen ersten Kontakt aufnehmen ohne die Angst, Schmerzen zu erleben.

Ergänzend zu dieser sehr angenehmen reflektorischen Behandlung kommt die manuelle Lymphdrainage im Sinne einer Ganzkörperbehandlung zum Einsatz. Neben der entstauenden Wirkung im Verletzungsgebiet zeigt die taktile Stimulation der Rezeptorsysteme über die Haut sehr positive Effekte einer weiteren vegetativ reflektorischen Inhibition.

Einfache isometrische Spannungsübungen in der aktuellen Ruhestellung mit propriozeptivem Sohlenkontakt gegen das Bettende runden das einfache Behandlungsprogramm ab. Auffällig im speziellen Fall unseres Patienten war die sofortige Fähigkeit, eine gute Mantelspannung der umgebenden Oberschenkelmuskulatur in Form einer synergistischen Kokontraktion zu generieren.

Nach 24 h und dem Abschluss der stabilen Gefäßabdichtung wurden die Redon-Drainagen entfernt und das Knie vorsichtig und schmerzfrei in Flexion/Extension unter Abnahme des Eigengewichts mobilisiert. Dies geschah ohne Zielvorgabe, ausschließlich orientiert am Wohlbefinden des Patienten, innerhalb der schmerzfreien Range of Motion (ROM).

Intermittierende und oszillierend applizierte manuelle Traktions- bzw. Gleittechniken im „piccolo"-Bereich, also ohne kollagene Spannung, helfen, die kapsuläre Mobilität und Stoffwechsellage zu normalisieren.

Sehr angenehm empfand der Patient auch dosierte Mobilisationsgriffe an der Patella, wobei das Gleiten der Patella in verschiedene Richtungen stimuliert wurde, ohne kollagenen Stress auszulösen. Gleichzeitig setzten wir weiche Narben- und Faszientechniken ein, die zur besseren Mobilität der Operationsnarben sowie der beteiligten Faszien beitragen. Vor allem im Bereich der quer verlaufenden Narbe an der Entnahmestelle für das Quadrizepssehnentransplantat war eine ausgedehnte und fein dosierte Mobilisation der Verschiebeschichten notwendig.

Um die Schwellung zu reduzieren, wiesen wir den Patienten in die Nutzung einer Cryo-Cuff-Kniemanschette ein. Er benutzt dieses System in den Therapiepausen und am Abend mit einer Wassertemperatur von ca. 10–15 °C über den Gesamtzeitraum der Entzündungsphase.

Ambulante Therapie nach Entlassung (3. Tag)

Am 3. Tag wurde der Patient aus der stationären Behandlung im Krankenhaus entlassen und in unsere Therapieeinrichtung gebracht.

- Wie im OP-Bericht dokumentiert, belastete er das betroffene Gelenk mit 30 kg.
- Er war nach wie vor mit der Kompressionswicklung versorgt (gesamtes Bein).
- Die aktive und medikamentöse Thromboseprophylaxe wurde bis zur Vollbelastung beibehalten.

Auf die vom Arzt empfohlene Einnahme von nichtsteroidalen Antiphlogistika verzichteten wir, da der Patient keinerlei Schmerzen angab und die Schwellneigung sich in einem völlig adäquaten Rahmen hielt.

Ab jetzt wurde die muskuläre Reinnervation in 2–3 täglichen Sitzungen mit einem Elektrostimulationsgerät für den M. quadriceps unterstützt. Der Patient erhielt dazu ein eigenes TENS-Gerät. Um eine höhere funktionelle Wirkung zu erzielen, wies ich den Patienten an, die geschwellte Stimulation immer mit einem Schub des Beines gegen das Bettende durchzuführen. Das bedeutet, er simulierte das „Stehen" auf dem Bein und förderte somit die geschlossene Aktivierung der entsprechenden Muskelschlingen vom Fuß bis zur Gesäßmuskulatur.

Lymphdrainage und vegetative Therapie im Bereich der Brustwirbelsäule waren weiterhin wichtige Maßnahmen des Therapiekonzeptes. Ebenso die bereits erwähnte Mobilisation der OP-Narben und der beteiligten Bindegewebsfaszien. Hier kamen auch verschieden große Saugglocken zum Einsatz, um die unterschiedlichen Gewebsschichten entsprechend zu mobilisieren und postoperative Adhäsionen zu lösen.

Innerhalb dieser ersten 72 h hatte sich die Gelenkbeweglichkeit spontan deutlich verbessert. Unser Sportler kam mit einem Bewegungsausmaß von Flexion/Extension = 80 °/5 °/0 ° und einem leichten Innenrotationsdefizit von 5 ° aus dem Krankenhaus zu uns in die ambulante Rehabilitation. Die manuelle Mobilisationstherapie beschränkte sich weiter auf die oszillierenden Techniken im Matrixbereich – also innerhalb des Slack, Stufe 1 (Kaltenborn-Evjenth-Konzept) und dem wichtigsten funktionellen Stimulus in dieser Phase, dem schmerzfreien Bewegen (**Abb. 18.2**).

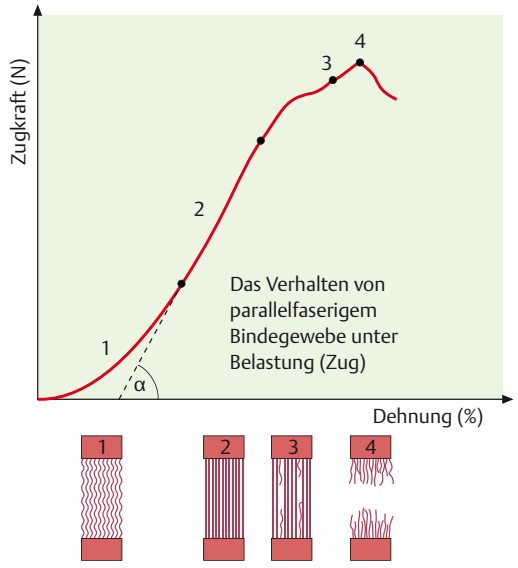


Abb. 18.2 Kurve nach Vidiik: charakteristisches Kraft-Dehnungs-Diagramm von Bandgewebe im Zugversuch mit 4 Abschnitten.

Auch das schmerzfreie Bewegen gestalteten wir im geschlossenen System und forderten den Patienten auf, assistiv mitzuarbeiten. In klassischen PNF-Bein-Pattern (mit Kniebeugung/-streckung) bewegt der Patient gegen dosierten Führungswiderstand. Natürliche Bewegungsmuster werden frühzeitig angebahnt.

Die Mobilisation der Patella wurde zwar weiterhin weich, jetzt aber in den aktuellen Endstellungen durchgeführt, ähnlich wie bei der Kapselmobilisation mit intermittierenden Techniken.

Sehr früh begann ich das operierte Knie auch mittels intermittierender Mobilisation der eingeschränkten Rotationsrichtung zu behandeln. Im Sitz mit dem Unterschenkel im Überhang stellte ich die aktuelle Flexionsstellung ein und mobilisierte fast spielerisch in Matrixbelastung die Tibia gegen den Femur. Dabei werden die Menisken auf dem Tibiaplateau mobilisiert und Adhäsionen gelöst. In den Mobilisationspausen nahmen wir zunehmend auch die Rotation in das dreidimensionale Bewegungsmuster auf. Ab ca. 80° Flexion bietet sich für diese Mobilisation die Bauchlage als optimale Ausgangstellung an.

Durch die Behandlung der im postoperativen Befund dargestellten Triggerzonen versuchte ich, die gesamten absteigenden Muskelschlingen und die Beckenmobilität zu harmonisieren. So wurden primär die Mm. psoas major et minor, der M. iliacus und der M. tensor fasciae latae einer gezielten Triggerbehandlung unterzogen. Im Bereich der Bauchdecke und des Tractus iliotibialis setzte ich Faszientechniken zur Regulation der Spannungsverhältnisse ein. Nach dieser regulierenden Behandlung korrigierte ich das posterior fixierte Ilium mithilfe klassischer manualtherapeutischer Grifftechniken. Zusätzlich kontrollierte ich die Mobilität des Fibulaköpfchens im proximalen tibio-fibularen Gelenk und mobilisierte es nach ventral. Weiter absteigend detonisierte ich die Unterschenkelfaszien und mobilisierte die Fibula im distalen tibiofibularen Gelenk nach dorsal. Abschließend arbeitete ich an der Fußsohle und behandelte diverse Triggerzonen der plantaren Fußmuskeln.

Neben der Mobilisation des Gelenks waren die frühe Anbahnung einer „normalen" Sensomotorik und der gezielte Abbau der inhibitorischen Afferenzen im operierten Kniegelenk von zentraler Bedeutung. Daher begannen wir mit dem motivierten Patienten schon jetzt mit leichten Übungen der Gelenkachsenkontrolle und des Fußgewölbeaufbaus an der Bankkante, im hohen Sitz, mit Fußsohlenkontakt auf dem Boden. Hierbei ist die frühe Vertikalisierung mit der Approximation der Gelenkpartner wichtig, die sich positiv auf die neuromuskuläre Ansteuerung des Gelenkes auswirken. In dieser Position trainierte der Sportler, seine Gelenkachsen zu kontrollieren. Gleichzeitig arbeitete er mit diversen Trainingshilfen wie z. B. dem Propriomed, FLEXI-BAR oder einem Doppelseilzug, der den Rumpf und die Arme trainiert.

Mithilfe eines computergestützten Kraftmesssystems (kann auch mit Gewichtswaagen imitiert werden) übte unser Handballer die dosierte Standbeinphase mit unterschiedlichen Gewichtsbelastungen von 20–30 kg und lernte über ein Biofeedbacksystem, diese Belastung sensomotorisch zu reproduzieren.

In der medizinischen Trainingstherapie konnte man noch nicht von einem echten Training sprechen, da alle ausgeführten Übungen eher dazu dienten, gezielte Bewegungsreize zu applizieren, ohne das System zu belasten. Die Intensität der eingesetzten Reize war sehr niedrig. Wir bezeichnen diese als „unterschwellig" oder „underloaded" in Bezug auf die muskulären Anpassungsreaktionen. Zum Einsatz kamen nur Übungen in geschlossenen Ketten und ohne Scherbelastung auf das rekonstruierte Kreuzband. Das betroffene Bein bewegte eher assistiv mit dem gesunden Bein. Mahmood A. Q. arbeitete so bereits am 3. Tag postoperativ in einer Leg Press (Beinpresse) beidbeinig mit vorgeneigtem Oberkörper und 30 kg Belastung.

Einfache Schrittübungen mit eher repetitivem Charakter ohne Belastung, nur zum „Einschleifen" runder Bewegungsabläufe vor allem der Spielbeinphase, sowie die gezielte Gangschule mit den Unterarmgehstützen ergänzten die Trainingstherapie.

In der physikalischen Therapie kamen neben der Elektrostimulation (TENS 2- bis 3-mal täglich) und der Cryo-Cuff-Anwendung noch eine reflektorische Wärmetherapie im Bereich der vegetativen Segmente der BWS zum Einsatz. Außerdem wurde am Kniegelenk 4-poliger Interferenzstrom zur weiteren Stoffwechseloptimierung angewendet.

Zusätzlich erhielt der Patient 2-mal am Tag Magerquarkumschläge. Dieses alte Hausmittel hat sich gerade im Profisport sehr gut bewährt und der Effekt war auch bei unserem arabischen Athleten sehr überzeugend. Die Wirkung basiert auf dem osmotischen Druck des Quarks, welcher einen deutlich abschwellenden Effekt im operierten Gebiet erzielt. Natürlich sollten die OP-Narben vorher wasserdicht abgedeckt werden (Schäfer 2007).

In Absprache mit dem Operateur nahm der Patient zusätzlich 3-mal täglich 5 Globuli Arnica C 12 ein, was vor allem der Abschwellung und der Schmerzlinderung dient (Schäfer 2007; Hohenester Helffrich 1995). Um dem erhöhten Vitamin-C-Bedarf zur Resynthese von Kollagen gerecht zu werden, supplementierten wir täglich 1,5 g Vitamin C, verteilt auf 3 Mahlzeiten.

Zwischenbefund

Innerhalb der kommenden Tage verbesserte sich die Situation des Kniegelenkes auf sehr beeindruckende Weise. Alle Entzündungszeichen hatten sich zurückentwickelt. Der Patient war schmerzfrei, das Kniegelenk war nicht mehr geschwollen, die Narben zeigten sich völlig reizlos und gut beweglich. Das ROM betrug am 5. Tag in Flexion/Extension 90°/0°/0° und auch die Rotationen waren nur noch endgradig etwas eingeschränkt.

Unser Athlet war in der Lage, eine gute Mantelspannung der gesamten Oberschenkelmuskulatur aufzubauen und das Gangbild an Unterarmgehstützen zeigte sich rund und sehr harmonisch. Wir waren unserem Zeitplan 2 Tage voraus.

Gerade in dieser ersten Wundheilungsphase kann es durch eine schnelle Harmonisierung der sympathisch dominierten Abläufe gelingen, die Phase der Entzündungszeichen abzukürzen und früher in die Proliferationsphase zu gelangen.

Phase 2: Proliferationsphase, 2.–6.Woche

In dieser 2. Phase stehen die Neubildung des verletzten Bindegewebes, die stabile Verankerung des Transplantates und die neuromuskuläre Anbahnung der natürlichen Lokomotion im Vordergrund.

Alle therapeutischen Maßnahmen zielen auf eine gute Durchblutung des Wundgebietes ab, um die aktiven Zellen optimal mit Sauerstoff und Nährstoffen zu versorgen. Wichtigster Reiz für die Synthese des neuen Gewebes ist funktionelles, schmerzfreies Bewegen und Belasten. Die Gewichtsbelastung wird schmerzabhängig gesteigert.

Entscheidend bei dieser Steigerung ist ein harmonisches Gangbild, eine vollständige Extension und absolute Schmerzfreiheit (Irrgang und Pezullo 1997). Der aktive Straight Leg Raise (ASLR) sollte ohne Extensionsverlust möglich sein.

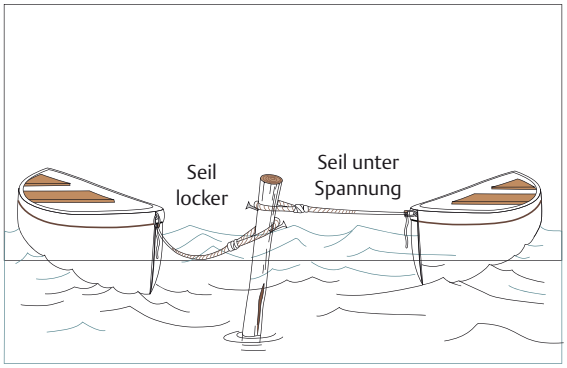


Abb. 18.3 Bildhafte Erklärung des Slack.

Mahmood zeigte bereits gegen Ende der 2. Woche ein perfektes Gangbild, sodass er zu Beginn der 3. Woche bei kurzen Gehstrecken voll belastet gehen konnte.

Lymphdrainage und vegetative Therapie im Bereich der Brustwirbelsäule sind auch in dieser Phase noch wichtige flankierende Therapiemaßnahmen. Im Falle unseres Handballers konnten wir diese Maßnahmen ab der 3. Woche einstellen, da keine Schwellneigung mehr zu verzeichnen war.

Die beschriebene Mobilisation der Operationsnarben und der beteiligten Bindegewebsfaszien trat zunehmend in den Hintergrund. Lediglich die etwas größere Narbe an der Entnahmestelle der Quadrizepssehne zeigte bei Beugung noch Defizite in der Mobilität der Gewebsschichten. Mit gezielten Mobilisationstechniken in aktueller Endstellung der Beugung und dem Einsatz der bekannten Saugglocken ließen sich diese Adhäsionen sehr erfolgreich behandeln.

Die Beweglichkeit des Gelenkes verbesserte sich in dieser Phase sehr zügig, auch ohne dass wir das Gelenk mit therapeutischen Methoden forcieren mussten.

Die zu diesem Zeitpunkt mögliche Hypomobilität ist nicht von strukturellem Charakter, sondern wird meist durch wasserlösliche Crosslinks verursacht, die sich mit weichen oszillierenden Techniken im Matrixbereich im Wechsel mit funktionellen Bewegungen einfach behandeln lassen (**Abb. 18.3**).

Bereits nach 2 Wochen hat sich das Bewegungsausmaß Flexion/Extension auf 110°–0°–0° verbessert. Die Rotationen zeigen sich schon komplett frei.

Ein zentrales Werkzeug meiner Gelenkbehandlung ist eine zeitig eingesetzte manuelle Kompressionsbehandlung der betroffenen Gelenkanteile. Nach der arthroskopischen Ausspülung der synovialen Gelenkflüssigkeit reduziert sich für den Zeitraum der Reproduktion der Gelenkschmiere die chondrale Belastbarkeit und Mobilität erheblich. Aus diesem Grund setze ich dosierte Kom-

pressionstechniken in Verbindung mit schmerzfreien Bewegungsübungen in dieser frühen Phase sehr gezielt ein.

Die Regeneration des Knorpels ist möglich, wenn die Gelenke und so der Knorpel genügend physiologische Be- und Entlastungsreize bekommen. In der Physiotherapie behandelt man die Gelenkflächen mithilfe dosierter Druckbelastung (entweder therapeutisch oder durch dosiertes Training) während aktiver und passiver Bewegungen.

In der manuellen Therapie kann man die Gelenke mit intermittierender Kompression und Gleittechniken im Wechsel mit physiologischen Bewegungen behandeln. Dies geschieht über die gesamte Bewegungsbahn oder in den Winkelstellungen, in denen der Patient partielle Beschwerden hat.

Beispiel: Der Patient gibt retropatellare Beschwerden beim Treppensteigen an. Der Therapeut reproduziert die Winkelstellung, in der die Schmerzen auftreten, auf der Therapiebank. Durch Druck über die Patella in verschiedene Richtungen des retropatellaren Gleitlagers versucht er nun herauszufinden, bei welcher Bewegung der Patient die Beschwerden spürt. Ist diese gefunden, drückt man senkrecht intermittierend auf die Stelle der Läsion. Wichtig ist es, unterhalb der Schmerzgrenze zu bleiben. Nach 20 Wiederholungen bewegt man das Gelenk ohne Widerstand, um eine gute Verteilung der Synovia zu erreichen. Diesen Vorgang wiederholt man 4- bis 5-mal. Danach muss der Patient das Bein zyklisch mit niedrigem Widerstand bewegen, beispielsweise im Wasser oder auf dem Ergometer.

Dies fördert den Gelenkstoffwechsel und bereitet die intraartikulären Strukturen auf eine gute Funktion unter Vollbelastung vor.

Whole Body Vibration (WBV)

Unter diesem Aspekt kommt auch eine Trainings- bzw. Therapieform zum Einsatz, die in den letzten Jahren sehr kontrovers diskutiert wurde. Entwickelt für den bemannten Flug zum Mars, soll dieses Training die Nebenwirkungen der Schwerelosigkeit mindern. In der Therapie oder dem Training mit Patienten eingesetzt, stimuliert die Whole Body Vibration (WBV) eine Vielzahl von Sensoren der verschiedenen Bindegewebe wie Sehne, Kapsel, Muskel, Knorpel, Knochen, Haut und natürlich der Muskulatur. In Zusammenhang mit dem Gelenkstoffwechsel setze ich die Vibration gezielt ein, um über schnelle, verformende Reize auf den Knorpel, die Menisken, den subchondralen Knochen und die Gelenkkapsel einen anregenden Effekt zu erzielen.

Vibrationen lösen reflexartige Muskelkontraktionen aus, bei denen die Muskulatur kurzzeitig hohe Kräfte mobilisiert. Wirken diese Kräfte, verformt sich jedes Mal ganz leicht der Knochen. Diese Verformungen sind es, die dann das Knochenwachstum anregen (Felsenberg 2004).

Der Patient sitzt auf einem Hocker vor der Vibrationsplatte (Galileo 900) und stellt beide Füße auf die Platte. Der Kniewinkel beträgt ca. 90° Flexion. Bei einer Frequenz von 15 Hz lässt er die Vibration über eine Zeitdauer von 30–45 sec auf die beiden Beine einwirken, ohne diese zu belasten. Im weiteren Verlauf der Therapiephase 2 unterstütze ich diese Behandlung mit axialer, intermittierender Druckverstärkung auf das Kniegelenk während der Vibrationssequenz. Sinnvoll ist es auch, die gewählten Kniewinkel bei der Behandlung zu variieren. Zwischen den Vibrationssätzen fährt der Patient für 2 min auf dem Fahrradergometer (zu Beginn verkürztes Pedal) ohne Vorgabe der Reizparameter in einer angenehmen Frequenz. Das Prozedere wiederholt sich 4- bis 6-mal.

In Studien konnte klar die Überlegenheit eines alternierenden Wippsystems (Galileo-Prinzip) gegenüber dem vertikalen Vibrationsprinzip belegt werden (Burkhardt 2006).

Wiederherstellen der natürlichen Lokomotion

Das Grundbedürfnis des verletzten Organismus ist die schnelle Wiederherstellung der natürlichen Lokomotion. Alle Therapie- und Trainingsmaßnahmen sollten auf dieses Bedürfnis abgestimmt sein. Eine frühe Gelenk- und Achsenkontrolle, besonders in funktionellen Ausgangsstellungen, ist ein zentraler Pfeiler der Trainingstherapie. Haben wir in der Entzündungsphase unter Entlastung geübt, stehen jetzt Übungsvarianten im Stand beidbeinig oder zunehmend in Schrittpositionen an.

Ziel ist es, aufsteigende Afferenzen über die Fußsohle und alle beteiligten Gelenke zu fördern und inhibitorische Informationen aus dem traumatisierten Gelenk abzubauen. Das verbessert die efferente Erregungsleitung.

Training der Feedbackmechanismen: Es ermöglicht dem Körper eine adäquate Reaktion auf destabilisierende Reize. Der Körper hat ausreichend Zeit, um die Anpassung der Gelenk- oder Körperstabilität wieder zu finden z. B. bei einer Gleichgewichtsreaktion (Diemer u. Sutor 2007).

Zu Beginn steht die statische Kontrolle dieser Ausgangsstellung im Vordergrund. Im Verlauf der Trainingsphase kommen zunehmend dynamische Varianten zum Einsatz, die aus einer Schrittbewegung oder seitlichen Bewegung die Kontrolle der Gelenkachsen erschweren sollen. Weitere Hilfsmittel wie labile Unterstützungsflächen (z. B. Airex Pad, Balance Boards usw.) oder auch Trainingsgeräte (z. B. FLEXI-BAR, XCO, Bälle o. Ä.) erhöhen die Anforderungen an unseren Athleten. Sehr gut für diese propriozeptive Stimulation hat sich auch der Einsatz des Propriomed bewährt.

Eine aus meiner Sicht sehr wichtige Funktion trainiere ich gezielt auf dem Trampolin. Es handelt sich dabei um die schnelle Gelenkachsenkontrolle beim „Bouncing", also dem Wippen im Tuch des Minitrampolins. Dabei steht

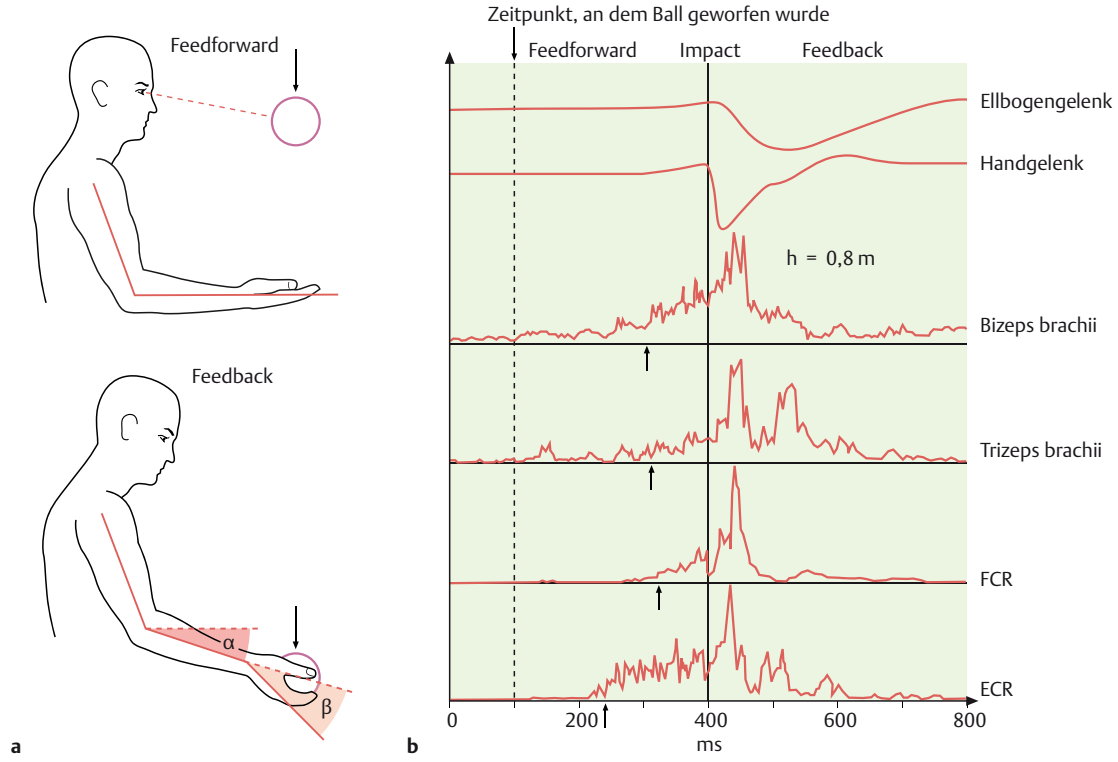


Abb. 18.4 Feedforward.

der Patient erst klassisch schulterbreit, mit einem Knie-Hüft-Winkel von jeweils 30°. Durch die schnellen, aber sehr weichen Belastungswechsel lernt er sehr gut, die Gelenke zu stabilisieren bzw. bei kurzen Kontaktzeiten zu sichern.

Training der Feedforward-Mechanismen: Bei Sprüngen z. B. muss der Patient die entsprechende Muskulatur bewusst oder unbewusst voraktivieren, damit er die Bewegung exzentrisch abbremsen kann (**Abb. 18.4 a–b**).

Variieren kann man diese einfache, aber effektive Übung durch die Höhe der Wippaktivität, durch seitliche Belastungswechsel, durch die Variation der Standbreite bzw. der Schrittstellung und natürlich durch zusätzliche Aufträge (z. B. Fangen und Werfen von Bällen).

Als extrem effektiv für die Wahrnehmung der Körperstellung hat sich das Training mit dem Pedalo bewährt. Sehr schnell vermittelt es dem Patienten ein Gefühl über die Stellung der Gelenke, aber ganz besonders über die Position des Körperschwerpunktes. Mahmood reagierte auf diese sensomotorischen Trainingseinheiten außergewöhnlich gut. Nach diesen Einheiten waren richtige Entwicklungssprünge seiner neuromuskulären Fähigkeiten zu verzeichnen. Man konnte die motorische Rekonditionierung bei ihm richtig „greifen“.

Diese variierenden Übungsformen werden in das bewegende Übungsprogramm aus der Trainingstherapie eingebaut. Der gleichmäßige Wechsel von sensomotorischen und klassischen dynamischen Übungen lockert den Trainingsprozess auf, fördert den lokalen Stoffwechsel, erhöht die Synthesaktivität der Bindegewebszellen und liefert die funktionellen Stimuli für eine optimale Faserausrichtung der neuen Gewebe.

Funktion formt Struktur: Diese Regel nach Roux definiert, dass jedes Gewebe einen spezifischen Stimulus benötigt, der dessen Funktion fordert bzw. fördert. Um in der Therapie der unterschiedlichen Gewebe eine entsprechende Anpassung zu erzielen, ist ein für das Gewebe funktioneller Reiz notwendig. So benötigen Muskeln z. B. einen Wechsel von Kontraktion und Entspannung, Knorpel den Wechsel von Kompression und Entlastung (Haas 2007).

Phasenmodell für das Krafttraining

An ein Krafttraining nach klassischen Maßstäben war bei unserem Athleten in dieser frühen Phase nicht zu denken. Dazu waren die Verankerungen des gewählten Transplantates noch nicht stabil genug eingeheilt. Erst mit Abschluss der Knochenheilung nach 4–6 Wochen kann von einer stabilen Fixation des neuen Bandes ausgegangen werden. In dieser Zeit „bremst“ das Gelenk die zugehö-

Tab. 18.5 Phasenmodell der muskulären Rehabilitation (nach Schmidtbleicher 1994)

Phase	Zielsetzung/Aktivität
Immobilisation	Atrophievermeidung durch ▪ willkürliche isometrische Muskelaktionen ▪ Elektrostimulation
Vorbereitungsphase I	Wiederaufbau des afferenten Sets ▪ Koordination ▪ Propriozeption
Vorbereitungsphase II	Verbesserung der Muskelausdauer ▪ Belastungsgewöhnung ▪ Förderung der Beweglichkeit
Krafttraining I	Aufbau von Muskelmasse
Krafttraining II	Verbesserung der intramuskulären Koordination
Krafttraining III	Verbesserung der reaktiven Fähigkeiten ▪ Arbeit im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (DVZ) ohne Ermüdung
Krafttraining IV	Verbesserung der Kraftausdauer bei reaktiven Bewegungsabläufen ▪ Arbeit im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (DVZ) unter Ermüdung
Alltagsmotorik	vollständige Wiederherstellung der Alltagsmotorik ▪ uneingeschränkte (freie) Bewegung auch in kritischen Situationen
Training und Wettkampf	Erhöhung der Beanspruchungstoleranz und Leistungsfähigkeit durch systematisches Training

rige Muskulatur angemessen aus. Ein Muskelzuwachs ist nicht zu erwarten. Vielmehr geht es um eine gezielte Anbahnung physiologischer Bewegungsmuster, dosierte funktionelle Bewegungsreize sowie den Abbau der inhibitorischen Reflexaktivität (**Tab. 18.5**).

In der Vorbereitungsphase 2 kommen meist beidbeinige, symmetrische Übungen zum Einsatz, wenn möglich in geschlossenen Ketten. Ein Training im offenen System sollte in einem Bewegungsradius von 30–90° Flexion durchgeführt werden, um Scherbelastungen für das ersetzte Kreuzband zu vermeiden.

Besonders geeignet für dieses erste bewegungsorientierte Training sind Squats, Leg Press mit vorgebeugter Rückenlehne, Beinstrecker beidseits mit proximalem Hebel an der Tibia, Beinbeuger für die Hamstrings und eine Übung, die ich „Streckerkette" nenne. Dabei simuliert der Patient die Bewegung des Standbeines bis zur Abdruckphase an einem Seilzug in einer Schlaufe, also in geschlossener Kette.

Von einer unterschwelligen Reizintensität steigern wir mit zunehmend positiver Entwicklung des Gelenkes, bei Schmerz- bzw. Reizfreiheit, die Intensität progressiv auf ein niedriges Kraftausdauerniveau im Verlauf dieser Wundheilungsphase (**Tab. 18.6**).

Tab. 18.6 Kraftausdauermethode

Intensität (Last in % des1er-Wiederholungsmaximums)	50–60 %
Wiederholungen pro Serie	20–40
Serien pro Trainingseinheit (pro Muskelgruppe)	6–8
Serienpause	0,5–1 min
Kontraktionsgeschwindigkeit	langsam bis zügig

An dieser Stelle bietet sich das schon beschriebene Prinzip des Vibrationstrainings auf einer alternierenden Wippplatte an. Neben den positiven Effekten auf die neuronale Aufmerksamkeit sind vor allem auch die anabole Wirkung bezüglich des Muskel- respektive des Gewebsstoffwechsels von großer Bedeutung (Burkhardt 2006). Wir begannen mit einer statischen Position in ca. 30–40° Knieflexion in einer flachen Squatstellung mit Frequenzen von 15–20 Hz über einen Zeitraum von 30–45 sec, in 3–6 Serien. Im weiteren Verlauf steigerten wir die Frequenzen auf 20–30 Hz und die Übungsdauer auf bis zu 60 sec. Bezüglich der Ausführung bietet sich progressiv eine dynamische Gestaltung an. Der Patient führte während der Vibration eine Kniebeugebewegung zwischen 30° Flexion bis zu 90° in ruhigem Bewegungstempo durch.

Ab der 3. Woche begann unser Leistungssportler mit dem Training seiner globalen Kraftfähigkeiten der nichtbetroffenen Körperregionen. Er stieg in ein klassisches Kraftausdauertraining ein, um das betroffene Gelenk bei den Übungen nicht zu sehr zu strapazieren.

Bereits ab 90° Beugung trainierte unser Patient auf dem Fahrradergometer mit verkürzten Pedalen, allerdings ohne Widerstand und ohne Vorgabe von Reizparametern. Es ging lediglich um das harmonische schmerzfreie Bewegen. Ab einer Beugefähigkeit von 110° war unser Patient in der Lage, mit einer normalen Pedallänge auf dem Ergometer zu trainieren. Der Einsatz von Klickbindungen oder Körbchenpedalen erhöht die Möglichkeit, aktiv bei der Beugung mit entsprechender Akzentuierung der Hamstrings mitzuarbeiten. Aufgrund der guten Situation des reizfreien Kniegelenkes, begannen wir bereits in der 4. Woche mit einem dosierten Ausdauertraining auf dem Fahrradergometer. Im täglichen Wechsel mit dem Laufen im Wasser (Aquajogging) trainierte der Sportler unter Pulskontrolle primär mit der Dauermethode bei niedriger Intensität. Also in einer zeitlichen Belastung von 20–45 min und Pulsfrequenzen zwischen 110–140 Herzschlägen/min.

Aufgrund einer optimalen Stimulation des Kniegelenkes im geschlossenen System (bei 0–60° Flexion) begannen wir, im Wechsel mit dem Ergometertraining auch ein Training auf dem Stepper (Treppensteiggerät), wobei zu Beginn ein synchronisiertes System eingesetzt wird (beide Pedale sind abhängig voneinander gesteuert). Mit zunehmend verbesserter Koordination empfiehlt sich ein

Wechsel zum unabhängigen Pedalsystem, da dieses höhere Anforderungen an den Athleten stellt.

Nach dem Entfernen der Operationsfäden trainierte unser Patient auch im Wasser. Ausgestattet mit einem entsprechenden Aquagürtel begann er, frei schwebend in tiefem Wasser, mit klassischen „Gehübungen", die dann zunehmend zu einem echten Aquajogging ausgebaut wurden. Ähnlich dem klassischen Lauf-Abc aus der Leichtathletik erarbeiteten wir im Wasser die fließenden Bewegungen des Laufens ohne Sohlenkontakt. Das wiederholte Bewegen in physiologischen Bewegungsmustern unter Entlastung war die primäre Zielsetzung. Im weiteren Verlauf nutzten wir dieses ideale Werkzeug zum gezielten zyklischen Ausdauertraining, um die Leistungsfähigkeit zu verbessern.

Als Transferübung begann Mahmood direkt nach den Laufübungen im tiefen Wasser mit einfachem Gehen in brusttiefem Wasser. Mit klassischen Übungen aus der Laufschule förderten wir die harmonischen Bewegungsabläufe. Der Sportler bewegte sich mit der Entlastung durch den Wasserauftrieb, aber gegen den taktilen Wasserwiderstand. Das Resultat war sehr überzeugend, denn das Gangbild verbessert sich rasant.

Auch in der Gangschule an Land spiegelte sich diese Verbesserung wieder, sodass unser Athlet mit Abschluss der 3. Woche auch bei längeren Gehstrecken komplett auf Unterarmgehstützen verzichten konnte. In unserem Spiegelsaal (Gymnastikraum) kontrollierte der Patient sein Gangbild selbst und korrigierte sehr erfolgreich die noch leicht vorhandenen Ausweichmechanismen. Auf dem Laufband arbeiteten wir in angepasstem Gehtempo unter Eigenkontrolle vor dem Spiegel gezielt an dem Bewegungsmuster.

Physikalische Therapie in der Proliferationsphase

Komplettiert wurde unsere Komplextherapie durch die Maßnahmen der physikalischen Behandlungstechniken. Hier kam alles zum Einsatz, was in den Therapie- bzw. Trainingspausen ein optimales Umfeld für die Anpassungsmechanismen aus Wundheilung und Trainingsphysiologie ermöglichte.

Aus der Elektrotherapie setzten wir eine stoffwechselfördernde Stromform lokal am Kniegelenk ein. Bewährt hat sich aus unserer Erfahrung ein 4-poliger Interferenzstrom. Gleichzeitig applizierte ich während der Strombehandlung im vegetativen Referenzgebiet eine einfache Wärmebehandlung, um die vegetative Dämpfung von zentral zu fördern.

Zur Muskelstimulation nutzte der Athlet sein TENS-Reizstromgerät 2-mal täglich. Er stimulierte allerdings jetzt in einer funktionellen Schrittstellung und gegen Ende der Phase auch auf einem Propriozeptionsbrettchen als Schrittübung.

Aus dem Bereich der Thermotherapie verwendete unser Athlet zu Beginn dieser 2. Wundheilungsphase noch sein Cryo-Cuff-System 2-mal täglich. Sehr konsequent achteten wir bei der Applikation auf eine eher „sanfte" Kälte (15 °C).

Die Quarkwickel nahmen an Bedeutung zunehmend ab, da das operierte Kniegelenk keine weitere Schwellneigung mehr zeigte.

Somit verloren auch die homöopathischen Medikamente mehr an Stellenwert. Ab der 4. postoperativen Woche nahm unser Athlet keine zusätzlichen Medikamente mehr ein.

Lediglich das Supplementieren von Vitamin C in der beschriebenen Dosis hielten wir weiter bei.

Zwischenbefund

Im Verlauf dieser wichtigen Wundheilungsphase entwickelte sich das Kniegelenk sehr positiv. Es zeigte sich völlig reizfrei und die klassische Schwellneigung war bereits nach 3–4 Wochen abgeschlossen. Die Narben waren gut beweglich, lediglich die größere Entnahmestelle am Oberschenkel benötigte in der aktuellen Endposition in Flexion noch weiche Mobilisationstechniken.

Die Beweglichkeit präsentierte sich sehr gut und zum Ende dieser Phase konnte der Athlet eine volle Rotation ausführen und sein Gelenk in Flexion/Extension (125 °/0 °/0 °) bewegen.

Die Koordinationsfähigkeit und die Achsenkontrolle hatten sich sehr gut weiterentwickelt. Mahmood war in der Lage, unter erschwerten Bedingungen und auf labilen Unterstützungsflächen sein Gelenk sehr gut zu kontrollieren. Er war auch fähig, diese sensomotorische Kontrolle aus einer dynamischen Auftaktbewegung (z. B. Schrittbewegung, seitlicher Ausfallschritt) zu realisieren. Beim „Bouncing" auf dem Trampolin stieg seine Motivation auf ein hohes Maß und er blühte regelrecht auf. Alle Variationen wurden sicher und sehr kontrolliert durchgeführt. Als auch noch der Handball zum Einsatz kam, war er kaum noch zu bremsen.

In der Trainingstherapie konnten alle vorgegebenen Übungen problemlos durchgeführt und die Intensität progredient bis zum niedrigen Kraftausdauerniveau gesteigert werden.

Zusätzlich hatte unser Leistungssportler mit dem Krafttraining zum Erhalt seiner globalen körperlichen Leistungsfähigkeit begonnen.

Auf dem Fahrradergometer, dem Stepper (Treppensteiggerät) und im Wasser hatte unser Sportler nach anfänglichem Bewegungstraining bereits mit einem gezielten Ausdauertraining begonnen.

Das Gangbild zeigte sich harmonisch und ohne Ausweichbewegungen. Im Alltag fühlte er sich kaum noch eingeschränkt.

Therapie in der Konsolidierungsphase

In dieser 3. Phase der Wundheilung wandelte sich das neu gebildete Gewebe. Es kam zu einem kollagenen Umbau sowie einer Stabilisierung der einzelnen Fasern und des gesamten Fasernetzes. Das kollagene Netzwerk wurde stabiler und deutlich belastbarer (van den Berg 2010; van den Berg 2008).

Wichtigster Stimuli für diesen Umbauprozess ist die funktionelle, dreidimensionale Bewegung in der aktuellen ROM mit zunehmender Belastung. Die Regel nach Roux – Funktion formt die Struktur – gibt hier eine klare Anleitung für den weiteren Verlauf der Rehabilitation.

Alle tendenziell eher passiven Therapiemaßnahmen (z. B. Lymphdrainage, vegetative Therapie in der BWS, Faszientechniken) und die physikalische Therapie (Wärme-, Elektro- und Thermotherapie) treten in den Hintergrund oder besitzen eher additiven Charakter. In den Vordergrund treten alle aktiven, funktionell bewegenden Therapie- und Trainingsformen. Sie liefern die wichtigen mechanischen Belastungsreize für den kollagenen Umbau der heilenden Strukturen.

Eine besondere Entwicklung erfährt das Sehnentransplantat. Es verwandelt sich in einem langen Prozess über Wochen und Monate von einer Sehne in ein Ligament. Diese Ligamentisierung zeigt zwischen der 9. und 12. Woche eine besondere Vulnerabilität. Das Transplantat verliert in diesem Umbauprozess temporär an Stabilität. Entsprechend sollten in diesem Zeitraum die Trainingsintensität und die Bewegungsgeschwindigkeit angepasst werden.

Unser Patient zeigte weiterhin einen perfekten Therapieverlauf. Das Kniegelenk war völlig reizfrei, die Narben komplett beweglich. Die Muskulatur war erstaunlich gut ausgebildet und es war nur eine geringfügige Umfangsdifferenz im Seitenvergleich festzustellen. Im Alltag war dem athletischen Sportler kaum eine Verletzung anzumerken.

Mahmood entwickelte sehr schnell ein nahezu freies Bewegungsausmaß in alle Bewegungsrichtungen.

Häufig treten zu diesem Zeitpunkt noch Bewegungsdefizite auf, die allerdings zum Vergleich mit der vorhergehenden Heilungsphase durch einen strukturellen Umbau mit pathologischen Crosslinks entstehen. Zur Mobilisation dieser strukturellen Hypomobilität reichen die sanften Techniken im Matrixbereich nicht mehr aus. Das veränderte Netzwerk benötigt wiederholende, endgradige Mobilisationstechniken mit kollagener Belastung (MT-Stufe 2–3, Kaltenborn-Evjenth-Konzept, s. **Abb. 18.2**).

Gefürchtet sind diese Einschränkungen ganz besonders in Richtung der vollen Streckfähigkeit des Kniegelenkes. Nicht selten klagen Patienten nach VBK-Rekonstruktion über eine endgradige Streckhemmung, die meist unter voller Gewichtsbelastung besonders beim Gehen auffällig wird.

Liegen nach 6–8 Wochen trotz intensiver Therapie massive Streckdefizite vor, ist mit dem Operateur abzuklären, ob die Insertion der VKB-Plastik zu weit ventral platziert ist, eine Arthrofibrose oder ein Zyklopsphänomen, also eine bindegewebige Wucherung im Gelenk, vorliegt.

Diese Funktionsstörungen hängen oft mit einem reduzierten Gleitverhalten der Menisken in den meniskotibialen und meniskofemoralen Gelenken unter axialer Belastung zusammen. Aus diesem Grund sollten die eingesetzten Mobilisationstechniken diese Funktion beachten und in entsprechend funktionellen Stellungen mit dosierter Kompression ausgeführt werden (**Abb. 18.5**).

Die rein translatorische Mobilisation oder Traktion erfasst nur die kapsulären Anteile und reicht oft nicht aus, um das Gelenk entsprechend seiner Funktion zu therapieren. Das Kniegelenk muss während der Mobilisation mit allen Komponenten der natürlichen Bewegung konfrontiert werden. Also auch mit angulärem Rollgleiten unter Kompression in funktioneller Ausgangsstellung (Steverding 2004).

In unserem Fall waren keine dieser Techniken vonnöten, wodurch sich die Behandlungszeit auf der Therapiebank erheblich verringerte. Nach einer kurzen Kontrolle der Gelenkfunktionen, einem gelenkspezifischen Aufwärmen mit durchblutungsfördernden Griffen, einer dosierten Kompressionsbehandlung in den verschiedenen Gelenkanteilen im Wechsel mit komplexen Beinpattern aus dem PNF ging es direkt in Richtung sensomotorisches Training, einem Behandlungsschwerpunkt in dieser Phase.

Sensomotorisches Training

In methodischen Übungsreihen trainierte unser Athlet zunehmend aus dynamischen Auftaktaktivitäten wie Schritten oder Sprüngen, sein Gelenk optimal zu stabilisieren. Auf dem Trampolin oder verschiedenen labilen Trainingsgeräten stellten wir steigende Anforderungen, in die auch der Handball einbezogen wurde. Mahmood zeigte eine rasante Entwicklung der Kontrollfähigkeit und war bereits in der 7. Woche in der Lage, schnelle Bewegungswechsel, seitliche und diagonale Sprungformen und komplexe Übungsaufträge mit Ball korrekt zu stabilisieren. Mit sehr exotischen Übungen führten wir den Athleten kontrolliert und konsequent durch das sensomotorische Training. Ob auf dem Rollbrett oder dem Pezziball, unser arabischer Patient überzeugte mit einer nahezu perfekten Gelenkkontrolle (**Abb. 18.6**).

Lauftraining

In der gleichen Behandlungswoche begannen wir mit einem Training der Laufkoordination, primär auf dem Minitrampolin, im Verlauf dann auch auf der Mattenbahn. Auf dem Laufband absolvierte der Athlet in der 7. Woche ein Training mit forciertem Walkingtempo.



Abb. 18.5 Mobilisationsbehandlung des Kniegelenks unter funktioneller Kompression im Stand.



Abb. 18.6 Squat auf dem Pezziball stehend.

Bereits in der 8. Woche starteten wir mit einem dosierten Lauftraining, allerdings ohne Vorgaben der Reizparameter, in einem Wechsel von kurzen Laufintervallen à 2 min und entsprechenden Gehpausen von 3–5 min Dauer. Insgesamt absolvierte der Sportler 5 Serien dieser ersten Laufversuche komplett schmerzfrei mit einer harmonischen Bewegungsausführung.

Zu diesem frühen Zeitpunkt nutzten wir diese ersten Laufsequenzen noch nicht zum gezielten Aufbau einer spezifischen Ausdauer. Vielmehr diente dieses Training weiter der Anbahnung der natürlichen Laufbewegung. Ab der 10. Woche hatte sich das Laufmuster stabil weiterentwickelt und so setzen wir das Laufen, zunächst noch auf dem Laufband, zum gezielten Aufbau der spezifischen Ausdauerfähigkeiten ein, natürlich unter Pulskontrolle und mithilfe der bekannten Parameter aus der Trainingslehre. Klassisch trainierte unser Spitzensportler die Ausdauer weiterhin im täglichen Wechsel mit dem Fahrradergometer und im Wasser beim Aquajogging. Gegen Ende dieser Therapiephase ersetzte das Lauftraining komplett die Ausdauereinheiten im Wasser.

Ausgestattet mit einer Pulsfrequenzuhr trainierten wir die Grundlagenausdauer 1 mit Belastungszeiten von 30–60 min und Herzfrequenzvorgaben im Bereich der aeroben Schwelle des Athleten, also zwischen 120–150 Herzschlägen/min. Gegen Ende dieser Phase kamen auch extensive Intervalle zum Einsatz, die eine schöne Variation des aeroben Ausdauertrainings darstellten und gleichzeitig den

Athleten auf die typischen, wechselnden Belastungen seiner Sportart vorbereiteten (van den Berg 2007).

Krafttrainingsphase 1

Einen ganz hohen Stellenwert hatte in dieser nächsten Phase das Training der Kraftfähigkeiten. Die Verankerung des implantierten Sehnenmaterials ist in der Regel stabil eingewachsen. Alle durch die Operation beeinträchtigten oder verletzten Gewebe haben ihre Neubildung abgeschlossen, ihre Stabilität nimmt progredient zu und die inhibitorischen Informationen aus dem Gelenk nehmen entsprechend ab. Unser Patient fühlte sich wohl und leistungsfähig.

Der Zeitpunkt für einen gezielten Muskelaufbau war gekommen. Erst jetzt sprechen wir von der Krafttrainingsphase 1, in der sich systematisch die Trainingsmethodik, die Reizparameter und letztlich auch die Anforderungen an den Sportler verändern. Das bewegungsorientierte Training mit niedrigen Intensitäten weicht dem Training zum Aufbau der Muskelmasse. Die Beseitigung der Atrophie steht im Vordergrund (van den Berg 2007, **Tab. 18.7**).

Die bekannten Übungen aus der vorhergehenden Trainingsphase wurden zunächst beidbeinig ausgeführt, um dann zunehmend einbeinig variiert zu werden.

Tab. 18.7 Methoden der maximalen Kontraktionen bis zur Erschöpfung

Reizintensität (Last in % des 1er-Wiederholungsmaximums)	60–85 %
Wiederholungen pro Serie	6–20
Serien pro Trainingseinheit (pro Muskelgruppe)	5–6
Serienpause	2–3 min
Kontraktionsgeschwindigkeit	langsam bis zügig

Die angesprochenen Bewegungslimitationen in Bezug auf das Training im offenen System wurden noch bis zum Ende der vulnerablen Phase der Ligamentisierung beibehalten. Im geschlossenen System ließ ich den Athleten die komplette Bewegungsbahn ausschöpfen.

Der Stellenwert freier Hantelübungen nahm aufgrund des höheren koordinativen Anspruchs deutlich zu. In verschiedenen Variationen von Squats, Dead Lifts, Good Mornings und Lunges standen uns eine Vielzahl von effektiven Übungsaufträgen zur Auswahl.

Die gesamte Bewegungskette von Fußsohle bis zum Rumpf wurde aktiviert. Systematisch bereiteten wir den Athleten auf die Anforderungen seiner spezifischen Disziplin Handball vor (**Abb. 18.7**).

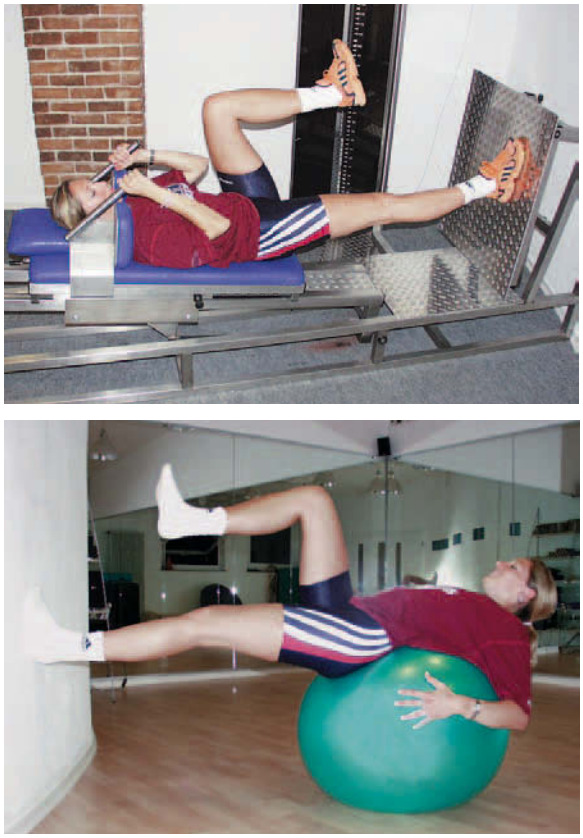


Abb. 18.7 Funktionelles Training der unteren Extremität in geschlossener Kette.

Wie schon in den Phasen davor trainierten wir auch in dieser wichtigen Aufbauphase auf der Galileo-Vibrationsplatte. Nun mit einer Frequenz von 20–30 Hz und mit freiem Zusatzgewicht. Es kamen Übungen wie Squats und Lunges mit einer Langhantel zum Einsatz.

Schon in der 1. Woche des gesteigerten Trainings informierte uns Mahmood über einen richtigen Muskelkatereffekt vor allem in den Muskelgruppen der unteren Extremität. Dieses Signal war sehr positiv zu bewerten, denn der Körper ist in der Lage, die muskulären Stimuli adäquat zu verarbeiten, die Gelenkstrukturen sind belastbar und senden keine inhibitorische Informationen mehr an die beteiligte Muskulatur. Die nächste Belastungsebene war erreicht.

Kraft und Schnelligkeit

Im Wechsel mit dem Krafttraining der unteren Extremität trainierte der Handballer nun jeden 2. Tag die Muskulatur des Oberkörpers und des Rumpfes. Dieses Vorgehen empfiehlt sich aufgrund der notwendigen Erholungszeiten für die beanspruchten Muskelgruppen nach einem Training (van den Berg 2007, **Tab. 18.8**). Mahmood wechselte zum Muskelmassenaufbau in die Methoden der maximalen Kontraktionen.

Neben den klassischen Übungen an geführten Trainingsgeräten kamen zunehmend Übungsformen mit freien Gewichten zum Einsatz. Beim Training der Rumpfmuskulatur setzten wir sehr viele verschiedene Übungsvarianten und Trainingsgeräte ein, die vor allem auch die koordinativen bzw. sensomotorischen Fähigkeiten fördern sollten (z. B. Sling Trainer, FLEXI-BAR, XCO)

Bereits in der 7./8. Woche begannen wir mit dem gezielten Training der elementaren Schnelligkeitsfähigkeiten. Vor allem die Frequenzfähigkeit bietet sich sehr gut an, erste Akzente in diese Richtung des Trainings zu setzen. Im Sitzen auf einem Hocker, mit 90 ° Flexion im Kniegelenk versuchte der Athlet, im Wechsel schnelle Sohlenkontakte zu generieren. Zielsetzung war eine Frequenz von < 12 Hz, was sicherlich nicht gleich gelingen konnte, da diese schnellen Bewegungswechsel zunächst sehr unrhythmisch ausgeführt werden. Mithilfe einer Kontaktmatte lassen sich die erzielten Kontakte für den Patienten visualisieren. Wie beim Biofeedback wirken diese Informationen sehr motivierend.

Im weiteren Trainingsaufbau forderten wir unseren Athleten auf, diese hohe Bewegungsfrequenz im Stand zu reproduzieren. Später können diverse Lauftechniken unter dem gleichen Aspekt trainiert werden.

Fördernd sind auch Frequenzübungen mit den Händen und den Armen. Primär über die Arme initiiert, gelingt den Patienten der Transfer dieser schnellen Bewegungsfrequenzen auf die Beine deutlich leichter.

Die zweite elementare Schnelligkeitsfähigkeit ist das Entwickeln kurzer Kontaktzeiten bei Sprüngen oder beim Laufen. In diesem Zusammenhang stellen die Bouncing-Übungen auf dem Trampolin eine erste Variante dieses Trainings der Kontaktzeiten dar. Zwar verzögert das weiche Tuch des Trainingsgerätes die Bodenreaktionskräfte, aber die gesamte Muskelkette muss in kurzer Zeit alle beteiligten Gelenke stabilisieren. Dies entspricht zwar noch nicht dem klassischen Training der Kontaktzeiten, kann aber als eine vorbereitende Maßnahme gesehen werden.

Tab. 18.8 Erholungsdauer, Trainingseinheiten/Woche und Sättigungstrend

	Erholungsdauer	Trainingseinheiten/Woche	Sättigungstrend nach
Kraftausdauermethoden	24–48 h	3–4	6–8 Wochen
Methoden der submaximalen Kontraktion bis zur Erschöpfung	48 h	3	10–12
Methoden der maximalen explosiven Kontraktionen	72 h	2–3	6–8
Reaktivkraftmethoden	72 h	2–3	

Mit einfachen Übungsformen aus dem Sprung-Abc bereitete ich unseren Sportler gezielt auf diese schnellen Kontraktionsformen vor. Mahmood begann mit Aufsprüngen auf einen Step/Kasten (20–30 cm Höhe) aus einer statischen Squatposition 45–90 °. Hierbei ging es um das Realisieren schneller Muskelkontraktionen bzw. darum, einen echten Kraftstoß zu entwickeln. In der weiteren Entwicklung übten wir mit dem Patienten, diesen Kraftstoß nach einem kleinen, beidbeinigen Auftaktsprung nach hinten als kraftvollen Streckssprung zu vollenden. Dabei lag die Aufmerksamkeit auf der kurzen Kontaktzeit nach dem initialen Rückwärtssprung. Sehr motivierend wirkte dabei der Einsatz eines Handballes, der beim Streckssprung zu fangen war.

Die Zielsetzung war, den Patienten auf ein plyometrisches Training, auch Niedersprungtraining genannt, in der nächsten Trainingsphase vorzubereiten.

Die begleitenden physikalischen Therapieformen reduzierten sich auf wohltuende und regenerierende Maßnahmen zur Verbesserung des Stoffwechsels. Der Patient entschied selbst, welche Anwendungen er appliziert bekommen wollte. Cryo Cuff und TENS waren nicht mehr notwendig und wurden vom Patienten auch nicht mehr benutzt.

Alle 2 Tage bekam der Nationalspieler nach dem Training eine regenerierende Ganzkörpermassage, die er als sehr angenehm empfand.

Zusammenfassung

Die sensomotorischen Fähigkeiten entwickelten sich in rasantem Tempo. Der Athlet koordinierte seine Gelenkachsen ohne Probleme sowohl aus einfachen statischen Positionen als auch in sehr komplexen, dynamischen Bewegungsaufträgen. Bereits in der 7. Therapiewoche absolvierte er koordinative Laufübungen auf dem Trampolin. In der 8. Woche begannen wir mit einem moderaten Lauftraining auf dem Laufband zum Einschleifen der Laufbewegungen. Das klassische Ausdauertraining trainierte der Sportler auf dem Fahrradergometer und im Wasser. Gegen Ende dieser Phase löste das gezielte Lauftraining an Land die Arbeit im Wasser ab. Im muskulären Aufbautraining steht der Aufbau der Muskelmasse im Vordergrund. Sowohl im Training an geführten Trainingsgeräten als auch bei der wichtigen Arbeit mit freien Hantelgewichten trainierte der Patient mit submaximalen Kontraktionen bis zur Erschöpfung. Als erste Anpassungsreaktion zeigte er bereits in der 8. Woche seinen ersten Muskelkatereffekt. In dieser Woche begannen wir auch schon mit dem Training der elementaren Schnelligkeitsfähigkeiten. Systematisch bereiteten wir den Athleten auf ein Niedersprungtraining in der nächsten Trainingsphase vor. Am Ende dieser Konsolidierungsphase standen ein volles Bewegungsausmaß, eine nahezu im Umfang ausgeglichene Muskulatur, ein sehr gut koordiniertes Gelenk und ein fast schon übermotivierter Patient mit gut ausgeprägten konditionellen Eigenschaften in unserer Zwischenbilanz.

Therapie in der Umbauphase

In dieser 4. und letzten Phase ging es darum, das Kniegelenk auf alle Belastungen des Patientenalltags vorzubereiten. Im Falle unseres arabischen Nationalspielers auf den Trainings- und Wettkampfalltag eines Profihandballers.

Vergleicht man den Zustand des Kniegelenkes nach Abschluss der ersten 3 Wundheilungsstadien mit einem Rohbau, so folgt jetzt die Fertigstellung des Bauwerkes nach der Wunschvorstellung des Bauherrn.

Der Patient – als Bauherr – bestimmt, welche Zielbelastung sein Knie erreichen soll. Der Therapeut – als Architekt – unterstützt diese Zielvorgabe durch adäquates Training und sorgt für die gewünschten Anpassungsreaktionen im bindegewebigen Netzwerk sowie im gesamten Organismus. Nur so können sich die Konstruktion aus Zellen, Grundsubstanz und kollagenen Fasern adäquat formieren, aber auch alle konditionellen Eigenschaften unseres Athleten entsprechend entwickeln.

13.–16. Woche

Die Behandlung auf der Therapiebank hatte in dieser letzten Phase nur noch begleitenden Charakter. Der Patient übte und trainierte nur noch in funktionellen Ausgangsstellungen. Da die Mobilität des operierten Gelenkes zu diesem Zeitpunkt in alle Bewegungsrichtungen passiv wie aktiv einen vollen ROM zeigt, konnten wir unsere volle Aufmerksamkeit dem sensomotorischen Training widmen.

Mit progressiv gesteigerten Übungsreihen in Schwierigkeit und Komplexität forderten wir den Sportler heraus, das betroffene Kniegelenk auch unter extremeren Bedingungen zu kontrollieren. Motivierend und sehr effektiv war der Einsatz des spezifischen Sportgerätes in spezifischen Bewegungsabläufen für den Handballer. Gezielt wurden komplexe Handlungsabläufe eingeschliffen. In standardisierten Komplexübungen lernte der Athlet, Richtungswechsel, Tempowechsel und Gegnerkontakt zu tolerieren respektive zu stabilisieren. Systematisch bereiteten wir das Kniegelenk sensomotorisch auf das spezifische Training mit der Mannschaft vor.

Training	Dosierung
Reizintensität (Last in % des 1er-Wiederholungsmaximums)	90–100 %
Wiederholung pro Serie	1–3
Serien pro Trainingseinheit (pro Muskelgruppe)	3–6
Serienpause	≥ 6 min
Kontraktionsgeschwindigkeit	explosiv

Aufgrund der guten Vorerfahrung meines Patienten und seiner überragenden koordinativen Fähigkeiten entschloss ich mich, bereits im Verlauf der 13. und 14. Woche das Krafttraining mit wohldosierten Inhalten aus dem reaktiven Training bzw. dem Sprung-Abc zu koppeln. Ich versprach mir von der Verbindung der explosiven, maximalen Kontraktionen mit der reaktiven Muskelarbeit einen besseren Transfer für die Entwicklung der Schnelligkeit.

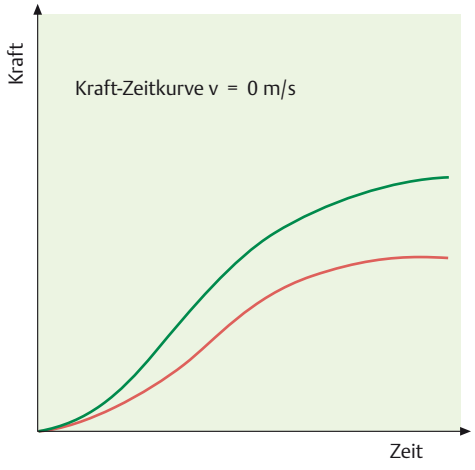


Abb. 18.8 Kraft-Zeit-Kurve bei isometrischer Miximalkontraktion.

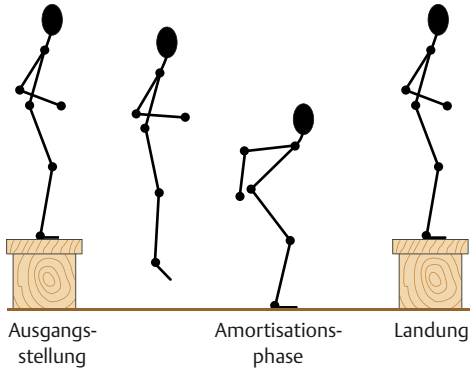


Abb. 18.9 Tiefsprünge als Beispiel für eine Trainingsübung zur Verbesserung der reaktiven Kraftfähigkeiten im kurzen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus. Je nach Trainingszustand wird die Fallhöhe variiert.

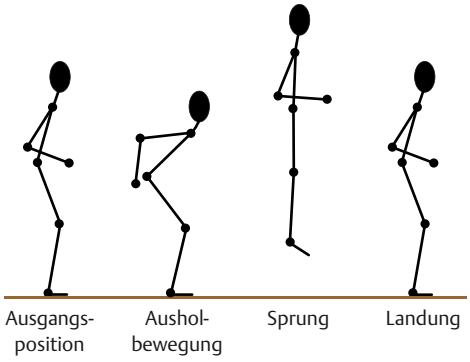


Abb. 18.10 Counter Movement Jump als Beispiel für eine Trainingsübung zur Verbesserung der reaktiven Kraftfähigkeiten im langen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus.

Tab. 18.9 Reizkonfiguration der Trainingsmethoden zur Steigerung der Reaktivkraft (van den Berg 2007)

Reaktive Methoden	kurzer DVZ (Drop Jump – DJ)	langer DVZ (Counter Movement Jump – CMJ)
Reizintensität (Last in % des 1er-Wiederholungs-maximums)	0 %	0 %
Reizintensität (% der maximalen Sprungleistung	100 %	100 %
Wiederholungen pro Serie	10–12	10–12
Pause zwischen den Wiederholungen	≥ 6 sec	≥ 8 sec
Serien pro Trainingseinheit	3–5	3–5
Serienpause	≥ 10 min	≥ 10 min
Kontraktionsgeschwindigkeit	explosiv	explosiv
Kontraktionsdauer	≤ 170 msec	≤ 400 msec

So schloss ich an einen Krafttrainingsblock direkt eine kleine Sequenz aus dem Sprung-Abc an mit Squat-Sprüngen, One-Leg-Squat-Sprüngen oder auch klassischem Seilspringen. Dabei ist es von großer Bedeutung, einen hohen Anspruch an die Übungsqualität zu stellen. Ist der Patient unkoordiniert oder subjektiv zu müde für eine saubere Übungsausführung, sollte die Sequenz abgebrochen werden.

In Woche 15 und 16 stand das Training des wichtigen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus im Fokus unseres Aufbaukonzeptes. Mahmood wurde an die ökonomische Arbeitsweise im schnellen und langsamen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus herangeführt. Vor allem der kurze Zyklus mit Kontaktzeiten unter 170 msec hatte für seine handballspezifische Leistungsfähigkeit eine besondere Bedeutung (s. **Tab. 18.7**). Mit der Frequenzfähigkeit determiniert dieser Zyklus als elementare Schnelligkeitsfähigkeit die Ausprägung der Schnelligkeit des Athleten.

Als Trainingsübung werden, nach den vorbereitenden Übungen aus dem Sprung-Abc, Tiefsprünge oder Drop Jumps eingesetzt (**Abb. 18.9**).

Die zweite Übungsform sind Sprünge aus einem langsamen Verkürzungszyklus, also alles über 170 msec Bodenkontaktzeit, die der Athlet in Form von Counter-Movement-Sprüngen trainierte (**Abb. 18.10**).

Das Ausdauertraining nahm vor allem an den Tagen zwischen den Krafteinheiten ein relatives großes zeitliches Volumen ein. Nachdem der Sportler in den Phasen zuvor sehr viel im Grundlagenbereich 1 gearbeitet hatte, stand jetzt ein Wechsel der Laufintensitäten und der Trainingsmethoden an.

Bei Pulsfrequenzen zwischen 140 und 180 trainierten wir im Bereich der anaeroben Schwelle, also im Grundlagenbereich 2, mit verschiedenen Varianten der Trainingsmethoden. Bei Trainingszeiten von 20–60 min kamen wechselnde Dauermethoden, intensive Intervalleinheiten und Tempoläufe zum Einsatz.

In der Regel trainierte der Handballer die Ausdauer mit Laufeinheiten im Wald oder auf der Laufbahn, was für ihn zu Beginn ziemlich fremd anmutete, da er in seinem Heimatland diese natürliche Trainingsumgebung gar nicht kannte.

Zur Entlastung bauten wir am Ende eines Mikrozyklus immer eine Ausdauereinheit auf dem Fahrradergometer ein. Nach jeder Laufeinheit fügte ich gezielt ein 20-minütiges Training der Laufkoordination an mit klassischen

Übungen (z. B. Fußgelenktechnik, Skibbings, Kniehebelauf usw.) und verschiedenen Varianten von Steigerungsläufen. Hintergrund ist zum einen die Schulung dieser koordinativen Abläufe, auch unter dem Aspekt der Ermüdung, aber ganz wichtig ist für mich das „Aufbrechen" der langsamen Bewegungsrhythmen nach den Ausdauereinheiten durch gesteigerte Läufe.

In dieser fortgeschrittenen Periode waren alle physikalischen Maßnahmen nur noch begleitend und wurden dem Patienten vor allem als Möglichkeit zur Regeneration angeboten. Massagen und Fußreflexbehandlungen rundeten den regenerativen Rahmen ab.

17.–20.Woche

Die Rehabilitation von Mahmood war bis zu diesem Zeitpunkt vorbildlich verlaufen.

- Das Knie war völlig schmerz- bzw. reizfrei, tolerierte alle Belastungen ohne Probleme und war frei beweglich.
- Seine Muskulatur hatte sich im Umfang komplett wiederaufgebaut, sensomotorisch und koordinativ war unser Athlet auf einem Toplevel. Er kontrollierte schwierigste Komplexübungen (statisch wie dynamisch), beherrschte schnelle Richtungs- und Belastungswechsel sowie handballspezifische Bewegungsabläufe.
- Die Grundlagenausdauer hatte sich gut entwickelt und lag nach Aussage des Patienten schon weit über der Leistungsfähigkeit vor der Verletzung.
- Seine globalen Kraftfähigkeiten zeigten eine sehr gute Ausprägung von Rumpf- und Oberkörpermuskulatur. Auch hier fühlte sich unser Sportler besser trainiert denn je.
- Das Kraftdefizit des operierten Beines war nahezu ausgeglichen und entsprach fast der gesunden Seite.
- Die Parameter der elementaren Schnelligkeit (Frequenzfähigkeit und Kontaktzeiten) waren im Referenzbereich (12 Hz / < 170 msec) entwickelt. Lediglich im spezifischen Schnelligkeitsbereich fehlten uns noch entsprechende Trainingseinheiten mit und ohne Ball.

Eine gute Möglichkeit, die Leistungsfähigkeit des betroffenen Beines mit dem gesunden Bein zu vergleichen, ist der Einbeinsprungtest nach Noyes (1991). In insgesamt 4 Tests, die als Testbatterie oder auch als Einzeltests durchgeführt werden können, überprüft man jeweils das linke und rechte Bein (**Abb. 18.11** a–d).

In Distanz und Zeit vergleicht man die Ergebnisse. Im Seitenvergleich sollte für eine volle Sporttauglichkeit ein Leistungsniveau der betroffenen Seite von mindestens 85 % des gesunden Beines erreicht werden.

Zum Zeitpunkt der Testung lag Mahmood knapp unter diesem Referenzwert. Entsprechend dieser Testergebnisse empfahlen wir dem Athleten einen weiteren spezifischen Aufbau aller konditionellen Fähigkeiten für weitere 4 Wochen.

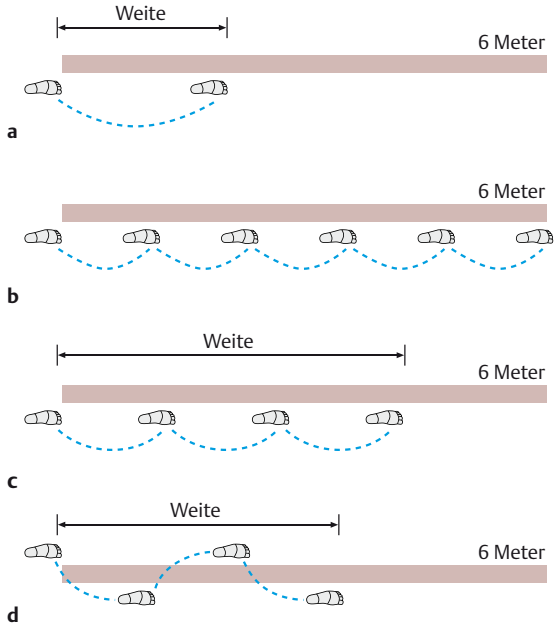


Abb. 18.11 Einbeinsprungtest (Noyes 1991).
a Einbeinweitsprung.
b 6-m-Einbeinsprünge auf Zeit.
c 3 Sprünge auf Distanz.
d 3 Sprünge auf Distanz mit Kreuzen einer Linie.

Zeitlich deckte sich diese Empfehlung mit seiner sportlichen Zielsetzung, mit der Nationalmannschaft am GCC-Cup der Golfanrainerstaaten exakt 5 Monate nach seiner VKB-Rekonstruktion teilzunehmen. Im Mannschaftstraining sollte der Spitzenathlet Technik, Taktik und die spezifischen Bewegungsabläufe mit Gegnerkontakt trainieren. Um dem Nationalspieler die Trainingseinheiten mit der Mannschaft zu ermöglichen, vereinbarten wir eine Rückkehr in sein Heimatland, wo er die letzten 4 Wochen seiner Rehabilitation im Kreise der Nationalmannschaft verbringen sollte. Nach unserer Anleitung absolvierte er neben den physiotherapeutischen Einheiten und dem gesteuerten Krafttraining handballspezifische Trainingssequenzen, die ihn an das internationale Niveau der Nationalmannschaft heranführen sollten.

Vor seiner Abreise kontrollierte der operierende Chirurg mit einer KT-1000-Messung, einer klassischen klinischen Untersuchung, und mittels eines MRT-Scans das operierte Knie. Es zeigte eine volle Stabilität, im Seitenvergleich eine optimale Funktion ohne Schubladenphänomen und einen perfekten Sitz des Transplantates. Begeistert von dem Ergebnis gab der Operateur grünes Licht für die letzte Trainingsphase.

In enger Zusammenarbeit mit dem Mannschaftsarzt, dem Physiotherapeut und Reha-Trainer des Teams sowie

dem Nationaltrainer entwickelten wir ein ausgewogenes Trainingsprogramm für unseren Schützling.

Ab der 17. Woche begann der Athlet mit dem von uns gesteuerten Training im Kreise der Mannschaft. 3-mal wöchentlich standen spezifisches Aufwärmen, Balltechnik, Pass- und Wurftechnik mit Cooldown auf seinem Trainingsplan. In der weiteren Progression definierten wir die gezielte Individualtechnik, standardisiert und ohne Gegnerkontakt, sowie das Einstudieren taktischer Laufwege ohne Gegnereinfluss als weitere Trainingsinhalte. Systematisch, streng nach Vorgaben wurde unser Patient mit den spezifischen Anforderungen konfrontiert.

Ab der 18. Woche erhöhten wir die Trainingsfrequenz auf 4-mal wöchentlich. Danach trainierte Mahmood täglich auf hohem Leistungsniveau mit der Mannschaft.

Die Übungsauswahl steigerte sich zunehmend in standardisierte Abläufe mit Gegnerkontakt, Wurftraining aus der Spielsituation heraus und komplexe Übungsformen mit Wettkampfcharakter.

Parallel trainierte der Athlet seine Kraftfähigkeiten 3-mal wöchentlich. Dabei kamen komplexe Methoden zum Einsatz, wie z. B. maximale, explosive Kontraktionen auf der Beinpresse (3 Wiederholungen 90 %), mit Schnellkraftübungen mit der Freihantel (10 schnelle Squats bei 70 %) und anschließenden Niedersprüngen (6–8 plyometrische Sprünge) kombiniert. Durch diese Methodik versprachen wir uns, den Schnelligkeitstransfer besser herstellen zu können.

Im spezifischen Handballtraining stehen gezieltes Sprint- bzw. Tempogegenstoßtraining mit und ohne Ball genauso auf dem Programm wie ein gesteuertes Training der Sprungfähigkeiten. Bereits am Ende der 18. Woche war der Tophandballer auf dem Niveau seiner Mannschaftskollegen und nahm ohne Probleme an allen Einheiten teil. Er ragte sogar mit seinen Leistungen aus dem Kollektiv heraus.

Der erneut durchgeführte Test nach Noyes zeigte einen kompletten Ausgleich der Defizite. Es ist kein Unterschied mehr festzustellen.

Motiviert durch die hervorragenden Ergebnisse gaben wir, in Absprache mit dem Operateur, das wettkampfspezifische Training frei. Systematisch erhöhten wir im Training die spezifischen Anforderungen bzw. ließen den vollen, körperbetonten Einsatz zu. In mehreren Trainingsspielen mit zeitlich begrenzten Einsätzen prüften wir die Leistungsfähigkeit unter Wettkampfbedingungen. Nach exakt 20 Wochen spielte Mahmood seinen ersten vollen Einsatz für die Nationalmannschaft in einem Testländerspiel. Er bestach sofort als Leistungsträger und zeigte eine absolute Topleistung. Bei dem folgenden Turnier der Nationalmannschaft war er der absolute Spitzenspieler seiner Mannschaft, spielte das komplette Turnier ohne Problem durch und wird als bester Rückraumschütze des Turniers besonders gewürdigt.

Die Rehabilitation war über die gesamte Zeitdauer optimal verlaufen Natürlich spielen die perfekten finanziellen, zeitlichen und technischen Rahmenbedingungen keine unerhebliche Rolle, da nicht jeder Patient die Möglichkeiten hat, über 5 Monate lang täglich 6–8 h Therapie und Training durchzuführen.

Literatur

Augustsson J, Thomee R, Karlsson J. Ability of a new hop test to determine functional deficits after anterior cruciate ligament reconstruction. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy 2004; 12: 350.

Börner C, Ruhmann O, Hehl S, Wirth CJ, Bohnsack M. Die Therapie des inkompletten Meniskusrisses beim Sportler. Sportverletzungen Sportschaden 2005; 19: 200–204.

Brand J, Weiler A, Carbon D et al. Graft fixation in cruciate ligament reconstruction. The American Journal of Sportsmedicine 2000; 28: 761.

Buckup K. Klinische Tests an Knochen, Gelenken und Muskeln. Stuttgart: Thieme; 1995.

Burkhardt A. Wippen mit Wirkung. PhysioPraxis 2006; 9: 22–25.

Carter T, Edinger S. Isokinetic evaluation of anterior cruciate ligament reconstruction: Hamstrings versus patellar tendon. Arthroscopy 1999; 15: 169.

de Marées H. Sportphysiologie. 3. Auflage. Tropon 1981.

de Morree J. Bindegewebsheilung. Vortrag auf der IFOMZ ECE Tagung. Science in Practice, Amsterdam 1997.

Faber K, Dill J et al. Occult ostechondral lesions after anterior cruciate ligament rupture. The American Journal of Sportsmedicine 1999; 27: 489.

Felder H et al. Ambulante Rehabilitation. Stuttgart: Thieme; 1998.

Felsenberg D et al. Berliner BedRest-Studie. Kongressbericht: Knochen und Muskeln – Neue Welten. 12/2004.

Franz W, Schäfer R. Die Kniesprechstunde. München: Herbig Verlag; 2007.

Freiwald J et al. Trainingstherapie nach Verletzung des Kniegelenkes. Physiotherapie. 1998; 228–242.

Fu F, Bennett C, Lattermann C et al. Current trends in anterior ligament reconstruction. Part 1: Biology and Biomechanics of Reconstruction. The American Journal of Sportsmedicine 1999; 27: 821.

Fu F, Bennett C, Lattermann C et al. Current trends in anterior ligament reconstruction. Part 2: Operative procedures and clinical correlations. The American Journal of Sportsmedicine 2000; 28: 124.

Goldblatt J, Fitzsimmons S, Balk E et al. Reconstruction of the anterior cruciate ligament: Meta-analysis of patellar tendon versus hamstrings tendon autograft. The Journal of Arthroscopy and Related Surgery 2005; 21: 791.

Grimby G, Thomée R. Prinzipien der Rehabilitation nach Verletzungen. In: Komi PV (Hrsg.). Kraft und Schnellkraft im Sport, Enzyklopädie der Sportmedizin. Köln: Deutscher Ärzteverlag; 1994.

Güllich A, Schmidtbleicher D. Struktur der Kraftfähigkeiten und ihre Trainingsmethoden. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 1999; 50: 223–234.

Haas HJ. Trainingslehre. In: van den Berg F (Hrsg.). Angewandte Physiologie. Band 3: Therapie, Training, Tests. 2. aktualisierte Auflage. Stuttgart: Thieme; 2007.

Harner C, Fu F, Irrgang J et al. Anterior and posterior cruciate ligament reconstruction in the new millennium: A global

perspective. Knee Surgery, Sports Traumatology. Arthroscopy 2001; 9: 330.
Hertel P. Standards der Sportmedizin: Verletzung der Kreuzbänder. Deutsche Zeitschrift der Sportmedizin 2002; 119–120.
Hohenester W, Helfferich M. Ganzheitlich heilen durch Homöopathie. München: Südwestverlag; 1995.
Irrgang J, Pezullo D. Rehabilitation following surgical procedures to address articular lesions in the knee. Journal of Orthopaedic Sports Physical Therapy 1998; 28: 232.
Jerosch J, Wüstner P, Thorweste L. Propriozeptive Fähigkeiten des Kniegelenkes nach vorderer Kreuzbandruptur: Beeinflussung durch Medizinische Trainingstherapie. Physiotherapie 1998; 2: 243–248.
Jerosch J, Riemer S. Wie gut sind klinische Untersuchungsverfahren zur Diagnostik von Meniskusläsionen? Sportverletzungen Sportschäden 2004; 18: 59–67.
Johnson D, Urban W, Carbon et al. Articular cartilage changes seen with magnetic resonance imaging: Detected bone bruises with acute anterior cruciate ligament rupture. The American Journal of Sportsmedicine 1998; 26: 409.
Karanaikas K, Arampatzis, Brüggemann. Einfluss der Patellasehne- und Semitendinosus-VKB-Ersatzplastik auf die muskulären Kraftfähigkeiten der unteren Extremität. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 2006; 4: 102–107.
Kasperczyk W, Bosch U, Oestern HJ et al. Staging of patellar tendon autograft healing after cruciate ligament reconstruction. Clinical Orthopaedics and Related Research 1993; 286: 271.
Komi PV. Der Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus. In: Komi PV (Hrsg.). Kraft und Schnellkraft im Sport. Enzyklopädie der Sportmedizin. Köln: Deutscher Ärzteverlag; 1994.
Kreutz, Kohn. Gelenkschaden nach Sportverletzungen. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 2002; 2: 45–48.
Ludwig A. Verbesserung der Trainierbarkeit der Quadrizepsmuskulatur nach VKB-Bandplastik durch Akupunktur. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 2001; 3: 100–103.
Majewski M, Schulte KR, Harner CD. Tibiale Bohrkanalerweiterung nach arthroskopischer vorderer Kreuzbandrekonstruktion. Sportverletzung Sportschaden 2002; 16: 22–25.
Marx R, Jones E, Angel M et al. Beliefs and attitudes of members of AAOS regarding the treatment of anterior cruciate ligament injury. The Journal of Arthroscopy and Related Surgery 2005; 19: 762.
Meier H-P. Medizinische Trainingstherapie. Bruck: Medicom Verlag; 1997.
Miller et al. The natural history of bone bruises. The American Journal of Sportsmedicine. 1998; 26: 15.
Noyes F, Barber-Westin S, Mangine R. Abnormal lower limb symmetry determined by function hop test after anterior cruciate ligament rupture. The American Journal of Sportsmedicine 1991, 19: 513.
Noyes F, Barber-Westin S, Fleckenstein C et al. The top screening test. The American Journal of Sportsmedicine 2005; 33: 197.
Osti M, Seil R. Das schmerzhafte Kniegelenk im Kindes- und Jugendalter. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 2004; 10: 246–255.
Papageorgiu CD, Ma CB, Abramowitch SD et al. A multydisciplinary study of the healing of an intraarticular anterior cruciate ligament graft in a goat model. The American Journal of Sportsmedicine 2001; 29: 620.
Petersen W, Zantop T, Steense M, Hypa A, Wesselowski T, Hassenpflug J. Prävention von Verletzungen der unteren Extremität im Handball: Erste Ergebnisse des Kieler Handball-Verletzungs-Präventionsprogrammes. Sportverletzungen Sportschäden 2002; 16: 122–126.
Petersen W, Zantop T, Rosenbaum D, Raschke M. Ruptur des vorderen Kreuzbandes bei weiblichen Athleten. Teil 2: Präventionsstrategie und Präventionsprogramme. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 2005; 157–163.
Radlinger L et al. Rehabilitative Trainingslehre. Stuttgart: Thieme; 1998.
Schmidt et al. Die Inzidenz und Wertigkeit des propriozeptiven Defizites bei Patienten mit chronischer Instabilität des oberen Sprunggelenkes. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 2005; 378–382.
Spindler K, Kuhn J, Freedman K et al. Anterior cruciate ligament reconstruction autograft choice: Bone–tendon–bone versus hamstrings. The American Journal of Sportsmedicine 2004; 32: 1986.
Steverding M. Training und Therapie fürs lädierte Knie. PhysioPraxis 2004; 2: 16–20.
van den Berg F. Angewandte Physiologie. Band. 1: Das Bindegewebe des Bewegungsapparates verstehen und beeinflussen. 3. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2010.
van den Berg F. Angewandte Physiologie. Band. 2: Organsysteme verstehen und beeinflussen. 2. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2005.
van den Berg F. Angewandte Physiologie: Band. 3: Therapie, Training, Tests. 2. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2007.
Wacha H, Ross A. Wertigkeit der MRT bei Binnenschäden des Kniegelenkes – Untersuchung an 366 konsekutiven Patienten. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 2003; 108–111.
Weber M, Woodall W. Knee Rehabilitation. In: Andrews JR, Wilk KE, Harrelson GL (eds.). Physical rehabilitation of the injured athlete. 3rd Edition. Philadelphia: Saunders; 2004.
Wilke A. Vordere Kreuzbandläsion. Darmstadt: Steinkopf Verlag; 2004.
Wilson T, Kantaras A, Atay et al. Tunnel enlargement after anterior cruciate ligament surgery. The American Journal of Sportsmedicine 2004; 32: 543.



19 Fallbeispiel: Ermüdungsfraktur des 2. Mittelfußknochens – Kunstturnen

Walter Lindlbauer

19.1 Vorstellung des Patienten

Der Sportler R. A. wurde 1991 in Oberösterreich geboren, er ist noch Schüler und Mitglied des österreichischen Junioren-B-Kaders. Seine bisherigen sportlichen Erfolge:

- Teilnahme an der Junioreneuropameisterschaft mit der Mannschaft
- Goldmedaille und Bronzemedaille bei den österreichischen Meisterschaften am Pauschenpferd, 2-mal Silbermedaillen am Barren
- Teilnahme an diversen nationalen und internationalen Wettkämpfen

Die Gesamttrainingszeit pro Woche beträgt 21,5 Stunden. Hinzu kommen Trainingslager in den Weihnachts-, Semester-, Oster- und Sommerferien, die im Durchschnitt jeweils 7–12 Tage dauern und deren Trainingsbelastung 7 Stunden pro Tag beträgt.

Seine Ziele:

- Teilnahme an den Europameisterschaften, Weltmeisterschaften und Olympischen Spielen
- Österreichischer Meistertitel im Mehrkampf

Dafür trainiert er

- vormittags 3-mal pro Woche jeweils 1 Stunde
- nachmittags
  - von Montag bis Freitag jeweils 3 Stunden
  - Samstag 3,5 Stunden

19.2 Anamnese

R. klagte nach intensiven Akrobatikserien am Boden, die mit einer hohen reaktiven Sprungkraftleistung der Beine verbunden sind, über leichte Schmerzen im Bereich des rechten Mittelfußes. Die Beschwerden legten sich aber nach Ende der Belastung rasch. Ebenso berichtete er, dass der Fuß im unaufgewärmten Zustand leicht schmerzhaft war. Nach kurzem Bewegen beim Aufwärmen verschwanden die Schmerzen. R. war an leichte Schmerzen durch das Training gewöhnt und maß dem Problem keine große Bedeutung bei. Er setzte das Training uneingeschränkt fort.

Das Os metatarsale II ist einer der am häufigsten durch Ermüdungsfrakturen betroffenen Knochen.

Nach einigen Tagen stand Sprung auf dem Trainingsplan, beim Absprung verspürte er einen stechenden intensiven Schmerz im Mittelfuß, der auch nach kurzer Ruhigstellung und Kryotherapie nicht an Intensität verlor. Das Training wurde abgebrochen.

Da die Schmerzen über Nacht und am nächsten Morgen anhielten und leichte Bewegung sowie geringe Belastungen keine Linderung brachten, suchte R. den Verbandsarzt auf. Es wurden eine a.–p.- und eine seitliche Röntgenaufnahme gemacht, beide waren ohne Befund. Der Verbandsarzt vermutete eine Überreizung der Plantaraponeurose und verordnete einige Tage Schonung. Falls sich die Beschwerden nicht besserten, solle er sich wieder melden. R. nahm das Training ohne Belastung sei-

nes rechten Beins wieder auf. Die Schmerzen blieben jedoch unverändert.

In dieser Zeit kam R. zu mir zur Physiotherapie (Befund s. u.). Nach 4 Tagen unveränderter Schmerzen ging er erneut zum Verbandsarzt, der eine MRT-Untersuchung veranlasste.

Ergebnis:

- fleckiges Knochenmarkssignal und Knochenmarksödem im Os metatarsale II
- keine ossären Destruktionen oder rezenten traumatischen Veränderungen nachweisbar
- kein nennenswertes Weichteilödem, Stress- bzw. Überlastungsreaktion im Os metatarsale II

Vorgabe und Prognose des behandelnden Arztes:

- 2–3 Wochen Entlastung
- Belastung bis zur Schmerzgrenze war erlaubt
- im Anschluss eine stufenweise Rückkehr zur sportspezifischen Belastung innerhalb von 3 Monaten
- in dieser Zeit je nach Symptomatik 1–2 MRT-Kontrollen
- bei Bedarf nichtsteroidale Antirheumatika

19.3 Sportphysiotherapeutische körperliche Untersuchung

19.3.1 Inspektion

Bei der Inspektion zeigt sich ein minimales Ödem (Schwellung) im Bereich des rechten Fußrückens. Ansonsten sind keine Auffälligkeiten ersichtlich.

Keine Seitendifferenz bei der Sensibilitätsprüfung.

19.3.2 Funktionsuntersuchung

Bewegungsuntersuchung Sprunggelenk

Bei der aktiven und passiven Bewegungsüberprüfung in der Flexions-/Extensionsebene ist keine Bewegungseinschränkung im Seitenvergleich feststellbar. Jedoch tritt am Ende beider Bewegungsrichtungen rechts ein leichter Schmerz auf, der sich beim passiven Weiterbewegen verstärkt. R. lokalisiert den Schmerz über dem Metatarsale II am Fußrücken und an der Fußsohle.

In der Eversions-/Inversionsebene ist ebenfalls keine Bewegungseinschränkung im Seitenvergleich festzustellen, jedoch auch ein leichter Schmerz bei endgradiger Bewegung, der sich durch passives Weiterbewegen verstärkt.

Translatorische Tests:

- oberes Sprunggelenk: o. B.
- unteres Sprunggelenk: o. B.
- Fußwurzelknochen: o. B.
- Mittelfußknochen: Befund
  - Die Verschiebung von Os metatarsale I gegen Os metatarsale II ist im Seitenvergleich nicht eingeschränkt, jedoch schmerzhaft,
  - ebenso die Verschiebung von Os metatarsale II gegen Os metatarsale III.
  - Os metatarsale III und IV sowie IV und V ohne Befund.
  - Das Os metatarsale II reagiert auf Kompression sowohl direkt als auch über die anderen Mittelfußknochen mit einer deutlichen Schmerzzunahme. Es ist deutlich druckdolent. Eine Traktion und Separation der Kontaktstellen mit den angrenzenden Mittelfußknochen bringt eine Schmerzlinderung.

Aktive Bewegungsuntersuchung

- Zweibeinstand bei gleichmäßiger Belastung beider Beine mit leichtem Schmerz verbunden
- Einbeinstand zwar möglich, jedoch erhebliche Schmerzverstärkung
- Gangbild:
  - Die Standbeinphase des rechten Beins ist deutlich verkürzt.
  - Der Gang ist im Sinne eines schmerzbedingten Hinkens stark verändert.
- Zweiwaagentest:
  - R. konnte bei einer Gewichtsreduktion von 8 kg im Zweibeinstand – Verschiebung auf das gesunde Bein – schmerzfrei stehen.
  - Ebenso brachte die Gewichtsverlagerung nach hinten auf die Fersen eine deutliche Reduktion des Schmerzes.

19.3.3 Spezifische Tests

Das Beklopfen (Perkussion) der knöchernen Strukturen mit einem Reflexhammer provozierte ausschließlich im Metatarsale II einen massiven stechenden Schmerz.

Widerstandstests waren der Schmerzen wegen nicht maximal durchführbar.

19.4 Diagnose des Sportphysiotherapeuten

Das Ergebnis der MRT-Untersuchung sowie der physiotherapeutische Befund machten eine sofortige Entlastung der verletzten Struktur dringend notwendig. Würde die Belastung fortgeführt, bestünde die Gefahr einer ossären Destruktion, der Knochen könnte einbrechen.

Derzeit liegt eine Ermüdungsfraktur bzw. eine Stresssituation Grad I–II vor, also eine knochenmantelnahe Schwellung. Es ist jedoch noch keine Frakturlinie zu erkennen.

Eine Ermüdungsfraktur entsteht unter bestimmten Bedingungen infolge einer lang andauernden und sich ständig wiederholenden Belastung des Knochens. Ermüdungsfrakturen Grad I–II zeigen bei Entlastung eine schnelle Regeneration, also eine gute Prognose für einen raschen Wiedereinstieg ins Training (www.Sportaerztebund.de/pub_ermuedungsfrakturen.html, Stand: 25.03.2009).

Ursachenforschung

Bei der Analyse des Trainingsplans, speziell des letzten Makrozyklus von 6 Wochen, war festzustellen, dass das Training forciert Akrobatikserien am Boden und viele Sprünge und Landungen beinhaltete. R. berichtete, dass die Qualität der Bodenfläche im Turnleistungszentrum in den letzten Jahren sehr stark nachgelassen hat. Auch andere Turner wiesen auf diese Mängel hin und hatten ebenfalls Schmerzen im Bereich des Fußes und der Achillessehne nach Trainingseinheiten auf der Bodenfläche. Bei der Begutachtung von Trainingsvideos stellte ich fest, dass R. sowohl bei Anläufen (Sprints) als auch bei Absprüngen und Landungen beide Unterschenkel in Außenrotation einstellte. Dies führte zu einer Beinachsenabweichung in Richtung Valgus des Rückfußes und zu einer forcierten Pronation in beiden Füßen.

Abnorme Pronation ist ein prädisponierender Faktor für die Entstehung von Ermüdungsfrakturen im Mittelfußbereich (www.Sportaerztebund.de/pub_ermuedungsfrakturen.html, Stand: 25.03.2009).

Erwartung des Patienten

R. kommt am 6. posttraumatischen Tag zur ersten Therapieeinheit. Wir sprechen ausgiebig über das weitere Vorgehen und über die Faktoren, die ihn in dieser Zeit der akuten Verletzung am stärksten beeinträchtigen, um gemeinsam die ersten therapeutischen Ziele zu definieren. R. gibt an, dass die Schmerzen in seinem verletzten Fuß im Vordergrund stehen, da diese ihn in all seinen Aktivitäten im Alltag und im Training am meisten beeinträchtigten.

Ich erkläre ihm, dass der Schmerz einer der wichtigsten, um nicht zu sagen der wichtigste Parameter ist und für die Belastbarkeit des verletzten Knochens als wichtiger Gradmesser dient. Daher macht es auf gar keinen Fall Sinn, den Schmerz in dieser frühen Phase vollständig z. B. durch Medikamente auszuschalten. Würde man dies anstreben, so bestünde die Gefahr einer zu frühen Belastungssteigerung und eines erneuten Überlastungssyndroms, was mit Sicherheit negative Auswirkungen auf die Wundheilung des 2. Mittelfußknochens hätte.

19.5 Physiotherapeutische Interventionsplanung

Die Physiotherapie findet unter Beachtung physiologischer Heilungsprozesse statt.

Die Wundheilung des Knochens lässt sich in 3 Phasen einteilen:

- Entzündungphase
- Proliferationsphase
- Umbauphase

Osteoblasten produzieren Knochenzellen und sind damit für den Aufbau und Erhalt des Knochens verantwortlich.

Osteoklasten entstehen aus hämatogenen Ursprungszellen und sind spezialisierte Makrophagen (sehr mobile Zellen), die für den Knochenabbau verantwortlich sind (van den Berg 2003).

19.5.1 Phasen der Rehabilitation

Ich entscheide mich, die Rekonvaleszenz in 4 Phasen einzuteilen, jeweils unter Berücksichtigung der physiologischen Wundheilung von Knochen:

- Phase I: Entlastungsphase und Restkörpertraining
- Phase II: Koordinationsphase und Belastungseinstieg
- Phase III: Progressive Belastungssteigerung und Verbesserung der Kraft
- Phase IV: Wiedereinstieg ins Trainings- und Wettkampfgeschehen

Therapieziele

Für das Erreichen folgender Ziele plane ich einen Zeitraum von 12–14 Wochen.

- völlige Wiederherstellung der sportspezifischen Belastbarkeit sowie Verbesserung von Koordination und Kraft der unteren Extremität
- optimale Stabilisation der Beinachse bei allen reaktiven Belastungen der Beine
- Trainingsteuerung, um Überlastungsreaktionen von Geweben durch forcierte Reaktivkraftleistungen zu vermeiden

19.6 Initiale Therapie

Vonseiten der Trainer wurde, nachdem die Schmerzen akut wurden, mit Eis behandelt. Die anhaltenden Schmerzen zwangen R. dazu, das Training zu beenden, und er wurde mit einer Bandage nach Hause entlassen.

19.6.1 Erste Behandlung

Sofortmaßnahmen

Zur Entlastung des verletzten Fußes lege ich ein Unterstützungs-Tape für die Fußgewölbe an, das sowohl das Längs- wie das Quergewölbe des Fußes stabilisiert. Ich rate R., in den ersten beiden Wochen im Alltag Schuhe mit fester Sohle zu tragen und bei Bedarf (bei Schmerzen) zur Entlastung Gehhilfen zu verwenden.

R. wird weiter angewiesen bei all seinen Tätigkeiten, ob in der Schule, Freizeit oder auch beim Training, unbedingt unter der Schmerzgrenze zu bleiben. Wenn möglich, soll er auf Schmerzmittel wie nichtsteroidale Antirheumatika verzichten. Sie beeinflussen die Wundheilung des Knochens negativ. Außerdem ist der Schmerz der wichtigste Gradmesser der Belastbarkeit des verletzten Fußes. Diese Faktoren erkläre ich ihm eindringlich. Der Erfolg der Behandlung und der Rehabilitationsmaßnahmen, für einen raschen Wiedereinstieg ins Training sowie die Teilnahme an Wettkämpfen hängt einzig und allein von seiner Compliance ab.

Sowohl Trainer, Verbandsarzt, Eltern und selbstverständlich auch R. selbst werden in regelmäßigen Abständen genauestens über alle Therapiephasen und Maßnahmen informiert. Dies gewährleistete einen reibungslosen Ablauf der Rehabilitation, da alle Beteiligten immer auf dem aktuellen Informationsstand waren.

Bei jungen, motivierten Sportlern besteht häufig die Gefahr, dass sie zu früh mit der Wiederaufnahme der Belastung beginnen und auftretende Schmerzen verharmlosen. Dies führt jedoch in den meisten Fällen zu einer Verzögerung der Wundheilung, sodass genau das Gegenteil des Gewollten eintritt, nämlich eine Verlängerung der Rekonvaleszenz. Es ist daher außerordentlich wichtig, solche Athleten in ihrer Rehabilitation gut zu führen.

Nicht selten wird aufseiten der Trainer „eine leichte Ungeduld“ spürbar, die es dem Sportler nicht unbedingt leichter macht, den Anordnungen des Physiotherapeuten Folge zu leisten. Mein Ziel war, R. mit Gesprächen von der Bedeutung unserer Zusammenarbeit und dem Einhalten meiner Vorgaben zu überzeugen.

Ergebnis der ersten Behandlung

Folgende Nahziele legten wir gemeinsam fest:

- Reduktion der Schmerzen in der ersten Woche, um ein beschwerdefreies Gehen auf kurzen Strecken zu ermöglichen
- absolute Schmerzfreiheit nach 2–3 Wochen, um wieder mit belastenden Übungen für die verletzte Struktur beginnen zu können
- In den ersten beiden Wochen sollte die Weichteilschwellung behoben sein und sich das damit verbundene Spannungsgefühl im Fuß legen.

19.7 Therapieverlauf

19.7.1 Phase I: Entlastungsphase

Behandlungsziele in der Frühphase

- Schmerzsenkung
- Sedieren des Vegetativums
- Erhöhung des Stoffwechsel, der Durchblutung und der Osteoblastenaktivität
- Senkung der Osteoklastenaktivität

Target Tissue Training

Ich entschloss mich, das Problem über medizinische Trainingstherapie und Techniken aus der manuellen Therapie anzugehen. In der Trainingstherapie hielt ich mich an das Modell des Target Tissue Training (TTT). Dies ist ein zielorientiertes Gewebetraining, bei dem alle Maßnahmen der Behandlung, des Trainings und des Umfelds so ausgerichtet sind, dass die verletzte Struktur in ihrer optimalen Wundheilung unterstützt und ein perfektes Ergebnis der Belastbarkeit erreicht wird. Als Einstieg zur Schmerzreduktion wählte ich vegetative Therapiemaßnahmen und Techniken der manuellen Therapie an den Gelenken des betroffenen Fußes sowie Weichteiltechniken an den in das verletzte Gebiet einwirkenden Muskeln.

> Target Tissue bedeutet zielorientiertes Gewebetraining, bei dem alle Maßnahmen der Behandlung, des Trainings und des Umfelds darauf ausgerichtet sind, die verletzte Struktur in ihrer optimalen Wundheilung zu unterstützen und ein perfektes Ergebnis der Belastbarkeit zu erreichen.

In der Frühphase der Verletzung ist es das Wichtigste, für einen optimalen Stoffwechsel der betroffenen Struktur zu sorgen. Das ist einmal die ideale Durchblutung, um den Knochen mit den notwendigen Nährstoffen – in erster Linie mit Sauerstoff – zu versorgen, aber auch mit den nötigen Mikrobewegungsreizen auf das Gewebe einzuwirken, um ein perfektes Ergebnis zu erzielen. Es sollte die Aktivität der Osteoblasten stimuliert und die der Osteoklasten gehemmt werden. Für ein solches Vorhaben ist das TTT optimal. Alle Maßnahmen sollten die geschädigte Struktur entweder direkt oder auch indirekt in ihrer physiologischen Wundheilung unterstützen, um sie in kürzestmöglicher Zeit zur Ausheilung zu bringen.

Verlauf

Physikalische Medizin

Parallel zu unseren Behandlungen und den trainingstherapeutischen Maßnahmen machen wir uns Teile der physikalischen Medizin und ihrer Geräte zunutze. Die Magnetfeldtherapie und Low-Level-Lasertherapie in Kombination mit Infrarotstrahlung sind dafür gut geeignet.

Magnetfeldtherapie

Die Magnetfeldtherapie wird sowohl auf den ganzen Körper zur Verbesserung des allgemeinen Stoffwechsels als auch zur vegetativen Beruhigung, mit dem Applikationskissen hoch dosiert, auf den verletzten Fuß appliziert.

Behandlungsintervall: 1-mal täglich.

Low-Level-Laser und Infrarot

Durch die Bestrahlungen mit dem Low-Level-Laser und Infrarot kann die Permeabilität der Zellen positiv beeinflusst werden, was ebenfalls eine verbesserte Versorgung der Gewebe mit Nährstoffen zur Folge hat. Weiterhin fördert diese Behandlung die Durchblutung und verbessert damit die Sauerstoffversorgung.

Zudem fördert der Laser den lymphatischen Rücktransport, was zu einer Reduktion der Schwellung führt. Laserlicht wirkt auch antiphlogistisch, daher sollte man die Behandlung unbedingt erst nach Abschluss der physiologischen Entzündungsphase der Wundheilung einsetzen. In unserem Fall liegt die akute Verletzung bereits 6 Tage zurück, also gibt es keine Kontraindikation, um mit der Bestrahlung zu beginnen.

Behandlungsintervall: 1-mal täglich.

Bewegungsbehandlung

Alle Übungen werden im Sitzen unter Entlastung des verletzten Fußes ausgeführt. Wir versuchen, alle Ebenen, Bewegungsrichtungen und Möglichkeiten durch Variationen verschiedener Übungen zu erreichen.

Anregung des Stoffwechsels

Für einen optimalen Stoffwechsel im verletzten rechten Fuß von R. ist es dringend erforderlich, den Fuß in einer hohen Anzahl an Repetitionen und unbedingt im schmerzfreien Bereich zu bewegen. Er sollte auf 10–15 000 Bewegungsreize am Tag kommen; der Fuß sollte möglichst wenig in ruhiger Position gehalten werden.

> Wichtig ist eine hohe Zahl an Bewegungsreizen, die keinen Schmerz während, nach und auch nicht am nächsten Morgen auslösen. Es gilt: Viel Bewegung ist nicht gleich viel Belastung.

Der Athlet wird angeleitet, seinen Fuß so oft wie möglich zu bewegen.

- Bewegung der Zehen, wie die Übung „kurzer Fuß, langer Fuß“ im Sitzen
- Bewegung im unteren Sprunggelenk in Eversion und Inversion
- Bewegung im oberen Sprunggelenk in Flexion und Extension

Hierbei wird der Fuß abwechselnd frei in der Luft, also in der offenen Kette bewegt oder mit der Fußsohle am Boden aufgelegt. Die Bewegung am Boden wird über die darüberliegenden Gelenke eingeleitet, z. B. Knie und Unterschenkel vor und zurück für die Flexion und Extension und nach innen und außen für die Eversion und Inversion bewegen. Die Fußsohle soll dabei den Boden nicht verlassen.

Wir nutzen auch Kippbretter, Luftkissen, Drehscheiben und Therapiekreisel zur Verbesserung der intermuskulären Koordination.

Aerobe Kapazität

Die Steigerung sowie die Verbesserung der aeroben Kapazität ist ein weiteres wichtiges Ziel. Im Turnleistungszentrum steht ein Fahrradergometer, das wir dafür benutzen. Für die ersten beiden Wochen stehen eine Stunde Ergometertraining bei 2 mmol/l Laktat auf dem Programm. Der Sattel des Fahrrads wird so eingestellt, dass R. mit der Ferse am Pedal positioniert ist, um keine Belastung in den Vorfuß zu bringen.

Die Messung des Laktatspiegels erfolgt über Kapillarblut aus dem Ohrläppchen mit dem Accutrend Lactate.

Planung der nächsten Therapieeinheiten

In den ersten 2 Wochen kommt R. alle 2 Tage zur Behandlung, die sich in 2 Teile gliedert.

1. physiotherapeutische Bewegungsbehandlung, 45 min
2. manuelle Lymphdrainage, 45 min

Für die Dauer der Behandlung wird das Fußgewölbeentlastungs-Tape jeweils abgenommen und am Ende wieder neu angelegt.

1.–6. posttraumatischer Tag

Tonussenkung

Durch die schmerzbedingte Schonhaltung kommt es zur Tonussteigerung der gesamten Fuß- und Unterschenkelmuskulatur. Ziel ist es, die Muskulatur so zu entspannen, dass es zu einer optimalen Durchblutung der unteren Extremität kommt. Hoher Muskeltonus führt zu einer Kompression der Blutgefäße und somit zu einer Reduktion der Versorgung der darunterliegenden Strukturen, wodurch kein idealer Stoffwechsel gewährleistet ist.

Den Einstieg wähle ich über Oszillationen paravertebral auf Höhe von TH 9, 10, 11, 12–L 1, jeweils 1 min pro Segment. Diese Technik dient der Senkung des Sympathikotonus speziell für die untere Extremität.

Im Anschluss beginne ich damit, die Gelenke des Fußes mit manuellen Mobilisationstechniken in Form von Funktionsgleiten zu bewegen. Ausgenommen von dieser Mobilisation sind all jene Gelenke, die mit dem 2. Mittelfußknochen korrespondieren. In diesen Gelenken führt die Kompressionsbehandlung zu Schmerzen; daher entschließe ich mich, hier über intermittierende Traktionen einzusteigen. Dauer: 1 min pro Gelenk.

Zur weiteren Tonussenkung wählte ich die Techniken der Funktionsmassage und der Quermassage aus der manuellen Therapie.

Traktion dient in erster Linie der Schmerzreduktion und der Anregung des Stoffwechsels. Sie ist zum Einstieg in die Behandlung sehr wertvoll, stellt aber für den Knochen keine große Unterstützung bei der Heilung dar.

Kompression hingegen stellt für den Knochen einen größeren Reiz dar und ist für die Wundheilung unbedingt erforderlich.

Lymphabfluss

Um unsere Ziele zu realisieren, beenden wir jede Behandlung mit einer 45-minütigen manuellen Lymphdrainage. Unterstützend für den Lymphabfluss lege ich noch 2 Lymphfächer – Technik aus dem Kinesio-Tape – unter das Fußgewölbe-Tape.

2.–3. posttraumatische Woche

Ich verändere den Ablauf der Einheiten nur gering, da R. bei jedem Treffen über eine Verbesserung der Symptomatik berichtet. Ich bin mir sicher, dass wir auf dem richtigen Weg sind. Nach 1 Woche war die Kompression auf das Metatarsale II über die benachbarten Knochen, die beim Erstbefund einen deutlichen Schmerz ausgelöst hatte, nahezu schmerzfrei. Nur der direkte Druck auf den Knochen sowie die Perkussion lösen noch einen Schmerz aus, der aber von R. nicht mehr so intensiv wie beim Eingangstest empfunden wird. Als Folge dieser erfreulichen Testergebnisse stelle ich die Behandlung von intermittierender Traktionsbehandlung auf intermittierende Kompressionsbehandlung um.

Das in der 1. Therapieeinheit definierte Nahziel – schmerzfreies Gehen auf kurzen Strecken nach 1 Woche – wird zu Beginn der 2. Behandlungswoche erreicht. R. berichtet sogar, dass er seine alltäglichen Wege mit stabilen Schuhen wieder schmerzfrei bewältigen kann.

Nach einer weiteren Behandlungswoche, die Verletzung liegt nun schon fast 3 Wochen zurück, ist auch die Weichteilschwellung vollständig verschwunden. Bei einer erneuten Testung ist nur die Perkussion noch etwas schmerzhaft. Auch Therapieziel 2 wurde in der geplanten Zeit erreicht.

19.7.2 Phase I: Trainingssteuerung und Restkörpertraining

Gerätetraining

Da der Turnsport zum Teil ein laktazider Sport ist, muss in der ersten Zeit nach der Verletzung, in den ersten 2–3 Wochen, besonders darauf geachtet werden, dass im Training alaktazid gearbeitet wird. Das bedeutet, dass Elementeabfolgen an den verschieden Geräten nicht länger als 15 sec, je nach Intensität maximal 20 sec, dauern dürfen.

Laktatwerte über 2 mmol/l beeinflussen die Wundheilung negativ.

Landungen und alle reaktiven Elemente, die über die untere Extremität geturnt werden müssen, sind in dieser Zeit absolut verboten. Das heißt, dass Sprünge und alle akrobatischen Elemente am Boden nicht ausgeführt werden dürfen.

Übrig bleiben Pferd, Barren, Ringe und Reck, die letzten 2 angeführten Geräte sollten, wenn möglich, über der Schnitzelgrube trainiert werden. Ich bespreche mit dem Trainer, dass R. in dieser Entlastungsphase nur Übungen und Elemente turnt, die er gut beherrscht, um das Risiko eines unkontrollierten Sturzes zu minimieren.

Der Trainer stoppt die Zeit ab Übungsbeginn und gibt R. sowohl nach 10 als auch nach 15 sec ein Signal. Nach 20 sec muss abgebrochen werden, auch wenn die Elementefolge noch nicht beendet ist.

Erlaubt sind alle bewegungsverbessernden Maßnahmen.

Krafttraining

Für das Krafttraining ist es außerordentlich wichtig, dass kein Laktat produziert wird, egal ob am Turngerät Kraftelemente geübt werden oder mit Hanteln trainiert wird. Als Methode kommt in dieser Zeit nur das IMK-Training (Intramuskuläre Koordination) infrage.

IMK ist eine Methode hoher und höchster Intensität. Die synchrone Aktivierung der höchstmöglichen Zahl von Muskelfasern nennt man intramuskuläre Koordination.

Die Hypertrophiemethode und die Kraftausdauermethode scheiden aus, das Training im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (DVZ) ist nur in der oberen Extremität und am Rumpf gestattet.

Die von uns definierten Ziele der Entlastungsphase sind nach 3 Wochen erreicht und es steht dem Übergang in Phase II nichts mehr im Wege.

19.7.3 Phase II: Koordinationsphase und Belastungseinstieg

Therapieziele und Übungen dieser Phase

Die Ziele dieser Phase sind:

- das Gewebe auf kommende Trainingsreize vorzubereiten
- den Stoffwechsel und die Durchblutung weiterhin anzukurbeln
- die Beinachse zu verbessern und die einzelnen Körperabschnitte bei allen Übungen ideal einzustellen
- ein exaktes Erlernen und Ausführen aller Übungen. Das garantiert auch in späterer Folge eine exakte Kraftübertragung bei höher werdender Belastung – Prävention für Rezidivverletzungen.
- die intermuskuläre Koordinationsschulung. Diese garantiert eine optimale Tonusregulation und eine Verbesserung des Zusammenspiels der verschiedenen Muskelgruppen, um später eine optimale Ansteuerung der Muskulatur bei Reaktivkraftleistungen zu bewirken.

Übungen in dieser Phase sind:

- koordinative Übungen aus dem Gang-ABC. Es dient der Verbesserung von Koordination, Beinachse und Kraft sowohl der unteren Extremität als auch des Rumpfes.
- Gleichgewichtsübungen mit und ohne labile Unterstützungsflächen
- Übungen aus dem Krafttraining, underloaded

Voraussichtliche Dauer dieser Phase: 2 Wochen – Woche 4 und 5 posttraumatisch.

Underloaded bedeutet, dass die Intensität der Übung so gewählt wird, dass kein Trainingsreiz gesetzt wird. Die Intensität und auch der Umfang der Übungen regulieren sich am Schmerzempfinden, alle Übungen müssen im absolut schmerzfreien Bereich ausgeführt werden.

Aufbau der Übungen

Ein Übungsblock ist immer in 3 Teile gegliedert:

- Aufwärmen
- Hauptteil
- Abwärmen

Pro Tag werden 2 Übungsblöcke absolviert. Beide Blöcke werden von Montag bis Samstag ausgeführt, Sonntag ist frei. Alle Übungen sind speziell auf die verletzte Struktur bezogen und unabhängig vom turnspezifischen Training zu absolvieren. Das turnspezifische Training wurde in diesen beiden Wochen nicht verändert.

Block 1 – vormittags

Allgemeines Aufwärmen

5–10 min Ergometer fahren, wobei der Vorfuß mittlerweile am Pedal positioniert werden darf.

Hauptteil

Gleichgewichtsübungen mit und ohne labile Unterstützungsflächen.

- *Übung 1:* 3-mal 10 Wiederholungen, vom langen Fuß zum kurzen Fuß ziehen, im Stehen (**Abb. 19.1**)
- *Übung 2:* 3-mal 10 Wiederholungen, beidbeinige Fußwippe auf einem Airex-Balance-Pad von der Ferse zum Ballen (**Abb. 19.2**)
- *Übung 3:* 3-mal 20 sec/Bein, Stehen im Einbeinstand am Airex-Balance-Pad (**Abb. 19.3**)
- *Übung 4:* 3-mal 10 Wiederholungen, beidbeinige Fußwippe auf dem Therapiekreisel von der Ferse zum Ballen. Aufgabe bei dieser Übung ist es, möglichst wenig seitliche Abweichung zuzulassen (**Abb. 19.4**)
- *Übung 5:* 3-mal 20 sec/Bein, Stehen im Einbeinstand auf dem Therapiekreisel (**Abb. 19.5**)

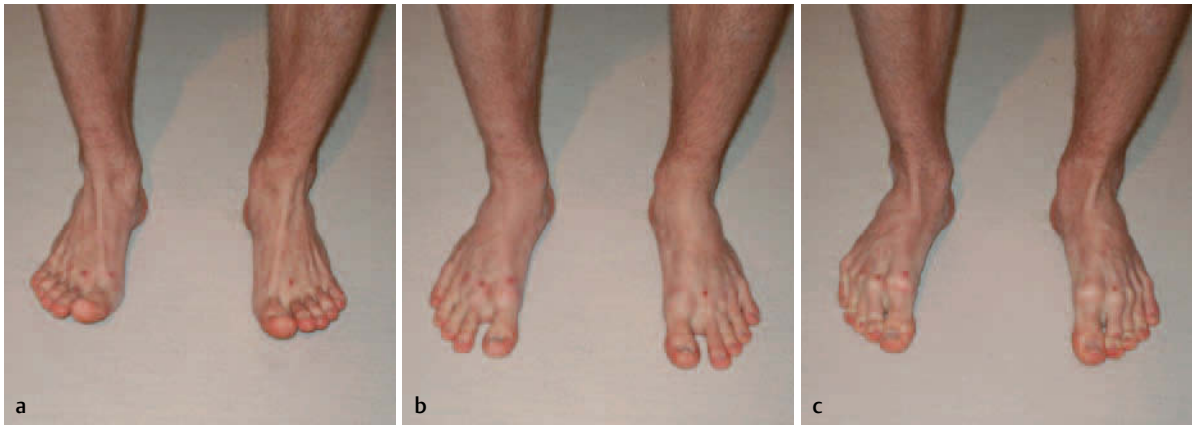


Abb. 19.1 a–c Vom langen Fuß zum kurzen Fuß ziehen.



Abb. 19.2 Beidbeinige Fußwippe auf einem Airex-Balance-Pad.

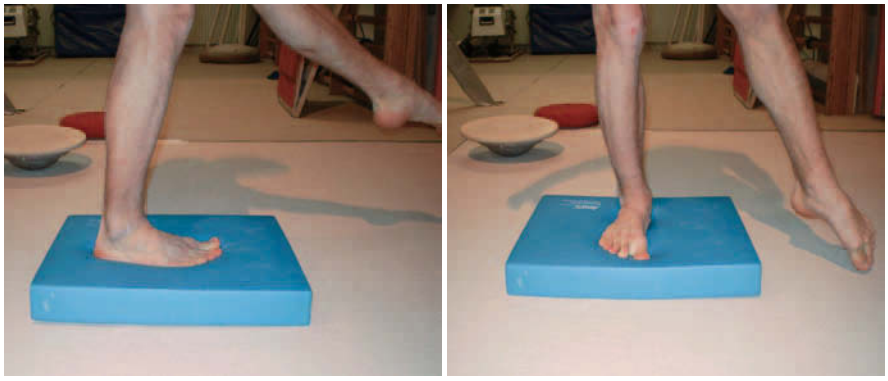


Abb. 19.3 Einbeinstand auf dem Airex-Balance-Pad.

- *Übung 6:* 3-mal 10 Wiederholungen, Fußwippe auf dem Therapiekreisel in Eversion und Inversion (**Abb. 19.6**). Aufgabe ist es, möglichst wenig Flexions- und Extensionsbewegung zuzulassen.

Zwischen den einzelnen Übungen ist jeweils eine halbe Minute Pause; in dieser Zeit werden der Unterschenkel und der Fuß ohne Belastung mit Pendelbewegungen gelockert und bewegt.

Die Übungen des Gang-ABC werden auf einer Strecke von 10 m ausgeführt. Start und Ziel werden mit einem Tape-Streifen markiert.

- *Übung 1:* 2 Längen langsames Vorwärtsgehen mit Betonung des Abrollens von der Ferse über den Ballen. Dabei sollte möglichst wenig seitliche Abweichung zugelassen werden: Gehen auf einer Linie.
- *Übung 2:* 2 Längen gehen auf dem Fußaußenrand (**Abb. 19.7**)
- *Übung 3:* 2 Längen gehen auf dem Fußinnenrand (**Abb. 19.8**)



Abb. 19.4 Beidbeinige Fußwippe auf dem Therapiekreisel.



Abb. 19.5 Einbeinstand auf dem Therapiekreisel.



Abb. 19.6 Fußwippe auf dem Therapiekreisel in Eversion und Inversion.



Abb. 19.7 Gehen auf dem Fußaußenrand.



Abb. 19.8 Gehen auf dem Fußinnenrand.



Abb. 19.9 Langsames Rückwärtsgehen.

- *Übung 4:* 2 Längen langsames Rückwärtsgehen mit Betonung des Abrollens vom Ballen über die Ferse. Dabei sollte möglichst wenig seitliche Abweichung zugelassen werden (**Abb. 19.9**)
- *Übung 5:* langsames, seitliches Gehen mit Überkreuzen der Beine, alternierend vor und hinter dem Körper. Dabei sollte die Fußsohle möglichst lange mit dem Boden Kontakt halten (**Abb. 19.10**)
- *Übung 6:* langsames Vorwärtsgehen mit Betonung des Abrollens von der Ferse über den Ballen und aktivem Kniehub über 90° (**Abb. 19.11**)

Die Pause zwischen den Übungen bestand im langsamen Zurückgehen von der Ziellinie zur Startlinie.

Abwärmen

5–10 min Ergometertraining.

Block 2 – nachmittags

Aufwärmen

5–10 min Ergometertraining.

Hauptteil

In diesem Block verwende ich Übungen aus dem Krafttraining, weil R. diese Techniken später in seinem Training mit hohen Gewichten und maximal explosiver Ausführung anwenden kann. Also ist dies eine ausgezeichnete Übung, um alle Techniken genauestens zu erlernen. Die Intensität wird so gewählt, dass der Patient keine Schmerzreaktion durch die Übungen verspürt – weder während noch unmittelbar nach den Übungen und auch



Abb. 19.10 Gehen mit Überkreuzen der Beine, alternierend vor und hinter dem Körper.



Abb. 19.11 Langsames Vorwärtsgehen mit aktivem Kniehub.

nicht nach einiger Zeit, wie z. B. am nächsten Morgen (**Tab. 19.1**).

Während der Ausführung lege ich besonderes Augenmerk auf die Stabilisierung der Beinachse und der Fußstellung. Ich betrachte dieses Programm als koordinatives Bewegungstraining, ohne Trainingsreize zu setzen; demzufolge hat es auch keine Auswirkungen auf die Planung des turnspezifischen Trainings und kann täglich absolviert werden.

Weiterhin soll R. im Nachmittagsblock die Wiederholungen pro Tag jeweils um 2 erhöhen. Am Ende dieser Phase, nach 2 Wochen, müsste er 3 Serien mit je 32 Wiederholungen erreichen. Das Gewicht, also die Intensität, wird nicht verändert.

Der Bewegungsrhythmus ist in Sekunden gerechnet und zerlegt die Bewegung in 3 Teile:

- exzentrische Bewegung (1 sec)
- statisches Halten (0 sec)
- konzentrisches Bewegen (1 sec)

Jede Übung besteht aus 3 Serien mit 10 Wiederholungen: Intensität: Underloads (10–20 %), Bewegungsrhythmus 1/0/1 und Pause 1 min.

- *Übung 1:* Kniebeuge – Basic Squat (**Abb. 19.12**)
- *Übung 2:* Stufensteigen – Step up, rechts und links (**Abb. 19.13**)
- *Übung 3:* Schrittkniebeuge – Squat Lunges, rechts und links (**Abb. 19.14**)

Tab. 19.1 Krafttraining

Tag	Serien	Intensität underloaded	Wiederholungen	Pause	Rhythmus
Montag	3	10–20 %	12	1 min	1/0/1
Dienstag	3	10–20 %	14	1 min	1/0/1
Mittwoch	3	10–20 %	16	1 min	1/0/1
Donnerstag	3	10–20 %	18	1 min	1/0/1
Freitag	3	10–20 %	20	1 min	1/0/1
Samstag	3	10–20 %	22	1 min	1/0/1
Montag	3	10–20 %	24	1 min	1/0/1
Dienstag	3	10–20 %	26	1 min	1/0/1
Mittwoch	3	10–20 %	28	1 min	1/0/1
Donnerstag	3	10–20 %	30	1 min	1/0/1
Freitag	3	10–20 %	32	1 min	1/0/1
Samstag	3	10–20 %	34	1 min	1/0/1



Abb. 19.12 Kniebeuge Basic Squat.

- *Übung 4:* Frontkniebeuge mit breiter Fußstellung – Front Squat (**Abb. 19.15**)

Abwärmen

5–10 min Ergometertraining.

Physiotherapeutische Behandlungen

In dieser Phase reduzieren wir die physiotherapeutischen Behandlungen auf 2-mal pro Woche. Die ödematöse Schwellung ist vollständig verschwunden, daher ist die manuelle Lymphdrainage nicht mehr erforderlich. Die physikalischen Anwendungen wie Laser und Magnetfeldtherapie sind aufgrund der positiven Entwicklung auch nicht mehr notwendig. Natürlich ist für Verbesserungen auch die Zeit ein wesentlicher Faktor, den man berücksichtigen muss.

Die Behandlung beschränkt sich auf detonisierende Maßnahmen der arbeitenden Muskulatur, um die Regeneration zu verbessern. Dies gilt sowohl für die Muskulatur des betroffenen Beines als auch die Muskulatur des durch das Training stark beanspruchten Restkörpers.

Die Therapieeinheiten umfassen:

- Weichteiltechniken wie Funktionsmassagen und Quermassagen
- Friktionen und Mobilisationen der Fußwurzelknochen und Mittelfußknochen

Der Tape-Verband wird in dieser Phase von mir bewusst weggelassen, um eine optimale Funktionsaufnahme des Fußes durch die Übungen zu erreichen.

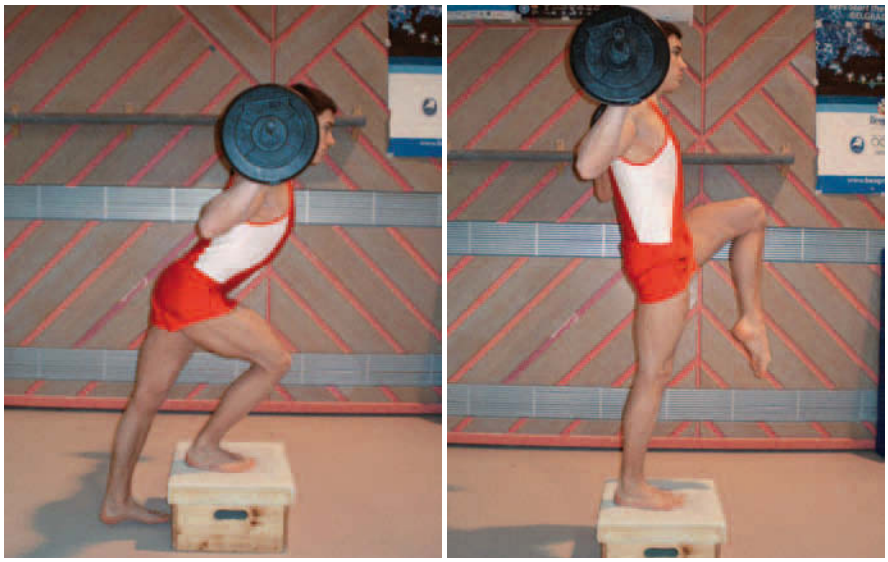


Abb. 19.13 Step up.



Abb. 19.14 Schrittkniebeuge – Squat Lunges.



Abb. 19.15 Frontkniebeuge – Front Squat.

Wiederbefundung

Der Wiederbefund nach 5 Wochen ist sehr erfreulich. Die Testung führe ich nach dem gleichen Prinzip wie bei der Erstuntersuchung durch. Ergebnis: Es ist kein Schmerz mehr auszulösen!

Im Seitenvergleich ist auffällig, dass die Muskulatur des betroffenen Unterschenkels deutlich an Masse verloren hat, die des Oberschenkels hingegen nur geringfügig. Dies ist auf das konsequente Restkörpertraining von R. zurückzuführen. Die Oberschenkelmuskulatur des verletzten Beins wird durch Beinstrecker- und Beinbeugerübungen trainiert mit dem Nachteil, dass das Training nur in der offenen Kette möglich ist, was keinen optimalen Transfer in den Turnsport bietet.

19.7.4 Phase III: Progressiver Belastungsaufbau und Verbesserung des Kraftniveaus

Therapieziele und Übungen dieser Phase

Als neue Ziele werden definiert:

- Einstieg ins Krafttraining unter Einbeziehung der verletzten Struktur in die Aktivität
- Ausgleich der Atrophie im betroffenen Unterschenkel bis zur 12.–13. Woche

Übungen in dieser Phase sind:

- koordinative Übungen aus dem Gang-ABC
- Übergang in das Lauf-ABC. Es dient der Verbesserung der Beinachse in der Dynamik, Lauftechnik und Koordination
- Einstieg in das Krafttraining über die Kraftausdauermethode zur Hypertrophiemethode
- Gleichgewichts- und Koordinationsübungen mit und ohne labile Unterstützungsflächen als Bestandteil des Aufwärmens

Ab diesem Zeitpunkt werden Trainingsreize gesetzt und es müssen Superkompensationszeiten beachtet werden.

Die Kraftausdauermethode ist ein Training zur Verbesserung der Widerstandsfähigkeit des Muskels gegen Ermüdung bei lang andauernden oder häufig wiederholten Bewegungen. Die Intensität liegt bei 60 % der maximalen Leistungsfähigkeit.

Die Hypertrophiemethode ist ein Training zur Verbesserung des Muskelquerschnitts. Die Intensität liegt bei 70–85 % der maximalen Leistungsfähigkeit.

Aufbau der Übungen

Wie in der letzten Phase plante ich wieder 2 Blöcke, einen Koordinationsblock vormittags und einen Kraftblock nachmittags.

Block 1 – vormittags

Aufwärmen

Wechsel vom Ergometer auf den Crosstrainer, um den Fuß etwas mehr zu belasten: 5–10 min.

Hauptteil

Die Wegstrecke für Gang- und Lauf-ABC wurde von 10 m auf 15 m erhöht.

Gang-ABC

- *Übung 1:* 3 Längen Vorwärtsgehen, mit Betonung des Abrollens und des Kniehubs
- *Übung 2:* 4 Längen seitliches Übersteigen, abwechselnd vorn und hinten, davon jeweils 2 Schritte rechts beginnend und 2 Schritte links beginnend
- *Übung 3:* 3 Längen Rückwärtsgehen mit Betonung des Abrollens vom Ballen über die Ferse und des Kniehubs

Übergang Lauf-ABC

- *Übung 4:* 2 Längen Trippling vorwärts – Fußgelenkarbeit
- *Übung 5:* 2 Längen Trippling rückwärts
- *Übung 6:* 2 Längen Trippling seitlich
- *Übung 7:* 2 Längen Trippling im 3er-Rhythmus mit aktivem Fußaufsatz – Tapping

Abwärmen

5 min Crosstrainer. Auf die Stabilisierung der Beinachse und die exakte Ausführung der Technik lege ich besonderen Wert.

Block 2 – nachmittags

Krafttraining in der Kraftausdauermethode

Ich erhöhe die Intensität auf ungefähr 40 % des One-Repetition-Maximums (1 RM) und reduziere zu Beginn die Anzahl an Wiederholungen. Dadurch möchte ich in dieser Woche eine gute Anpassung des Gewebes durch eine erneute Umfangsteigerung pro Tag bei gleichbleibendem Gewicht erreichen.

Das One-Repetition-Maximum ist jener Wert, den ein Athlet bei einer bestimmten Übung mit maximalem Krafteinsatz in einer Wiederholung ausführen kann. Dieser Wert wird meist in Kilogramm angegeben und entspricht 100 % für diese Übung. Diese 100 % dienen als Bemessungsgrundlage für die Trainingsplanung.

Es kommen 2 weitere Übungen dazu, die in dieser Woche noch ohne Zusatzgewicht trainiert werden.

- *Übung 1:* Kniebeuge – Basic Squat
- *Übung 2:* Wadenheber – Calf Raises mit gestrecktem Kniegelenk ohne Zusatzgewicht (**Abb. 19.16** a-b)

Außerdem

- *Übung 3:* Stufensteigen – Step up
- *Übung 4:* Wadenheber – Calf Raises mit gebeugtem Kniegelenk ohne Zusatzgewicht (**Abb. 19.17** a-b)
- *Übung 5:* Schrittkniebeuge – Squat Lunge
- *Übung 6:* Frontkniebeuge – Front Squat

Entwicklung des Krafttrainings

6. posttraumatische Woche

Tab. 19.2 Krafttraining Woche 6

Tag	Serien	Intensität	Wiederholungen	Pause	Rhythmus
Montag	3	40 %	10	1 min	2/0/1
Dienstag	3	40 %	15	1 min	2/0/1
Mittwoch	3	40 %	20	1 min	2/0/1
Donnerstag	3	40 %	25	1 min	2/0/1
Freitag	3	40 %	30	1 min	2/0/1
Samstag	3	40 %	35	1 min	2/0/1
Sonntag	3	40 %	40	1 min	2/0/1



Abb. 19.16 Wadenheber – Calf Raises mit gestrecktem Kniegelenk.



Abb. 19.17 Calf Raises mit gebeugtem Kniegelenk.

7. posttraumatische Woche

In der darauffolgenden Woche steigere ich jeden 2. Tag das Gewicht und reduziere dabei die Anzahl an Wiederholungen.

Tab. 19.3 Krafttraining Woche 7

Tag	Serien	Intensität	Wiederholungen	Pause	Rhythmus
Montag	3	45 %	35	1 min	2/0/1
Dienstag	3	45 %	35	1 min	2/0/1
Mittwoch	3	50 %	30	1 min	2/0/1
Donnerstag	3	50 %	30	1 min	2/0/1
Freitag	3	55 %	25	2 min	2/0/1
Samstag	–	–	–	1 ganzer Tag	
Sonntag	3	60 %	20	2 min	2/0/1

Die Übungen und der Bewegungsrhythmus werden gegenüber der 6. Woche nicht verändert.

Die Reihenfolge der Übungen in einer Trainingseinheit wird von mir so strukturiert, dass die koordinativ anspruchsvollen Übungen vor den koordinativ leichteren Übungen geplant werden. Als Verletzungsprophylaxe lege ich bei allen Übungen größten Wert auf exakte Ausführung der Technik und perfekte Stabilisation der Beinachse sowie der Fußstellung.

8. posttraumatische Woche

Veränderung im Restkörpertraining

Ab diesem Zeitpunkt ist es wieder erlaubt, dass im Training, sowohl im turnspezifischen Training als auch im Krafttraining, Laktat gebildet wird.

> Laktat hat in der Umbauphase der Wundheilung keinen negativen Einfluss mehr.

R. darf sich in der Aufwärmphase für das Turntraining wieder auf der Mattenbahn einlaufen; er wird angeleitet, die Gleichgewichtsübungen, die Übungen aus dem Gang-ABC und dem Lauf-ABC ins Aufwärmen einzubauen. Der Schwerpunkt des Turntrainings sollte nach wie vor auf der Belastung der oberen Extremität und des Rumpfes liegen.

Koordinative Übungen

Die koordinativen Übungen werden weiterhin 1-mal täglich durchgeführt. Die Ausführung wird intensiviert und es kommen neue Übungen aus dem Lauf-ABC dazu:

- Anfersen
- Skipping
- Kniehebelauf

Dies dient zur weiteren Vorbereitung der verletzten Struktur auf die folgenden Belastungsreize.

Tab. 19.4 Krafttraining Woche 8

Tag	Serien	Intensität	Wiederholungen	Pause	Rhythmus
Montag	–	–	–	1 ganzer Tag	–
Dienstag	3	60 %	20	2 min	2/0/1
Mittwoch	–	–	–	1 ganzer Tag	–
Donnerstag	3	60 %	20	2 min	2/0/1
Freitag	–	–	–	1 ganzer Tag	–
Samstag	3	60 %	20	2 min	2/0/1
Sonntag	–		–	1 ganzer Tag	–

Krafttraining

Für die 8. posttraumatische Woche ist beim Krafttraining in der Planung zu berücksichtigen, dass ab einer Trainingsintensität von 60 % des 1 RM eine Superkompensation (Erholungszeit) von 48 Stunden notwendig ist. Dies bedeutet, dass R. nur noch jeden 2. Tag Kraftausdauertraining der unteren Extremität auf dem Trainingsplan hat.

> Die Superkompensationszeit gibt an, welche Zeit notwendig ist, um die entleerten Speicher der trainierten Muskulatur wieder aufzufüllen.

Trainiert wird dienstags, donnerstags und samstags.

- *Übung 1:* Kniebeuge – Basic Squat. Aufwärmübung mit reduziertem Gewicht: 70 % des Trainingsgewichts
- *Übung 2:* Wadenheber – Calf Raises mit gestrecktem Kniegelenk (**Abb. 19.16**)
- *Übung 3:* Treppab steigen – Step down (**Abb. 19.18**)
- *Übung 4:* Wadenheber – Calf Raises mit gebeugtem Kniegelenk
- *Übung 5:* Stufen steigen – Step up
- *Übung 6:* Schrittkniebeuge seitlich (**Abb. 19.19**)
- *Übung 7:* Frontkniebeuge – Front Squat (**Abb. 19.15**)

9. posttraumatische Woche

Koordinationstraining

Das Koordinationstraining bleibt fixer Bestandteil des Vormittagstrainings, die Übungen werden an das Trainingsniveau angepasst.

Krafttraining

Diese Woche definiere ich als Übergangswoche vom Kraftausdauertraining ins Hypertrophietraining. Die Intensität wird weiter gesteigert und dabei die Wiederholungsanzahl reduziert. Weiterhin wird auch der Bewegungsrhythmus verändert. Die exzentrische Belastungsphase wird verlängert und verlangsamt: 3/0/1. Im Hypertrophietraining ist besonders darauf zu achten, dass der



Abb. 19.18 Treppab steigen – Step down.



Abb. 19.19 Schrittkniebeuge seitlich.

Tab. 19.5 Krafttraining Woche 9

Tag	Serien	Intensität	Wiederholungen	Pause	Rhythmus
Montag	1	65 %	15	3 min	3/0/1
	2 + 3	70 %	12	3 min	3/0/1
Dienstag kein Training					
Mittwoch	1	70 %	12	3 min	3/0/1
	2 + 3	75 %	10	3 min	3/0/1
Donnerstag kein Training					
Freitag	3	75 %	10	3 min	3/0/1
Samstag kein Training					
Sonntag	1	75 %	10	3 min	3/0/1
	2	80 %	8	3 min	3/0/1
	3	75 %	so viele wie möglich	3 min	3/0/1
Montag kein Training					

Proband zwischen den einzelnen Wiederholungen auf keinen Fall die Muskelspannung verliert.

Die Übungen verändern sich gegenüber der 8. Woche nicht.

10. posttraumatische Woche – Hypertrophietraining

Das Hypertrophietraining plane ich mit einer Intensität von 80 % des 1 RM.

Aufwärmen für das Hypertrophietraining

Das Aufwärmen gestalte ich übungsspezifisch:

- Als Einstiegsübung wähle ich eine Übung, die eine Vielzahl der Muskelgruppen der unteren Extremität beansprucht, z. B. Kniebeuge in Kombination mit Wadenheber.
- Die 1. und 2. Serie des Aufwärmens wird mit 50 % des Trainingsgewichts und 10 Wiederholungen absolviert.
- Die dritte Serie mit 75 % des Trainingsgewichts und 8 Wiederholungen.
- dazwischen jeweils 2 min Pause
- Im Anschluss wird die erste Übung aus dem Trainingsprogramm mit 75 % des Trainingsgewichts und 10 Wiederholungen durchgeführt.

- danach 2 min Pause

Ziel des übungsspezifischen Aufwärmens ist es, sämtliche Strukturen wie Gelenke, Knorpel, Kapsel, Sehnen, Bänder und Muskulatur für die folgende Belastung vorzubereiten. Es ist auch wichtig, in das richtige Energiesystem einzusteigen. Dieses Prinzip des Aufwärmens für das Krafttraining wird von nun an bei jedem Training angewandt.

Erst danach wird mit dem eigentlichen Training in der vorgesehenen Intensität begonnen.

Das Aufwärmen darf auf keinen Fall ermüdend oder laktazid sein, die Speicher dürfen nicht erschöpft werden.

Hypertrophietraining

Tab. 19.6 Krafttraining Woche 10

Tag	Serien	Intensität	Wiederholungen	Pause	Rhythmus
Dienstag	3	80 %	8–12	4 min	3/0/1
Donnerstag	3	80 %	8–12	4 min	3/0/1
Samstag	3	80 %	8–12	4 min	3/0/1

Dienstag
- *Übung 1:* Treppab steigen – Step down (s. **Abb. 19.18**)
- *Übung 2:* Wadenheber – Calf Raises mit gestrecktem Kniegelenk (s. **Abb. 19.16**)
- *Übung 3:* Schrittkniebeuge – Squat Lunges (s. Abb. **Abb. 19.14**)
- *Übung 4:* Wadenheber – Calf Raises mit gebeugtem Kniegelenk (s. **Abb. 19.17**)
- *Übung 5:* Schrittkniebeuge seitlich (s. **Abb. 19.19**)
- *Übung 6:* Kniebeuge – Basic Squat (s. **Abb. 19.12**)

Donnerstag
- *Übung 1:* Stufen steigen – Step up (s. **Abb. 19.13**)
- *Übung 2:* Wadenheber – Calf Raises mit gebeugtem Kniegelenk (s. **Abb. 19.17**)
- *Übung 3:* Treppab steigen – Step down (s. **Abb. 19.18**)
- *Übung 4:* Wadenheber – Calf Raises mit gestrecktem Kniegelenk (s. **Abb. 19.16**)
- *Übung 5:* Schrittkniebeuge seitlich (s. **Abb. 19.19**)
- *Übung 6:* Frontkniebeuge – Front Squat (s. **Abb. 19.15**)

Samstag
- *Übung 1:* Treppab steigen – Step down (s. **Abb. 19.18**)
- *Übung 2:* Wadenheber – Calf Raises mit gestrecktem Kniegelenk (s. **Abb. 19.16**)
- *Übung 3:* Schrittkniebeuge – Squat Lunges (s. **Abb. 19.14**)
- *Übung 4:* Wadenheber – Calf Raises mit gebeugtem Kniegelenk (s. **Abb. 19.17**)
- *Übung 5:* Schrittkniebeuge seitlich (s. **Abb. 19.19**)
- *Übung 6:* Kniebeuge – Basic Squat (s. **Abb. 19.12**)

11. posttraumatische Woche:

Wir entschließen uns, noch 1 weitere Woche im Hypertrophietraining zu bleiben, steigern aber die Intensität langsam von 80 % auf 85 % des 1 RM.

Durch die Intensitätserhöhung ist es erforderlich, die Superkompensationszeit von 48 Stunden auf 72 Stunden zu erhöhen. In der 11. posttraumatischen Woche wird daher am Montag, Donnerstag und Sonntag trainiert. Die Übungen der einzelnen Trainingseinheiten bleiben gleich.

Tab. 19.7 Krafttraining Woche 11

Tag	Serien	Intensität	Wiederholungen	Pause	Rhythmus
Montag	1	80 %	10	3 min	3/0/1
	2	85 %	6–8	3,5 min	3/0/1
	3	80 %	8–10	3 min	3/0/1
Donnerstag	1	80 %	8–10	3 min	3/0/1
	2 + 3	85 %	6–8	3,5 min	3/0/1
Sonntag	3	85 %	6–8	3,5 min	3/0/1

Die Behandlung wird auf 1-mal pro Woche reduziert und auf 1 Stunde ausgedehnt. Wir nutzen die Zeit, um alle Befunde immer wieder zu überprüfen. Mittlerweile ist der durch den Reflexhammer erzeugte Klopfschmerz ganz verschwunden und auch sonst sind keine Auffälligkeiten mehr festzustellen. Im Vordergrund der Behandlung stehen Funktionsmassagen und regenerative Maßnahmen.

In den Therapieeinheiten wird auch über das weitere Training gesprochen und das vergangene Training analysiert. Als wir R. im Training beobachten, können wir eine Verbesserung der Stabilisierung der Beinachse feststellen und auch die Einstellungen des Unterschenkels und des Fußes zeigen schon eine Korrektur. Dies ist besonders wichtig, um später eine Rezidivverletzung zu vermeiden.

Vorbereitung auf die nächste Rehabilitationsphase

Speziell für den verletzten Fuß verwende ich nach wie vor Techniken aus der manuellen Medizin und kümmere mich um die wichtigsten Muskelansätze des Fußes in Form von Funktionsmassagen, Quermassagen und Friktionen. Ziel ist es, den Fuß optimal auf die letzte Behandlungsphase, den Einstieg in die Reaktivkraftleistungen, vorzubereiten.

Wir müssen uns über das intramuskuläre Koordinationstraining zum Training im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (DVZ) vorarbeiten. Dies bedeutet die höchste Belastung für die verletzte Struktur und auch das größte Verletzungsrisiko. Diese Form des Trainings ist aber unbedingt notwendig, um einen Einstieg ins volle turnspezifische Training zu schaffen.

12. posttraumatische Woche

Am Montag der 12. Woche findet eine MRT-Kontrolle statt.

Das Ergebnis zeigt eine deutliche Verbesserung im Vergleich zum Vorbefund. Das Ödem im Os metatarsale II ist nur noch minimal zu erkennen. Es gibt keinen Nachweis für ossäre Destruktionen und keine rezenten traumatischen Veränderungen.

Der Arzt gibt aufgrund des positiven Befunds nun auch Reaktivkraftbelastungen der unteren Extremität im turnspezifischen Training frei; dies aber nur unter der Voraussetzung, dass durch die erhöhte Belastung keine erneuten Schmerzen auftreten. Daher wird auf Matten und Weichböden geturnt.

Aus physiotherapeutischer Sicht ist dieses Ergebnis sehr erfreulich, denn es ist der Beweis, dass die von uns eingesetzten Maßnahmen den gewünschten Erfolg gebracht haben. Für uns ist nun die letzte Phase der Rehabilitation angebrochen und wir stehen kurz davor, diese zu einem positiven Abschluss zu bringen.

19.7.5 Phase IV: Wiedereinstieg ins volle Trainings- und Wettkampfgeschehen

Ich plane den Übergang von der medizinischen Trainingstherapie und des Target Tissue Training in das volle turnspezifische Training für die letzten 3 Wochen der Rehabilitation: Woche 12., 13. und 14. posttraumatisch.

Zu diesem Thema führe ich Mitte der 12. posttraumatischen Woche ein eingehendes Gespräch mit allen Beteiligten: R., Trainer und Eltern. Wir entscheiden uns, weitere 3 Wochen als Vorbereitung für das Training im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus zu nutzen und den DVZ zum Abschluss zu bringen. Das Target Tissue Training sowie das medizinische Training sollen danach beendet werden.

Therapie

Auch im letzten Abschnitt findet die Therapie 1-mal pro Woche statt, die Befunde werden überprüft und regenerative Maßnahmen durchgeführt. Am Ende der 14. posttraumatischen Woche soll R. in das turnspezifische Training entlassen werden.

Training

Der Koordinationsblock wird von mir so verändert, dass der Schwerpunkt auf der Vorbereitung des Trainings der Reaktivkraft und des DVZ liegt.

Als Reaktivkraft wird die möglichst kurze Kopplung (meist weniger als 200 ms) der exzentrisch-konzentrischen Schnellkraft in beiden Phasen des Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (DVZ) bezeichnet. Man unterteilt in diesem Kontext den Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus in:

- langer DVZ (>200 ms), z. B. in der Knie- und Hüftgelenksmuskulatur
- kurzer DVZ (<200 ms), z. B. in der Sprunggelenksmuskulatur

Turntraining

In dieser Zeit darf R. bereits mit einfachen Akrobatikserien am Boden beginnen, mit Ausnahme der Tage, an denen das intramuskuläre Koordinationstraining und in späterer Folge das spezielle Training des kurzen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (Drop Jumps) auf dem Trainingsplan steht.

Sprünge soll er in diesen 3 Wochen noch vermeiden, da sonst die Gesamtbelastung aus der medizinischen Trainingstherapie und dem turnspezifischen Training zu groß wäre. Für die Landungen von den unterschiedlichen Geräten wie Reck, Barren und Ringe sollen spezielle Matten verwendet werden, um die Stoßbelastung zu mindern und um wieder ein Gefühl für das Timing entwickeln zu können.

Aufbau reaktiver Sprungkraftleistung

- Stufe 1: konzentrische Aufsprünge auf einen Kasten – Squat Jump (**Abb. 19.20**)
- Stufe 2: exzentrische Landung (**Abb. 19.21**)
- Stufe 3: Aufspringen mit Ausholbewegung – Counter Movement Jump: langer Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (**Abb. 19.22**)
- Stufe 4: reaktive Sprünge:
  - a Zweibeinsprünge auf der Bodenfläche
  - b Sprünge aus verschiedenen Fallhöhen – Drop Jump: kurzer Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus

Koordinationstraining in der 12. posttraumatischen Woche

Training jeden 2. Tag, jedoch nicht an den Krafttrainingstagen.

Aufwärmen

- 5 min lockeres Einlaufen auf der Bodenfläche
- dynamisches Dehnen der zu beanspruchenden Muskelgruppen
- Lauf-ABC, 2 Längen Trippling, 2 Längen Kniehebelauf, 2 Längen Anfersen
- Sprung-ABC, 2 Längen Stoppsprünge vorwärts und 2 Längen Stoppsprünge rückwärts



Abb. 19.20 Konzentrische Aufsprünge auf einen Kasten – Squat Jump.

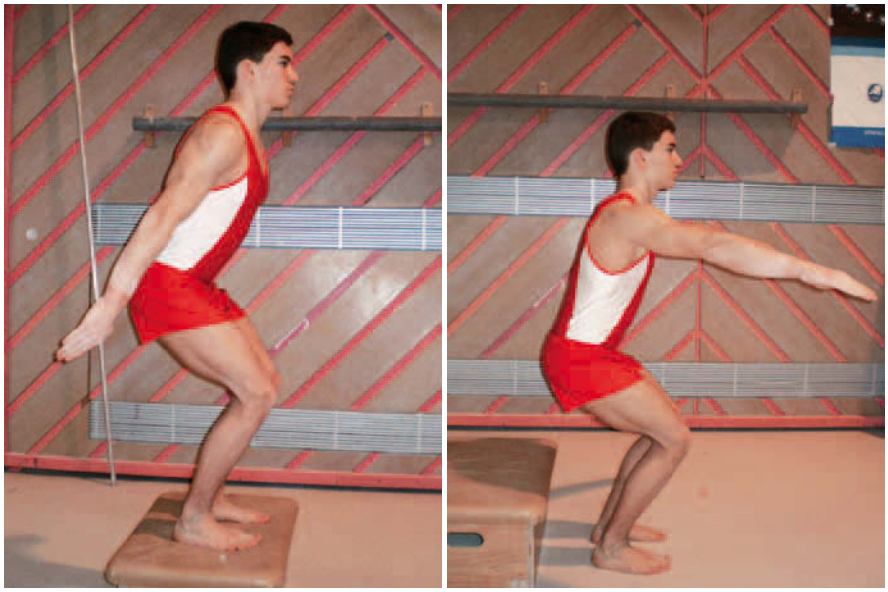


Abb. 19.21 Exzentrische Landung.

Hauptteil

3-mal 10 Aufsprünge auf einen Kasten, Intensität 50% der maximalen Sprungleistung (s. **Abb. 19.20** a-b), Serienpause 5 min, Wiederholungspause, langsames Zurückgehen: 5–10 sec.

3-mal 10 Landungen vom Kasten, Intensität 50% der maximalen Sprungleistung (s. **Abb. 19.21** a-b), Serienpause 5 min, Wiederholungspausen, langsames Zurückgehen: 5–10 sec.

Abwärmen

5 min Auslaufen auf der Bodenfläche.

In dieser Woche werden bewusst nur Übungen aus Stufe 1 und 2 trainiert, um der verletzten Struktur Zeit zu geben, sich an die Belastung zu gewöhnen.

Krafttraining in der 12. posttraumatischen Woche

In dieser Woche soll der Übergang von der Hypertrophiemethode in die IMK-Methode (Intramuskuläre Koordination) geschafft werden. Hierzu ist es notwendig, die Übungsanzahl pro Training zu reduzieren und Übungen auszuwählen, bei denen ein möglichst geringes Verletzungsrisiko bei sehr hoher Belastung besteht. Es sollen nun Intensitäten von 90% und mehr des 1 RM erreicht werden.



Abb. 19.22 Aufspringen mit Ausholbewegung – Counter Movement Jump.

Aufwärmen für das IMK-Training

Der Aufbau bleibt wie beim Aufwärmen für das Hypertrophietraining, jedoch werden pro Serie weniger Wiederholungen, ca. 5–6, trainiert. Außerdem ist es sehr wichtig, Übungen zur Tonisierung der Rumpfmuskulatur einzubauen, um die Wirbelsäule während des Trainings optimal stabilisieren zu können.

- *Übung 1:* Wadenheber – Calf Raise mit gestrecktem Knie einbeinig links und rechts (s. **Abb. 19.16**)
- *Übung 2:* Stufen steigen – Step up mit Führungskontakt des Therapeuten links und rechts (s. **Abb. 19.13**)
- *Übung 3:* Wadenheber – Calf Raise mit gebeugtem Knie einbeinig links und rechts (s. **Abb. 19.17**)
- *Übung 4:* Kniebeuge – Basic Squat (s. **Abb. 19.12**)

Tab. 19.8 Krafttraining Woche 12

Tag	Serien	Intensität	Wiederholungen	Pause	Ausführung
Mittwoch	1	85 %	6	4 min	konzentrisch, explosiv
	2 + 3	90 %	5	6 min	konzentrisch, explosiv
Samstag	3	90 %	5	6 min	konzentrisch, explosiv

Koordinationstraining in der 13. posttraumatischen Woche

Training jeden 2. Tag, jedoch nicht an den Krafttrainingstagen.

Aufwärmen

- 5 min lockeres Einlaufen auf der Bodenfläche
- dynamisches Dehnen der zu beanspruchenden Muskelgruppen
- Lauf-ABC, 2 Längen Trippling, 2 Längen Kniehebelauf, 2 Längen Anfersen
- Sprung-ABC, 2 Längen Stoppsprünge vorwärts und 2 Längen Stoppsprünge rückwärts, 2 Längen 2-beinige reaktive Sprünge und 2 Längen einbeinige reaktive Sprünge im Rhythmus 3 links, 3 rechts

Hauptteil

3-mal 10 Aufsprünge einbeinig auf einen Kasten mit Ausholbewegung – Counter Movement Jump, Intensität 50 % der maximalen Sprungleistung (s. **Abb. 19.22**), Serienpause 5 min, Wiederholungspausen, langsames Zurückgehen: 5–10 sec.

3-mal 10 Landungen vom Kasten einbeinig, Intensität 50 % der maximalen Sprungleistung (s. **Abb. 19.23**), Serienpause 5 min, Wiederholungspausen: langsames Zurückgehen 5–10 sec.

Abwärmen

5 min Auslaufen auf der Bodenfläche.

In dieser Woche werden schon Übungen aus Stufe 3 und 4 trainiert, jedoch noch in geringer Intensität, um der verletzten Struktur Zeit zu geben, sich an die Belastung zu gewöhnen.

Krafttraining in der 13. posttraumatischen Woche

- *Übung 1:* Wadenheber – Calf Raise mit gestrecktem Knie einbeinig links und rechts
- *Übung 2:* treppab steigen – Step down mit Führungskontakt des Therapeuten links und rechts

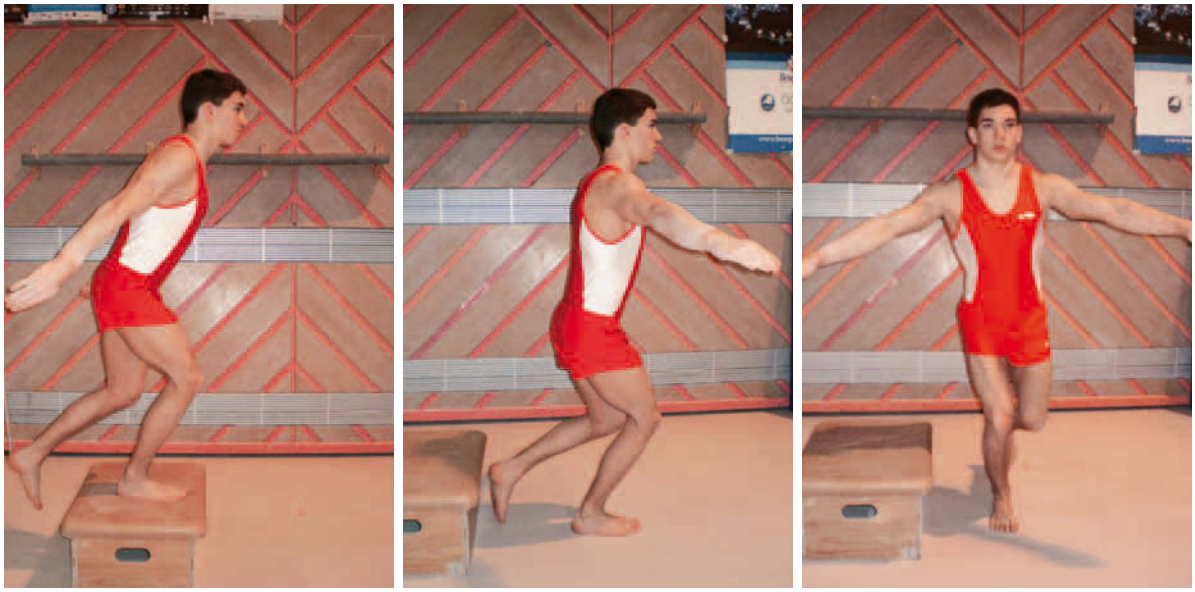


Abb. 19.23 Landung vom Kasten, einbeinig.

- *Übung 3:* Wadenheber – Calf Raise mit gebeugtem Knie einbeinig links und rechts
- *Übung 4:* Kniebeuge – Basic Squat

Tab. 19.9 Krafttraining Woche 13

Tag	Serien	Intensität	Wiederholungen	Pause	Ausführung
Dienstag	3	90 %	5	6 min	konzentrisch, explosiv
Freitag	1	90 %	5	6 min	konzentrisch, explosiv
	2	95 %	3	8 min	konzentrisch, explosiv
	3	90 %	3–5	8 min	konzentrisch, explosiv

Koordinationstraining in der 14. posttraumatischen Woche

Das Koordinationstraining wird in dieser Woche stark reduziert. Es beschränkt sich darauf, Übungen aus dem Gang-, Lauf- und Sprung-ABC in das Aufwärmen des turnspezifischen Trainings einzubauen. Dies ist notwendig, da im Anschluss bereits reaktive Sprungkraftleistungen der unteren Extremität trainiert werden; zu diesem Zeitpunkt noch in reduzierter Form.

Training im kurzen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus – Drop Jumps

Das Krafttraining in der 14. posttraumatischen Woche ersetze ich durch ein Training im kurzen DVZ.

Aufwärmen

- 5 min Einlaufen auf der Bodenfläche
- im Anschluss daran Übungen aus dem Gang-, Lauf- und Sprung-ABC für 15–20 min
- dazwischen dynamisches Dehnen für die zu beanspruchende Muskulatur
- tonussteigernde Übungen für die Rumpfmuskulatur in verschiedenen Ausgangsstellungen: Bauchlage, Rückenlage, Seitenlage, Liegestützpositionen und im Stehen

Hauptteil

Drop Jumps aus 20 cm Fallhöhe.

Tab. 19.10 Training im kurzen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus – Drop Jumps

Tag	Serien	Wiederholungen	Serienpause	Wiederholungspause	Ausführung
Montag	3	10	10 min	8–10 sec	submaximal
Donnerstag	3	10	10 min	8–19 sec	maximal

Abwärmen

5 min lockeres Auslaufen und 20 min Gymnastik.

19.7.6 Abschluss der Rehabilitation

Letzte Therapieeinheit

In der letzten Therapieeinheit werden alle Untersuchungen wiederholt, die am Beginn der Rehabilitation durchgeführt wurden. Ebenso führe ich noch einmal alle Funktionstests im Seitenvergleich durch.

Das Ergebnis ist sehr zufriedenstellend, bei den Tests kann keinerlei Schmerz ausgelöst werden. Im Seitenvergleich zur nichtverletzten Seite sind keine Auffälligkeiten mehr auszumachen.

R. gibt an, dass er sich absolut fit fühlt und im Training schon gar nicht mehr an die Verletzung denkt. Dies ist für mich ein gutes Zeichen und untermauert die Entscheidung, die Rehabilitation nun abzuschließen, damit sich R. wieder voll auf das Kunstturntraining konzentrieren kann.

Abschlussgespräch mit R. und seinem Trainer

Um ein Rezidiv zu vermeiden, planen wir für die nächsten 2 Wochen eine Fortführung des in der 14. posttraumatischen Woche begonnenen Trainings im kurzen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus. Ab dann sollte das Kunstturntraining wieder ohne Einschränkung möglich sein.

Der Trainer versichert mir, R. sehr behutsam an alle Aufgaben heranzuführen. Wir sprechen über Erholungszeiten und vereinbaren, dass reaktive Kraftbelastungen der unteren Extremität mit ausreichenden Pausen und nur an bestimmten Tagen trainiert werden dürfen.

Da ich die Turner des Turnleistungszentrums ohnehin physiotherapeutisch betreue, sind wir auch in Zukunft in Kontakt. Sollte ein Problem auftreten, ist gewährleistet, dass ich rasch reagieren kann. Dies war aber bisher nicht notwendig, da R. keinerlei Beschwerden mehr zeigte.

Literatur

van den Berg F. Angewandte Physiologie: Das Bindegewebe des Bewegungsapparates verstehen und beeinflussen. Bd. 1. Stuttgart: Thieme; 1999

www.Sportaerztebund.de/pub_ermuedungsfrakturen.html; Stand: 25.03.2009



20 Fallbeispiel: Lumbale Instabilität

Fritz Zahnd

20.1 Was ist Instabilität?

Bei jeder Beschreibung von Stabilitätsproblemen ist es unumgänglich, den Begriff der „Instabilität" genau zu definieren, wenn man vermeiden will, missverstanden zu werden oder in unfruchtbaren, zeitraubenden Diskussionen zu enden.

Sucht man nach Definitionen des Begriffs „Instabilität" stellt man fest, dass der Begriff je nach Kontext sehr unterschiedlich definiert wird.

Bei Wikipedia (http://de.wikipedia.org/wiki/Instabilität) findet man folgende Definition:

„Als Instabilität (von lat. instabilis, ohne festen Stand) bezeichnet man

- Unbeständigkeit, mangelnde Standfestigkeit oder Schwächen in einer Anordnung von Elementen.
- den Zustand eines Systems, dessen Verhalten man nicht mit einer ausreichenden Wahrscheinlichkeit vorhersagen kann. Dies ist meist dann der Fall, wenn die Eingaben in das System, ggf. auch Störungen, und/oder die inneren Abläufe derart komplex sind, dass sie sich einer genauen mathematischen Beschreibung entziehen."

Die allgemeinen Definitionen beziehen sich im Allgemeinen auf Gesetze der Physik.

Sobald man sich von einem naturwissenschaftlichen Kontext entfernt, werden die Definitionen für den Terminus „Instabilität" zu Interpretationen desselben.

In der allgemeinen Medizin z. B. wird der Terminus Instabilität häufig benutzt, um den Zustand eines Patienten oder eines Organsystems (z. B. Blutkreislauf, Zellwachstum usw.) zu beschreiben.

In der orthopädischen Medizin versteht man darunter eine Überbeweglichkeit aufgrund morphologischer Veränderungen. Als typisches Beispiel sei hier eine Beschreibung der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Fakultät für Klinische Medizin Mannheim, Klinik für Neurochirurgie genannt (http://www.ma.uni-heidelberg.de/inst/nch/html/instabilitat.html):

„Instabilität: Überbeweglichkeit zwischen einzelnen Wirbeln (Instabilität), die mit Beschwerden einhergehen kann. Als Ursache wird ein Abnehmen der Elastizität der Bänder, der Bandscheiben und der Gelenke aufgrund von Abnutzungserscheinungen genannt, was zu positions- und belastungsabhängigen Schmerzen führt."

Die Richtigkeit dieser Interpretationen soll hier nicht diskutiert werden.

Auch von Patienten werden typische Äußerungen gemacht, die von Untersuchern und Behandlern unterschiedlicher beruflicher Herkunft als Instabilitätsproblem interpretiert werden. In Cook et al. (2005) werden subjektive Aussagen von Patienten, die vom Untersucher und Behandler als typisch für ein bestimmtes Problem betrachtet werden, und objektive (messbare Befunde) Deskriptoren für die Instabilität der LWS beschrieben.

Dabei sind häufige subjektive Deskriptoren:

- „Nachgeben der LWS"
- „Blockieren"
- „Rausrutschen" während normaler Wirbelsäulenbewegungen
- „Einschießen" beim Hochkommen aus einer gebeugten Position
- die Notwendigkeit, die Wirbel durch Drehen in die richtige Position zu bringen
- sofortiger Schmerz beim Sitzen, der durch Stehen und Gehen verschwindet
- Schmerzen durch die ganze Bewegungsbahn und/oder ein „painful arc"

Anamnestisch werden von Patienten oft einzelne oder repetitive unfallartige Ereignisse angegeben. Sie erzählen

von schlechter Wirkung eines Krafttrainings, von LWS-Manipulation und LWS-Mobilisation.

Physiotherapeutische Erklärungen der Instabilität

Physiotherapeuten definieren den Begriff Instabilität je nach ihrer Ausbildung und ihrer Tätigkeit etwas unterschiedlich. Als Beispiel seien die Unterschiede in den beiden Manualtherapiekonzepten (Kaltenborn-Evjenth-Konzept und Maitland-Konzept) erwähnt.

- Im *Kaltenborn-Evjenth-Konzept* bedeutet Instabilität den Verlust der muskulären Kontrolle. Die muskuläre Kontrolle wird aktiv getestet.
- Im *Maitland Konzept* wird Instabilität eingeteilt in
  - „strukturelle Instabilität" (im Kaltenborn-Evjenth-Konzept = Hypermobilität) und
  - „funktionelle Instabilität" (im Kaltenborn-Evjenth-Konzept = Instabilität)

Biomechanische und neurophysiologische Aspekte

Der Verlust der muskulären Kontrolle kann sowohl die „lokale" als auch die „globale" Muskulatur" (Bergmark 1989) betreffen. Biomechanisch sind diese beiden Muskelgruppen unterschiedlich charakterisiert (**Tab. 20.1**).

Auch neurophysiologisch unterscheiden sich lokale und globale Muskeln. Vereinfacht kann dies folgendermaßen dargestellt werden:

Während lokale Muskeln eine Feedforward-Funktion zeigen (Aktionspotentiale 40–120 msec vor den globalen Muskeln) und richtungsunabhängig arbeiten (Richardson 2004), kontrahieren sich globale Muskeln nur, um ein Drehmoment in eine bestimmte Richtung oder Richtungskombination zu produzieren (Arbeit erledigen), nachdem die lokalen Muskeln sich schon kontrahiert haben. Dies gilt ebenso für Muskeln die eine Wirbelsäulenposition (nicht segmental) halten müssen.

Tab. 20.1 Biomechanische Charakteristika lokaler und globaler Muskeln der Wirbelsäule

Lokale Muskeln	Globale Muskeln
Muskelursprung und -ansatz an benachbarten Wirbeln	überziehen mehrere Segmente, ohne an allen Wirbeln anzusetzen
tiefe Schicht	mittlere und oberflächliche Schicht
klein	groß
Arbeit an kurzem Hebel	Arbeit an langem Hebel
produzieren kleines Drehmoment	produzieren große Drehmomente
verlängern und verkürzen sich um < 20 %	verlängern und verkürzen sich um > 20 %
stabilisieren ein Segment	stabilisieren oder bewegen einen Wirbelsäulenabschnitt, z. B. die LWS

Charakteristisch für den Verlust der muskulären Kontrolle sind der Verlust der Feedforward-Funktion sowie der Verlust der Richtungsunabhängigkeit der lokalen Muskeln und die Unfähigkeit der globalen Muskeln, einen Abschnitt der Wirbelsäule (z. B. Becken-LWS) in einer gewünschten Position im Raum zu halten.

Instabilität und Hypermobilität

Eine abnormal vergrößerte Beweglichkeit hingegen wird als Hypermobilität bezeichnet und passiv getestet (z. B. Joint-Play-Test). Durch die Kombination der 2 unterschiedlichen Zustände (Instabilität und Hypermobilität) ergeben sich folgende Möglichkeiten:

- Instabilität bei Hypermobilität
- Instabilität bei normaler Beweglichkeit
- Instabilität bei Hypomobilität
- Hypermobilität ohne Instabilität

All dies kann an der Wirbelsäule segmental und/oder regional vorkommen. Dass man es dabei mit unterschiedlichen klinischen Präsentationen zu tun hat, versteht sich von selbst.

Hypermobilität kann physiotherapeutisch im Sinne der restitutio ad integrum nicht behandelt, sondern nur (muskulär oder durch externe Fixatoren wie Schienen) kompensiert werden.

Bei der Behandlung von Instabilitäten (Verlust der muskulären Kontrolle) scheiden sich die Geister erneut darüber, was unternommen werden muss, um das klinische Muster „Instabilität" zu verbessern. Dabei gibt es vor allem 2 Lager:

- dominant neurophysiologischer Hintergrund (Queensland University, Brisbane, Australien)
- dominant biomechanischer Hintergrund (University of Waterloo, Ontario, Canada)

Bei diesem akademischen Disput sollte es für den Kliniker nicht darum gehen, wer recht hat, sondern darum, alle Aspekte der Dysfunktion mit den adäquaten Mitteln zu beheben.

Wie gezeigt besteht die Dysfunktion in einem neurophysiologischen und einem biomechanischen Funktionsverlust. Beide sind wichtig und stehen in einem gegenseitigen Abhängigkeitsverhältnis. Eine Frage könnte lauten: „Wie ist die beste Reihenfolge der Intervention?"

Hides et al. (1994, 1996, 2001) haben gezeigt, dass

- die Funktion der Mm. multifidii segmental, sogar unilateral verloren gehen kann

- sich die Funktion der Mm. multifidii aber nicht spontan erholt, obschon die Schmerzen spontan verschwinden können
- dass durch das Vernachlässigen des lokalen muskulären Funktionsaufbaus die Rezidivrate für lumbale Rückenschmerzen trotz Förderung des allgemeinen Aktivitätsniveaus (allgemeines Training) um ein Faktor 2.5 größer ist (Follow-up: 3 Jahre)

Aus diesem Grund macht es Sinn, zuerst mit einem lokalen Stabilitätstraining zu beginnen (low load contractions and holds der lokalen Muskeln) und danach, angepasst an die Fähigkeiten (momentaner Trainingszustand) und den Bedarf im täglichen Leben (Beruf, Hobby, Sport) des Patienten ein aufbauendes Training der globalen Muskulatur (Stabilisatoren und Mobilisatoren) durchzuführen.

Für Details wird auf Richardson (2004), McGill (2007) und Comerford und Mottram (2001) verwiesen.

20.2 Physiotherapeutische Untersuchung

Die Patientin I.P. kontaktierte mich während einer beruflichen Fortbildung und wurde Ende Oktober 2008 zum ersten Mal von mir untersucht.

20.2.1 Anamnese

I.P. ist eine 37-jährige Physiotherapeutin. Die Arbeitsbelastung als Leiterin einer Physiotherapieabteilung ist 80 %. 12 Jahre lang betrieb sie Leistungssport im Bereich der Leichtathletik (Distanzen: 100 m/200 m/400 m). Danach begann sie für ein paar Jahre zu biken, was sie aber nicht befriedigte. Seit 2008 ist sie Triathletin auf Leistungssportniveau. Zuerst trainierte sie ohne Trainer, seit Mai 2008 jedoch mit 3 Trainern. Die Trainingsbelastung war 16–20 h/Woche.

Seit Juli/August 2008 traten nach einer Intensivierung des Lauftrainings (> 50 km/Woche) und des allgemeinen Triathlontrainings lumbale linksbetonte Rückenschmerzen und Schmerzen im Bereich des Beckens (Beckenkamm) bds. bei längeren Laufeinheiten (> 30 min) auf. Die Schmerzen waren verbunden mit einem Müdigkeitsgefühl an der Lendenwirbelsäule. Die Symptome persistierten zum Teil über 2-3 Tage.

Endgradige Extension und Lateralflexion der Lendenwirbelsäule war ebenfalls schmerzhaft.

Längere Schwimmeinheiten (3 km) verursachten dieselben lumbalen Symptome wie das Laufen. Beim Radfahren war sie beschwerdefrei.

In derselben Zeit, in der die Beschwerden erstmals auftraten, war vom Lauftrainer eine Veränderung des Laufstils vorgenommen worden (Vorfußlauf, aufrechtere Körperhaltung, Stabilisation im Rumpfbereich). Dazu kam der Wechsel auf einen anderen Laufschuh.

Im täglichen Leben und bei der beruflichen Tätigkeit bestanden und bestehen auch weiterhin keine Einschränkungen oder Beschwerden.

Behandlung bis jetzt

Die unten stehenden Behandlungen wurden aufgrund der von verschiedenen Physiotherapeuten und Osteopathen erhobenen Befunden vorgenommen und haben zum Teil eine kurzfristige Veränderung gebracht.

- Triggerpunkt-Behandlung (M. quadratus lumborum)
- Weichteilbehandlung Gesäß
- Mobilisation der Fibulaköpfchen
- Mobilisation des rechten Calcaneus
- Mobilisation der mittleren/unteren Brustwirbelsäule
- Rumpfstabilisation als Eigentraining (unregelmäßig)
- Die Patientin erwähnt, dass sie das Training der Rumpfstabilität zugunsten anderer Trainings vernachlässigt habe
- Medikamente: Aspirin nach Bedarf. Zunehmend mehr Schmerzmittel z.T. auch vor Trainingseinheiten

Es liegen keine Röntgenbilder vor. Die Patientin hatte keine Unfälle oder Operationen, Pathologien im Bereich der Lendenwirbelsäule sind nicht bekannt. Es bestehen subjektiv keine neuralen Zeichen.

20.2.2 Arbeitshypothese

Es handelt sich dominant um ein Problem des Verlusts der muskulären Kontrolle auf segmentaler (lokale Muskulatur) wie auch auf globaler (globale Muskulatur) Ebene des LBH-Bereichs (LWS, Becken, Hüfte) bei gleichzeitiger segmentaler Hypermobilität des lumbosakralen Übergangs. Dies kann als klinisches Muster der lumbalen Instabilität bezeichnet werden. Zudem bestehen eine Bewegungsstörung im linken Hüftgelenk und eine Schwäche der Bauch- und Hüftmuskulat.

Planung der Behandlung

Aus der Anamnese geht hervor, dass die beschriebenen eher komplexen Beschwerden nur bei längerem Laufen und Schwimmen (nicht im täglichen Leben wie z.B. bei der Arbeit) auftreten. Bei der Bewegungsuntersuchung waren nur endgradige Bewegungen mit Überdruck lokal

schmerzhaft. Es gab keine funktionelle Demonstration. Man kann deshalb davon ausgehen, dass die Ursache der Beschwerden nicht eine akute oder subakute strukturelle Veränderung im LBH-Bereich ist. Alle gefundenen Bewegungsdysfunktionen deuten auf einen Verlust der muskulären Kontrolle im LBH-Bereich. Alle bisherigen Behandlungen waren auf die Veränderung von lokalen Befunden gerichtet, ohne dass ein plausibler (auch nur hypothetischer) kausaler Zusammenhang mit den Beschwerden hergestellt werden konnte. Auch der Versuch, die Rumpfstabilität durch Selbsttraining zu verbessern, was nicht konsequent genug durchgeführt worden war, hat höchstens die globale Stabilität angesprochen (globale Rumpfmuskulatur), ohne die Funktion der lokalen Muskeln zu verbessern, was eine Voraussetzung für globales Training ist.

Es wird deshalb angenommen, dass die Bewegungsstörung im linken Hüftgelenk und die Schwäche der Bauch- und Hüftmuskulatur nach längerer Belastung zum Zusammenbrechen der Kompensationsmechanismen führen. Dadurch kommt es zu veränderten Bewegungsmustern (lumbale Instabilität), was bei längerer Belastung zu einer Überlastung der Strukturen im LBH-Bereich führt und die beschriebenen Symptome auslöst.

Dementsprechend müssen die lokale und globale Stabilität aufgebaut und die beitragenden Faktoren wenn möglich eliminiert werden.

Tab. 20.2 Physische Untersuchung

Inspektion	I. P. ist 160 cm groß und 50 kg schwer. Sie hat allgemein eine gut entwickelte Muskulatur. Auffallend ist eine lang gezogene Kyphose der Brustwirbelsäule bis in den Bereich der oberen Lendenwirbelsäule. Die Beinachsen sind unauffällig. Das Gleichgewicht beim Stehen auf einem Bein ist gut und es bestehen keine auffälligen Kompensationen.
Aktive Bewegung	▪ Lendenwirbelsäule – Flexion ist unauffällig (Finger-Boden-Abstand, FBA = 0). – Rotation links und rechts ist symmetrisch und unauffällig. – *Lateralflexion ist symmetrisch. Findet beidseits vor allem im Bereich der unteren Lendenwirbelsäule statt. Endgradig mit Überdruck schmerzhaft im Bereich der Lendenwirbelsäule.* – *Extension findet vor allem im lumbosakralen Übergang statt und löst endgradig Schmerzen im Bereich der Lendenwirbelsäule aus.* ▪ Brustwirbelsäule – Flexion ist unauffällig. – Rotation links und rechts ist symmetrisch und unauffällig. – *Lateralflexion beidseits eingeschränkt, Kompensation lumbal.* – *Extension eingeschränkt. Kompensation lumbal.* ▪ Untere Extremität – Flexion Hüftgelenke und Knie (inkl. Hocke) symmetrisch und unauffällig. – *Extension Hüftgelenke beidseits reduziert. Kompensation im lumbosakralen Übergang.* – Knie unauffällig. – Außenrotation der Hüftgelenke in Extension und Flexion symmetrisch und unauffällig. – *Innenrotation der Hüftgelenke in Extension symmetrisch. Leichte Kompensation durch anteriore Rotation des Beckens (Extension im lumbosakralen Übergang). In Flexion symmetrisch und unauffällig.* – Abduktion und Adduktion der Hüftgelenke symmetrisch und unauffällig. Füße symmetrisch und unauffällig.
Passive Bewegung	▪ Physiologische Bewegungen Lendenwirbelsäule: – Flexion unauffällig. – *Extension und Rotation Hypermobilität im lumbosakralen Übergang (L5/S1).* ▪ Akzessorische Bewegungen Lendenwirbelsäule: – *Gelenkspiel (a.-p. Bewegungen): Hypermobilität im lumbosakralen Übergang (L5/S1).* ▪ Akzessorische Bewegungen Brustwirbelsäule: – Springing: generelle Hypomobilität. keine Symptome. ▪ Physiologische Bewegungen Hüftgelenke: – *Flexion links: früherer Widerstand und Hypomobilität mit Kompensation in Außenrotation, leicht schmerzhaft in Leiste und Gesäß links.* – Flexion rechts: unauffällig. – Außenrotation und Innenrotation in Extension: unauffällig. – *Innenrotation links in Flexion: Früherer Widerstand und Hypomobilität mit Kompensation in Lateralflexion der Lendenwirbelsäule, leicht schmerzhaft im Gesäß links.* – Innenrotation rechts in Flexion: unauffällig. – *Flexion/Adduktion links: Früherer Widerstand und Hypomobilität mit Kompensation in Beckenrotation rechts (Linksrotation der Lendenwirbelsäule), deutlich schmerzhaft in Leiste, Gesaß und Bereich der Lendenwirbelsäule links.* ▪ Physiologische Bewegungen Knie und Füße: – unauffällig.

Tab. 20.2 Fortsetzung

	▪ Akzessorische Bewegungen Hüftgelenke: – *Hüftgelenk links: gewichtstragender Teil: Traktion/Separation. Longitudinaler Zug: hypomobil, keine Separation möglich (Blockierung des linken Hüftgelenks).* – Hüftgelenk rechts: Ggewichtstragender Teil: Traktion/Separation. Longitudinaler Zug: normal beweglich, Separation möglich. ▪ Akzessorische Bewegungen Knie und Füße: – unauffällig.
Palpation	▪ *Palpationsschmerz über und zwischen den Spinosen L5 und S1.* ▪ Hartspann thorakal paravertebral bds. ▪ *Hypotonus multifidii lumbal bds.: Palpationsgefühl einer Leere.* ▪ *Triggerpunkte Glutealmuskulatur (bes. Glutaeus med. und Rotatoren) bds. links > rechts; Tensor fasc. latae. bds. links > rechts, Quadratus lumborum rechts.*
Muskellänge und Kraft	▪ *Leichte Verkürzung der Glutaeen, Piriformis, Iliopsoas, alle links > rechts.* ▪ *Relative Schwäche der anterioren und seitlichen Rumpfmuskulatur.* ▪ *Relative Schwäche der Abduktoren.*
Test der globalen Stabilität (globale muskuläre Kontrolle der Lendenwirbelsäule)	▪ Prone hip extension with knees extended (Sahrmann 2002). – *Beim Anheben des gestreckten Beines wird nur wenig in der Hüfte extendiert. Danach erfolgt eine Extension der Lendenwirbelsäule. Mögliche Dysfunktion: kurzer Hüftbeuger oder schlechte Kontrolle der Lendenwirbelsäule über die abdominale Muskulatur.* ▪ Rocking forward (Luomajoki 2007). – *Beim Vorwärtsbewegen aus dem 4-Fuß-Stand mit der Lendenwirbelsäule in neutraler Stellung wird die Lendenwirbelsäule extendiert. Mögliche Dysfunktion: schlechte Kontrolle der Lendenwirbelsäule über die abdominale Muskulatur.*
Test der segmentalen Stabilität (segmentale muskuläre Kontrolle) der Lendenwirbelsäule	Aus Rückenlage mit aufgestellten Beinen werden die Hüftgelenkflexoren angespannt. Durch intersegmentale Palpation (Palpationskontakt mit einem Finger zwischen 2 Spinosen mit Kontakt zu beiden) wird die Größe der Bewegung beurteilt. ▪ *Vergrößerter Bewegungsausschlag im Segemnt L5 gegenüber den anderen lubalen Segmenten: Verlust der lokalen muskulären Kontrolle im Segment L5.*
Neurologie	Weil aus der Anamnese keine Anzeichen einer neuralen Beteiligung vorliegen, wurde vorerst auf eine Untersuchung des neuralen Systems verzichtet.

Tab. 20.3 Zusammenfassung der physiotherapeutischen Beurteilung

Schlüsselpunkt	**Physiotherapeutische Beurteilung**
Symptome und Verhalten	Die 37-jährige Physiotherapeutin, die seit 12 Jahren Leistungssport (Leichtathletik) betreibt, hat seit Juli/August 2008 nach einer Intensivierung des Lauftrainings (> 50 km/Woche) und des allgemeinen Triathlontrainings lumbale linksbetonte Rückenschmerzen und Schmerzen im Bereich des Beckens (Beckenkamm) bds., die nach längeren Lauftrainingseinheiten (> 30 min) auftreten. Die Schmerzen sind verbunden mit einem Müdigkeitsgefühl an der Lendenwirbelsäule und halten 2–3 Tage an. Längere Schwimmeinheiten (3 km) verursachten dieselben lumbalen Symptome wie das Laufen. Beim Radfahren war sie beschwerdefrei. Endgradige Extension und Lateralflexion der Lendenwirbelsäule waren ebenfalls schmerzhaft. Im täglichen Leben inkl. beruflicher Tätigkeit bestanden und bestehen auch weiterhin keine Einschränkungen oder Beschwerden.
Bewegungsrichtung	endgradige Extension schmerzhaft
Kontraindikationen und Vorsichtssituationen	keine
Bereich, Segment, Gelenk	Symptome werden ausgelöst von der Lendenwirbelsäule (L5) und vom linken Hüftgelenk.
Beweglichkeit	L5 ist hypermobil und lokal instabil; die LWS ist global instabil (Give-in-Extension). Das linke Hüftgelenk ist hypomobil (Flexion/Add. und Traktion).
Struktur, Gewebe	Alle Gewebe im LBH-Bereich kommen für eine Symptomauslösung infrage. Verminderte Leistungsfähigkeit der Hüftmuskulatur links wegen der Bewegungsstörung im linken Hüftgelenk.
Beitragende Faktoren	Vermutlicher Verlust der muskulären Kontrolle durch die Ermüdung bei längeren Lauftrainingseinheiten (ab ± 30 min). Schwäche der Rumpfmuskulatur und der Hüftabduktoren. Kompensation der Hypomobilität an der Hüfte im Bereich der Lendenwirbelsäule.
ICF	Momentan dominant strukturell; bei Verstärkung auch Auswirkungen auf Aktivitäts- und Partizipationsebene (Sportunfähigkeit).

20.3 Physiotherapeutische Behandlung

Es wird aus verschiedenen möglichen Vorgehensweisen die folgende gewählt:

- Information der Patientin
- Ausschalten des wichtigsten beitragenden Faktors
  - Lösen der Blockierung des linken Hüftgelenk
  - Reassessment der Flexion/Adduktion des linken Hüftgelenks
- Aufbau des lumbalen Stabilisationstrainings
  - Kontrolle und Verbesserung der Wahrnehmung
    - taktil
    - propriozeptiv
  - Kontrolle und Verbesserung der lokalen Stabilität
    - isolierte lokale (low load) Muskelkontraktion (ohne Kompensation) haltend, unter Ultraschallkontrolle
  - Kontrolle und Verbesserung der globalen Stabilität
    - leichte globale Belastungen ohne Verlust der lokalen (low load) Muskelkontraktion unter Ultraschallkontrolle
    - leichte globale Belastungen unter PBU (pressure biofeedback unit) Kontrolle
    - Verbesserung der Ausdauer der Rumpf- und Hüftmuskulatur
    - Verbesserung der Kraft der Rumpf- und Hüftmuskulatur

20.3.1 Information der Patientin

Die physiotherapeutische Beurteilung und der Behandlungsplan werden mit der Patientin besprochen.

Die Arbeiten von Moseley (2003, 2007) weisen darauf hin, dass eine gut verständliche Information für die Verbesserung der Outcomes und für die Compliance wichtig ist. Es ist dabei von Vorteil, möglichst anschauliches Informationsmaterial wie z. B. Modelle, Bilder und Grafiken zu verwenden.

20.3.2 Ausschalten des wichtigsten beitragenden Faktors

Lösen der Blockierung des linken Hüftgelenks

Die Patientin liegt in Rückenlage auf der Behandlungsbank. Das Becken wird mit einem Traktionsgurt auf die Bank fixiert. Ein weiterer Gurt verläuft zwischen den Beinen hindurch und über den linken Tuber ossis ischii, sodass bei einem Längszug am Bein das Becken zurückgehalten wird. Der Behandler steht an der Fußseite der Behandlungsbank und umfasst mit beiden Händen das obere Sprunggelenk des linken Beines. Das linke Hüftgelenk wird in 20° Flexion, 30° Abduktion und 20° Außenrotation (Ruhestellung) eingestellt. Die Stellung wird



Abb. 20.1 Das Hüftgelenk unter Traktion. **a** Ausgangsstellung, **b** Endstellung.

durch kleine Korrekturen verändert, bis eine Stellung gefunden wird, bei der unter Traktion das größte Gelenkspiel vorhanden ist (**Abb. 20.1**). Der Zug wird nun unter kleinen Innen- und Außenrotationsbewegungen deutlich verstärkt und konstant gehalten.

In Studien von Byrd et al. (1995) und Villar et al. (1994) wurden Zugkräfte von 225 N bzw. 245 N angewendet um Instrumente für die Arthroskopie zwischen Femurkopf und Azetabulumdach einführen zu können.

Bei der Patientin löste sich das Hüftgelenk nach einigen Sekunden Zug in kaudale Richtung mit einem poppenden Geräusch, ohne dass ein Manipulationsimpuls angewendet worden war. Direkt danach war es möglich, durch einen Längszug am Bein mit 25 % des Behandlungszuges das Caput femoris wiederholt vom Dach des Azetabulums zu separieren, wie das auch am nicht betroffenen rechten Hüftgelenk möglich war.

Reassessment der Flexion/Adduktion des linken Hüftgelenks

Beim Wiederbefund der bei vorangegangenen Untersuchungen schmerzhaften Flexion/Adduktion war die Patientin nun schmerzfrei.

20.3.3 Aufbau des lumbalen Stabilisationstrainings

Dieser Aufbau entspricht weitgehend den Vorgaben, wie sie im Buch von Richardson et al. (2004) beschrieben sind.

Kontrolle und Verbesserung der taktilen und proprioceptiven Wahrnehmung

Lang dauernde Rückenschmerzen führen zu einer negativen Veränderung der taktilen und propriozeptiven Wahrnehmung (Moseley 2007, Pleger et al. 2006) im Bereich der LBH-Region (Veränderung der Repräsentation der LWS im Homunculus; 2-Punkte-Diskrimination). Dies hat einen negativen Einfluss auf die Fähigkeit, die Stellung des Beckens und der LWS zu beurteilen und sie entsprechend muskulär zu kontrollieren. Auch die Fähigkeit, isolierte muskuläre Spannungen (z. B. der lokalen Muskulatur) durchzuführen, wird dadurch erschwert.

Das Erkennen von auf den unteren Rücken geschriebenen Zahlen oder Buchstaben, das Fühlen von Stellungen des Beckens und der Lendenwirbelsäule, das Einnehmen von Stellungen des Beckens und der Lendenwirbelsäule und das Fühlen der Spannung in der arbeitenden Muskulatur (z. B. Aufrichtung des Beckens durch die Bauch- und/oder Glutealmuskulatur) sind Beispiele für Übungen, die die taktile und propriozeptive Wahrnehmung verbessern. Auch bei dieser Art des Trainings müssen die Schwierigkeitsstufe und die Dauer der Übung den momentanen Fähigkeiten der Patientin angepasst werden.

Die beschriebene Patientin verfügte über eine gute taktile und propriozeptive Wahrnehmung, sodass zur Kontrolle der lokalen Stabilität (Fähigkeit der leichten, kompensationsfreien, isolierten tonischen Anspannung der lokalen Muskeln der Lendenwirbelsäule) übergegangen werden konnte.

Kontrolle und Verbesserung der lokalen Stabilität

Der diagnostische Ultraschall und das EMG gelten als „Goldstandard“ zur Kontrolle der leichten kompensationsfreien, isolierten tonischen Anspannung (low load contractions) der lokalen Muskeln der Lendenwirbelsäule. Weil viele Physiotherapeuten nicht über diese Geräte verfügen, sind sie auf andere, weniger zuverlässige Mittel angewiesen. Diese reichen vom Pressure Biofeedback Unit („Stabilizer“) bis zu Beobachtung und Palpation. Die Vor- und Nachteile dieser Methoden sowie ihre Anwendbarkeit werden kontrovers diskutiert (Hamilton, Schillinger 2008).

Isolierte lokale (low load) Muskelkontraktion (ohne Kompensation) haltend, unter Ultraschallkontrolle

Die Aufgabe der Patientin besteht darin, auf Kommando und unter Ultraschallkontrolle die lokalen Muskeln (Bergmark 1989) wie z. B. den M. transversus abdominis, den monosegmentalen Teil des lumbalen M. multifidus und den Beckenboden einzeln oder synergistisch langsam und leicht zu kontrahieren, ohne dabei zu kompensieren. Kompensation bedeutet in diesem Zusammenhang jegliches Anspannen von globalen Muskeln (Bergmark 1989), jegliche Art von Bewegung sowie das Sistieren der Atmung. Die korrekte Spannung sollte 10-mal 10 sec lang gehalten werden können.

Die beschriebene Patientin konnte gut isoliert kontrahieren. Sie konnte die Spannung im M. transversus abdominis allerdings nicht länger als ± 5 sec halten und kompensierte dann mit dem M. obliquus abdominis internus. Sie bekam deshalb die Aufgabe, ihren M. transversus abdominis jede volle Stunde und zu Beginn für 10-mal 5 sec, später für 10-mal bis zu 10 sec lang isoliert leicht anzuspannen.

Die Instruktion dazu erfolgte in Bildern. Beispiele dafür sind das langsame Einziehen des unteren Bauches während der Vorstellung dass an einer engen Jeans der Reißverschluss zugezogen wird, oder das Zusammenziehen der beiden SIAS (Spinae iliacae anterior superior) gegen medial.

Die weit verbreitete Instruktion „den Bauchnabel gegen die Wirbelsäule zu ziehen“ führt nach der Erfahrung des Autors zu einer kompensatorischen Anspannung des M. obliquus abdominis internus, was unter Ultraschall-



Abb. 20.2 I. P. bei der Kontrolle der lokalen Stabilität mit Ultraschall.

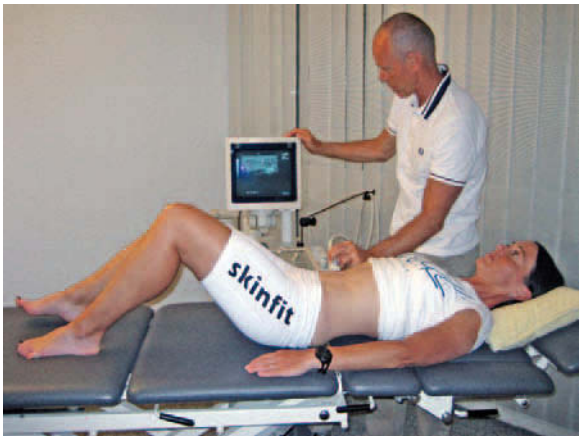


Abb. 20.3 I. P. bei leichter globaler Belastung ohne Verlust der lokalen (low load) Muskelkontraktion unter Ultraschallkontrolle.

kontrolle leicht nachgewiesen werden kann. Diese Instruktion wird deshalb nicht empfohlen.

Nach 2 Wochen war die Patientin so weit, dass sie kompensationsfrei spannen und 10-mal 10 sec lang halten konnte. Es wurde jetzt gezielt zu einem Training der globalen LBH Stabilisatoren übergegangen. Es wurde der Patientin empfohlen die wiederholten „low load contractions" 3-mal täglich weiter auszuführen.

Kontrolle und Verbesserung der globalen Stabilität

Die globale Kontrolle der LWS ist dadurch gekennzeichnet, dass eine gewünschte Position des Beckens und der LWS und/oder ein im Voraus bestimmtes Bewegungsausmaß (ROM) im Raum durch die globale Muskulatur während statischer und dynamischer Aufgaben eingehalten und kontrolliert werden kann. Auf diese Weise können symptomatische Bewegungen oder Positionen vermieden werden.

Bewegungsdissoziationsübungen zwischen Bewegungen der Extremitäten und Bewegungen des Rumpfes (aktives Verhindern der weiterlaufenden Bewegung) eignen sich hervorragend zu diesem Zweck. Der Fokus ist klar beim Spüren der Bewegung und der Muskelspannung. Zur Erleichterung der Aufgabe kann zu Beginn mit Mitteln zur visuellen Kontrolle gearbeitet werden. Dazu hat sich die Arbeit mit dem PBU oder mit einer Blutdruckmanschette bewährt. Auch bei diesem Training soll die Belastung zu Beginn klein sein.

Leichte globale Belastungen ohne Verlust der lokalen (low load) Muskelkontraktion unter Ultraschallkontrolle

Um zu kontrollieren, ob bei der Patientin die lokale Muskulatur unter Belastung durch Drehmomente auf das Becken und die Lendenwirbelsäule in der Lage ist, ihre tonische Kontraktion aufrechtzuerhalten, wurde die Patientin aufgefordert, aus Rückenlage mit aufgestellten Beinen und der Lendenwirbelsäule in neutraler Stellung ihre lokalen Muskeln isoliert anzuspannen. Dazu wurde sie aufgefordert, unter Beibehaltung der Anspannung der lokalen Muskeln abwechselnd das linke und das rechte Bein zu strecken, indem sie mit der Ferse die ganze Zeit in Kontakt mit der Bank blieb. Die korrekte Ausführung (kein Verlust der Kontraktion des M. transversus abdominis) wurde mit Ultraschall kontrolliert.

Leichte globale Belastungen unter PBU-(Pressure Biofeedback Unit-)Kontrolle

Nachdem klar war, dass auch während Bewegung des Beines die Spannung im M. transversus abdominis nicht abnahm, wurde kontrolliert, ob sie in der Lage war, die Position der Lendenwirbelsäule und des Beckens während dieser Bewegung des Beines zu halten. Dazu wurde ein PBU (Pressure Biofeedback Unit: „Stabilizer") unter die Lendenwirbelsäule gelegt und auf 40 mmHg aufgeblasen. Die Patientin wurde aufgefordert, durch Anspannen ihrer Bauchmuskeln (Rectus und Obliqui) das Becken etwas aufzurichten, sodass sich der Druck im PBU auf 60 mmHg erhöhte. Diesen Druck sollte sie aufrechterhalten während der langsamen Streckung des Beines durch Rutschen mit der Ferse über die Bank.

Nachdem die Patientin diese Übung ohne Probleme schaffte, bestand die Progression im Abheben des Fußes von der Bank und im Strecken des Beines in der Luft. Die Ausführung dieser Übung mit 10 Wiederholungen war ebenfalls möglich, ohne dass sich die Position des Beckens und der Lendenwirbelsäule veränderte.

Eine weitere Progression erfolgte durch das Überführen der Beine in die „Table Top"-Position (90° Knie- und Hüftflexion). Aus dieser Position sollte die Patientin wiederum ein Bein langsam strecken und absenken, ohne die Bank zu kontaktieren und das Bein danach in die Aus-



Abb. 20.4 Test der globalen Stabilität (Beckenkontrolle) bei Extension des Hüftgelenks.

gangsstellung zurückzuführen. Dies sollte sie abwechselnd mit dem linken und dem rechten Bein je 5-mal ohne Pause wiederholen.

Nach 3 Wiederholungen war die Patientin nicht mehr in der Lage die Position des Beckens und der Lendenwirbelsäule zu stabilisieren und der Druck im PBU sank während der Beinstreckung um 20 mmHg.

Dieses ganze Prozedere diente dem Zweck, den Abbrechpunkt der Patientin für diese Übung zu finden, um gezielt an der Grenze ihrer Möglichkeiten die Kraft und Ausdauer in der Sagittalebene für die LBH-Region trainieren zu können, ohne sie zu überfordern. Ein Krafttraining der Rumpfmuskulatur das die Fähigkeiten der Patientin zur Kontrolle der Position der Lendenwirbelsäule und des Beckens überfordert, wäre kontraproduktiv und würde die Überwindung ihrer Probleme verzögern oder gar verhindern.

Ein Krafttraining der Rumpfmuskulatur in einer widergelagerten Position (z. B. starke Flexion beider Hüftgelenke), bei der die Patientin nicht in Lordose der Lendenwirbelsäule und Beckenkippung ausweichen kann, würde zwar möglicherweise zu einer stärkeren Verbesserung der Rumpfkraft führen. Dabei würde aber der für die Patientin entscheidende Effekt des Lernens der motorischen Kontrolle entfallen.

Auf die gleiche Weise wurde kontrolliert, wie gut die Patientin in der Lage war, aus Bauchlage ein Bein in weitere Hüftextension zu bewegen, ohne dass das Becken kippte und sich die Lendenwirbelsäule weiterlaufend in Extension bewegte. Dabei lag das PBU unter dem Bauch (siehe auch: Test der globalen Stabilität [Sahrmann 2002], weiter oben).

Auch bei dieser Übung fiel es der Patientin schwer, die Position des Beckens und der Lendenwirbelsäule zu kontrollieren. Beim Beinheben stieg der Druck im PBU beträchtlich.

Die dritte Bewegungsrichtung, die kontrolliert wurde, betraf die Abduktion der Hüfte. Die Patientin lag mit gestreckten Beinen in Seitenlage, wobei das PBU unter der Taille lag und auf 40 mmHg aufgepumpt wurde. Die Patientin wurde aufgefordert, das oben liegende Bein zu abduzieren, ohne dass sich der Druck im PBU erhöhte. Auch diese Übung bereitete nach einigen Wiederholungen Schwierigkeiten und deutete auf einen Kontrollverlust durch Ermüdung.

Verbesserung der Ausdauer der Rumpf- und Hüftmuskulatur

In dieser Phase des Stabilisationstrainings der Lendenwirbelsäule wurde der Patientin aufgetragen, die folgenden statischen Übungen durchzuführen:

- Liegen in Rückenlage. Die Beine sind aufgestellt. Eine gewöhnliche Blutdruckmanschette liegt unter der Lendenwirbelsäule. Aufpumpen der BD-Manschette auf 40 mmHg. Bewusstes Anspannen der lokalen Muskeln (MTA, Mm. multifidii, Beckenboden). Erhöhen des Drucks auf 60 mmHg durch Aufrichten des Beckens durch Anspannen der vorderen Rumpfmuskulatur. Abheben eines Fußes. Strecken und Beugen des Beines ohne Druckveränderung in der BD-Manschette. Ziel: 3 Serien von 4-mal 12 Wiederholungen abwechselnd links und rechts, ohne Pause (Halten des Druckens vom 60 mmHg). Es wird an der Grenze der Fähigkeiten geübt. Bei Versagen wird die Übung sofort abgebrochen. Diese Übung wird täglich ausgeführt.
- Liegen auf dem Bauch über der Bettkante. Beide Hände liegen unter dem Bauch und haben Kontakt zur SIAS (Spina iliaca anterior superior). Die Füße berühren den Boden, die Knie sind gebeugt. Strecken des Beines nach hinten und Anheben des Beines, ohne dass das Becken kippt und die Lendenwirbelsäule extendiert. Die Hände dienen der Kontrolle. Ziel: 3 Serien von 4-mal 12 Wiederholungen abwechselnd links und rechts, ohne Pause. Diese Übung wird täglich ausgeführt.
- Liegen in Seitenlage. Eine gewöhnliche Blutdruckmanschette liegt unter der Taille. Aufpumpen der BD-Manschette auf 40 mmHg. Bewusstes Anspannen der lokalen Muskeln (MTA, Mm. multifidii, Beckenboden). Abheben des oben liegenden Beines bis knapp unter die Grenze an der sich der Druck in der BD-Manschette erhöht. Ziel: 3 Serien von 4-mal 12 Wiederholungen ohne Pause. Es wird auf der linken und rechten Seite geübt. Diese Übung wird täglich ausgeführt.

Bei verbesserter Wahrnehmung kann die BD-Manschette durch das Unterlagern der Hände unter die Lendenwirbelsäule ersetzt werden.

Nach 6 Wochen waren Kontrolle und Ausdauer so weit fortgeschritten, dass eine Steigerung der Belastung in Form eines Kraftaufbaus begonnen werden konnte.

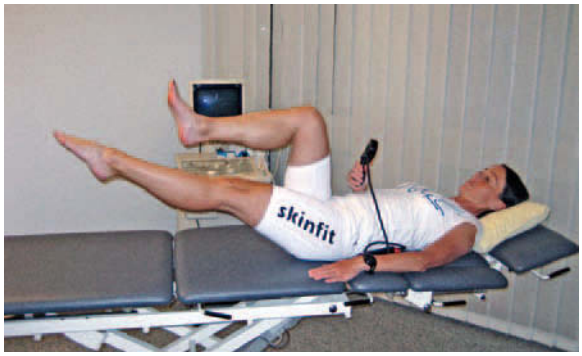


Abb. 20.5 I. P. trainiert statisch die Rumpfmuskulatur unter PBU-Kontrolle.



Abb. 20.6 I. P. trainiert statisch die Rumpfmuskulatur (Seitstütz).

Verbesserung der Kraft der Rumpf- und Hüftmuskulatur

- Liegen in Rückenlage. Eine gewöhnliche Blutdruckmanschette liegt unter der Lendenwirbelsäule. Aufpumpen der BD-Manschette auf 40 mmHg. Bewusstes Anspannen der lokalen Muskeln (MTA, Mm. multifidii, Beckenboden). Beide Beine werden in die „Table Top"-Position bewegt. Erhöhen des Drucks um 40 mmHg durch Aufrichten des Beckens bei Anspannen der vorderen Rumpfmuskulatur. Ziel: abwechselndes Strecken des Knies und Absenken des Beines unter Beibehaltung des Drucks während 30 sec. 3 Serien. Es wird an der Grenze der Fähigkeiten geübt. Bei Versagen wird die Übung sofort abgebrochen. Progression: Gewichtsmanschette um die Beine auf Höhe des oberen Sprunggelenks. Diese Übung wird 3-mal pro Woche ausgeführt.
- Liegen in Seitenlage, am besten vor einem Spiegel. Die Beine sind gestreckt, die Füße liegen aufeinander. Der unten liegende Ellenbogen wird unter der unten liegenden Schulter aufgestützt. Der unten liegende Arm wird im Schultergelenk leicht adduziert. Jetzt Anspannen der lokalen Muskeln. Danach Anheben des Beckens durch Stützen auf die Füße und den Ellenbogen, bis keine Seitneigung der Wirbelsäule mehr besteht und beide Beine gerade unter dem Becken (ohne Abd. oder Add. im Hüftgelenk) verlaufen. Ziel: Diese Stellung während 30 sec halten und kleine Abduktionsbewegungen in der Hüfte des oben liegenden Beines ausführen. 3 Serien. Es wird an der Grenze der Fähigkeiten geübt. Bei Versagen wird die Übung sofort abgebrochen. Progression: Gewichtsmanschette um die Beine auf Höhe des oberen Sprunggelenks. Diese Übung wird 3-mal pro Woche ausgeführt.
- Stehen auf beiden Beinen. Anspannen der lokalen Muskeln. Gewichtsverlagerung auf ein Bein. Das andere Bein in der Hüfte leicht extendieren, ohne das Becken zu kippen. Die Arme 90° abduzieren. Jetzt Flexion in der Hüfte des Standbeines (Idealerweise um 90°), sodass die Wirbelsäule, das Becken und das leicht extendierte Bein in einer Linie bleiben. Dabei darf das Becken auf der Spielbeinseite nicht absinken und nicht angehoben werden. In dieser Stellung 5 sec verbleiben. Dann zurück in die Ausgangsstellung. Ziel: 6-mal wiederholen links und rechts. 3 Serien. Bei Unvermögen, die Stellung der Wirbelsäule, des Beckens oder der Hüfte zu halten, wird die Übung sofort abgebrochen. Progression: Gewichtsmanschette um die Beine auf Höhe des oberen Sprunggelenks. Diese Übung wird 3-mal pro Woche ausgeführt.



Abb. 20.7 I. P. bei einer statischen Kräftigung der Rücken- und Hüftmuskeln.

Diese Übungen wurden 6 Wochen durchgeführt. Danach konnte zur nächsten Phase des Stabilisationstrainings übergegangen werden.

Dynamische Übungen

In der nächsten Phase des Stabilisationstrainings der Lendenwirbelsäule wurde der Patientin aufgetragen, die folgenden dynamischen Übungen durchzuführen:

- Liegen in Rückenlage. Anspannen der lokalen Muskeln. Aufrichten des Beckens. Abheben der Beine in Table-Top-Position. Arme anheben, je 2 Finger gegen den Kopf oberhalb des Ohrs, die Ellenbogen nach lateral



Abb. 20.8 I. P. bei einer dynamischen Rumpfübung.



Abb. 20.9 I. P. beim dynamischen Seitheben.

abgespreizt. Jetzt das rechte Bein strecken, währenddem das linke Knie und der rechte Ellenbogen durch Rumpfflexion und Linksrotation bis zur Berührung zusammengeführt werden. Zurück zur Ausgangsstellung, ohne dass die Spannung in der Rumpfmuskulatur aufgegeben wird. Danach dasselbe mit dem linken Bein und dem rechten Ellenbogen. Ziel: Während 30 sec wiederholen. 3 Serien. Es wird an der Grenze der Fähigkeiten geübt. Bei Versagen wird die Übung sofort abgebrochen Progression: Gewichtsmanschette um die Beine auf Höhe des oberen Sprunggelenks und oberhalb der Ellenbogen. Diese Übung wird 3-mal pro Woche ausgeführt.

- Liegen in Seitenlage, am besten vor einem Spiegel. Die Beine sind gestreckt, die Füße liegen aufeinander. Der unten liegende Ellenbogen wird unter der unten liegenden Schulter aufgestützt. Der unten liegende Arm wird im Schultergelenk leicht adduziert. Jetzt Anspannen der lokalen Muskeln. Danach Anheben des Beckens durch Stützen auf die Füße und den Ellenbogen, bis dass keine Seitneigung der Wirbelsäule mehr besteht und beide Beine gerade unter dem Becken (ohne Abd. oder Add. im Hüftgelenk) verlaufen. Das Becken darf weder aufrichten noch kippen. Die Wirbelsäule darf nicht rotieren. Jetzt Absenken und Anheben des Beckens in der Frontalebene. Ziel: während 30 sec wiederholen. 3 Serien. Es wird an der Grenze der Fähigkeiten geübt. Bei Versagen wird die Übung sofort abgebrochen. Progression: Gewichtsmanschette auf das Becken legen. Diese Übung wird 3-mal pro Woche ausgeführt.
- **Alternative Übung bei Schulter-Arm Schwäche oder Schulter-Arm Schmerzen.** Liegen in Seitenlage, am besten vor einem Spiegel. Das obere Bein ist gestreckt, das untere Bein im Knie 90° gebeugt. Der Fuß des oben liegenden Beines ist unter einem festen Widerstand fixiert. Der oben liegende Arm liegt auf dem oben liegenden Bein. Der unten liegende Arm kreuzt über die Brust und fasst mit der Hand die oben liegende Schulter. Jetzt Anspannen der lokalen Muskeln. Danach Anheben des Rumpfes durch Drücken des oben



Abb. 20.10 I. P. bei einer Einbeinkniebeuge mit Hüftextension.

liegenden Beines gegen den festen Widerstand und Lateralflexion der Wirbelsäule. Dann Absenken bis in die Ausgangsstellung, ohne die Spannung in der Bein-

und Rumpfmuskulatur aufzugeben. Ziel: während 30 sec wiederholen. 3 Serien. Es wird an der Grenze der Fähigkeiten geübt. Bei Versagen wird die Übung sofort abgebrochen. Progression: Nach-oben-Strecken eines oder beider Arme. Diese Übung wird 3-mal pro Woche ausgeführt.

- Stehen auf einem Bein. Das andere Bein ist in der Hüfte leicht extendiert, im Knie leicht gebeugt. Die lokalen Muskeln anspannen. Das Standbein in Hüfte und Knie beugen, bis der Bauch den Oberschenkel des Standbeins berührt. Die Hände berühren den Boden. Danach wieder aufrichten, das Spielbein in der Hüfte nach hinten strecken (ohne Beckenkippung) und die Arme zur Decke strecken (ohne LWS Lordose). Ziel: während 30 sec wiederholen. 3 Serien. Es wird an der Grenze der Fähigkeiten geübt. Bei Versagen wird die Übung sofort abgebrochen. Progression: Gewichtsmanschette um das Spielbein auf Höhe des oberen Sprunggelenks. Diese Übung wird 3-mal pro Woche ausgeführt.
- Diese Übung kann auch als Sprungübung ausgeführt werden.

Nach weiteren 10 Wochen waren die primären Übungsziele des Aufbaus erreicht. Die Symptome der Patientin hatten sich so weit verbessert, dass sie auch lange Trainingseinheiten mit Laufen und Schwimmen ohne Schmerzen absolvieren konnte.

Nach 9 Monaten Stabilisations- und Aufbautraining und 5 1-stündigen Physiotherapiesitzungen konnte sie den Ironman Zürich 2009 erfolgreich absolvieren.

Zusammenfassung

Physiotherapeuten mit beruflicher Ausrichtung in muskuloskelettaler Physiotherapie werden dahin gehend ausgebildet, bei nozizeptiven, muskuloskelettalen Schmerzen die Quelle der Symptome zu finden. Das bezieht sich darauf, den örtlichen Ursprung der Symptome und die veränderte, symptomatische Struktur zu finden. Ist die Quelle der Symptome bekannt, wird sie möglichst spezifisch mit physiotherapeutischen schmerzlindernden Maßnahmen behandelt. Viele verschiedene physiotherapeutische Maßnahmen sind in der Lage, nozizeptive Schmerzen positiv zu beeinflussen. Aktive und passive Bewegungen scheinen ein essenzieller Teil dieses Maßnahmenkatalogs zu sein. Der Erfolg solcher Maßnahmen wird meistens daran gemessen, wie gut sie in der Lage sind, die Schmerzen zu reduzieren, sodass früher schmerzhafte Bewegungsaufgaben jetzt wieder schmerzfrei ausgeführt werden können.

Nicht alle Physiotherapeuten (dies gilt natürlich auch für andere Berufsgattungen, welche schmerzhafte Bewegungsstörungen behandeln) sind sich bewusst, dass mit dem Finden der Quelle der Symptome nicht zwingend die Ursache für die Symptome bzw. die Ursache für deren Entstehen bekannt ist.

Eine Behandlung von Symptomen, die mit der Schmerzprovokation und Linderung verbunden sind, ohne über die Ursachen und Gründe für deren Entstehen nachzudenken, führt deshalb in vielen Fällen nicht zu einem dauerhaften Erfolg.

Im oben beschriebenen Fallbeispiel sollte gezeigt werden, wie die Untersuchung des muskuloskelettalen Systems aufgrund anamnestischer Daten auch ohne präzise funktionelle Demonstration dazu führen kann, dass erhobene lokale Befunde in Kombination mit Überlegungen zum individuellen Bedarf an Bewegung und Belastung in Sport und Beruf zu einer kausalen Behandlung führen kann. Dabei spielt die Hypothesekategorie „Beitragende Faktoren“ eine wichtige Rolle. Sehr oft sind Befunde von Bewegungsstörungen (auch ohne Schmerzen) die Ursache für Bewegungsstörungen an anderer Stelle, die ihrerseits zum Zusammenbrechen von Kompensationsmechanismen und damit zu schmerzhaften Dysfunktionen führen.

Auch wenn solche exemplarischen Darstellungen immer eine Diskussion über die Reihenfolge der Entstehung von Bewegungsdysfunktionen auslösen kann (das berühmte Huhn oder Ei), so sollte dieser Beitrag ein Plädoyer dafür sein, sich nicht primär auf jeden Befund zu stürzen und ihn zu behandeln, sondern sich ein paar Gedanken zu möglichen Ursachen zu machen.

Literatur

Bergmark A. Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering. Acta Orthop Scan. 1989; 230(60):20–24.

Byrd JW, Papas JN, Pedley MJ. Hip arthroscopy: an anatomic study of portal placement and relationship to the extra-articular structures. Arthroscopy. 1995; 11:418–423.

Comerford MJ, Mottram SL. Functional stability re-training: principles and strategies for managing mechanical dysfunction. Manual Therapy. 2001; 6(1):3–14.

Hamilton C, Schillinger A. Leserbrief zu: Boettcher N et al. Lässt sich die Aktivität des M. transversus abdominis selektiv messen? Manuelle Therapie. 2008;12:101–102.

Hides JA, Stokes MJ, Saide M, et al. Evidence of lumbar multifidus muscle wasting ipsilateral to symptoms in patients with acute/subacute low back pain. Spine. 1994;19:165–172.

Hides JA, Richardson CA, Jull GA. Multifidus muscle recovery is not automatic after resolution of acute first episode low back pain. Spine. 1996; 21:2763–2769.

Hides JA, Jull GA, Richardson CA. Long-Term Effects of Specific Stabilizing Exercises for First-Episode Low Back Pain. Spine. 2001; 26:E243–E248.

Luomajoki H, Kool J, de Bruin E, Airaksinen O. Reliability of movement control tests in the lumbar spine. BMC Musculoskeletal Disorders. 2007; 8:90.

McGill S. Low Back Disorders, Evidence-Based Prevention and Rehabilitation. 2nd edition. Leeds: Human Kinetics; 2007.

Moseley GL. Joining Forces – Combining Cognition-Targeted Motor Control Training with Group or Individual. Pain Physiology Education: A Successful Treatment for Low Back Pain. The Journal of Manual & Manipulative Therapy. 2003; 11(2):88–94.

Moseley GL. Evidence for a direct relationship between cognitive and physical change during an education intervention in people with chronic low back pain. European Journal of Pain. 2004; 8:39–45.
Pleger B, Ragert P, Schwenkreis P, Förster AF, Wilimzig C, Dinse H, Nicolas V, Maier C, Tegenthoff M. Patterns of cortical reorganization parallel impaired tactile discrimination and pain intensity in complex regional pain syndrome. Neuroimage. 2006; 32(2):503–510.
Richardson C, Jull G, Hodges P, Hides J. Therapeutic Exercise for Spinal Segmental Stabilisation in Low Back Pain. London: Churchill Livingstone; 2004.
Sahrmann SA. Diagnosis and Treatment of Movement Impairment Syndromes. St. Louis: Mosby; 2002.
Villar R, Edwards D, Lomas D. Comparison of MRI and hip arthroscopy in diagnosis of disorderes of the hip joint. J Bone Joint Surg Br 1994; 76 (Supplement 1):52.



21 Fallbeispiel: Achillessehnenschmerzen (Achillodynie) – Handball

Hauke Mommsen

Vorstellung des Patienten

Der 32-jährige Handballnationalspieler (Rückraum/Spielmacher, Rechtshänder) klagt seit der Weltmeisterschaft im Januar 2007 in Tunesien über linksseitige Achillessehnenschmerzen, die während des laufenden Turniers ohne Trauma auftraten. Die Beschwerden nahmen seit Turnierbeginn stetig zu. Unter Analgetika und mittels physiotherapeutischer Maßnahmen (Querfriktionen und Stretching) konnte der Spieler die Weltmeisterschaft (WM) erfolgreich und ohne Wettkampfauszeit beenden. Nach der WM stehen nun jedoch persistierende Belastungsschmerzen im Vordergrund.

- Was wurde von den Ärzten und Physiotherapeuten während der Weltmeisterschaft diagnostiziert?
  - Eine akute Achillodynie links.
- Wie wurde therapiert?
  - Reduzierte schmerzabhängige Trainingseinsätze zwischen den Wettkämpfen, Kryotherapie, Salbenverbände in der Nacht, Querfriktionen, Massage der Wadenmuskulatur, Schmerzmittel während der Wettkämpfe.
- Warum nahm der Spieler trotz offensichtlicher Schmerzzustände am weiteren Turnier teil?
  - Für jeden Leistungssportler sind Weltmeisterschaften besondere Höhepunkte der Karriere. Der Sportler als medizinischer Laie verlässt sich in der Regel auf die Informationen des medizinischen Teams. Vonseiten der Ärzte gab es für die Einsätze während des Turniers keine Einschränkung.

Nach Rückkehr zu seinem Verein in der 1. Handballbundesliga Anfang Februar waren die Beschwerden trotz 2-wöchiger Pause immer noch vorhanden. Die folgende Handballsaison mit ca. 30 Spielen in der Bundesliga, im DHB-Pokal und im Europacup stand bevor.

Die Frage nach weiterer Diagnostik und des konsekutiven Therapieregimes bezüglich der Achillessehnenschmerzen sollte nun von der medizinischen Abteilung des Vereins beantwortet werden. Eine längerfristige Ausfallzeit für den Rest der Saison sollte vermieden werden.

Verlauf und Struktur der Achillessehne

Die Achillessehne ist keine Schwachstelle, wie in der griechischen Mythologie behauptet wird (Schwachstelle des sonst unbesiegbaren Achilleus, seine Achillesferse), sondern im Gegenteil: Sie ist die kräftigste Sehne des menschlichen Körpers und stellt eine wichtige Kompensationsstruktur dar. Mit jedem Schritt muss die Achillessehne eine Kraft von etwa dem 8-fachen Körpergewicht aushalten. Die Sehne verursacht in der Regel nur Beschwerden bei sportinduzierten repetitiven, zyklischen Belastungen (Mayer 2002).

Die Achillessehne (10–12 cm lang und 0,5–1cm im Durchmesser) gehört zu den stärksten Sehnen des menschlichen Körpers. Sie ist die Endsehne des 3-köpfigen M. triceps surae und setzt am Tuber calcanei an. Als Zugsehne (Typ-1-Kollagen) verläuft sie im Gegensatz zu Gleitsehnen in der gleichen Richtung wie der zugehörige Muskel. Eine Besonderheit stellen bei ihr die Verläufe der einzelnen Anteile der Sehne dar, die zu der Torquierung führen: Die Ansatzsehne des medialen M. gastrocnemius inseriert lateral am Tuber des Kalkaneus, die Ansatzsehne des lateralen M. gastrocnemius medial und die Sehne des M. soleus dorsal. Im Bereich der Sehnentaille, wo sich die Tendinosen am häufigsten manifestieren, überkreuzen sich die Sehnenbündel. Dadurch kommt es unter Belastung zu einer sog. Querkürzung und folglich zu einer Erhöhung des hydrostatischen Druckes (Alfredson H. 1998).

Im Zehenstand verläuft die Achillessehne nicht gerade, sondern wird über ein Retinakulum umgelenkt und

verhält sich so biomechanisch durch die Änderung der Zugrichtung wie eine Gleitsehne. Ihr Ansatz am Kalkaneus entspricht einem chondral-apophysären Sehnenansatz und unterscheidet sich histologisch deutlich von der übrigen Sehne (Petersen W. 2002). Das hat Konsequenzen für die Therapie. Eine Insertionstendinopathie benötigt andere therapeutische Reize als ein rein tendinöses Problem.

Pathologie

In Dorsalextension kommt es zwischen Achillessehne und Kalkaneus (Processus posterior) zur physiologischen Einengung der Bursa subachillea. Eine Haglund-Exostose (prominenter Proc. posterior) oder eine Bursitis können daher zu einem dorsalen Impingement führen (Segesser B. 2006).

Im Bereich der Sehnentaille ist die Achillessehne hypovaskularisiert. Das beeinträchtigt den Wärmeabtransport, die Fibroblastenhemmung bzw. den Fibroblastentod.

Bei der Entstehung einer Tendinose kommt es im Bereich der Sehnentaille unter anderem durch die Ausschüttung eines Wachstumsfaktors (ausgeschüttet durch Hypoxie und mechanischen Stress, Mikroläsionen und Ausschüttung von inflammatorischen Zytokinen), der die Endothelzellen stimuliert, zur Gefäßneubildung (Neoangiogenese) und damit zum Matrixabbau (Extrazellularraum – ECR). Das beeinflusst vermutlich die mechanische Stabilität (angiogenetische Gewebedestruktion).

Es gibt eine positive Korrelation zwischen Neovaskularisation der Sehne und Beschwerden an der Achillessehne, da mit den Blutgefäßen auch immer freie Nervenendigungen in die Sehne einwachsen (Öhberg L. 2002).

Im angloamerikanischen Raum wird häufig der Begriff „ Achillestendinitis“ benutzt. Dabei ist aber zu beachten, dass sich nach einiger Zeit histologisch kein entzündliches Geschehen als morphologisches Korrelat mehr nachweisen lässt. Man findet dagegen vor allem degenerative Veränderungen und Gefäßneubildungen. Daher ist der Begriff Tendinose (klinischer Ausdruck: Tendopathie oder Tendinopathie) als Bezeichnung für morphologisch degenerative Veränderungen sinnvoller.

Achillessehnenschmerzen ohne entsprechende Belastungsanamnese sind eine Rarität. Im Umkehrschluss bedeutet dies für den Sportphysiotherapeuten und Arzt, sich in der Diagnostik und Therapie auf das gesamte Bewegungssystem konzentrieren zu müssen. Nicht nur die Fragen „Wo tut es weh und was tut weh?“ (symptomatischer Ansatz) sind wichtig, sondern entscheidend für den therapeutischen Erfolg die Frage „Warum tut es weh?“ (kausaler Ansatz). Im Gegensatz zu den akuten Beschwerden der Achillessehne, die mit wenigen Behandlungen therapierbar sind, sind die chronischen Beschwerden in der Therapie aufwendiger.

Selten ist die Ursache für Schmerzen an der Ferse an gleicher Stelle zu finden, obwohl sich die Symptome (z. B. Entzündungszeichen) hier projizieren.

> Schmerzort und Schmerzursache sind meistens nicht an der gleichen Stelle lokalisiert.

Bekannte und häufige Ursachen im Sportbereich sind die Instabilität im Rückfuß und Sprunggelenk, Einschränkungen der Hüftgelenksbeweglichkeit sowie muskuläre Belastungsinsuffizienzen der Becken- und Rumpfmuskulatur, die jeweils zu asymmetrischen Belastungen der Achillessehne führen (Segesser B. 2006).

An der Achillessehne treten häufig akute und chronische Schmerzzustände auf, die durch Sportarten mit einseitiger Beanspruchung und hoher Laufbelastung (insbesondere Ausdauersportler), mit Stop-and-go-Anforderungen und hohen Sprint- und Sprunganteilen verursacht sind („Wetterecke des Fußes“, Stucke 1956). Diese Beschwerdezustände werden häufig unspezifisch als Achillodynie bezeichnet. Hinter dieser Sammeldiagnose verbergen sich eine Reihe von unterschiedlichen Krankheitsbildern, deren direkter ursächlicher Zusammenhang jedoch nicht klargestellt wird. Daher ist diese medizinische Terminologie wenig hilfreich für eine korrekte Diagnose und suffiziente erfolgreiche Therapie. Außerdem wird sie den vielfältigen diagnostischen Möglichkeiten nicht gerecht (Segesser et al. 1995, Schepsis et al. 2002).

Auch die Bezeichnung Überlastungsschaden (overused injurie) ist zu wenig differenziert und wird zu häufig pauschal als Ursache angeführt, auch wenn Zeiträume mit besonderen Belastungsanforderungen wie Weltmeisterschaften oder Saisonvorbereitungen signifikant häufig Beschwerden provozieren. Allerdings können auch eine permanente Fehlbelastung ohne Überlastung und auch normale Belastungen bei spezifischen Dysfunktionen des Körpers das Beschwerdebild hervorrufen.

> Achillodynie ist ein unspezifischer, therapeutisch wenig hilfreicher Sammelbegriff für eine Vielzahl von Erkrankungen im Achillessehnen- und Fersenbereich.

Chronifizierung von Achillessehnenbeschwerden

Häufig münden die sich langsam manifestierenden Achillessehnenbeschwerden in die Chronifizierung. Deshalb dürfen Beschwerden in dieser Region nicht bagatellisiert werden. Meistens stellen Achillessehnenbeschwerden anfangs funktionelle Probleme in einer Ursache-Folge-Kette dar, d. h. im Bewegungssystem besteht an einer oder mehreren Stellen eine noch kompensierte Fehlfunktion (Beispiele: Beckendysfunktionen, Hüftgelenksläsionen, Sprunggelenksinstabilitäten) und im weiteren Verlauf

der Belastung reagiert der Körper an einer ganz anderen Stelle mit Beschwerden. In diesem Fallbeispiel reagiert die Achillessehne als Kompensationsstruktur. Diese funktionellen Probleme münden also bei nicht adäquater Therapie häufig in lokalisierte Strukturprobleme. Zunächst kann der Körper sie kompensieren. Wird eine initiale Entzüngunsphase (entsprechend der Wundheilungsphasen) jedoch nicht korrekt behandelt, kann das zu strukturellen morphologischen Veränderungen am Schmerzort führen. Repetitive Verwringungen, Mikrotraumata, Adhäsionen, Matrixumbau, spindelförmiger Sehnenumbau, reflektorischer myofaszialer Hartspann des M. triceps surae, weiterer Elastizitätsverlust sind die Folgen, die dann schwieriger zu behandeln sind. Aufgrund der besonderen biomechanischen Anforderungen sowie des ohnehin bradytrophen Sehnenstoffwechsels mit histologischen Besonderheiten (tendinöse angiologische Schwachstelle), sind eine sofortige klare Diagnostik und ein kompromissloses Therapieregime zwingend notwendig, also eine konsequente Therapie bereits bei den ersten Symptomen.

Achillessehnenverletzungen chronifizieren rasch. Entzündliche Erstsymptome dürfen nicht bagatellisiert werden. Je früher eine adäquate Therapie entsprechend der Bindegewebeheilungsphasen ansetzt, desto größer sind die Heilungschancen. Schon nach einigen Wochen findet man in der Sehnenstruktur histologisch keine Entzündungszellen mehr (degenerativer Prozess). Entsprechend schwierig gestaltet sich dann die Therapie (Alfredson H. 2005, Kader et al. 2002).

Gründe für die häufige Chronifizierung von Achillessehnenproblemen (Segesser B. 2006, Kader et al. 2002):
- insuffiziente Diagnostik (z. B. Achillodynie), die sich nur auf den Ort der Symptome beschränkt,
- fehlende Differenzialdiagnostik am Ort des Schmerzes (auf einige Zentimeter können verschiedene Gewebe betroffen sein (Bursa, Paratendon), die unterschiedliches therapeutisches Regime erfordern),
- nur lokale, symptomatische Therapie ohne Berücksichtigung der Kausalität (höchste Rate an Therapieabbrüchen und Therapieversagern),
- Bagatellisierung von Erstbeschwerden,
- zu schnelle Änderung der kompensierenden Statik (z. B. weiche Ferseneinlage),
- Schmerzmittelgabe und zeitgleich weitere Belastungen (cave: Ausschaltung der Schmerzinformationsträger).

Bei morphologischen degenerativen Veränderungen der Achillessehne gestaltet sich die Therapie für Arzt, Therapeut und Sportler oft als langwierig und frustrierend. Chronifizierte Beschwerden entwickeln sich oft therapieresistent. Der Schlüssel zum Erfolg liegt in der umfangreichen, differenzierten Diagnostik (Symptom und Ursache) und einer konsequenten längerfristigen kausalen Therapie.

Strukturelle und funktionelle Diagnose

Im Vordergrund stand nun die korrekte Diagnostik des Sportlers. Einfaches Palpieren an typischer Stelle und die gestellte Diagnose Achillodynie mit konsekutiver pauschaler Therapie wie Schmerzmittel, Einlagen oder Ähnliches sollte der Vergangenheit angehören.

Die sportphysiotherapeutische Arbeitsdiagnose besteht aus 2 zentralen Elementen:
- die strukturelle Diagnose: Welche Struktur kompensiert und schmerzt?
- die funktionelle Diagnose:
  - Warum schmerzt die Achillessehne?
  - Wo sind Dysfunktion, Läsionen oder Insuffizienzen am Körper, die zu Achillessehneschmerzen führen können?

Elementar für den weiteren Therapieplan ist also eine korrekte Diagnose. Der Sportphysiotherapeut muss sich 2 entscheidende Fragen stellen:
- Welche anatomische Struktur bzw. welches Gewebe ist pathologisch betroffen?
  - Dieses können am Achillessehnen- und Fersenbereich unterschiedliche Strukturen sein wie z. B. Sehne, Sehnengleitgewebe, Periost, Bursa, Faszie, Muskulatur. (Was und wo tut es weh?)
- Warum schmerzt es in diesem Bereich?
  - Diese Frage zu beantworten ist weitaus schwieriger und wichtiger, denn hier gilt es, die Ursache für die lokalen Schmerzen an der Achillessehne zu finden.

Anatomische Differenzialdiagnostik

Mit einer anatomisch-pathologischen Differenzialdiagnostik verschafft man sich einen Überblick über die strukturelle Diagnose (Gösele-Koppenburg 2006, Knobloch K. 2009):
- Schmerzlokalisation im Bereich von Paratendon, Sehne, Sehnen-Muskel-Übergang, Sehnen-Knochen-Übergang, Schleimbeutel (achilläre Schmerzsyndrome) gibt einen Hinweis auf:
  - Achillessehnenzerrungen, (Partial-)Rupturen
  - Zerrungen, (Partial-)Rupturen am myotendinösen Übergang zum M. triceps
  - Insertionstendinopathie am Kalkaneus (Enthesiopathien)
  - symptomatischer dorsaler Fersensporn
  - Tendinitis, Tendinose (Sehnengewebe)
  - Para-/Peritendinitis achillea (Sehnengleitgewebe) = Entzündung des Sehnengleitgewebes ohne pathologische Veränderung der Sehne
  - Bursitis subachillea

  - Bursitis retroachillea
  - Bursitis subcutanea (bump pump)
- Schmerzlokalisation im Bereich von Knochen, Knorpel/Kapsel, Sehne (pseudoachilläre Schmerzsyndrome) hat möglicherweise als Ursache:
  - Stress-/Ermüdungsfraktur des Kalkaneus oder des Navikulare
  - Kalkaneuszyste
  - Apophysitis calcanei
  - Haglund-Exostose
  - Fersensporn/Kalkaneussporn (Tendoperiostose)
  - Tennisferse: Instabilität im Talokalkaneargelenk
  - akzessorische Knochen: Os trigonum/Impingement
  - Sehnen- oder Sehnenscheidenläsionen (Zerrungen, Entzündungen) M. flexor hallucis longus, M. peronaeus longus et brevis, M. tibialis posterior
  - arthrotischer Fersenschmerz: Kapsulitis (Gelenkflächen des Kalkaneus), posttraumatisch

Diese Differenzialdiagnose stellt nur die Schmerzlokalisation bzw. die Gewebedysfunktion (Bursa, Knochen, Periost, Sehnen, Gleitgewebe, Faszie) dar. In der Regel ist die Schmerzursache an anderer Stelle zu suchen. Gleiche Schmerzlokalisationen können unterschiedliche funktionelle Ursachen haben, die jeweils zu asymmetrischen Belastungen der Achillessehne führen können. Unterschiedliche Schmerzlokalisationen (z. B. Bursa, Kalkaneus, Sehne) können die gleiche funktionelle Ursache (z. B. muskuläre Insuffizienz im Becken-Rumpf-Bereich) haben.

Gleiche Schmerzlokalisationen können unterschiedliche funktionelle Ursachen haben.

Funktionelle Diagnostik

Im nächsten diagnostischen Schritt versucht man, die funktionelle, kausale Ursache zu finden. Die Frage ist, aufgrund welcher Dsyfunktion schmerzt der Achillessehnenbereich des Sportlers?

Es ist zudem wichtig, Ursachen von Risikofaktoren zu unterscheiden (z. B. Alter über 30, männliches Geschlecht, auch anatomische Variationen korrelieren mit Achillessehnenbeschwerden ohne kausalen Zusammenhang).

Ursachen von achillären und pseudoachillären Achillessehnenschmerzen (Segesser B. 2006)

Externe Ursachen

- Schuhwerk:
  - Optimal sind individuell angepasste Schuhe.
  - Schlecht passende Schuhe, die zu klein oder zu groß sind, stellen ein Risiko dar.
  - Wichtig ist eine feste Fersenkappe, die ausreichende Rückfußstabilität bei Belastung bietet. Sie darf aber nicht auf die Ferse drücken, hohe Sprengung (Ferse höher als Vorfuß).
- Einlagen (weicher Fersenabsatz im Sport).
- Bodenbelag/Untergrund:
  - Wechsel von Rasen auf Beton oder Hallenboden,
  - harter Asphalt, rückfedernde Tartanbahn, unebener, ungewohnter Untergrund (z. B. Waldboden).
- Außentemperaturen:
  - Kälte führt zu zähflüssiger Matrix im Achillessehnengewebe, daher die Sehne warm halten (Strümpfe).
- Medikamente (Kortison, Immunsuppressiva, Antibiotika, Ciprofloxacin, Schmerzmittel) können die Gewebeheilung negativ beeinflussen bzw. zu Zellschäden führen.

Cave: Die unkritische Einnahme von Schmerzmitteln während der Belastungsphase führt häufig zu chronischen Achillessehnenschmerzen trotz temporärer Besserung während der sportlichen Belastung. Grund dafür ist die fehlende Schmerzinformation der Gewebestruktur.

Körperbezogene Ursachen meist durch zu hohe asymmetrische Zugbelastungen des Kalkaneus. Einschränkungen der Beweglichkeit und Blockierungen führen zu asymmetrischen Zugbelastungen der Achillessehne im Sinne einer Überpronation in der Stützphase sowie Ausweichbewegungen auf dem lateralen Fußrand und gestörter Kalkaneusführung sowie zu übermäßiger Supination in der Abstoßphase:

- Großzehengrundgelenk (Einschränkung der Extension durch z. B. arthrotische Kapsulitis = Hallux rigidus, Hallux valgus), Abrollen über Fußaußenrand
- oberes Sprunggelenk (Einschränkung Dorsalextension durch z. B. Talusblockierungen oder anteriore Fehlstellung)
- Instabilität des unteren und oberen Sprunggelenks (unsichere asymmetrische instabile Kalkaneusführung während der Belastung, häufig z. B. durch Supinationstraumata und laterale Bandverletzungen = fibulare Kapsel-/Bandinsuffizienzen)
- Senkfuß (statisch bedingt, aber auch nach Belastung z. B. bei Insuffizienz des M. tibialis posterior, Hyperpronation)
- Rückfuß- oder Vorfußvarus bei Hohlfuß
- Synostosen der Fußwurzelknochen (Coalitiones tarsi)
- Fibuladysfunktionen z. B. anteriore Position der distalen Fibula (häufig bei akuten und chronischen Instabilitäten des oberen Sprunggelenks) oder Fibula posterior im proximalen Tibiofibulargelenk
- asymmetrischer Kalkaneus (Z. n. Frakturen oder varische Stellung des Kalkaneus)
- Dysfunktionen der Membrana interossea cruris (Faltdistorsionen durch akute Traumata oder Fehlpositionierungen der Fibula)

- Osteochondrosis dissecans der dorsalen tibialen OSG-Gelenkfläche
- Achsendeviationen des Unterschenkels
- Kniegelenk
  - Blockierung des proximalen Tibiofibulargelenks
  - Reizzustände (Kapselschwellungen, Erguss, Z. n. Operationen VKB-Plastik-Instabilitäten)
  - anatomische Asymmetrien der Kniegelenksachse, z. B. Valgusstellung (angeboren oder erworben, z. B. Arthrose)
- Hüftgelenk
  - Einschränkungen der Beweglichkeit durch Arthrose, vor allem der Hüftrotation (Innenrotationsfehler),
  - übermäßiges Einwärtsdrehen der Hüfte (Coxa antetorta als Risikofaktor)
- Becken
  - Iliumfehlstellungen (häufiger atypische unphysiologische Dysfunktionen Ilium inflare oder traumatisch Ilium superior (shear up) oder inferior (shear down), nicht kompensatorisches Ilium anterior und posterior
  - Sakrumdysfunktionen (häufiger die unphysiologischen Rechts-links- oder Links-rechts-Dysfunktionen, aber auch Links-links oder Rechts-rechts durch hypertones myofasziales Muskelsystem z. B. M. piriformis)
  - Symphysendysfunktionen (durch hypertone Adduktoren oder Bauchmuskeln, funktionelle Beinverkürzungen)
- Wirbelsäule
  - Mobilisationsdefizite, vor allem an den Übergängen lumbosakral, thorakolumbal, zervikothorakal und in den Kopfgelenken. Die kurzen Nackenmuskeln reagieren sehr häufig hyperton bei Verletzungen, da hier regulative kompensatorische Regulationen erfolgen.
- Zahnbereich, Kiefergelenksdysfunktionen
- myogene bzw. myofasziale Ursachen
  - insuffiziente Becken- (Glutäal-) und Rumpfmuskulatur (Belastungsinsuffizienz, insbesondere exzentrische Muskelschwäche Mm. adduktores)
- propriozeptive neuromuskuläre Defizite
  - Psoas-Syndrom
  - Hartspann/Hypertonus M. triceps surae und M. popliteus (sog. myofasziale Verkürzungen und Hypertonie, Triggerpoints und Tenderpoints)
- neurale/neuromeningeale Ursachen (Wilmes H., von Piekartz H. 2010)
  - Tarsaltunnelsyndrome
  - Neuritis ramus calcanearis (suralis, tibialis)
  - neurogen bedingter Fersenschmerz: radikuläre Symptome bei Bandscheibenleiden/Reizung Wurzel L5/ S1
  - Dysfunktionen der sensiblen Strukturen (Nervi calcanei medialis et lateralis)
- Erkrankungen
  - Stoffwechsel (Harnsäure-Gicht, Hyperurikämie z. B. nach intensivem Muskeltraining, HLA-B-277-Xanthomatose, chronische Niereninsuffizienz)
  - erworbene und angeborene systemische Erkrankungen (Diabetes, Rheuma, rheumatoide Arthritis, Lupus erythematodes, Morbus Bechterew, seronegative Spondylarthritis, Fibroostosis, selten Borreliose
- Vegetativum
  - Dysfunktionen Sympathikus/Parasympathikus (unterhält oft die Symptomatik am Bewegungssystem)
- trainingsmethodische Ursachen
  - Zu rasche Steigerung der Intensität, vor allem postoperativ oder nach Zeiten relativer Inaktivität nach anderen Sportverletzungen.
  - Mangelnde Regeneration nach Belastungen.
  - Mangelnde Erwärmung der AS-Matrix, insbesondere bei hohen Außentemperaturen und vorherigen langen statischen Belastungen (z. B. lange Busfahrten).
  - Neue Trainingsinhalte zu rasch eingeführt.
  - Intensitätssteigerung falsch dosiert.

Bei anhaltenden Beschwerden ist auch immer an einen Störherd zu denken. So kann z. B. eine Narbe am Bein zu wiederkehrenden Bauchschmerzen führen. Liegen Störherde vor, so kann erst durch Behandlung dieser Herde eine nachhaltige Beschwerdefreiheit erzielt werden. Als Störherde kommen neben den oben erwähnten Narben u. a. auch wurzelbehandelte Zähne, Umweltgifte, chronische Nasennebenhöhlenentzündungen und Impfnarben (Pocken) infrage.

Oben genannte Dysfunktion oder Dysregulationen äußern sich häufig nicht an der Dysfunktionsstelle (z. B. Fibula), sondern an der Achillessehne. Es ist aber für den Therapieerfolg wichtig, diese Dysfunktionen aufzusuchen und mit zu therapieren.

In der Regel können Schmerzen im Bereich der Achillessehne sowohl von einer Großzehendysfunktion, z. B. arthrotische strukturelle Veränderungen mit konsekutivem Extensionsdefizit der Großzehengrundgelenksbeweglichkeit, als auch von einer Blockierung in den Kopfgelenken z. B. im Atlantookzipitalgelenk herrühren. In der Medizin gilt aber die Regel: „Was häufig ist, ist häufig, was selten ist, ist selten." Trotzdem muss der Sportphysiotherapeut auch an die weniger häufigen Ursachen denken. Das gilt besonders, wenn Schmerzzustände chronifizieren, rezidivieren oder therapieresistent sind.

Um Achillessehnenschmerzen erfolgreich zu behandeln, ist es wichtig, nicht nur die Sehne selbst zu untersuchen, sondern eine komplette funktionelle Kettenun-

tersuchung des Körpers durchzuführen, da Sport auf allen Leistungsebenen mit dem ganzen Bewegungssystem durchgeführt wird und die Schmerzursache oft fern vom Schmerzort zu suchen ist.

Aktuelle Beschwerden des Patienten

Die langsam aufgetretenen Schmerzen des Sportlers an der Achillessehne (Peritendinitis mit klassischen Entzündungszeichen) hatten sich unter externer Ausschaltung von Schmerzen chronifiziert (Tendinose).

Brennender Schmerz in der linken Achillessehne im Bereich 4 cm proximal vom Ansatz der Sehne am Kalkaneus besteht seit etwa 5 Wochen. Er empfindet weder Ruhe- noch Nachtschmerzen und auch keine Alltags- und Bewegungsschmerzen. Er berichtet nur über leicht verstärkte Schmerzen morgens (Anlaufschmerz) mit Steifigkeitsgefühl der Sehne (Morgensteifigkeit) und anfänglichem Belastungsschmerz beim Laufen, der nach ca. 10 Minuten nachlässt und sich gegen Ende von Training und Wettkampf wieder leicht steigert.

Er hat das Gefühl, als sei das „linke Bein schwerer" (harte Muskulatur). Außerdem klagt er über unregelmäßige rezidivierende dumpfe Leistenschmerzen links und dumpfen Lumbalschmerz nach Belastung sowie regelmäßige Schmerzen im ventrolateralen Sprunggelenk links während der Belastung.

Körpersprache: Sportler streicht mit seinen Fingern eine Linie medial und lateral entlang der Achillessehne links und umfasst mit der Handinnenfläche sein Sprunggelenk (Triggerband, Faltdistorsion).

Untersuchung des Patienten

Stufendiagnostik (Anamnese, strukturelle und funktionelle Diagnostik)

Sämtliche Gewebesysteme müssen untersucht werden, z. B. arthroligamentär, myofaszial, autonomes Nervensystem, vegetativ, lymphatisch, neuromeningeal, viszeral, kraniosakral.

Ob die einzelnen selbstregulierenden Systeme einen Beitrag zu den Achillessehnenbeschwerden darstellen, muss nach der Untersuchung beurteilt werden.

Anamnese

32 Jahre, Körpergröße 196 cm, Gewicht: 95 Kilo, Nichtraucher, Impfstatus regelrecht.

Sportanamnese: seit 25 Jahren Handballspieler, mit 15 Jahren leistungsorientiert (3× die Woche), mit 21 Jahren Handballprofi, Rechtshänder, Spielposition: Rückraum.

Medikamente: Schmerzmedikation nur bei Bedarf, kein Kortison, keine Antibiotika.

Allgemeinmedizinische/internistische Untersuchung

Erkrankungen

Gesund (keine spezifischen Erkrankungen), kardiopulmonal unauffällig, keine Stoffwechselerkrankungen, keine Infektsituation in den letzten 6 Monaten.

Zahnstatus: keine Weisheitszähne mehr, aktuell keine Paradontitis o. Ä., keine Zahnschmerzen, regelmäßiger Zahnarztbesuch, Nasen-Rachen-Raum: o. B., Halsregion, Thorax, Herz, Lunge, Abdomen, Gefäßsystem, Haut: unauffällig.

Familienanamnese: unauffällig.

Verletzungen

Chronische Kapsel-Band-Instabilität OSG/USG links (Z. n. Außenbandruptur, Lig. talofibulare anterius im September 2006), Z. n. ausgeheilter Tibiafraktur links (osteosynthetische Versorgung, Marknagel in situ), angeborene Hüftdysplasie, Coxarthrose mit rezidivierender Coxitis links im Saisonverlauf, rezidivierdende Lumbalgien und ISG-Blockierungen links im Saisonverlauf, keine bisherigen Achillessehnenbeschwerden

Klinischer Befund

Gangbild: In der Standbeinphase links neigt der Oberkörper leicht nach vorne, linksseitig hörbar härteres Auftreten.

Statische Beurteilung Fußgewölbe und Stellung des Fersenbeines: normales Gewölbe, im Zehenspitzenstand: Rückfußvarus (rechts > links), nach Laufbelastung (30 Minuten): angedeuteter Knick-Senk-Fuß links > rechts, weiterhin dabei Rückfußvarus, keine Zehendeformität.

Laufanalyse (Videoaufnahmen in der Halle): In der Standbeinphase kippt Becken rechts leicht ab (nach ca. 20 Minuten).

Inspektion Sportschuh: Konfektionsschuh, eingetragen, unauffälliger Abrieb.

Inspektion Einlagen: Während der Weltmeisterschaft Viskoheel-Einlage rechts (vom Sportler gezeigt) verordnet bekommen.

Beurteilung Achillessehne: Schwellung und leichte Hautrötung, palpatorisch im Seitenvergleich allenfalls gering wärmer, spindelförmige Verdickung im Seitenvergleich und Druckdolenz in loco typico, Haut im Schmerzgebiet nicht wesentlich berührungsempfindlich, ödematöse Verdickung des Paratendons, Insertion am Kalkaneus unauffällig, schmerzloser Achillessehnenklammergriff im Bereich der Bursa subachillea, Murphy-Zeichen (ansatznaher Schmerz in Dorsalextension): o. B.

Anspannung der Zehenflexoren o. B. (Einziehung der Sehne bei Anspannung der Zehenflexoren weist auf eine Einschnürung der Achillessehne durch ein Retinaculum anulare hin.)

Beurteilung Rückfußstabilität: Prüfung fibularer Bandapparat (im Seitenvergleich +1 positive strukturelle Taluskippung und -vorschub).

Oberes Sprunggelenk: Talus im Seitenvergleich in anteriorer Stellung, Fibula ventrokaudalisiert (Z. n. Distorsion); Syndesmose o. B., Beweglichkeit Dorsalextension/Plantarflexion 5-0-45 links, 10-0-50 rechts.

Kniegelenke beidseits keine Schwellung, kein Erguss, frei und schmerzlos beweglich, bandstabil, Meniskustests negativ, proximales Tibiofibulargelenk blockiert (Fibulaköpfchen in Posteriorität).

Hüftgelenksbeweglichkeit links für Innenrotation ca. 5 Grad eingeschränkt im Seitenvergleich und endgradig schmerzhaft, Druckdolenz ventrale Kapsel, Genu valgum.

Beckenregion: Druckdolenz im linken ISG-Spalt (Ligg. sacroiliacae), Vorlauf links +, Beckenkompressions- und Federungstest links fester als rechts, Sakrumstellung regelrecht, Ilium anterior links (d. h. u. a. linke SIAS kaudaler als rechts und linke SIPS kranialer als rechts), funktionelle Beinverlängerung links 0,5 cm, bei ansonsten anatomisch gleich langen Beinen (Ganzbeinaufnahme im Stehen aus dem Jahr 2002 bei Hüftdysplasie).

Generelle Hypomobilität im Bereich des lumbosakralen Überganges, keine Blockierungen, thorakal unauffällig.

Halswirbelsäule: global und segmental frei und schmerzlos beweglich, insbesondere reizfreie (blande) Kopfgelenke.

Kiefergelenkstatus unauffällig.

Obere Extremität beidseits grob orientierend ohne pathologischen Befund.

Myofasziale Untersuchung

Im Seitenvergleich deutliche härtere fasziale Gewebespannung linkes Bein lateral/dorsal (insbesondere Plantarfaszie, M.tibialis posterior, M. triceps surae, M. popliteus, Mm. ischiocrurales, M. iliacus und M. psoas major, M. quadratus lumborum sowie die Fascia thoracolumbalis.

Typische Tenderpoint-Lokalisationen für M. iliacus, M. psoas und M. quadratus lumborum sowie deutliche Triggerpoints für M. piriformis, M. tibialis posterior, M. soleus.

Lymphatische Untersuchung

Lymphknotenstatus inguinal links auffällige palpable, aber schmerzlose Lymphknoten im Seitenvergleich, Cysterna chyli paraumbilikal gewebefest, aber klinisch schmerzfrei; Diaphragma links gewebefester als rechts, jedoch ohne Druckdolenz.

Neurovaskuläre Untersuchung

Pulse abdominal, pelvinal und untere Extremität regelrecht, keine Stauungszeichen, regelrechte Durchblutung. Keine Sensibilitätsstörungen. Reflexe seitengleich vorhanden, keine neurologischen Defizite. Neuromobilisation: o. B.

Bildgebende Verfahren

Merke Die Befundung der Aufnahmen sollten immer im Kontext der Anamnese und klinischen Untersuchungen stehen, ansonsten sind sie wertlos und es kann zu Fehldiagnosen kommen.

Sonografie linke Achillessehne (im Seitenvergleich)

- Dorsaler Longitudinalschnitt: spindelförmige Verdickung, überwiegend echoarme Verbreiterung, Peritendineum soweit der Sehne anliegend, keine deutliche echofreie Formation, keine Enthesiopathie (bzw. Insertionstendinopathie), keine Bursitis, keine Tendovaginitis der übrigen Sehnen.
- Dorsaler Transversalschnitt: Querschnittszunahme links im Seitenvergleich.

Röntgen Rückfuß in 2 Ebenen. Unauffällig, kein Fersensporn oder Haglund-Exostose, keine Kalkaneuszyste.

Magnetresonanztomografie. Ein sinnvolles und sehr differenziertes Verfahren in diesem Fall nach längerem Verlauf ist die MRT, sofern die Schnittführung in 3 Ebenen in ausreichend engen Schichten erfolgt (Beurteilung Qualität der Sehne, Partialrupturen).

Befund: kein Hinweis auf Stressfraktur, spindelförmige Auftreibung in loco typico, Tendinose, keine wesentlichen peritendinösen Begleitreaktionen, kein Hinweis auf Partialruptur.

Laboruntersuchungen

Blutbild u. a. Entzündungswerte o. B., Harnsäure im Normbereich.
Urinstatus regelrecht, Elektrophorese normal.
EKG (vor WM): Ruhe- und Belastungs-EKG o. B.
Farbdopplerechokardiografie und Lungenfunktionsprüfung regelrecht.

Zusammenfassung der Diagnostik

Physiotherapeutischer Befund

- lokal: Tendinose Achillessehne links mit sekundären Begleitreaktionen
- kausal: multifaktoriell
  - Ilium anterior links
  - Talus anterior, distale Fibula ventrokaudal links bei Rückfußinstabilität, Z. n. Außenbandruptur 09/06
  - Kapsulitis linke Hüfte bei Hüftdysplasie
  - myofaszialer Hartspann/Hypertonus u. a. des M. iliopsoas

Therapie

Ein unreflektiertes und unabhängig von der Differenzialdiagnose häufig ausgeführtes Therapieregime wie Trainingsstopp und Ruhigstellung, z. B. Gips, Kryotherapie, Schmerzsalbenverband, Schmerzmedikation oder eventuell Einlage, aber auch Fortführung der Belastung unter Analgetika wie in diesem Fallbeispiel sind zu kurz gedacht und inneffektiv (Gimbel J. et al. 2007, Kjaer M. 2007)

Eine längere Ruhigstellung der Sehne ist bei Entzündungen der Sehne jedoch auch nicht sinnvoll, ebenso wenig die längerfristige Anwendung von weichen Fersenpolstern oder Absatzerhöhungen (swimming calcaneus). Folgen dieser Maßnahmen könnten eine Reduzierung der Belastbarkeit der Sehne oder Kompensationsmuster sein, die sich nachteilig auswirken könnten.

Aufgrund der gestellten plausiblen Arbeitsdiagnosen und der evidenzbasierten Zielsetzung im Sinne des Sportlers, des Vereins und der medizinischen interdisziplinären Clinical-Reasoning-Beurteilung (Mommsen H. 2008) wurde folgendes Therapieregime entworfen:

- Symptomatische Lokaltherapie an der veränderten Struktur (Tendinose Achillessehne): Querfriktionen, Funktionsmassagen Achillessehne und Wadenmuskulatur, Trigger- und Tenderpoint-Therapie Wade sowie als Schwerpunkt FDM (Triggerband) und exzentrisches Training.
- Kausale oder Ursache-Folge-Kette-Therapie:
  - Regulierung der Faszienspannung (Tractus iliotiabilis, M. quadratus lumborum, Zwerchfell, M. iliopsoas, M. iliacus, M. popliteus und Plantaraponeurose, Fascia thoracolumbalis) mittels Techniken aus MFR, MET und myofaszialer Integration
  - parietale Korrektur des Ilium anterior, Talusvorschub sowie Fibulablockierungen
  - Neuromobilisation: N. suralis, Plexus lumbalis
  - Mobilisation Hüftrotation, thorakolumbaler Übergang, LWS mittels MET (Stretching) und Mobilisationsübungen in Eigenregie
  - vegetativ: Aufklärung und Beratung über das Krankheitsbild, Symphatikusdämpfung im thorakalen Bereich (z. B. Rib raising)
  - Stabilisation Becken-Bein-Achse mit sensomotorischen Aspekten
  - elastisches Taping (Eder K., Mommsen H. 2008)

Schwerpunkttherapien

Im Folgenden sollen nun 3 Schwerpunkttherapien vorgestellt werden, die aus unserer Sicht in der Zukunft in der Behandlung von Tendinosen kombiniert eingesetzt werden sollten (neben den oben erwähnten kausalen Therapieformen):

- FDM (Faszientechniken)
- exzentrisches Training
- elastisches Taping

FDM-Fasziendistorsionsmodell nach Typaldos zur akuten Schmerzlinderung

Diese Therapiemethode wurde von uns favorisiert eingesetzt, da sie direkt nach der Behandlung zur nahezu kompletten Schmerzlinderung führte und den Sportler wettkampffähig machte. Neben der nach unserer Einschätzung wichtigen Therapie der Ursache (manuelle Korrektur Fibula, Membrana interossea, Beckendysfunktion u. a.) und damit der langfristigen Ausschaltung der Dysfunktionen im Körper, war das FDM hervorragend geeignet, um dem Kompromiss aller Beteiligten im Leistungssport gerecht zu werden. Das Denkmodell des FDM soll an dieser Stelle kurz erläutert werden (Harrer G. 2010, Typaldos S. 1999)

FDM ist ein anatomisches Denkmodell sowie Diagnose- und Therapiekonzept zur zweckmäßigen Betrachtung der Wirklichkeit, welches insbesondere die Körpersprache des Patienten und die Faszien als Schmerzgenerator

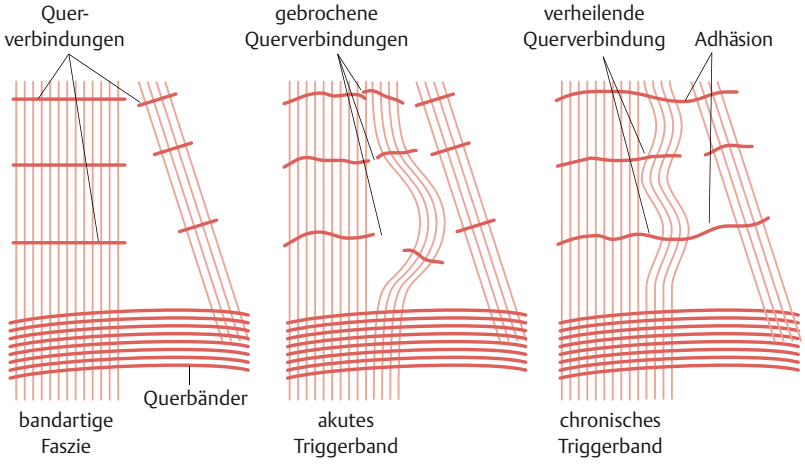


Abb. 21.1 Triggerband: schematische Darstellung.

in den Vordergrund stellt. Neben der bekannten Anamnese und Funktionsdiagnostik durch Palpation berücksichtigt das FDM vor allem den vom Patienten geschilderten und mit den Fingern bzw. der Hand gezeigten Schmerzort und -verlauf zur Diagnose. Verletzungen und andere Krankheitsbilder werden auf eine oder mehrere von 6 spezifischen Distorsionen zurückgeführt. Die Therapie besteht vorwiegend aus kräftigen, manualtherapeutischen Reizen.

FDM-Diagnose: Triggerband

Therapie: kräftiges manuelles Ausstreichen mit den Fingern entlang spezifischer Faszienbänder zum Lösen von pathologischen Adhäsionen (**Abb. 21.1**).

Die kräftigen Faszienstriche wurden regelmäßig vor Wettkämpfen und Training 2–3-mal durchgeführt (**Abb. 21.2** a–b). Aufgrund der persistierenden hohen Belastung der Achillessehne im weiteren Verlauf nahmen die Beschwerden nur langsam, aber dennoch kontinuierlich ab.

Exzentrisches Training der Achillessehne

Exzentrisches Training der Achillessehne als Therapie zur langfristigen Veränderung der bindegewebigen Sehnenstruktur. Im Gegensatz zu akuten Schädigungen der Achillessehne orientiert sich die Therapie bei chronischen Sehnenpathologien nicht an den einzelnen Wundheilungsphasen, da hier ein degenerativer Zustand von Sehnenzellen und Matrix nach insuffizienter Heilung vorliegt (Krämer R. 2010). Es besteht keine Entzündung im klassischen Sinne. Das betroffene Sehnengewebe durchläuft nun einen Auf- und Abbauprozess (Einwachsen von Nerven und Gefäßen, Proliferation von Tenozyten mit langer Halbwertszeit und Turnover). Immobilisationen und Ruhigstellung sind nach heutiger Auffassung kontraproduktiv, wenn nicht sogar physiologisch kontraindiziert, weil sie die Sehne schwächen. Die Remodellierungsphase der degenerier-

Tab. 21.1 Nomenklatur von Sehnenpathologien und histologische Befunde (Diemer, Sutor 2007)

Bezeichnung	Definition	Histologie
Paratenonitis	Entzündung des Paratenons mit oder ohne Sehnenscheide, kein Sehnenbefall	Entzündungszellen im Paratenon oder im umliegenden Bindegewebe mit den entsprechenden Entzündungszeichen
Tendinose	Degeneration eines umschriebenen Sehnenbereichs	keine Entzündungsanzeichen, Degeneration des Gewebes mit Zellmutationen, chaotische Faserausrichtung, verändertes Crosslinking, Debris-Nester, vaskuloneurale Invasion
Tendinitis (gilt auch für operatives Vorgehen)	Mikro- oder Makrotrauma der Sehne	akute Schädigung mit entsprechenden Entzündungszeichen und Entzündungsreaktionen im Wundgebiet

Tab. 21.2 Heilungsdauer von Sehnenverletzungen (Diemer, Sutor 2007)

Art der Schädigung	Entzündungsphase	Proliferationsphase	Remodellierungsphase
Tendinose	fehlt	fehlt	3–12 Monate, abhängig von der Lokalisation
Tendinitis (Mikro- oder Makrotrauma)	bis 1 Woche	vom 3. Tag bis 6 Wochen	ab der 3. Woche bis ca. 1 Jahr
Ruptur (Sehnennaht)	bis 1 Woche	vom 3. Tag bis 6 Wochen	ab der 3. Woche bis ca. 1 Jahr

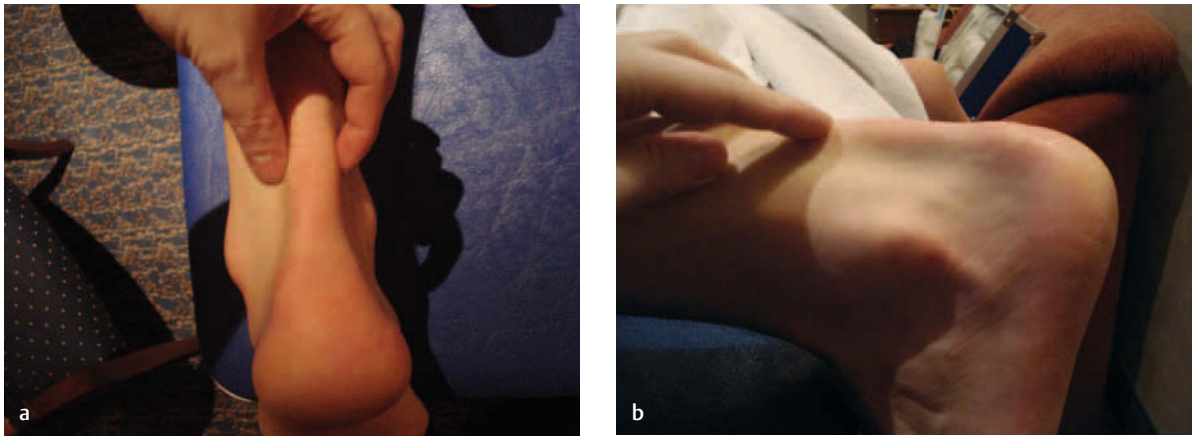


Abb. 21.2 Triggerband Wade.
a Darstellung des Verlaufs eines Triggerbandes an der Wade.
b Darstellung der Behandlung eines Triggerbandes an der Wade.

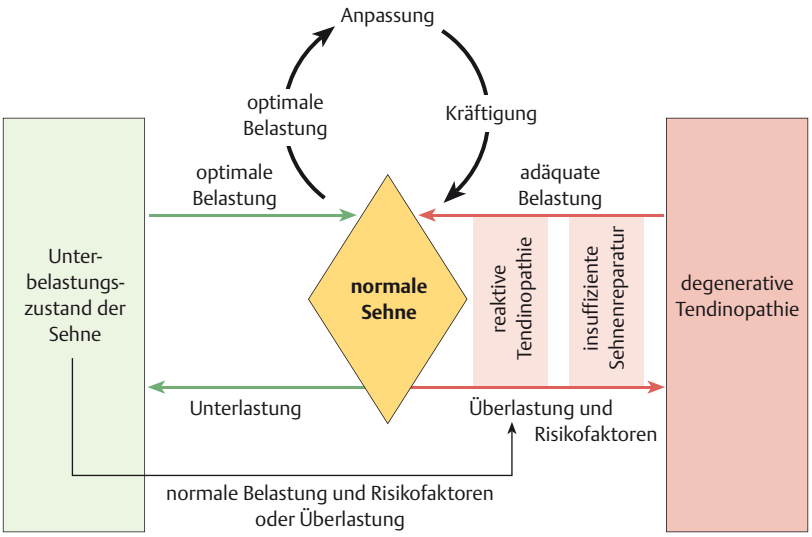


Abb. 21.3

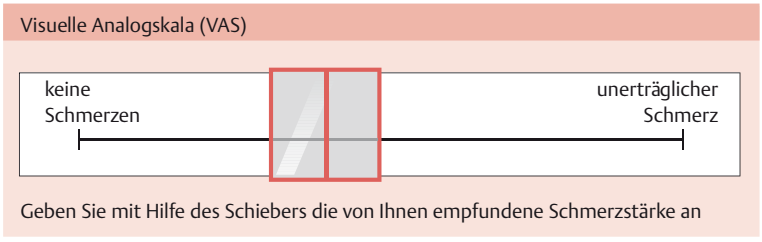


Abb. 21.4 VAS, visuelle Analogskala.

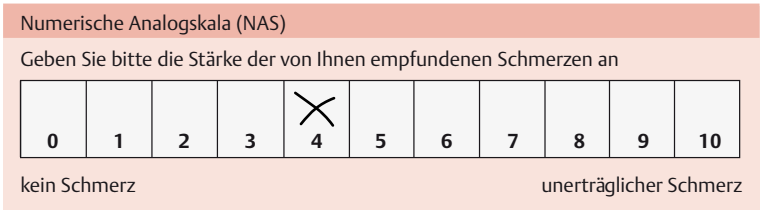


Abb. 21.5 Numerische Analogskala.

ten Sehne benötigt spezifische Reize. Dass eine geschädigte Sehne durch weitere Belastung, u. a. durch exzentrisches Training, kräftiger und schmerzfreier wird, klingt im ersten Moment paradox. Das exzentrische Training stellt jedoch in der Praxis, und auch aus Sicht der Physiologie, eine sinnvolle und leistungssportgerechte Übungsform dar. Die vermeintliche Mitursache „starke Sehnenbelastungen" für Mid-Portion-Tendinosen stellt gleichzeitig paradoxerweise eine Therapieform dar: exzentrisches Training zur Stärkung der histologischen Sehnenarchitektur! (Gimbel J. A. et al. 2007, Kjaer M. 2004).

Die wissenschaftliche Begründung im Hinblick auf trainingsmethodische Orientierungen zum exzentrischen Training der Achillessehne ist noch nicht ausreichend erbracht, um klare Empfehlungen zu geben.

Ausführung

In unserem Trainingsprogramm orientieren wir uns an häufigen Empfehlungen und individuellen Besonderheiten des Sportlers:

Vor den Übungen werden statisches myofasziales Stretching der Achillessehne, Mobilisation des Sprunggelenks sowie myofasziale Techniken oder Funktionsmassagen empfohlen. Kryotherapie ist aufgrund der dadurch fehlenden Schmerzinformation nicht zu empfehlen.

Der Sportler trainiert exzentrische DEXT an einer Stufe mit gebeugten und gestreckten Kniegelenken (1-beinig) 2-mal am Tag in den ersten 14 Tagen, anschließend 2- bis 4-mal am Tag für die nächsten Wochen an 7 Tagen der Woche mit 3-mal 15 Wiederholungen und 1 Minute Pause jeweils.

Die Trainingsdauer sollte mindestens 12 Wochen betragen, wobei die korrekte Ausführung der Übungen regelmäßig kontrolliert werden sollte.

Eine Steigerung der Übung sollte nicht durch zusätzliche Gewichte, sondern durch Dynamisierung der Übung stattfinden. Auf Schmerzmedikation muss während der Übungen unbedingt verzichtet werden.

Der Sportler protokolliert täglich auf der visuellen und numerischen Analogskala seinen Schmerzzustand (**Abb. 21.4, Abb. 21.5**).

Elastisches Taping bei Tendinosen (Mommsen H.; Eder K.; Brandenburg U. 2008)

Unser Ziel war es, mit dem Taping auch außerhalb der Behandlungszeiten von Ärzten oder Therapeuten Therapieeffekte im Achillessehnenbereich zu erzielen (24-Stunden-Effekt). Außer der verbesserten Mikrozirkulation (Blut- und Lymphtransport) und der damit verbundenen Funktionsverbesserung, gab der Sportler eine Schmerzlinderung von 20–30 % an.

Das Tape im Wettkampf oder Training wurde z. T. mit einem klassischen Kalkaneus-Sabilisationstape (Mokassin-Tape) kombiniert (Eder K., Mommsen H. 2007), im Alltag wurde eine einfache gefächerte Muskeltechnik (**Abb. 21.6**) angelegt.

Das elastische Taping ist eine Oberflächentherapie, die die Haut als größtes Sinnesorgan (2 m^2) des Körpers nutzt (Haut-/Faszientherapie). Es ist eine unterstützende Therapie (Add-on) zur Förderung der körpereigenen Heilungsprozesse.

Durch Reizung der Hautsensoren nimmt das Tape Einfluss auf

- die myofaszialen und arthroligamentären Systeme,
- das Blut- und Lymphsystem,
- das analgetische System, insbesondere durch Verbesserung der Durchblutung (Wundheilung),
- Regulation des Gewebetonus (Release) und
- sensorische Unterstützung von Bändern und Sehnen (propriozeptive Stimulierung und Regulierung).

Der Haupteffekt des Tapings liegt in der Schmerzlinderung, die durch die verbesserte Mikrozirkulation im Lymph- und Gefäßsystem und die Wirkung auf die Gewebesensoren erreicht wird (Funktionsverbesserung).

Besonderheiten des elastischen Tapematerials

- wärmeaktiver Acrylatkleber (selbstklebende Beschichtung: 100 % Acrylat)
- Tapematerial auf hochwertiger Baumwollbasis hergestellt, kein Wirkstoff, latexfrei
- 30–40 % dehnbar
- sinusförmige Aussparungen am Kleber, um Luft- und Flüssigkeitszirkulation zu ermöglichen
- wasser- und schweißbeständig
- elastisches Tape (quer- und längselastisch)
- Dicke, Schwere, Gewicht und Dehnfähigkeit ähnlich der menschlichen Haut



Abb. 21.6 Muskeltechnik. Muskulatur in Vordehnung (M. triceps surae), Tape wird mit Basis am Kalkaneus ohne Zug fächerförmig um die Wade gelegt.



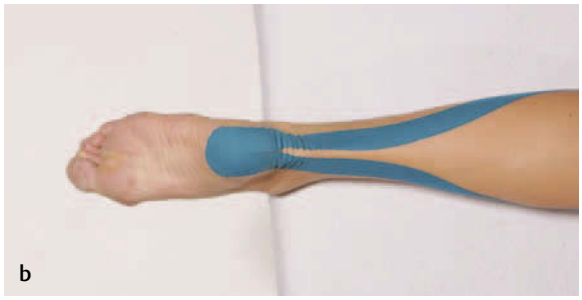


Abb. 21.7 Anlage des Tapings.
a Funktionsanker zur OSG-Stabilisierung.
b Elastisches Tape mit dem klassischen unelastischen Tape zur Rückfußstabilisierung.



Abb. 21.8 Tape und exzentrisches Training.

Besonderheit dieses Tapes

- 24-Stunden-Therapie (Memory Therapie)
- lange Tragezeit, wenig Qualitätseinbußen (Anlage mindestens 20–30 Minuten vor sportlicher Aktivität)
- selten Nebenwirkungen und wenig Komplikationen
- kaum Hautirritationen
- in der Regel wird die volle Gelenkfunktion erhalten (full range of motion)

Tipp Vor dem Taping ist es sinnvoll, myofasziale Releasetechniken oder ähnliche Techniken durchzuführen. An feuchten Stellen evtl. einen separaten Anker (Hände/Füße) an den Enden legen oder mit Haftspray kombinieren.

Das Taping wurde aufgrund der sehr positiven Begleiteffekte im Zeitraum Februar bis Ende April regelmäßig angelegt (Tragedauer ca. 3–5 Tage im Durchschnitt).

Durch die oben genannten Therapien konnte der Sportler die komplette Rückserie in der Handballsaison durchspielen. Trotz der Belastung nahmen die Beschwerden sukzessive ab. Bei Überreizungen der Achillessehne wurde der Sportler temporär geschont. 3 Monate nach Therapiebeginn war der Sportler komplett schmerzfrei. Ein Präventionsprogramm wurde in Eigenregie weitergeführt.

Fazit

Die Ätiologie und genaue Pathogenese der Tendinose ist noch nicht hinreichend aufgeklärt. Histopathologische und biochemische Untersuchungen weisen darauf hin, dass es sich nicht um einen entzündlichen Prozess handelt (Alfredson 2005, Shalabi et al. 2004). Ferner konzentrieren sich die Studien zum exzentrischen Krafttraining als Therapieform häufig eher auf MR-morphologische und ultrasonografische Veränderungen der Sehne als auf den klinischen Zustand des Sportlers (Shalabi et al. 2004). Nicht selten gibt es lange Ausfallzeiten. Es liegen, verglichen mit der Ruptur der Achillessehne, nur wenige Arbeiten vor, die sich mit der wesentlich häufigeren „Achillodynie“ beschäftigen. Die genaue Ätiopathogenese ist zum Teil noch ungeklärt. Eine differenzierte, sowohl symptomatische als auch ätiologisch-kausale Behandlung ist für eine erfolgreiche Therapie erforderlich. Erst recht, wenn im Leistungssport immer ein Kompromiss gefunden werden muss zwischen Leistungsanforderungen und medizinischer Vernunft.

Ebenso sollte bei Achillessehnenschmerzen auch nicht pauschal das oft propagierte exzentrische Training der Wadenmuskulatur durchgeführt werden, ohne vorher Gewebe- bzw. Strukturlokalisationen oder sportartspezifische und individuelle Besonderheiten abgeklärt zu haben. Kontraindikation besteht bei Bursitis und Insertionstendinopathien sowie Instabilitäten oder Arthrose OSG und Beckendysfunktionen.

Es werden unzählige therapeutische Maßnahmen propagiert. Für die meisten liegen keine gesicherten wissenschaftlichen Erkenntnisse vor. Das Fehlen von Wirksamkeitsnachweisen bedeutet jedoch nicht Wirkungslosigkeit.

Merke Therapien an verschiedenen Ebenen des Körpers erscheinen der nur lokalen Therapie deutlich überlegen.

Der Sportler erbringt den Beweis, dass in der Sportphysiotherapie nicht nur therapeutische Fähigkeiten und Fertigkeiten notwendig sind, sondern insbesondere auch diagnostische bzw. physiotherapeutische Befunde.

Da der Körper embryologisch gesehen ein zusammenhängender bindegewebiger Schlauch ist, ist es sinnvoll, den ganzen Körper bei lokalen Dsyfunktionen zu behandeln, damit man effektive und effiziente Ergebnisse im Leistungssport bekommt.

Literatur

Diemer F, Sutor V. Praxis der medizinischen Trainingstherapie. Stuttgart: Thieme; 2007

Eder K, Hoffmann H. Verletzungen im Fußball. München: Urban & Fischer; 2006

Eder K, Mommsen H. Richtig Tapen – funktionelle Verbände am Bewegungsapparat optimal anlegen. Balingen: Spitta; 2008

Feuerstake G, Zell J. Sportverletzungen. 2., aktualisierte Auflage. Ulm: Gustav Fischer; 1997

Gimbel JA, Van Kleunen JP, Wiliams GR. Long durations of immobilization in the rat result in enhanced mechanical properties of the healing supraspinatus tendon insertion site. J Biomech Eng 2007; 129: 400-404

Gösele-Koppenburg. Sehnenverletzungen. In: Engelhardt, M. Hrsg. Sportverletzungen. München: Urban & Fischer; 2006
Harrer G. Fasziendistorsionsmodell. In: Liem T, Dobler T. Hrsg. Leitfaden osteopathieparietale Techniken. 3. Aufl. München: Elsevier; 2010
Kader D, Saxena A, Movin T, Maffulli N. Achilles tendinopathy: some aspects of basic science and clinical management. Br J Sports Med 2002; 36(4): 239–249
Kjaer M. Role of extracellular matrix in adaption of tendon and skeletal muscle to mechanical loading. Physiol Rev. 2004; 84: 649-698
Knobloch, K. Aus nach Sportverletzungen. Balingen: Spitta Verlag; 2009
Krämer R, Lorenzen J, Vogt PM, Knobloch K. Systematische Literaturanalyse über exzentrisches Training bei chronischer Mid-Portion-Achillestendinopathie: Gibt es einen Standard? Sportverletzung–Sportschaden. 2010; 4: 204–211
Mayer F, Dickhuth HH. Chronische Achillessehnenbeschwerden im Sport. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 2002; 53(9): 256-257
Mayer F, Grau S, Bäuerle W. Achillessehnenbeschwerden im Laufsport – eine aktuelle Übersicht. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 2000; 51(5): 161–167
Mommsen H. Sportphysiotherapie am Beispiel einer Handball-Bundesligamannschaft. Praxis Physiotherapie 2008
Mommsen H, Eder K, Brandenburg U. Leukotape K – Schmerz- und Lymphtherapie nach japanischer Tradition. Balingen: Spitta Verlag; 2008
Petersen W, Pufe T, Pfrommer S, Tillmann B. Überlastungsschäden der Achillessehne. Der Orthopäde 2005; 6:533–541
Schepsis AA, Jones H, Haas AL. Achilles tendon disorders in athletes. Am J Sports Med 2002; 30(2): 287–305
Segesser B, Goesele A, Renggli P. The Achilles tendon in sports. Orthopäde 1995; 24 (3):252–267
Segesser B, Brüggemann P, Weisskopf L. Die Achillessehne im Sport. Therapiewoche 2006; 8:144–150
Steinbrück K. Achillessehnenrupturen im Sport – Epidemiologie, aktuelle Diagnostik, Therapie und Rehabilitation. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 2000; 51(5): 154–160
Steinmann HJ, Allwang D. Verletzungen im Sport. München: Urban & Fischer; 2009
Typaldos S. Orthopathische Medizin. Kötzting: Verlag für Ganzheitliche Medizin; 1999
Wilmes M, von Piekartz H. Der N. suralis als beitragender Faktor für eine chronische Achillodynie- eine explorative Sonografie-Studie. Sportverletzung-Sportschaden 2010; 4:212–217

Quellenverzeichnis

Abb. 1.16: Photo Disk
Abb. 2.3: MEV

Kapiteleinstiegsbilder

Kapitel 9: MEV
Kapitel 10: PhotoDisc
Kapitel 11: MEV
Kapitel 12: Fotokostic/Schutterstock
Kapitel 13: MEV
Kapitel 14: PhotoDisc
Kapitel 15: PhotoDisc
Kapitel 16 a: Corel Stock
Kapitel 16 b: PhotoDisc
Kapitel 16 c: MEV
Kapitel 17: MEV
Kapitel 18: MEV
Kapitel 19: Viorel Sima/Schutterstock
Kapitel 20: Corel Stock
Kapitel 21: Carme Balcells/Schutterstock

Sachverzeichnis

A

Abalakow-Sprunggürteltest 97
Abduktion-Elevation 20 f
A-Beta-Reiz 69
Abwehrbewegungen auf dem Eis 398
Accelerometer 130
Achillessehne 66
Achillessehnenbeschwerden 16
Achillessehnendehnung, exzentrische 66
ACTH (adrenocorticotropes Hormon) 328
Active-Compression-Test nach O'Brien 420
Adaptation
– auf höheres Niveau 183
– Individualität 188
– kardiopulmonale, Ausdauertraining 215
– muskuläre, Ausdauertraining 215
– spezifische 188
Adaptationsprozess, intramuskulärer 452 f
Adduktionstest, horizontaler 420
A-Delta-Reiz 69
A-Delta-Schmerz 53 f, 532
ADH (antidiuretisches Hormon) 367
Adhäsionslösung 141, 143
β_2-Adrenozeptor-Agonisten 328 f
Agilitätstraining 248
Agility-Drill-Test 118
Airex-Balance-Pad 571
Akromioklavikulargelenk 417 ff f
– degenerative Veränderung 421
– Stabilisatoren 417
– Verletzungsmechanismus 418
Akromioklavikulargelenkdistorsion 419 f
Akromioklavikulargelenksverletzung 417 ff
– Begleitverletzung 420
– Bewegungsanalyse 422 ff
– Judo 417 ff
– Klassifikation 418 ff
– Therapie 420 ff
– Therapieplanung 422
– Trainingsziel 424
Aktionsschnelligkeit 219
Aktivierungsfähigkeit, willkürliche 197 f
– maximale 95
Aktivität, körperliche 11, 29 f
– Analysekarte 306, 308
– Definition 123
– Effekte 123 f
– Empfehlungen 125 f
–– für Senioren 126 f
– Energiebedarf 338 f
– erforderliche 124 ff
– Fitnessnorm, Empfehlungen 288 f
– ICF 304
– Kampagnen 131
– mangelnde 123 f
– mäßig intensive 253
– Proteinkonsum
– Wasserhaushalt 366 ff
Aktivitätentagebuch 127, 130
Aktivitätsstörung
– Lysholm-Score 497
– Tegner-Score 498
Akupunktur-TENS 155
Akute-Phase-Proteine 364
Alarmphase, mechanischer Reiz 320
Aldosteron 367
Alkohol 332, 369
Allergie 345
Allianz, therapeutische 16
Aminosäuren 339 ff
– bedingt essenzielle 342 f
– essenzielle 342 f
– glukogene 343
– nichtessenzielle 342 f
– Präkursormangel 342 f
– Resorption 340
Anabolika 326 f
Analyse
– Aufzeichnung 311
– sportspezifische 306 ff
Analysekarte 286 ff, 307 ff
Androgene 326 f
Anfänger 178 f
Anorexie, athletische 364 f
Anpassung
– gesundheitsorientierte, Ausdauertraining 214
– spezifische 76
– stabile 186
Anpassungsreserve 184
Anti-Doping Practices, Kompetenz 13
Anti-Doping-Weltorganisation 13
Antiöstrogene Substanz 329
Antioxidans 322, 353 f
Antiphlogistika 321
Antitussivum 331
Antizipation 277, 279 f
– kognitive 278
Antizipationsschnelligkeit 218
Anulus fibrosus 63
Apley-Test 493
AQTP/CP-Pool 257
Äquivalente, metabole 127 f, 130
Arachidonsäure 352
Arbeiten
– patientenzentriertes 40 f, 230
– sportlerzentriertes 41
Arbeitsgedächtnis 172
Arbeitsmodell nach Rondhuis 496
Arginin 342 f, 348
Argumentation, klinische s. Clinical Reasoning
Armaußenrotatoren, Aktivierung 527
Arnica 322
Aromatasehemmer 329
Arousal, aspezifisches 136
Arthritis
– posttraumatische 59 f
– rheumatoide, ICF-Core-Set 31
Arthrokinematik 19
Arthrose 61 f
– überlastungsbedingte 61
Arthroskopie, Kniegelenk 466, 495, 499, 543
Arzneimittel 333
Assistenz, kompensatorische 310
Asthma bronchiale 329
Atemtherapie bei Stress 136 f
ATP-Bildung 371
ATP-Bildungsrate 205
Aufgabe 168 f
– funktionelle 166
– Klassifikation 168 f
Aufklärung 17
Auflage, kalte 150
Aufsprünge, konzentrische, auf einen Kasten 584
Aufwärmen, aerobes 74
Ausbildung, interdisziplinäre 45 f
Ausdauer 229
– aerobe 204
– allgemeine 203 f, 251
–– leistungsbegrenzende Faktoren 206 f
– anaerobe 205
– Definition 250
– dynamische
–– aerobe, lokale 206