

Mündliche Prüfung Anatomie

Siegfried Mense

182 Abbildungen

Georg Thieme Verlag
Stuttgart · New York

Anschrift

Mense, Siegfried, Prof. Dr. med.
Dreibüchelackerstr. 13
69198 Schriesheim
siegfried.mense@medma.uni-heidelberg.de

Impressum

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

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

Printed in Germany

Zeichnungen: aus Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus. LernAtlas der Anatomie. Illustrationen von M. Voll und K. Wesker. Stuttgart: Thieme
Beschriftungsanpassungen/Beschnitt und schematische Neuzeichnungen: Andrea Schnitzler, Innsbruck
Umschlaggestaltung: Thieme Gruppe
Umschlagfoto: © Birgit Reitz-Hofmann/Fotolia
Layout: Ulrike Holzwarth, Büro für Gestaltung, Stuttgart
Satz: Druckhaus Götz GmbH, D-71636 Ludwigsburg
Druck: Westermann Druck Zwickau GmbH, Zwickau

DOI: 10.1055/b-005-145260

ISBN 978-3-13-242231-5

1 2 3 4 5 6

Auch erhältlich als E-Book:
eISBN (PDF) 978-3-13-242232-2
eISBN (epub) 978-3-13-242233-9

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.

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 handele.

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.

Vorwort

Der vorliegenden Sammlung von Fragen und Antworten liegen die Erfahrungen zugrunde, die ich in mehr als 20 Jahren Prüfungstätigkeit gewonnen habe. Bei den Fragen sind häufig angesprochene Themen zahlreicher vertreten als eher selten abgefragte Gebiete. Diese Fragensammlung ist aber kein Lehrbuch – eine vollständige Darstellung aller Gebiete ist nicht angestrebt.

Die Fragen haben den Zweck, das Bestehen des 1. Abschnitts der Ärztlichen Prüfung (M1) wahrscheinlicher zu machen und die bei vielen bestehende Prüfungsangst zu mildern. Wenn die meisten Fragen zumindest teilweise beantwortet werden können, sollte das Bestehen kein Problem sein.

Mit Sternchen (*) sind etwas „knifflige“ Fragen gekennzeichnet, deren Beantwortung für das Bestehen wohl nicht entscheidend ist, mit denen aber die Note aufgebessert werden kann.

Einige Antworten beinhalten Erklärungen, die das Verständnis für anatomische Sachverhalte im Sinne einer funktionellen Anatomie fördern sollen. Manche dieser Ergänzungen stehen nicht in den Lehrbüchern, können aber als Lernhilfe dienen, weil sich in anatomischen Strukturen auch ihre Funktion widerspiegelt.

Seien Sie bei der Vorbereitung nicht allzu frustriert, wenn Sie in verschiedenen Quellen unterschiedliche Angaben zur selben Thematik finden – das kann an neuen Erkenntnissen liegen (z. B. in der Neuroanatomie) und/oder daran, dass ein anderer Autor andere Details für wichtig hält.

Tipp: Auch wenn Sie eine Antwort nicht sofort parat haben, sollten Sie versuchen, sich auf Nebenwegen die Antwort abzuleiten. Viele Prüfer bewerten nicht nur das Faktenwissen, sondern auch die Fähigkeit, mit als schwierig empfundenen Fragen umzugehen. Normalerweise beginnen die Prüfer mit eher allgemeinen (leichten) Fragen, um dann mit etwas schwereren Themen festzustellen, wie gut die Kandidatin/der Kandidat ist.

Ein letztes Wort (zur Lektüre kurz vor der Prüfung empfohlen): Machen Sie sich klar, dass sich jeder Prüfer freut, wenn die Prüfung gut verläuft. Niemand hat ein Interesse daran, den Kandidaten unnötige Schwierigkeiten zu bereiten. **Und: Um zu bestehen, muss man nicht alles wissen!**

Mannheim und Heidelberg, im Frühjahr 2018
Siegfried Mense

Inhaltsverzeichnis

1	Obere Extremität	10	6	Bauch-Becken-Eingeweide	138
1.1	Makroskopische Anatomie	10	6.1	Makroskopische Anatomie	138
1.1.1	Knochen, Bänder und Gelenke	10	6.1.1	Organe des Magen-Darm-Kanals	138
1.1.2	Muskeln	15	6.1.2	Leber, Gallenblase, Pankreas	143
1.1.3	Nerven, Gefäße und Lymphknoten	20	6.1.3	Milz	145
1.2	Klinische und topografische Anatomie	23	6.1.4	Endokrine Organe	145
2	Untere Extremität	38	6.1.5	Harnorgane	146
2.1	Makroskopische Anatomie	38	6.1.6	Weibliche Geschlechtsorgane	148
2.1.1	Knochen, Bänder und Gelenke	38	6.1.7	Männliche Geschlechtsorgane	151
2.1.2	Muskeln	42	6.1.8	Arterien	153
2.1.3	Nerven, Gefäße und Lymphknoten	48	6.1.9	Venen	155
2.2	Klinische und topografische Anatomie	51	6.1.10	Lymphgefäße und Lymphknoten	155
3	Kopf und Hals	66	6.1.11	Vegetative Nerven	155
3.1	Makroskopische Anatomie	66	6.1.12	Peritoneum	156
3.1.1	Kranium	66	6.2	Klinische und topografische Anatomie	157
3.1.2	Kopf- und Halsmuskeln, Faszien	68	7	Zentralnervensystem	174
3.1.3	Kopf- und Halseingeweide	70	7.1	Makroskopische Anatomie	174
3.1.4	Hirnnerven	75	7.1.1	Entwicklung	174
3.1.5	Halsnerven	79	7.1.2	Rückenmark	174
3.1.6	Vegetative Innervation	79	7.1.3	Rhombenzephalon	177
3.1.7	Arterien und Venen	81	7.1.4	Mesenzephalon	180
3.1.8	Lymphknoten und Lymphgefäße	82	7.1.5	Zerebellum	182
3.2	Klinische und topografische Anatomie	84	7.1.6	Dienzephalon	183
4	Leibeswand	100	7.1.7	Telenzephalon	185
4.1	Makroskopische Anatomie	100	7.1.8	Innere Liquorräume	189
4.1.1	Rücken	100	7.1.9	Hirn- und Rückenmarkshäute	191
4.1.2	Brustwand	105	7.1.10	Gefäßversorgung	193
4.1.3	Bauchwand	110	7.2	Klinische und topografische Anatomie	194
4.1.4	Becken, Beckenwände	111	8	Sehorgan	210
4.2	Klinische und topografische Anatomie	114	8.1	Makroskopische Anatomie	210
5	Brusteingeweide	124	9	Hör- und Gleichgewichtsorgan	220
5.1	Makroskopische Anatomie	124	9.1	Makroskopische Anatomie	220
5.1.1	Lunge	124	9.1.1	Äußeres Ohr	220
5.1.2	Ösophagus	126	9.1.2	Innenohr	220
5.1.3	Thymus	127			
5.1.4	Herz	127			
5.1.5	Herznahe Gefäße	130			
5.1.6	Nerven	131			
5.2	Klinische und topografische Anatomie	133			



Obere Extremität

- 1.1 Makroskopische Anatomie
- 1.2 Klinische und topografische Anatomie

1 Obere Extremität

1.1 Makroskopische Anatomie

1.1.1 Knochen, Bänder und Gelenke

? Was verstehen Sie unter dem Akromion?

Das Akromion ist **das lateral ausladende Ende der Spina scapulae**. Zusammen mit der Klavikula ist es an der Bildung des Schultergelenkdachs beteiligt. Entgegen einer weitverbreiteten Annahme ist nicht das Akromion, sondern das akromiale Ende der Klavikula der höchste Punkt der Schulter.

? Welche knöchernen und ligamentären Strukturen bilden das Schulterdach?

An der Bildung des Schulterdachs sind folgende Strukturen beteiligt:

- **Akromion**
- **Proc. coracoideus**
- die **laterale Klavikula** mit dem akromioklavikulären Gelenk

Die Dachkonstruktion wird verstärkt durch das Lig. coracoacromiale und das Lig. coracoclaviculare. Das Lig. coracoclaviculare besteht aus zwei Teilbändern (Lig. trapezoideum und Lig. conoideum) und setzt als dreieckiges Band (mit der Spitze am Proc. coracoideus entspringend) breitbasig an der lateralen Klavikula an (Abb. 1.1).

? Wo befinden sich die Capita des Radius und der Ulna?

- Das **Caput radii** befindet sich **am proximalen Ende** des Radius, es greift hier mit seiner Circumferentia articularis in die Incisura radialis der Ulna.
- Das **Caput ulnae** dagegen bildet das **distale Ende** der Ulna. Der laterale Teil des Caput ulnae läuft in den Proc. styloideus ulnae aus, der proximal vom Handgelenk gut palpabel ist.

? Welche Strukturen des Humerus werden als Collum anatomicum und Collum chirurgicum bezeichnet?

- Das **Collum anatomicum** des Humerus befindet sich zwischen der überknorpelten Gelenkfläche des Caput humeri auf der einen und dem Tuberculum majus und minus auf der anderen Seite. Es entspricht in seiner Lage etwa dem Schenkelhals des Femurs, ist jedoch viel kürzer.
- Das **Collum chirurgicum** stellt den Übergang zum Schaft des Humerus dar. Es befindet sich direkt distal vom Tuberculum majus und minus (Abb. 1.2).

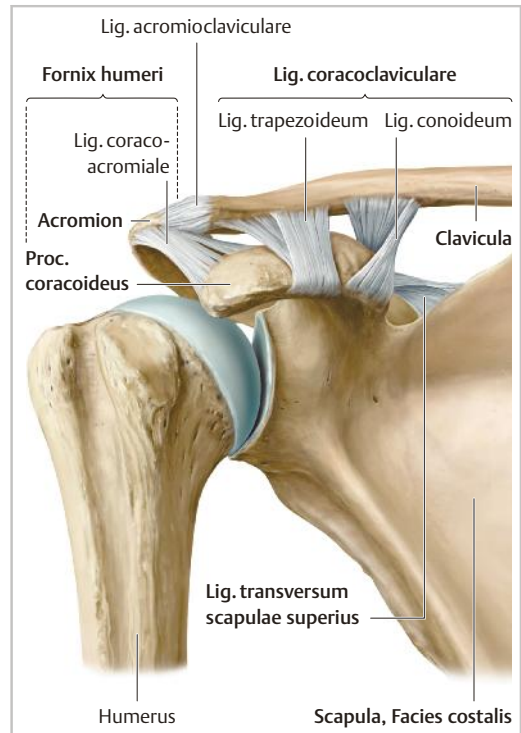


Abb. 1.1 Articulatio acromioclavicularis und Bandapparat. Ansicht von ventral. Da das Schlüsselbeingelenk (Art. acromioclavicularis) ein planares Gelenk ist, muss es durch einen straffen Bandapparat in seiner Position gehalten werden. Das Bewegungsausmaß ist also stark eingeschränkt (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

KLINIK. Wie der Name sagt, handelt es sich beim Collum chirurgicum um eine Prädispositionsstelle für Frakturen: Sie ist bei Stürzen auf Hand, Arm und Schulter besonders gefährdet.

? Welche knöchernen Strukturen begrenzen den Karpalkanal (Canalis carpi)?

- Die **dorsale Wand** (der Boden) des Canalis carpi wird vorwiegend vom **Os hamatum** und **Os capitatum** gebildet, also von den zentral gelegenen Handwurzelknochen.
- Die **seitlichen Begrenzungen** entstehen aus der knöchernen ulnaren und radialen Erhebung namens Eminencia carpi ulnaris und Eminencia carpi radialis. Die

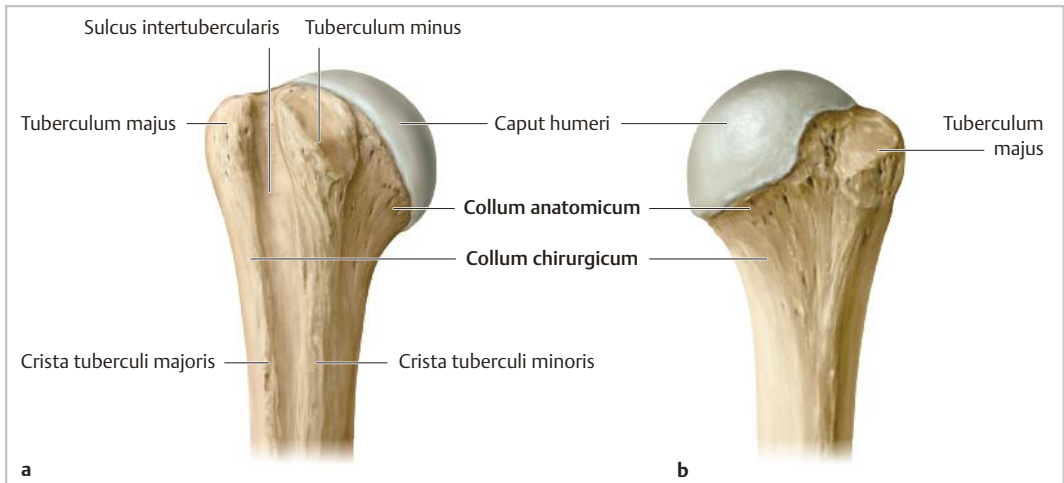


Abb. 1.2 Rechter Humerus. a Ansicht von ventral. **b** Ansicht von dorsal (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

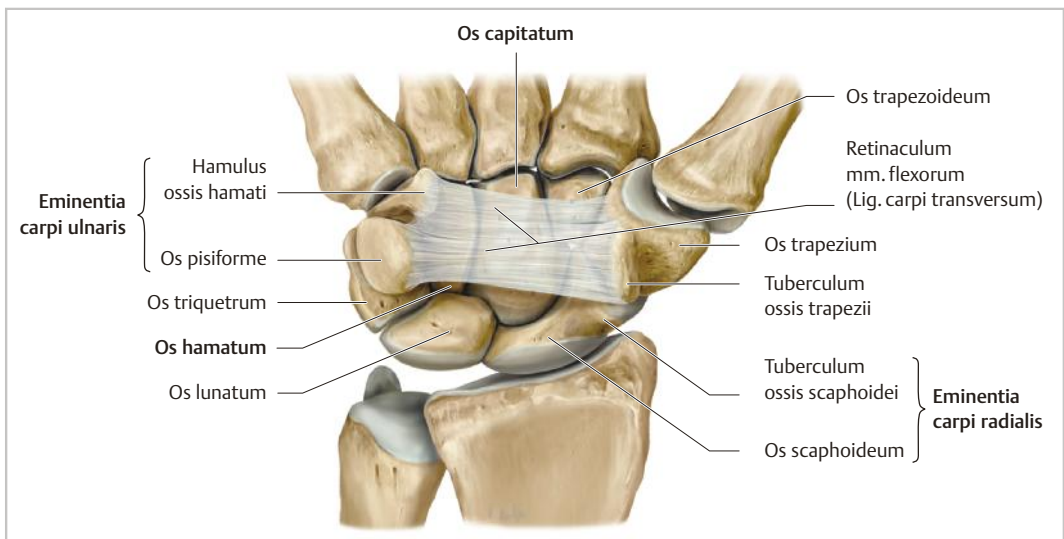


Abb. 1.3 Knöcherne Begrenzung des Karpalkanals einer rechten Hand. Ansicht von palmar. Die Handinnenfläche weist zwei Erhebungen auf: eine ulnare, die Eminentia carpi ulnaris, und eine radiale, die Eminentia carpi radialis. Diese entstehen dadurch, dass die Handwurzelknochen dorsal konvex und palmar konkav gewölbt sind. Zwischen diesen Erhebungen spannt sich das Retinaculum mm. flexorum, das den Karpalkanal nach palmar begrenzt (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

Eminentia carpi ulnaris besteht proximal aus dem Os pisiforme und distal aus dem Hamulus ossis hamati; die **Eminentia carpi radialis** proximal (Abb. 1.3).

? Welche Besonderheiten hat die Kapsel des Schultergelenks? Welche Schleimbeutel befinden sich in seiner Nähe?

Das Schultergelenk (Art. humeri) ist das **Kugelgelenk mit der größten Beweglichkeit**. Die Gelenkpfanne ist relativ klein, der Gelenkkopf des Humerus relativ groß. Zusammen mit einer weiten und schlaffen Kapsel erlaubt diese Anordnung eine große Beweglichkeit.

Die **Gelenkkapsel** entspringt von der Skapula am Außenrand des **Labrum glenoidale** und setzt hauptsächlich entlang dem **Collum anatomicum** des Humerus an. An der Ventralseite, zwischen Tuberculum majus und minus, hat sie eine Ausstülpung für den **Durchtritt der Sehne des langen Bizepskopfs**. Die Sehne dieses Muskels durchläuft den Kapselraum und setzt am Tuberculum supraglenoidale des Schulterblatts an, also noch innerhalb der Gelenkkapsel. Bei herabhängendem Arm bildet sich in der Achselhöhle eine schlaaffe Aussackung der Gelenkkapsel, der **Recessus axillaris**, die als Reservefalte bei Abduktionsbewegungen dient.

Die große Beweglichkeit des Schultergelenks zieht starke Relativbewegungen zwischen Knochen, Muskeln und Haut nach sich. Daher sind in der Umgebung des Schultergelenks mehrere **Schleimbeutel zur Reibungsverminderung** vorhanden (Abb. 1.4). Die beiden größten Schleimbeutel sind:

- die Bursa subacromialis
- die Bursa subdeltoidea

Die **Bursa subacromialis** befindet sich zwischen der Kapsel des Schultergelenks und dem Akromion bzw. dem Lig. coracoacromiale. Sie wird besonders beim Aufstützen der Arme auf eine feste Unterlage belastet, da sich dann der Kopf des Humerus nach kranial unter das Akromion bewegt.

Die **Bursa subdeltoidea** befindet sich zwischen dem M. deltoideus und der Lateralfäche des proximalen Humerus. Sie wird besonders bei Adduktions- und Abduktionsbewegungen des Arms beansprucht. Die beiden Schleimbeutel können miteinander in Verbindung stehen; sie haben dann eine große Ausdehnung und können mit dem eigentlichen Gelenkraum verwechselt werden.

KLINIK. Bei dauerhafter Schonhaltung eines Arms kann die Kapsel im Bereich des Recessus axillaris verkleben und so zu chronischen Bewegungseinschränkungen führen.

? Aus welchen Teilgelenken besteht das Ellenbogengelenk?

Das Ellenbogengelenk besteht aus drei Teilgelenken:

- Art. radioulnaris proximalis
- Art. humeroulnaris
- Art. humeroradialis

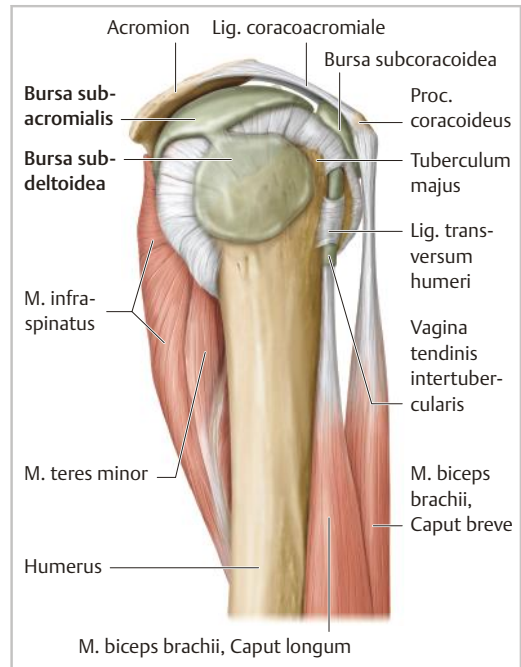
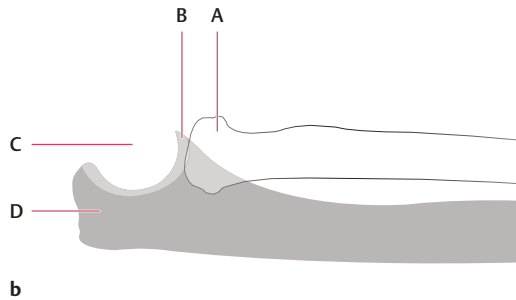


Abb. 1.4 Subakromiales Nebengelenk einer rechten Schulter. Ansicht von lateral nach Entfernung des M. deltoideus. Die Bursa subacromialis und die Bursa subdeltoidea liegen im subakromialen Raum. Sie sorgen für das reibungsarme Gleiten des Humeruskopfes und der Ansatzsehnen der Muskeln der Rotatorenmanschette unter dem Schulterdach (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

Die **Art. radioulnaris proximalis** ist ein Radgelenk, in dem das Caput radii mit dem überknorpelten Lig. anulare radii und der Incisura radialis ulnae artikuliert.

Die **Art. humeroradialis** ist eigentlich ein Kugelgelenk, in dem das Capitulum humeri mit dem Caput radii, das die Gelenkpfanne bildet, artikuliert. Durch die Einbeziehung dieses Gelenks in das Ellenbogengelenk können jedoch nur Bewegungen um zwei Achsen durchgeführt werden: eine Torsionsbewegung um die Längsachse des Radius sowie eine Scharnierbewegung um eine quere Achse zusammen mit der Art. humeroulnaris.

Die **Art. humeroulnaris** ist ein Scharniergelenk, bei dem die Incisura trochlearis ulnae wie eine Zange die überknorpelte Trochlea des Humerus umgreift. Dieses Gelenk hat dadurch eine stark ausgeprägte Knochenführung.



Ansicht von lateral

Abb. 1.5 Röntgenbild und Schema eines Ellenbogengelenks (aus Möller und Reif. Taschenatlas Röntgenanatomie. Thieme; 2016).

KLINIK. Das Lig. anulare radii wird nach distal kegelförmig enger. Dadurch kann bei Zug an der Hand der Radiuskopf beim Erwachsenen nicht aus dem Gelenkverband luxiert werden. Beim Kleinkind ist die Kegelform des Ringbands noch nicht vorhanden. Außerdem ist das Caput radii noch nicht verknöchert und daher verformbar. Die Folge ist, dass bei plötzlichem Zug an der Hand (z. B. wenn ein Erwachsener versucht, das Fallen des Kindes zu verhindern) der Radiuskopf aus dem Lig. anulare nach distal herausrutscht und es zur **Radiuskopfluxation** kommt (auch Chassaignac-Lähmung, Pronatio dolorosa, Nursemaid's elbow genannt).

? Welchen Verlauf haben die Kollateralbänder des Ellenbogengelenks?

Die Seitenbänder des Ellenbogengelenks entspringen von der **Basis der Epikondylen** des Humerus, nicht von den Spitzen, da diese bereits als Ursprung für zahlreiche Unterarmmuskeln dienen.

- Das **Lig. collaterale ulnare** zieht vom Epicondylus medialis zur Medialseite des Olekranon und hat hier eine lange Ansatzlinie. Das Band sieht daher von der Seite betrachtet dreieckig aus.
- Das **Lig. collaterale radiale** entspringt von der Basis des Epicondylus lateralis und strahlt ins Lig. anulare radii ein. Es ist somit über das Lig. anulare radii an der Ulna befestigt. Ein Ansatz dieses Bandes am Radius selbst wäre nicht sinnvoll, da dadurch die Umwendebewegungen der Hand behindert würden.

? Identifizieren Sie die mit Buchstaben gekennzeichneten Strukturen im schematischen Röntgenbild (Abb. 1.5).

- **A:** Caput radii, Circumferentia articularis
- **B:** Proc. coronoideus ulnae
- **C:** Trochlea, Capitulum humeri
- **D:** Olekranon

? In welchen Gelenken erfolgen die Umwendebewegungen der Hand? Um welche Achsen?

An den Umwendebewegungen der Hand sind im **Ellenbogengelenk** die **Art. humeroradialis** und die **Art. radioulnaris proximalis** beteiligt. Im **Handgelenk** erfolgen die Bewegungen in der **Art. radioulnaris distalis**. Bei diesen Bewegungen dreht sich der Radius, der die Hand trägt, um die feststehende Ulna.

Die **Achse der Umwendebewegungen** verläuft durch den Kopf des Radius proximal und den Kopf der Ulna distal. In Supinationsstellung stehen Ulna und Radius parallel zueinander, in Pronationsstellung überkreuzt der Radius die Ulna.

? Aus welchen Teilen besteht das Handgelenk?

Das Handgelenk besteht hauptsächlich aus **zwei Teilgelenken** (Abb. 1.6):

- **Art. radiocarpalis** (proximales Handgelenk)
- **Art. mediocarpalis** (distales Handgelenk)

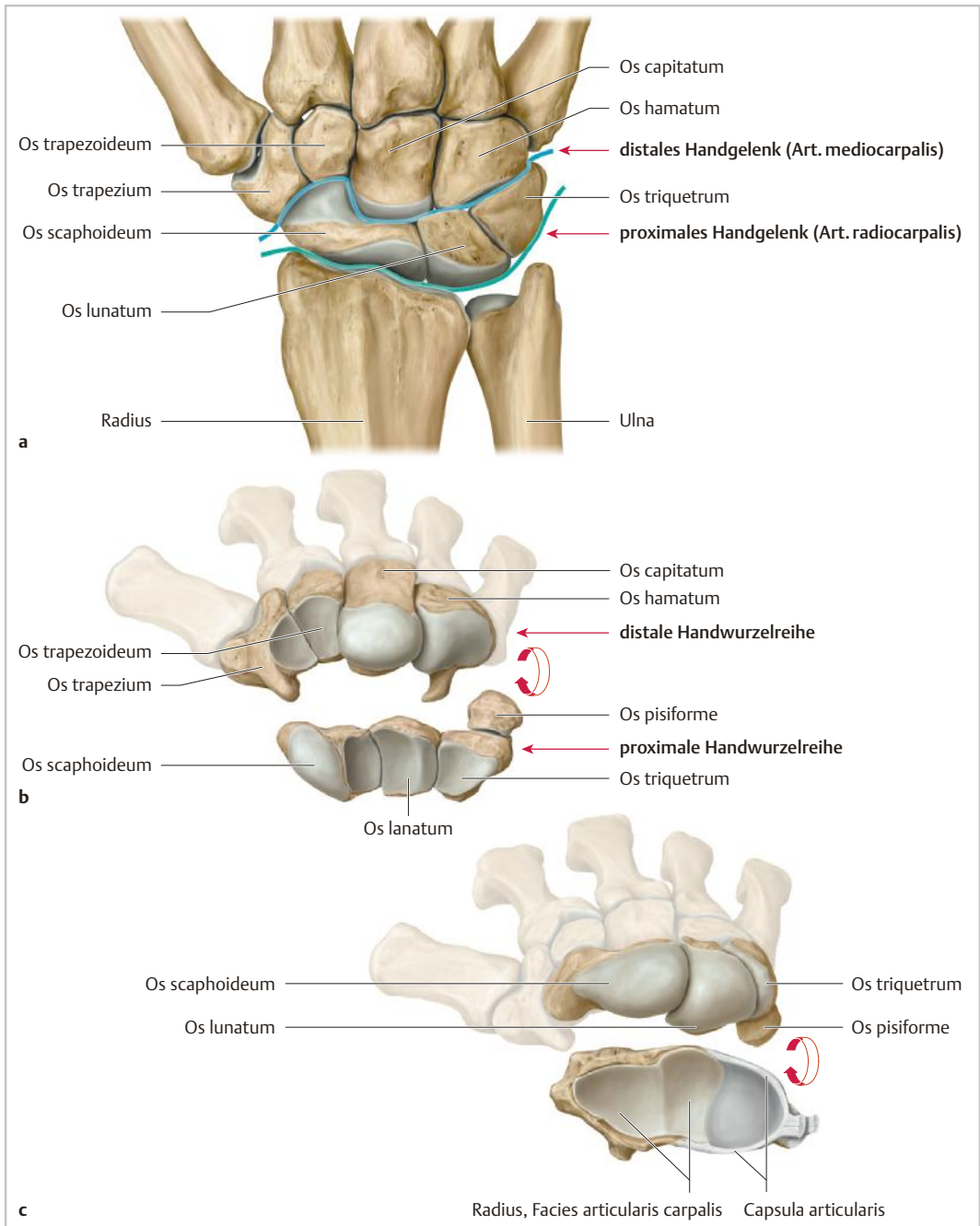


Abb. 1.6 Handgelenk der rechten Hand (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

a Ansicht von dorsal. Das proximale (Art. radiocarpalis) und distale (Art. mediocarpalis) Handgelenk sind hervorgehoben.

b Aufsicht auf die distale Handwurzelreihe von proximal und die proximale Handwurzelreihe von distal.

c Aufsicht auf die proximale Handwurzelreihe von proximal sowie die Gelenkflächen von Radius und Ulna von distal. Innerhalb der Art. radiocarpalis unterscheidet man ein radiales und ein ulnares Kompartiment.

Im **proximalen Handgelenk** wird die Gelenkpfanne aus dem distalen Ende des Radius und dem auf der Ulna gelegenen Discus ulnecarpalis gebildet. Der Gelenkkopf besteht aus den drei proximalen Handwurzelknochen: Os scaphoideum, Os lunatum und Os triquetrum. Es handelt sich um ein **Eigelenk**, das zwei Freiheitsgrade hat: Flexion/Dorsalextension und Adduktion/Abduktion.

Das **distale Handgelenk** befindet sich zwischen der proximalen und der distalen Reihe der Handwurzelknochen (Os trapezium, Os trapezoideum, Os capitatum und Os hamatum). Sie artikulieren über einen S-förmigen Gelenkspalt miteinander. Es wird daher als **verzahntes Scharniergelenk** bezeichnet.

KLINIK. Bei Sturz auf die ausgestreckte Hand kommt es häufig zu einer distalen Radiusfraktur. Sie ist mit einem Anteil von 20–25% aller Knochenbrüche die häufigste Fraktur beim Menschen. Brüche im Bereich der Handwurzelknochen sind hingegen deutlich seltener.

1.1.2 Muskeln

? Benennen Sie den Aufbau und die Funktion des M. trapezius. Von welchem Nerv wird er innerviert?

Der M. trapezius gehört zu den Schultergürtelmuskeln, die vom Rumpf zum Schultergürtel verlaufen. Er besteht aus **drei Teilen**, deren Benennung von der Verlaufsrichtung der Muskelfasern abhängt:

- Die **Pars descendens** zieht vom Hinterhaupt und von den Dornfortsätzen der Halswirbel zum lateralen Drittel der Klavikula. Sie hebt den Schultergürtel und neigt den Kopf zur selben Seite.
- Die **Pars horizontalis** entspringt von einer rautenförmigen Sehnenplatte von den unteren Hals- und oberen Brustwirbeldornen und setzt am Akromion an. Dieser Teil zieht die Schulter nach dorsal.
- Die **Pars ascendens** entspringt an den Proc. spinosi der 5.–12. Brustwirbelkörper und setzt an der Spina scapulae an (hauptsächlich am medialen Teil). Sie zieht die Schulter nach kaudal-dorsal-medial und dreht den Angulus inferior scapulae nach lateral. Sie unterstützt den M. serratus anterior bei der Armhebung über die Horizontale.

Der M. trapezius ist während der Entwicklung vom Kopf in den Thoraxbereich eingewandert und wird daher von einem Hirnnerv, dem **N. accessorius**, versorgt.

? Welche Muskeln gehören zu den ventralen Schultergürtelmuskeln?

Zu den ventralen Schultergürtelmuskeln (Rumpf-Gliedmaßenmuskeln) gehören folgende vier Muskeln:

- **M. pectoralis major**
- **M. pectoralis minor**
- **M. subclavius**
- **M. serratus anterior**

Tab. 1.1 Ventrale Schultergürtelmuskulatur (nach Aumüller et al. Duale Reihe Anatomie. Thieme; 2017)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
M. pectoralis major	Pars clavicularis	Klavikula (mediale Hälfte)	Nn. pectorales med. und lat. (C5–Th1)	Adduktion , Innenrotation, Anteversion, Inspiration (kaudale Anteile)
	Pars sternocostalis	Sternum, 1.–6. Rippe (Knorpel)		
	Pars abdominalis	Rektusscheide (vorderes Blatt)		
M. pectoralis minor	3.–4. Rippe (lateral des Knorpels)	Proc. coracoideus	Nn. pectorales med. u. lat. (C5–Th1)	zieht Scapula nach kaudal, rotiert Angulus lat. nach kaudal, Inspiration
M. subclavius	1. Rippe (Knorpel)	Klavikula (Unterseite lateral)	N. subclavius (C5, C6)	drückt Klavikula ins Sternoklavikulargelenk
M. serratus anterior	1.–9. Rippe	Margo medialis scapulae	N. thoracicus longus (C5–C7)	zieht Scapula nach lateral/ventral, rotiert Angulus inf. nach kranial*, Inspiration**

* Rotation des Angulus inferior scapulae nach kranial ist für Elevation des Armes unerlässlich.

** V.a. die von den kaudalen Rippen aufwärts ziehenden kaudalen Ursprungszacken inspirieren, die kranialen sind inspiratorisch nicht wirksam.



Der **M. pectoralis major** bildet die vordere Wand der Achselhöhle, bei Abduktion des Armes ist sein kaudaler Rand als vordere Achselfalte gut sichtbar.

Der **M. serratus anterior** entspringt von der ventrolateralen Fläche des Thorax mit neun Zacken und wechselt sich dabei mit den Ursprungszacken des M. obliquus externus abdominis ab. Er zieht zum medialen Rand der Skapula und fixiert die Skapula am Thorax.



KLINIK. Als Varietät können sich vom kaudalen Rand des M. pectoralis major Muskelfasern abspalten und eine muskulöse Brücke zum M. latissimus dorsi herstellen. Diese Fasern verlaufen quer über die untere Achselhöhle und können Nerven und Gefäße komprimieren (Langer'scher Achselbogen). Bei Operationen können sie die chirurgische Orientierung komplizieren. Eine Lähmung des M. serratus anterior ist hauptsächlich an zwei Symptomen zu erkennen:

- an einer erschwerten Hebung des Arms über die Horizontale und
- an einem Abheben des medialen Skapularands von der dorsalen Thoraxwand. Diese Skapulastellung wird als Scapula alata (Engelflügelstellung) bezeichnet.

? An welchen Bewegungen im Schultergelenk ist der M. deltoideus beteiligt? Welcher Nerv versorgt ihn?

Der M. deltoideus ist praktisch **an allen Bewegungen des Oberarms** beteiligt, wobei sich Teile des Muskels isoliert kontrahieren können. Er hat **3 Abschnitte**, die nach ihrem Ursprung bezeichnet werden (Abb. 1.7):

- Pars acromialis
- Pars clavicularis
- Pars spinalis

Die **Pars acromialis** hat eine fast ausschließlich abduzierende Wirkung.

Die **Pars clavicularis** mit Ursprung an der lateralen Klavikula bewirkt eine Anteversion (Armhebung nach vorn) und Innenrotation.

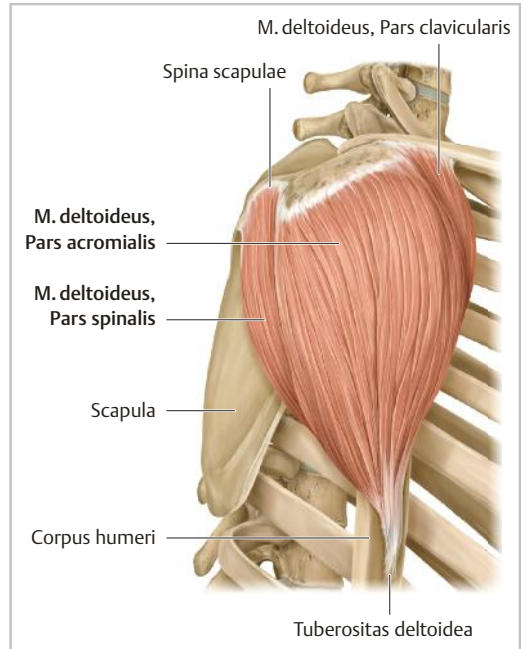


Abb. 1.7 M. deltoideus. Ansicht von lateral. In dieser Ansicht ist die Dreiteilung des M. deltoideus in Pars acromialis, Pars clavicularis und Pars spinalis gut zu sehen (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus Lern-Atlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

Die **Pars spinalis** (Ursprung an der Spina scapulae) ist in ihrem Verlauf spiegelbildlich zur Pars clavicularis angeordnet; sie hat dementsprechend eine gegensätzliche Wirkung auf das Gelenk: die Retroversion und Außenrotation.

Zu beachten ist, dass bei einer Abduktion von über 70° die Fasern der Pars clavicularis und spinalis über die Abduktion

Tab. 1.2 Muskeln der Rotatorenmanschette (aus Aumüller et al. Duale Reihe Anatomie. Thieme; 2017)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation*	Funktion
M. teres minor	Scapula (Margo lat.)	Tuberculum majus (humeri)	N. axillaris (C5, C6)	Außenrotation, Adduktion
M. infraspinatus	Fossa infraspinata		N. suprascapularis (C4–C6)	
M. supraspinatus	Fossa supraspinata			Abduktion
M. subscapularis	Facies costalis (scapulae)	Tuberculum minus (humeri)	Nn. subscapulares (C5, C6)	Innenrotation, Adduktion (Abduktion durch kranialen Anteil)

* Die Segmente beziehen sich auf die Innervation der Muskeln; häufig führt der Nerv Fasern aus mehr als den angegebenen Segmenten.

tions-Adduktions-Achse gehoben werden und daher ebenfalls eine abduzierende Wirkung erhalten.

Der Muskel wird vom **N. axillaris** versorgt.

? Welche Muskeln des Schultergelenks bilden die Rotatorenmanschette?

Zur Rotatorenmanschette werden alle Muskeln gerechnet, die eine rotierende Wirkung auf den Humerus haben und deren Sehnen das Caput humeri wie eine Manschette umfassen. Diese Anordnung trägt zur Verstärkung der Schultergelenkkapsel bei. Zur Manschette gehören insgesamt **4 Muskeln**:

- Dorsal:
 - **M. teres minor**
 - **M. infraspinatus**
 - **M. supraspinatus**
- Ventral: **M. subscapularis**; er wird hinzugerechnet, obwohl seine rotierende Wirkung gering ist.

KLINIK. Bei älteren Patienten werden Schmerzen, Schwächegefühl und Bewegungseinschränkung im Schultergelenk häufig durch Degeneration (z. B. Rissbildung) an der Rotatorenmanschette verursacht. Übermäßige Belastung, aber auch Bagatelbewegungen können zu einer (Teil-)Ruptur führen.

Häufig betroffen ist die Sehne des M. supraspinatus, die den oberen Teil der Rotatorenmanschette bildet und durch die Lage zwischen Caput humeri und Schulterdach besonders exponiert ist.

? Welcher Oberarmmuskel hat eine rein flektierende Wirkung auf das Ellenbogengelenk? Welcher Nerv innerviert den Muskel?

Der **M. brachialis** hat eine rein flektierende Wirkung auf das Ellenbogengelenk. Er entspringt von der Ventralfläche des distalen Humerus und setzt an der Tuberositas ulnae an. Er wirkt primär auf die Art. humeroulnaris, die ein reines Scharniergelenk ist.

Der zweite Oberarmmuskel mit flektierender Wirkung ist der **M. biceps brachii**, der jedoch zusätzlich je nach Ausgangsstellung auch eine pro- bzw. supinierende Wirkung hat, da er am Radius ansetzt.

Beide Muskeln werden vom **N. musculocutaneus** versorgt.

? Aus welchen Teilen besteht der M. triceps brachii? Welcher Nerv innerviert den Muskel?

Der M. triceps brachii besteht aus drei Teilen, die sich in ihrem Ursprungsort unterscheiden. Ihre gemeinsame Sehne setzt am Olekranon an (Abb. 1.8).

- **Caput longum:** Es entspringt laterokaudal vom Tuberculum infraglenoidale (ca. gegenüber dem Ursprung des Caput longum musculi bicipitis).

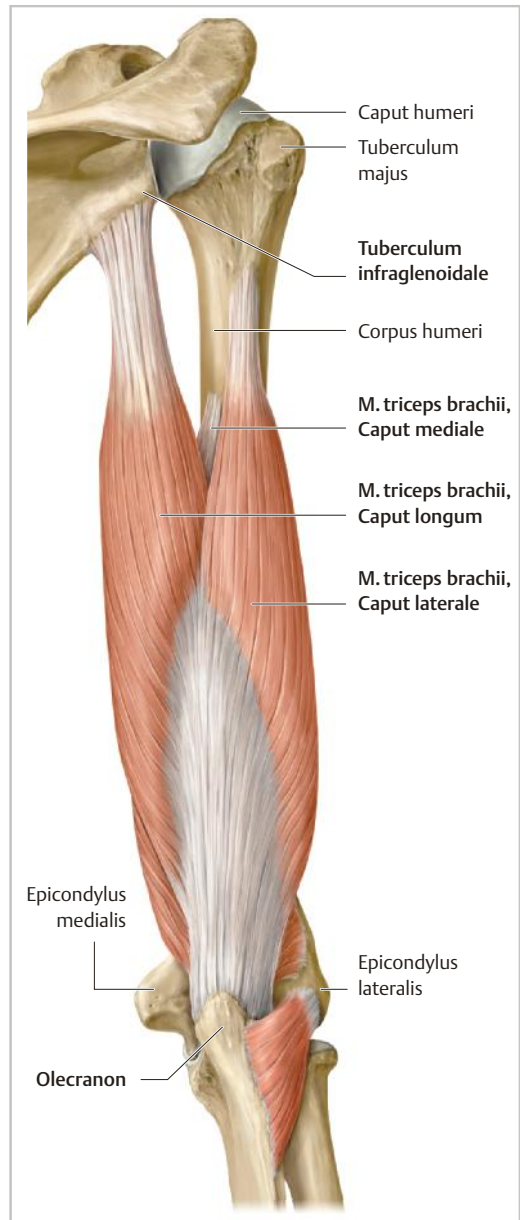


Abb. 1.8 Mm. triceps brachii und anconeus. Rechter Oberarm; Ansicht von dorsal. In der Abbildung gut zu sehen sind das Caput longum des M. triceps brachii mit seinem Ursprung am Tuberculum infraglenoidale und das Caput laterale, das am Corpus humeri entspringt. Dahinter befindet sich das Caput mediale, dessen Ansatz am Corpus humeri distal der Ansatzstelle des Caput laterale liegt (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

- **Caput laterale:** Es entspringt von der Dorsalfläche des Humerus **proximal** vom Sulcus nervi radialis.
- **Caput mediale:** Es entspringt von der Dorsalfläche des Humerus **distal** vom Sulcus nervi radialis.

Die Nervenversorgung der drei Capita erfolgt über den **N. radialis**.



? Wo befindet sich die Aponeurose des M. biceps brachii? Welche Funktion hat sie?

Die Aponeurose des M. biceps brachii (früher Lacertus fibrosus genannt) ist eine **flache Nebensehne am distalen Ende des Muskels**. Sie erstreckt sich vom Muskel-Sehnen-Übergang nach medial-distal und überspannt dabei die A. brachialis und den N. medianus. Sie strahlt in der Gegend des proximalen M. flexor carpi radialis in die Unterarmfaszie ein.

Die Funktion der Nebensehne besteht darin, bei Anspannung des M. biceps neben einer Supinationsbewegung, die über den Sehnenansatz an der Tuberositas radii bewirkt wird, einen erheblichen Teil der Kraft des M. biceps in eine reine **Beugung im Ellenbogengelenk** umzusetzen.

? In welche Gruppen werden üblicherweise die Unterarmmuskeln eingeteilt?

Üblicherweise werden die Unterarmmuskeln in drei Gruppen eingeteilt:

- **dorsale Gruppe (Strecker Muskeln):** M. extensor digitorum, M. extensor digiti minimi, M. extensor carpi ulnaris, M. supinator, M. abductor pollicis longus, M. extensor pollicis brevis, M. extensor pollicis longus, M. extensor indicis

Tab. 1.3 Dorsale Gruppe (Strecker Muskeln) (aus Aumüller et al. Duale Reihe Anatomie. Thieme; 2017)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation*	Funktion
oberflächliche Strecker Muskeln (oberflächliche Extensoren)				
M. extensor digitorum	Epicondylus lat. humeri	Ligg. collaterale rad. u. anulare radii	Dorsalaponeurosen der Finger 2–5	N. radialis C6–C8 Handgelenke: Extension ; Fingergelenke 2–5 bzw. 5 Extension
M. extensor digiti minimi**			Dorsalaponeurose des 5. Fingers	
M. extensor carpi ulnaris		Ulna (proximal, dorsal) Ligg. collaterale rad. u. anulare radii	Os metacarpi V (Basis)	Handgelenke: Extension , Ulnarabduktion
tiefe Strecker Muskeln (tiefe Extensoren)				
M. supinator	Epicondylus lat. humeri	Ligg. collaterale rad. u. anulare radii, Ulna (prox.)	Radius (distal der Tuberositas)	N. radialis (C6–C8) Supination
M. abductor pollicis longus	Dorsalseite von Ulna, Radius und Membrana interossea		Os metacarpi I (Basis)	Handgelenke: Flexion , Radialabduktion ; Daumensattelgelenk: Abduktion , Extension
M. extensor pollicis brevis			Phalanx proximalis I (Basis)	Handgelenke: Radialabduktion , Extension ; Daumensattel- und -grundgelenk: Extension
M. extensor pollicis longus	Dorsalseite von Ulna und Membrana interossea		Phalanx distal I (Basis)	Handgelenke: Radialabduktion , Extension ; alle Daumengelenke: Extension , Sattelgelenk zus. Adduktion
M. extensor indicis			Dorsalaponeurose des 2. Fingers	Handgelenke: Extension ; Gelenke des 2. Fingers: Extension
* Die Segmente beziehen sich auf die Innervation der Muskeln; häufig führt der Nerv Fasern aus mehr als den angegebenen Segmenten.				
** Nicht bei allen Menschen vorhanden.				

Tab. 1.4 Ventrale Gruppe (Flexormuskeln) (aus Aumüller et al. Duale Reihe Anatomie, Thieme; 2017)

Muskel		Ursprung	Ansatz	Innervation *	Funktion	
oberflächliche Flexoren						
M. pronator teres	Caput ulnare	Proc. coronoideus ulnae	Facies lateralis radii (Mitte)	N. medianus (C6–C7)	Ellenbogengelenk: Flexion, Pronation	
	Caput humerale	Epicondylus medialis humeri				
M. palmaris longus			Aponeurosis palmaris	(C8–Th1)	Ellenbogengelenk: Flexion; Handgelenke: Flexion, Pronation	spannt Palmaraponeurose
M. flexor carpi radialis			Os metacarpi II (Basis)	(C6–C7)	Flexion, Pronation	Radialabduktion
M. flexor carpi ulnaris	Caput humerale		Os pisiforme, Os metacarpi V (Basis), Os hamatum (Hamulus)	N. ulnaris (C8–Th1)	Ellenbogengelenk: Flexion; Handgelenk: Flexion, Ulnarabduktion	
	Caput ulnare	Olecranon, Ulna (dors.)				
M. flexor digitorum superficialis	Caput humeroulnare	Epicondylus med. humeri Proc. coronoideus ulnae	Phalanges mediae II–V (Mitte)	N. medianus (C7–C8)	(Ellenbogengelenk: Flexion); Handgelenke: Flexion ; Fingergrund- und Mittelgelenke: Flexion	
	Caput radiale	Radius dist. Tuberositas				
tiefe Flexoren						
M. flexor digitorum profundus		Palmarseiten von Ulna und Membrana interossea	Phalanges distales II–V (Basis)	N. medianus (II, III), N. ulnaris (IV, V) (C6–Th1)	Handgelenke: Flexion ; Fingergrund-, Mittel- und Endgelenke: Flexion	
M. flexor pollicis longus**		Palmarseiten von Radius und Membrana interossea	Phalanx distalis I (Basis)	N. medianus (C6–C8)	Handgelenke: Radialabduktion, Flexion ; Daumensattelgelenk: Flexion , Opposition; Daumengrund- und -endgelenk: Flexion	
M. pronator quadratus		Palmarseite der Ulna (distales Viertel)	Gegenüber am Radius		Pronation	
* Die Segmente beziehen sich auf die Innervation der Muskeln; häufig führt der Nerv Fasern aus mehr als den angegebenen Segmenten.						
**Bei 40 % existiert ein Ursprung am Epicondylus medialis humeri (Caput humerale).						



- **ventrale Gruppe (Flexormuskeln):** M. pronator teres, M. flexor digitorum superficialis, M. flexor carpi radialis, M. flexor carpi ulnaris, M. palmaris longus, M. flexor digitorum profundus, M. flexor pollicis longus, M. pronator quadratus
- **radiale Gruppe:** M. brachioradialis und M. extensor carpi radialis longus et brevis. Die radiale Gruppe

nimmt eine Zwischenstellung ein, da sie sich entwicklungsgeschichtlich von den Streckermuskeln ableitet

Die dorsale und radiale Gruppe werden vom **N. radialis** versorgt, die palmaren Flexoren vom **N. medianus** oder **N. ulnaris**.

Tab. 1.5 Radialisgruppe (aus Aumüller et al. Duale Reihe Anatomie. Thieme; 2017)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation*	Funktion
M. brachioradialis	Dist. Humerus (lat.) Septum intermusculare lat.	Proximal des Proc. styloideus radii	N. radialis (C5–C6)	Ellenbogengelenk: Flexion, Pro- oder Supination
M. extensor carpi radialis longus	Epicondylus lat. humeri	Humerus (distal lat.)	N. radialis (C6–C8)	Ellenbogengelenk: Flexion; Handgelenke; Extension, Radialabduktion
M. extensor carpi radialis brevis		Lig. anulare radii		

* Die Segmente beziehen sich auf die Innervation der Muskeln; häufig führt der Nerv Fasern aus mehr als den angegebenen Segmenten.

1.1.3 Nerven, Gefäße und Lymphknoten

? Aus welchen Zuflüssen bildet sich der Plexus brachialis? Wie heißen seine Bestandteile?

Der Plexus brachialis ist ein Nervengeflecht, das aus den vorderen Ästen (**Rami ventrales**) der Spinalnerven der **Rückenmarksegmente C5–Th1** gebildet wird (Abb. 1.9). Die Rami ventrales bilden nach ihrem Austritt aus der Wirbelsäule **drei Hauptstämme**:

- **Truncus superior** (C5, C6)
- **Truncus medius** (C7)
- **Truncus inferior** (C8, Th1)

Die Trunci teilen sich in einen ventralen und einen dorsalen Ast, die sich neu zu **Faszikeln** ordnen. Die Bezeichnungen der Faszikel richten sich nach ihrer Lage zur A. subclavia bzw. A. axillaris:

- Der **Fasciculus posterior** liegt hinter der Arterie und wird aus den dorsalen Ästen der drei Trunci gebildet. Ihm entspringen letztlich der **N. radialis**, **N. axillaris** und **N. thoracodorsalis**.
- Der **Fasciculus lateralis** und **Fasciculus medialis** entstehen aus den ventralen Ästen der drei Trunci. Sie liegen seitlich der Arterie an. Aus dem Fasciculus lateralis

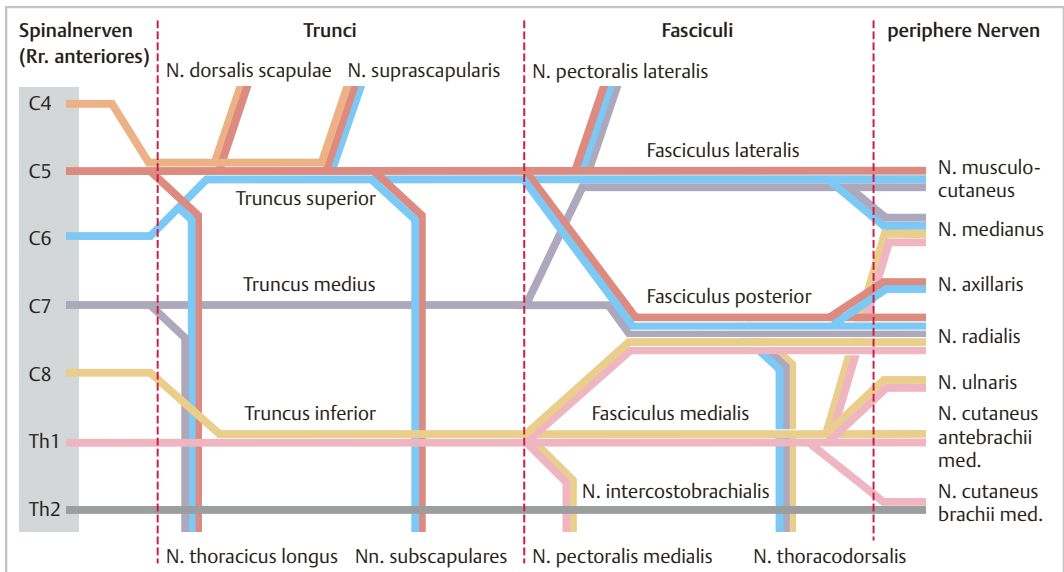


Abb. 1.9 Plexus brachialis, schematischer Aufbau. Zu sehen ist der Verlauf der Nervenfasern von den Rückenmarksegmenten (C4–C8 sowie Th1 und Th2) zum Spinalnerv, zu den drei Trunci (Truncus superior, medius und inferior), dann über die drei Fasciculi (Fasciculus lateralis, posterior und medialis) schließlich zu den peripheren Nerven. Allerdings gehen auch im Bereich der Trunci und Fasciculi einzelne Nerven ab (aus Aumüller et al. Duale Reihe Anatomie. Thieme; 3. Auflage; 2017).

gehen der N. musculocutaneus, N. pectoralis lateralis und teilweise der N. medianus hervor.

- Der **Fasciculus medialis** ist der Ursprung besonders vieler Nerven. Zu den wichtigsten gehören der **N. ulnaris** und **Teile des N. medianus**.

Der Teil des Plexus, der kranial von der Klavikula liegt, wird als **Pars supraclavicularis** bezeichnet. Er zieht zusammen mit der A. subclavia durch die Skalenuslücke. Der in der Achselhöhle befindliche Teil wird **Pars infraclavicularis** genannt.

KLINIK. Bei einer erschwerten Geburt kann es durch starken Druck oder Zug auf den kindlichen Arm zu einer Plexusschädigung (Dehnung oder Einrisse der Nerven) kommen. Je nach Lokalisation entstehen Motorik- bzw. Sensibilitätsausfälle beim Neugeborenen. Die häufigste Plexusschädigung ist die sog. **Erb-Lähmung**, bei der es zu Ausfällen der Spinalnervensegmente C5–C6 kommt. Dies führt zu einem Ausfall der Abduktoren und Außenrotatoren sowie des M. supinator. Das Neugeborene präsentiert typischerweise einen schlaff herunterhängenden, innenrotierten Arm.

? Was versteht man unter der Medianusgabel oder Medianusschlinge?

Der N. medianus wird von zwei Wurzeln gebildet (**Radix lateralis und medialis**). Diese Wurzeln gehen aus dem Fasciculus lateralis und medialis des Plexus brachialis hervor. Die beiden Ursprungsarme Radix lateralis und Radix medialis **umschlingen ventral die A. axillaris**. Dieser Bereich wird **Medianusgabel** oder **Medianusschlinge** genannt.

? Welche Arterien nehmen an der Bildung des Arcus palmaris profundus teil?

Der tiefe Hohlhandbogen liegt proximal vom oberflächlichen Hohlhandbogen auf der Palmarseite der Basen der Mittelhandknochen. Er wird von zwei Arterienästen gebildet:

- vom Endast der **A. radialis** (Ramus palmaris superficialis)
- vom **tiefen Ast** der **A. ulnaris**

Von der Konvexität des tiefen Hohlhandbogens gehen Aa. metacarpales palmares zu den Musculi interossei und den Fingerarterien ab.

KLINIK. Zur klinischen Überprüfung des Arcus palmaris kann der **Allen-Test** durchgeführt werden. Er wird z. B. vor einer arteriellen Punktion angewandt, um Durchblutungsstörungen in der A. radialis und A. ulnaris auszuschließen. Beide Arterien werden hierbei durch den Untersucher manuell komprimiert; zusätzlich wird der Patient aufgefordert, die Hand mehrfach zu öffnen und zu schließen, um Bluteere in der Hand zu erzeugen. Es tritt eine Weißfärbung auf. Durch Loslassen einer der Arterien füllt sich im Normalfall die Hand wieder mit Blut. Der Allen-Test wird durch Komprimierung der anderen Arterie wiederholt.



? Welches sind die wichtigsten Äste der A. axillaris? Welche arteriellen Anastomosen bestehen im Bereich der A. axillaris?

Die A. axillaris ist die Fortsetzung der A. subclavia. Die wichtigsten Äste der A. axillaris sind:

- **A. thoracoacromialis**
- **A. subscapularis**
- **A. circumflexa humeri anterior und posterior**

Für die Kollateralkreisläufe im Gebiet dieser A. axillaris ist darüber hinaus die A. suprascapularis von Bedeutung, die dem Truncus thyrocervicalis der A. subclavia entspringt.

Bei einem **Verschluss der proximalen A. axillaris** besteht eine Anastomose über die A. suprascapularis und weiter über die A. circumflexa scapulae und die A. subscapularis zum distalen Teil der A. axillaris. Bei einem **Verschluss der mittleren A. axillaris** kann sich ein Kollateralkreislauf über die A. thoracoacromialis und die A. circumflexa humeri posterior ausbilden. Besonders **kritisch sind distale Verschlüsse** am Übergang der A. axillaris in die A. brachialis, da zwischen den distalen Gefäßen der A. axillaris (A. circumflexa humeri posterior und anterior) und den proximalen Ästen der A. brachialis (A. profunda brachii) keine Kollateralkreisläufe bestehen.

? Wie sind die oberflächlichen Venen der oberen Extremität angeordnet?

Auf der Palmarseite sind **zwei größere Venenstämme** vorhanden, die sich praktisch über die gesamte Länge der Extremität erstrecken (Abb. 1.10).

- Auf der Lateralseite ist dies die **V. cephalica**, die am Unterarm auf der Radialseite liegt und am Oberarm im Sulcus bicipitis lateralis verläuft.
- Auf der Ulnarseite des Unterarms zieht die **V. basilica** nach proximal, am Oberarm verläuft sie im Sulcus bicipitis medialis.

In der Ellenbeuge sind die beiden Venen meist durch eine **V. mediana (intermedia) cubiti** verbunden, die von distal radial nach proximal ulnar zieht. Oft gibt es am Unterarm zwischen der V. basilica und der V. cephalica eine dritte

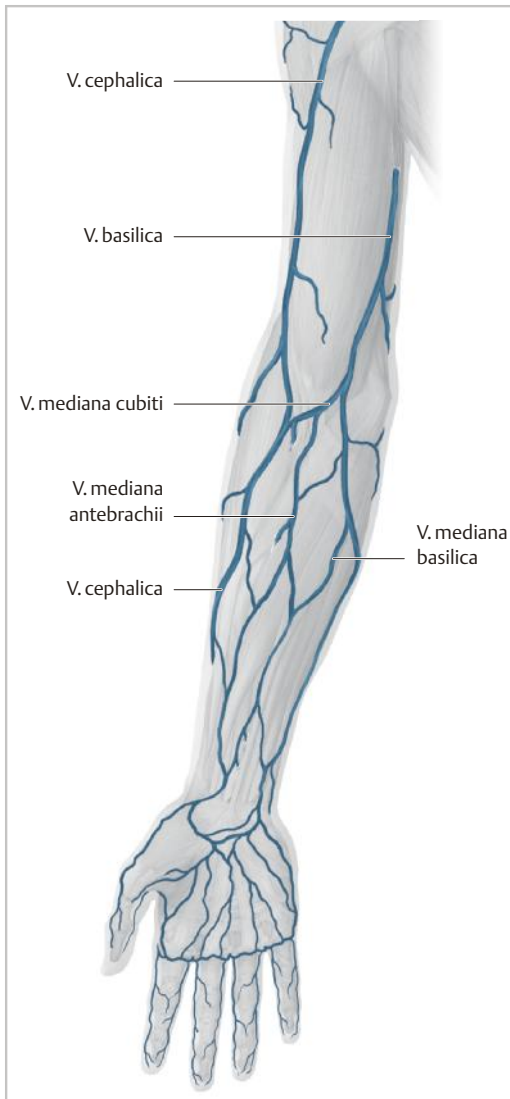


Abb. 1.10 Oberflächliche Venen des rechten Arms. Gut zu sehen sind die beiden größten Venen der oberen Extremität, die V. basilica und die V. cephalica, die sich fast über den gesamten Arm erstrecken. Die Verbindung zwischen V. basilica und V. cephalica bildet die V. mediana cubiti, der die V. mediana antebrachii entspringt (nach Schönke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

große von distal nach proximal laufende Vene, die **V. intermedia (mediana) antebrachii**. Dieses Gefäß gabelt sich nach proximal in zwei Äste, die Anschluss an die V. basilica und cephalica gewinnen. Auf diese Weise entsteht in

der Ellenbogengegend aus dem Zusammenfluss der Venen eine Struktur, die dem Buchstaben „M“ ähnelt. Die oberflächlichen Hautvenen der oberen Extremität bilden auf der Dorsalseite ein Netzwerk von vielen kleinen Venen, die klinisch keine größere Bedeutung haben.

KLINIK. Die V. mediana cubiti wird meist für die Entnahme von Venenblut verwendet, da sie gut sichtbar und kaum von Ästen der Hautnerven überlagert ist.

? Wie ist das System der tiefen Armvenen aufgebaut?

Im Gegensatz zu den extrafaszial gelegenen Hautvenen liegen die tiefen Armvenen subfaszial. Sie **begleiten die Arterien des Arms** und sind **meist paarig** angelegt. Nur die V. axillaris und V. subclavia bestehen aus einem Einzelgefäß. Die tiefen und die oberflächlichen Armvenen haben viele Klappen und stehen durch Anastomosen in Verbindung.

KLINIK. Bei Muskularbeit werden die tiefen Venen komprimiert und ein Teil des venösen Blutes wird über die Anastomosen in die oberflächlichen Armvenen verlagert. Dieser Mechanismus kann bei Blutentnahmen aus der Kubitalvene benutzt werden, indem der Patient durch kräftigen Faustschluss die Vene stärker hervortreten lässt.

? Welchen Verlauf haben die Lymphgefäße der oberen Extremität?

An der oberen Extremität gibt es:

- tiefe Lymphgefäße
- oberflächliche Lymphgefäße

Die **tiefen Lymphgefäße** haben ihren Ursprung in den Knochen, Muskeln und bindegewebigen Strukturen; sie ziehen mit den großen Arterien zur Ellenbeuge, wo meist einige Nodi lymphatici cubitales vorhanden sind. Am Oberarm ziehen die tiefen Lymphgefäße zusammen mit dem Gefäßnervenstrang im Sulcus bicipitis medialis.

Die **oberflächlichen Lymphgefäße** verlaufen zusammen mit der V. basilica und cephalica am Unterarm zur Ellenbeuge, wo sie ebenfalls einige Nodi lymphatici cubitales haben. Am Oberarm verlaufen die Lymphgefäße mehrheitlich mit der V. basilica. Sie ziehen daher ebenfalls im Sulcus bicipitis medialis (wie die tiefen Lymphgefäße), bleiben jedoch extrafaszial in der Subkutis.

? Welche Lymphknotenstationen durchströmt die Lymphe aus der oberen Extremität?

Die Lymphe aus Unterarm und Hand durchströmt zuerst die **Nodi lymphatici (lymphoidei) cubitales** in der Ellenbeuge. Die nächste Station sind die Lymphknoten der Achselhöhle, die **Nodi axillares**. Sie bestehen aus 30–60

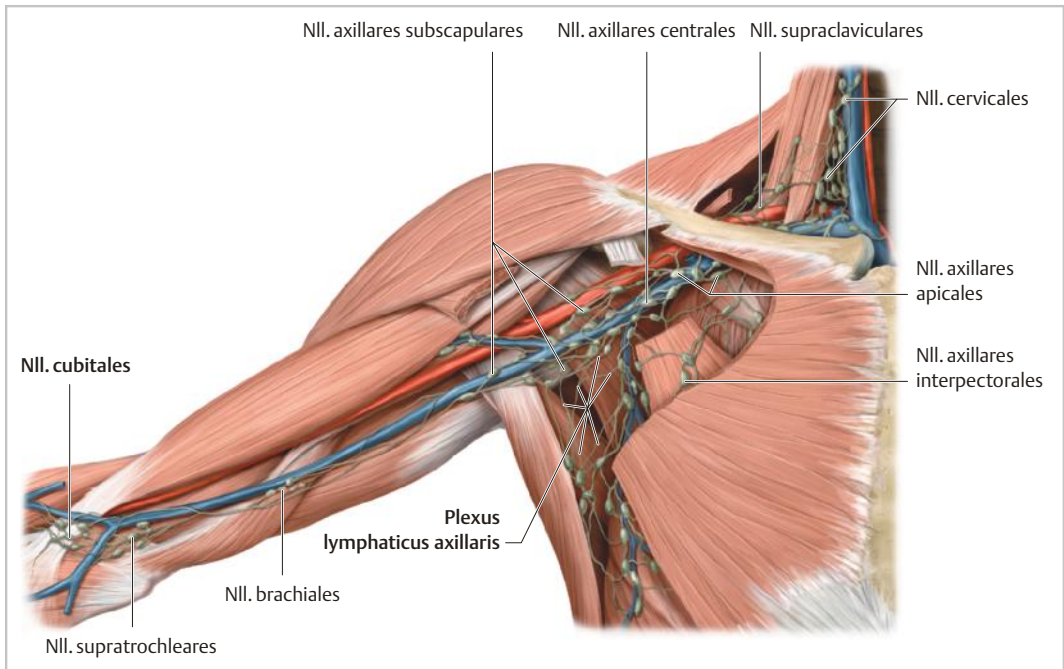


Abb. 1.11 Regionäre Lymphknoten der rechten oberen Extremität. Ansicht von ventral. Der Plexus lymphaticus axillaris liegt im Fettgewebe der Achselhöhle und besteht aus 30–60 Lymphknoten, die untereinander durch Lymphbahnen verbunden sind. Diese Lymphknoten lassen sich in einzelne Gruppen einteilen (Level I–III) (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

Lymphknoten, die aus mehreren Gruppen bestehen. Sie sind hintereinander angeordnet und werden von der Lymphe nacheinander durchströmt. Zu diesen Lymphknoten gehören die **Nodi lymphatici axillares laterales**, die **Nodi lymphatici axillares centrales**, die in der Tiefe der Achselhöhle liegen, und danach die **Nodi lymphatici apicales**, von denen der Abfluss in die **Nodi lymphatici supraclaviculares** erfolgt (Abb. 1.11). Der weitere Abfluss erfolgt über den **Truncus subclavius**, der rechts meist über den Ductus lymphaticus dexter, links über den Ductus thoracicus in den Venenwinkel einmündet.

KLINIK. Gelangen Bakterien im Rahmen einer Entzündung der Hand (z. B. Nagelbettentzündung oder Abszess) in die Lymphgefäße, kann daraus eine Lymphangitis, also eine Entzündung der Lymphwege, resultieren. Klinisch imponiert diese durch einen roten Strich am Unterarm und eine schmerzhafte Schwellung der benachbarten Lymphknoten. Sekundär können diese ebenfalls abszedieren.

1.2 Klinische und topografische Anatomie

? Durch welche Strukturen wird das Schultergelenk gegen Luxationen geschützt?

Aufgrund der kleinen Gelenkpfanne an der Skapula besteht im Schultergelenk praktisch keine Knochenführung. Auch die weite Gelenkkapsel stellt keinen Schutz gegen Verrenkungen dar. Der Hauptschutz erfolgt durch die **reflektorische Kontraktion der Schultermuskulatur** bei Dehnungsbelastungen. Bei plötzlicher Krafteinwirkung erfolgt die Kontraktion jedoch oft nicht schnell genug, der Humeruskopf luxiert dann meist nach kaudal aus der Gelenkpfanne und durchbricht an dieser Stelle die Gelenkkapsel.

Eine Luxation des Humeruskopfs nach kranial ist aufgrund des massiven Schulterdachs, das aus dem Akromion, dem Proc. coracoideus und dem Lig. coracoacromiale gebildet wird, praktisch unmöglich. Der intraartikuläre Verlauf der Sehne des M. biceps brachii bietet zudem einen gewissen Schutz vor Luxationsbewegungen des Humeruskopfs nach ventral lateral.

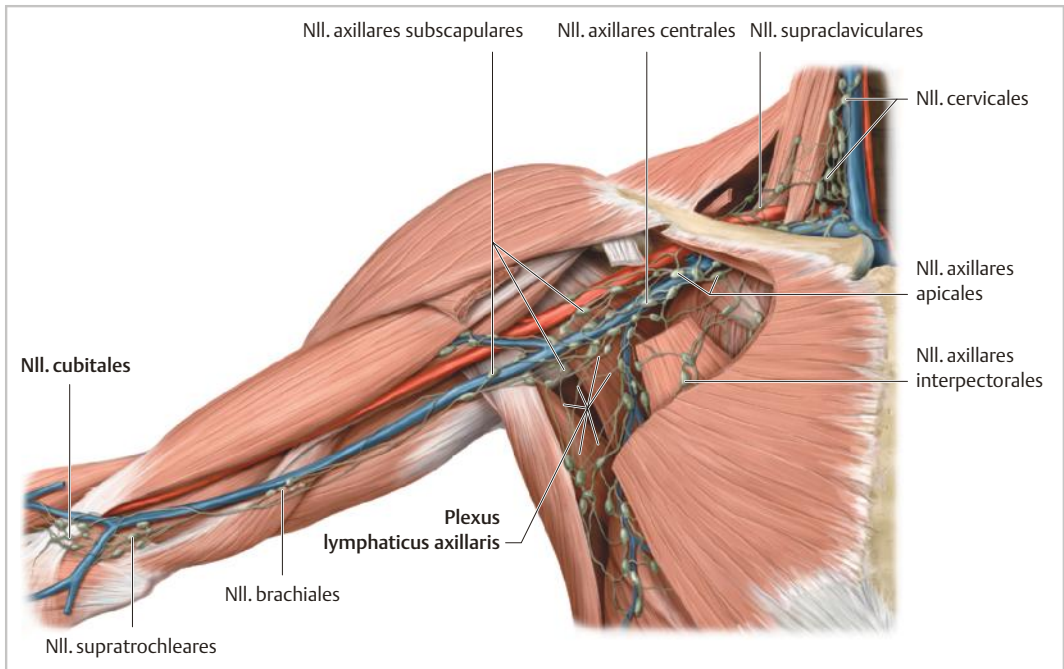


Abb. 1.11 Regionäre Lymphknoten der rechten oberen Extremität. Ansicht von ventral. Der Plexus lymphaticus axillaris liegt im Fettgewebe der Achselhöhle und besteht aus 30–60 Lymphknoten, die untereinander durch Lymphbahnen verbunden sind. Diese Lymphknoten lassen sich in einzelne Gruppen einteilen (Level I–III) (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

Lymphknoten, die aus mehreren Gruppen bestehen. Sie sind hintereinander angeordnet und werden von der Lymphe nacheinander durchströmt. Zu diesen Lymphknoten gehören die **Nodi lymphatici axillares laterales**, die **Nodi lymphatici axillares centrales**, die in der Tiefe der Achselhöhle liegen, und danach die **Nodi lymphatici apicales**, von denen der Abfluss in die **Nodi lymphatici supraclaviculares** erfolgt (Abb. 1.11). Der weitere Abfluss erfolgt über den **Truncus subclavius**, der rechts meist über den Ductus lymphaticus dexter, links über den Ductus thoracicus in den Venenwinkel einmündet.

KLINIK. Gelangen Bakterien im Rahmen einer Entzündung der Hand (z. B. Nagelbettentzündung oder Abszess) in die Lymphgefäße, kann daraus eine Lymphangitis, also eine Entzündung der Lymphwege, resultieren. Klinisch imponiert diese durch einen roten Strich am Unterarm und eine schmerzhafte Schwellung der benachbarten Lymphknoten. Sekundär können diese ebenfalls abszedieren.

1.2 Klinische und topografische Anatomie

? Durch welche Strukturen wird das Schultergelenk gegen Luxationen geschützt?

Aufgrund der kleinen Gelenkpfanne an der Skapula besteht im Schultergelenk praktisch keine Knochenführung. Auch die weite Gelenkkapsel stellt keinen Schutz gegen Verrenkungen dar. Der Hauptschutz erfolgt durch die **reflektorische Kontraktion der Schultermuskulatur** bei Dehnungsbelastungen. Bei plötzlicher Krafteinwirkung erfolgt die Kontraktion jedoch oft nicht schnell genug, der Humeruskopf luxiert dann meist nach kaudal aus der Gelenkpfanne und durchbricht an dieser Stelle die Gelenkkapsel.

Eine Luxation des Humeruskopfs nach kranial ist aufgrund des massiven Schulterdachs, das aus dem Akromion, dem Proc. coracoideus und dem Lig. coracoacromiale gebildet wird, praktisch unmöglich. Der intraartikuläre Verlauf der Sehne des M. biceps brachii bietet zudem einen gewissen Schutz vor Luxationsbewegungen des Humeruskopfs nach ventral lateral.

? Wie weit kann der Oberarm im Schultergelenk abduziert werden?

Im Schultergelenk kann der Oberarm **bis maximal 90°** (also bis zur Horizontalen) abduziert werden. Dann stößt der Humeruskopf an das Akromion. Eine Abduktion über die Horizontale ist nur möglich, wenn der Angulus inferior der Skapula nach lateral und ventral gedreht wird. Dadurch bewegt sich das Akromion nach dorsal-kranial und erlaubt eine Abduktion über die Horizontale. Die genannte **Drehbewegung der Skapula** erfolgt in der Art. acromioclavicularis und wird durch den M. serratus anterior bewerkstelligt.

? An welcher Stelle ist der Proc. coracoideus palpabel?

Bei frei herabhängendem Arm kann man direkt **medial vom Caput humeri** und direkt **kaudal von der Klavikula** einen Knochenfortsatz spüren, der noch gerade vom vorderen medialen Rand des M. deltoideus überlagert ist. Zur Palpation des Proc. coracoideus sollte gleichzeitig ein anderer Finger auf das Akromion gelegt werden. Bei Bewegungen im Schultergelenk dürfen sich Akromion und Proc. coracoideus nicht relativ zueinander bewegen, da sie beide Teile der Skapula sind (Abb. 1.12).

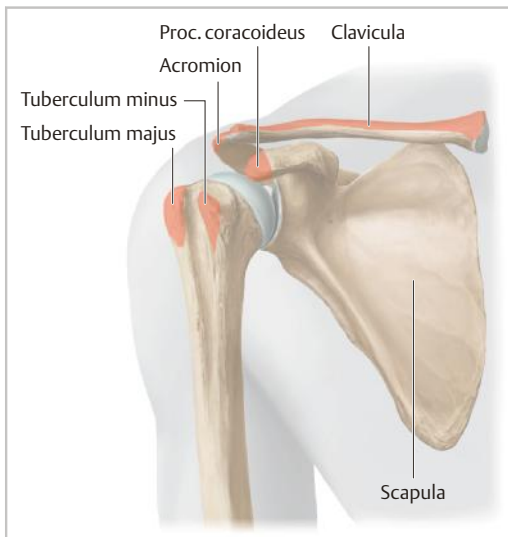


Abb. 1.12 Tastbare Knochenpunkte an Schulterdach und Oberarmgelenk. Ansicht von ventral. Die tastbaren Punkte sind rot hervorgehoben (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

? Welche Muskeln verstärken mit ihren Sehnen die Kapsel des Schultergelenks?

Die Sehnen folgender Muskeln verstärken die Kapsel des Schultergelenks:

- **kranial:** Sehne des Caput longum musculi bicipitis, Sehne des M. supraspinatus
- **dorsal:** Sehne des M. infraspinatus, Sehne des M. teres minor
- **ventral:** im kaudalen Bereich die Sehne des M. subscapularis

Es ergeben sich dadurch **zwei schwache Stellen in der Gelenkkapsel:** Zum einen kaudal, wo eine Sehnenverstärkung der Kapsel fehlt, und zum anderen im oberen Teil der ventralen Kapsel zwischen der Sehne des Caput longum bicipitis und der Sehne des M. subscapularis.

? Welchen Ursprung und Verlauf hat der N. axillaris?

Der N. axillaris ist ein **Ast des Plexus brachialis**, Pars infraclavicularis. Er entspringt dem Fasciculus posterior in der Achselhöhle, zieht zusammen mit der A. circumflexa humeri posterior durch die laterale Achsellücke und **versorgt den M. deltoideus** und den **M. teres minor** (Abb. 1.13).

? Wodurch wird das Skalenussyndrom verursacht? Welche Symptome treten auf?

Die (hintere, echte) Skalenuslücke wird durch den M. scalenus anterior und medius und die erste Rippe gebildet. Beim Skalenussyndrom kommt es zu einer **Einengung der Lücke**, beispielsweise durch eine Halsrippe (Varietät der Halswirbelsäule), abnorme Bandstrukturen (vereinzelt bei Halsrippen als ligamentäre Verbindung zur ersten Rippe), eine Muskelhypertrophie oder durch Exostosen der ersten Rippe. Bei einem Skalenussyndrom kommt es zu einer **mechanischen Kompression des Plexus brachialis und/oder der A. subclavia**, die zusammen durch die Skalenuslücke treten. Als Symptom treten Empfindungsstörungen oder Schmerzen im Versorgungsbereich des Plexus brachialis oder Durchblutungsstörungen im Versorgungsbereich der A. subclavia auf.

? Was versteht man unter einer Halsrippe?

Die Rippen im Halsbereich bilden sich normalerweise während der Embryonalentwicklung zurück und sind nur noch als Spangen ventral vom Foramen transversarium zu erkennen. Eine Halsrippe ist eine Varietät bei der Entwicklung der Halswirbelsäule und tritt **bei 1% der Menschen** auf. Es handelt sich um eine Rippe, die sich an einem Halswirbelkörper ausbildet (meistens 7. Halswirbel) und unterschiedlich lang sein kann. Davon abhängig reicht sie nach ventral bis zur ersten Rippe oder bis zum Sternum. Knorpelige Gelenke, aber auch ligamentäre Verbindungen sind dort möglich. Klinisch kann eine Halsrippe ein **Skalenussyndrom** auslösen.

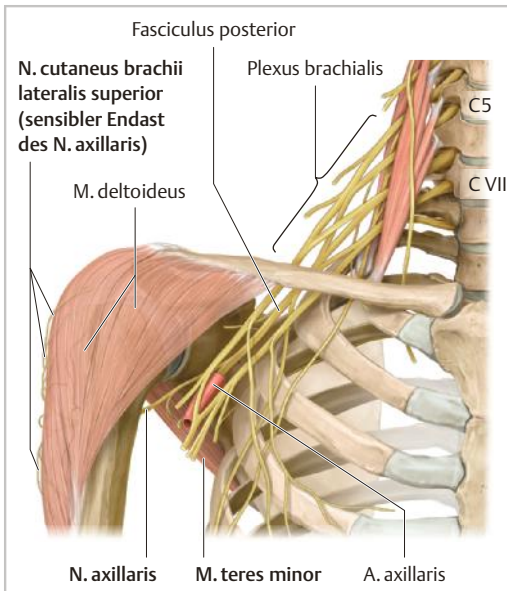


Abb. 1.13 Verlauf des N. axillaris nach Verlassen des Fasciculus posterior des Plexus brachialis. Ansicht von ventral. Der N. axillaris ist ein gemischter Nerv, der vom Fasciculus posterior unter dem Schultergelenk nach dorsal durch die laterale Achsellücke zieht. Anschließend zieht er entlang des Collum chirurgicum auf die Hinterseite des proximalen Humerus (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

? Wo befindet sich das Trigonum deltoideopectorale?

Das Trigonum deltoideopectorale befindet sich im Bereich der **Fossa infraclavicularis**; sie wird auch als **Mohrenheim-Grube** bezeichnet. Anatomisch wird das Trigonum folgendermaßen begrenzt:

- **kranial:** Clavicula
- **lateral:** M. deltoideus
- **medial:** M. pectoralis major

Die kaudale Fortsetzung des Trigonum deltoideopectorale ist der Sulcus deltoideopectoralis, in dem sich die V. cephalica befindet.

? Über welche natürlichen Wege können sich Entzündungen der Achselhöhle in die Nachbarschaft ausbreiten?

Entzündliche Prozesse der Achselhöhle können sich auf verschiedenen Wegen aus der Achselhöhle in die Nachbarschaft ausbreiten:

- Über den **Plexus brachialis** in den seitlichen Halsbereich; umgekehrt können sich Senkungsabszesse von Halswirbelkörpern in die Achselhöhle verlagern.
- Über die **mediale und laterale Achsellücke** bestehen Verbindungen zur dorsalen Schulterregion.
- Über die **Gefäß-Nerven-Straße des N. radialis und der A. profunda brachii** gibt es einen Ausbreitungsweg zu den Extensoren des Oberarms.
- Über die **Gefäßnervenstraße der A. brachialis und des N. medianus** gibt es eine Verbindung in die Flexorenloge des Oberarms.



? Beschreiben Sie den Verlauf der A. profunda brachii. Welche Muskeln versorgt sie?

Die A. profunda brachii ist der **Hauptast der A. brachialis** am Oberarm. Sie zweigt von der A. brachialis direkt distal vom Ansatz des M. latissimus dorsi ab und zieht zusammen mit dem N. radialis durch den Sulcus nervi radialis zur Dorsalseite des Oberarms (Abb. 1.14). Die A. profunda brachii versorgt die **Streckmuskeln des Oberarms** und gibt außerdem Kollateralarterien zum **Rete articulare cubiti**, einem Gefäßnetz in der Ellenbogenregion, ab. Das Netz wird zusätzlich von Aa. recurrentes aus der A. radialis und ulnaris gespeist.

KLINIK. Dieser Kollateralkreislauf zwischen A. radialis und ulnaris auf der einen und A. profunda brachii auf der anderen Seite ist so leistungsfähig, dass die A. brachialis distal vom Abgang der A. profunda brachii unterbunden werden kann, ohne dass Nekrosen auftreten.

? An welchen topografischen Merkmalen kann man den N. musculocutaneus am Oberarm zweifelsfrei erkennen? Beschreiben Sie seine Funktion.

Der N. musculocutaneus verlässt als gemischter Nerv (mit motorischen und sensiblen Fasern) den Fasciculus lateralis und durchbohrt nach kurzem Verlauf typischerweise den **M. coracobrachialis**. Er verläuft zwischen M. brachialis und M. biceps brachii nach distal, wobei er Äste zu diesen Muskeln abgibt. In der Ellenbeugegend zieht er durch die Oberflächenfaszie und endet als N. cutaneus antebrachii lateralis am Unterarm. Er innerviert motorisch wichtige Beuger des Oberarms (M. coracobrachialis, M. brachialis und M. biceps brachii). Sensibel innerviert er die Haut der radialen Unterarmseite bis zum Daumenballen.

KLINIK. Ein Ausfall des N. musculocutaneus führt zu einer Parese u. a. des M. biceps und damit zu einer deutlich eingeschränkten Flexion und Supination im Ellenbogengelenk. Eine vollständige Aufhebung der Beugefähigkeit tritt meist nicht ein, da auch der M. brachioradialis (durch den N. radialis innerviert) als Armbeuger wirkt.

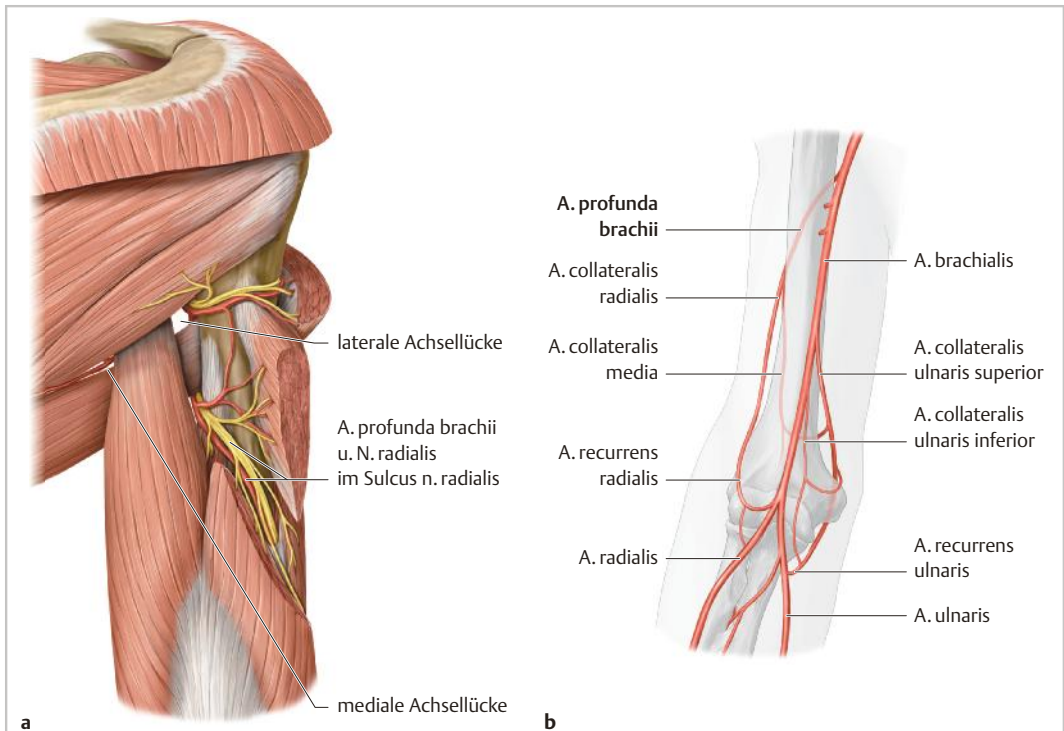


Abb. 1.14 Verlauf der A. profunda brachii und Rete articulare cubiti (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

a Ansicht von dorsal auf die rechte Schulter und den rechten Oberarm. Zwischen den Ansätzen des Caput laterale bzw. mediale des Trizeps verläuft die A. profunda brachii zusammen mit dem N. radialis im Sulcus radialis.

b Ansicht von ventral des rechten Arms. Dargestellt ist das Gefäßnetz (Rete articulare cubiti), das aus den arteriellen Anastomosen in der Ellenbogenregion gebildet wird.

? Welche knöchernen Bezugspunkte kann man verwenden, um mittels Palpation die regelrechte Stellung der Knochen im Ellenbogengelenk zu prüfen?

Bei Betrachtung von dorsal kann man die Verbindungslinien zwischen folgenden Strukturen am Ellenbogengelenk zur groben Orientierung benutzen:

- Epicondylus medialis
- Spitze des Olekranon
- Epicondylus lateralis

Beim normalen Gelenk befinden sich diese drei Knochenpunkte in Streckstellung auf einer Geraden, bei rechtwinkliger Beugung bilden sie ein etwa gleichseitiges Dreieck.

? Durch welche Strukturen wird die Fossa cubitalis gebildet?

Die Fossa cubitalis ist eine flache Einsenkung der Haut im Bereich der Ellenbeuge. Sie hat etwa die **Form des Buchstabens V**, wobei sich die beiden Schenkel in den Sulcus

bicipitalis medialis bzw. lateralis erstrecken und die Spitze des V in der Ellenbeuge zwischen den Muskelwülsten der Unterarmflexoren und der radialen Muskeln liegt. Zur Erinnerung:

- Vom Epicondylus medialis entspringen die Flexoren des Unterarms.
- Vom Epicondylus lateralis entspringen die radiale und dorsale Gruppe der Extensoren.

? Welchen Verlauf nehmen die großen Nervenstämmе und Gefäße im Bereich der Ellenbeuge?

Von medial nach lateral ergibt sich in der Ellenbeuge folgende Anordnung:

- Der **N. medianus** und die **A. und V. brachialis** ziehen aus dem Sulcus bicipitalis medialis kommend unter der Aponeurose des M. biceps in die Tiefe. Sie erreichen die Ellenbeuge medial von der Sehne des M. biceps. Der N. medianus durchbohrt etwas weiter distal den M. pronator teres.

- Am weitesten radial liegt der **N. radialis**, der zwischen M. brachialis und M. brachioradialis verlaufend in die Ellenbeuge eintritt. Er teilt sich in der Ellenbeuge in den Ramus superficialis, der mit dem M. brachioradialis nach distal verläuft, und den Ramus profundus, der den M. supinator durchbohrt und die Extensoren der Dorsalseite des Unterarms versorgt (Abb. 1.15).

Anmerkung: Der N. ulnaris verläuft nicht im Bereich der Ellenbeuge, sondern zwischen dem Epicondylus medialis und dem Olekranon auf der Dorsalseite. Weiter unterhalb tritt der Nerv dann zwischen den beiden Köpfen des M. flexor carpi ulnaris auf die Beugeseite des Unterarms.

? Welchen Verlauf hat der N. radialis? Welche Versorgungsgebiete hat der Nerv?

Der N. radialis entspringt dem Fasciculus posterior des **Plexus brachialis** und zieht gemeinsam mit der A. profunda brachii dorsal und **spiralartig um den Humerus** herum auf dessen laterale Seite. Beide Strukturen verlaufen hier im Sulcus nervi radialis. Er gibt im Oberarmbereich sensible Äste (Nervi cutanei brachii posterior et lateralis inferior) und motorische Äste (Rami musculares) ab.

Der N. radialis tritt zwischen M. brachioradialis und M. brachialis (Radialistunnel) wieder nach vorne in die Ellen-

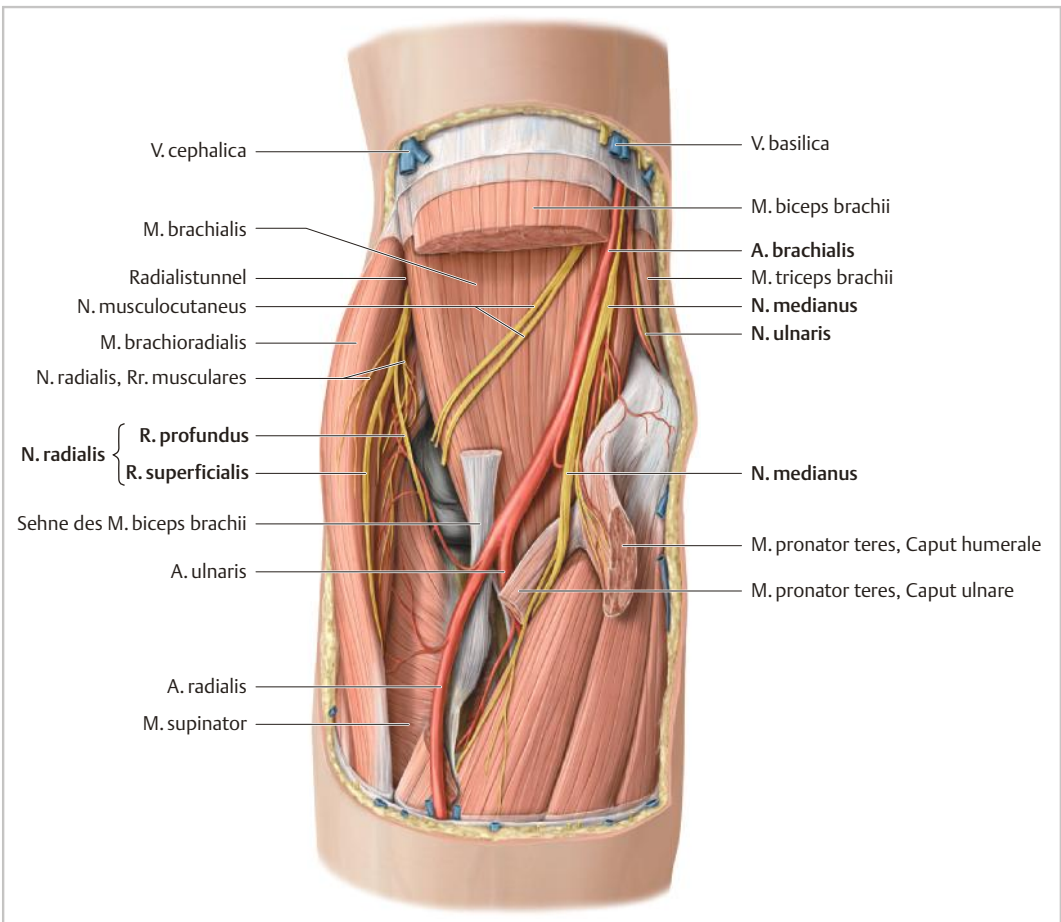


Abb. 1.15 Fossa cubitalis. Ansicht von ventral des rechten Arms. Der N. medianus sowie die A. und V. brachialis ziehen zusammen vom Sulcus bicipitalis durch die Ellenbeuge. Der N. medianus verläuft zwischen den beiden Köpfen des M. pronator teres. Der N. radialis tritt nach seinem Verlauf durch den Radialistunnel in die Ellenbeuge ein und gibt hier den sensiblen Ramus superficialis, den Ramus profundus und die Rami musculares ab. Die Rami musculares versorgen die Muskeln der Radialisgruppe (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

beuge und teilt sich hier in seine Endäste, den **Ramus superficialis** und **profundus**:

- Der **Ramus profundus** durchbohrt als tiefer Endast des N. radialis den M. supinator (Supinatorkanal) und zieht schraubig um den Radius herum zur Dorsalseite des Unterarms. Er versorgt die Extensoren des Unterarms. Kurz bevor er in den Supinatorkanal zieht, gibt er einige Rami musculares zur Radialisgruppe (M. brachioradialis, M. extensor carpi radialis longus et brevis) ab. Die Radialisgruppe kann aber auch von Rami musculares direkt aus dem N. radialis versorgt werden.
- Der **Ramus superficialis** ist ein reiner Hautast, er zieht mit der A. radialis und dem M. brachioradialis (Leitmuskel) nach distal. Kurz vor Erreichen des Karpus unterkreuzt er die Sehne des M. brachioradialis und erreicht so die Streckseite der Hand.

Der N. radialis versorgt **am Oberarm**:

- **motorisch**: die Extensoren (M. triceps, M. anconeus)
- **sensibel**: die Haut der Lateral- und Dorsalfäche des Oberarms

Der N. radialis versorgt **am Unterarm**:

- **motorisch**: die Extensoren über den Ramus profundus. Hierzu gehören die Radialisgruppe (M. brachioradialis, M. extensor carpi radialis longus et brevis) sowie die folgenden Unterarmmuskeln: M. supinator, M. extensor carpi radialis brevis, M. extensor digitorum, M. extensor digiti minimi, M. extensor carpi ulnaris, M. abductor pollicis longus, M. extensor pollicis longus und brevis, M. extensor indicis.
- **sensibel**: die Haut der radialen Streckseite des Unterarms bis zum Handgelenk.

Der N. radialis versorgt **an der Hand** die Haut des radialen Handrückens und die Haut von 2½ radialen Fingern dorsal (Abb. 1.16).

MERKE. Die Versorgung der Haut auf den Dorsalfächen der Finger beschränkt sich auf das Grundglied; die Dorsalfächen der Mittel- und Endglieder werden von den palmaren Nerven versorgt.

? Nach einer Oberarmfraktur kann der Patient im Handgelenk keine Dorsalflexion mehr durchführen. Wie ist Ihre Diagnose?

Bei der Oberarmfraktur handelt es sich offensichtlich um einen Oberarmschaftbruch, der den **N. radialis** im Sulcus nervi radialis dorsal vom Humerusschaft geschädigt hat. Die Folge ist eine **Lähmung der Extensoren des Unterarms**, die vom Ramus profundus n. radialis versorgt werden und klinisch zu einer **Fallhand** führen (Abb. 1.17). Zusätzlich sind oft die radialen Unterarmmuskeln und damit die Fähigkeit der Radialabduktion ausgefallen. Die Rami musculares für diese Muskeln zweigen proximal des Ellenbogens vom Ramus profundus ab.

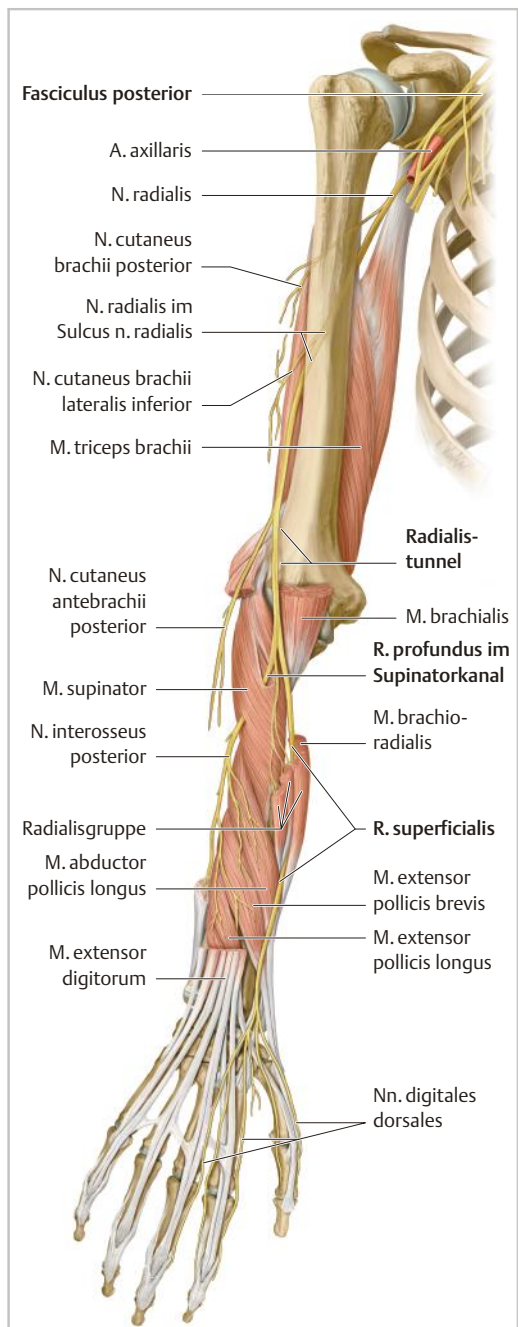


Abb. 1.16 Verlauf des N. radialis. Ansicht von ventral des rechten Arms. Zu sehen ist zunächst der spiralege Verlauf des N. radialis um den Humerus. Nach dem Austritt aus dem Radialistunnel teilt er sich dann in seine beiden Hauptäste: den Ramus superficialis und den Ramus profundus (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

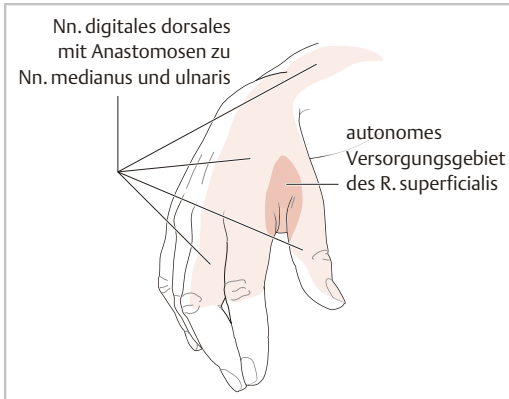


Abb. 1.17 Fallhand. Durch eine Schädigung des N. radialis kommt es zur sog. Fallhand. Der Betroffene ist nicht mehr in der Lage, den Handrücken anzuheben. Zudem treten sensible Ausfälle auf. Häufig beschränken sich diese auf das Autonomegebiet des N. radialis (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

? Beschreiben Sie den Verlauf des N. ulnaris. Welche Strukturen versorgt er?

Der N. ulnaris entspringt dem **Fasciculus medialis des Plexus brachialis**. Er verläuft am Oberarm im **Sulcus bicipitis medialis** nach distal und zieht dorsal um den **Epicondylus medialis** des Humerus herum. Hier kann er durch mechanische Reize lädiert werden (elektrisierender Schmerz im distalen Versorgungsgebiet des N. ulnaris beim Stoß des medialen Epikondylus gegen einen harten Gegenstand, sog. „Musikantenknochen“). Am Unterarm läuft er mit dem **M. flexor carpi ulnaris** (Leitmuskel) zur Hand. Er unterkreuzt das Retinaculum flexorum nicht, **sondern zieht über das Retinaculum zur Handfläche**. Er versorgt im Gegensatz zum N. radialis ausschließlich Muskeln am Unterarm und an der Hand, keine Oberarmmuskeln.

- **motorisch:**
 - M. flexor carpi ulnaris
 - die ulnaren Teile des M. flexor digitorum profundus
 - die Kleinfingerballenmuskeln
 - die tiefen Muskeln des Daumenballens
 - sämtliche Musculi interossei und die ulnaren Lumbrikalmuskeln
- **sensibel:** Hand: ulnare Kante sowie 2½ ulnare Finger dorsal und 1½ Finger palmar

? An welcher Stelle des Unterarms ist der Puls der A. ulnaris am besten palpabel?

Der Puls der A. ulnaris ist nur **im Verlauf des distalen Unterarms** palpabel, weil sie nur hier oberflächennah verläuft. Der Leitmuskel der A. ulnaris am Unterarm ist der

M. flexor carpi ulnaris, in dessen Sehne das Os pisiforme als Sesambein eingebaut ist. Proximal vom Os pisiforme kann man radial von der Sehne des M. flexor carpi ulnaris den Puls der A. ulnaris tasten. Der Puls ist schwächer als der der A. radialis, weil die A. ulnaris nicht so gut gegen einen Knochen komprimiert werden kann.

? Welche Muskeln sind die wichtigsten Supinatoren des Unterarms?

Die beiden wichtigsten Supinatoren am Unterarm sind:

- **M. biceps brachii** und
- **M. supinator**

Der stärkste Supinator des Unterarms ist der **M. biceps brachii**. Seine Sehne wickelt sich bei Pronationsbewegungen um den proximalen Teil des Radius herum. Bei Kontraktion des M. biceps wird in Supinationsrichtung eine Drehbewegung ausgelöst und die Sehne wickelt sich ab. Die starke Supinationswirkung des M. biceps kann nur ausgenutzt werden, wenn das Ellenbogengelenk gebeugt ist. Bei vollständiger Streckung verläuft die Sehne des M. biceps fast parallel zur Längsachse des Radius; deshalb ist kein Hebel für die Supination vorhanden.

Der **M. supinator** ist dagegen in seiner supinierenden Wirkung von der Stellung des Ellenbogengelenks unabhängig. Er entspringt an der Dorsalfäche der Ulna, steigt nach distal lateral ab und umschlingt mit seinen Fasern den Radius dorsal, lateral und ventral. Er setzt schließlich an der Medialfläche des proximalen Radius an. Er wird vom Ramus profundus nervi radialis durchbohrt.

Anmerkung: Bei der Präparation an der Leiche ist besonders der ventral liegende Teil des M. supinator mit der Durchtrittsstelle des N. radialis sichtbar. Die supinierenden Fasern des Muskels liegen jedoch dorsal von Radius und Ulna. Lagen sie ventral von Radius und Ulna, hätten sie eine pronierende Wirkung, da sich bei Umwendebebewegungen der Radius um die feststehende Ulna bewegt.

? Wie verlaufen die großen Nervenstämmе des Unterarms relativ zum Retinaculum flexorum auf ihrem Weg zur Hand?

- Der **N. medianus** verläuft als einziger Unterarmnerv **fast vollständig durch den Karpaltunnel** (mit Ausnahme eines dünnen Ramus palmaris). Der N. medianus ist daher bei raumfordernden Prozessen im Karpaltunnel (z. B. Schwellungen, Entzündungen) auch besonders gefährdet (Abb. 1.18b).
- Der **N. ulnaris** erreicht in der ulnaren Gefäß-Nerven-Straße, bedeckt vom M. flexor carpi ulnaris, die Handwurzel. Er **überkreuzt** zusammen mit der A. ulnaris **das Retinaculum flexorum** und ist daher durch Druckerhöhungen im Karpaltunnel nicht betroffen (Abb. 1.18b). Auf dem Kleinfingerballen sind der N. ulnaris und die



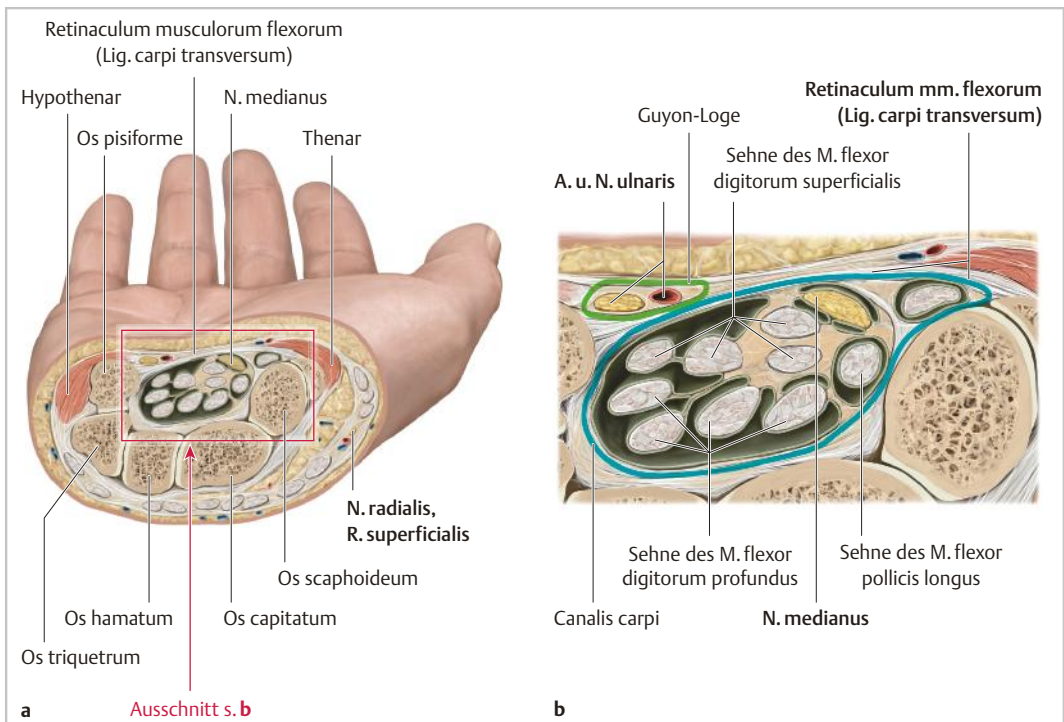


Abb. 1.18 Karpalkanal (Karpaltunnel) (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

a Querschnitt der rechten Hand auf Höhe der Handwurzelknochen. Ansicht von proximal. Der N. radialis hat keine Beziehung zum Karpalkanal und verläuft durch die Tabatière zum Handrücken.

b Karpalkanal (Ausschnitt aus **a**). Zu sehen sind der N. ulnaris, der in der Guyon-Loge außerhalb des Karpalkanals verläuft, sowie der N. medianus, der innerhalb des Karpalkanals zieht.

A. ulnaris mit ihren Begleitvenen nur vom M. palmaris brevis bedeckt.

- Der **N. radialis** hat **keine Beziehung zum Retinaculum flexorum**; sein Ramus superficialis unterkreuzt die Sehne des M. brachioradialis am distalen Unterarm und verläuft durch die Tabatière zum Handrücken (Abb. 1.18a).

KLINIK. Zwischen Os pisiforme und Hamulus ossis hamati, bedeckt vom M. palmaris brevis, befindet sich die **Guyon-Loge**. Durch sie verläuft der N. ulnaris zusammen mit der A. ulnaris. Durch anhaltenden Druck auf den N. ulnaris an dieser Stelle (z. B. beim Fahrradfahren) kann es zu Parästhesien im kleinen Finger kommen.

? Welche Symptome erwarten Sie bei einer Druckläsion des N. medianus im Bereich des Karpalkanals?

Der Karpalkanal (Canalis carpi; Karpaltunnel) ist ein osteofibröser Kanal, der dorsal von den Handwurzelknochen und palmar von dem Retinaculum flexorum gebildet

wird. Dieses spannt sich zwischen der Eminentia carpi ulnaris und der Eminentia carpi radialis aus. Im Karpalkanal verlaufen zehn Sehnen (je vier vom M. flexor digitorum profundus und M. flexor digitorum superficialis sowie eine vom M. flexor pollicis longus und M. flexor carpi radialis) zusammen mit dem N. medianus. Bei Druckerhöhungen in dem Kanal wird der N. medianus geschädigt, d. h., die Leitung in den Nervenfasern wird am Ort der Kompression unterbrochen. Die Folge sind eine **Atrophie besonders der Daumenballenmuskeln** und **Sensibilitätsstörungen** in der Haut der Palma manus und der Palmarseite von 3½ radialseitigen Fingern.

KLINIK. Eine Läsion des **proximalen N. medianus**, z. B. durch eine Fraktur im Ellenbogengelenk, führt zu dem klassischen Bild der **Schwurhand** (Abb. 1.22b): Beim Versuch des Faustschlusses können nur die ulnaren Finger gebeugt werden. Zusätzlich können Sensibilitätsstörungen im Medianusgebiet (radiale Palmarseite und radiale 3½ Finger) auftreten.

? Welche Strukturen werden bei dem Versuch, sich die „Pulsader“ aufzuschneiden, zuerst verletzt?

Wenn in suizidaler Absicht Schnitte quer über die Ventralfäche des Handgelenks gelegt werden, so wird als Erstes meist die **Sehne des M. palmaris longus** durchtrennt (falls vorhanden). Als Nächstes wird die **Sehne des M. flexor carpi radialis** durchtrennt, die sich direkt ulnar von der relativ tief liegenden A. radialis befindet. Da in diesem Bereich der **N. medianus** direkt neben oder unter der Sehne des M. palmaris longus oberflächlich verläuft, wird er meist noch vor Erreichen der A. radialis verletzt. Dies ist mit so starken Schmerzen verbunden, dass in vielen Fällen von weiteren Schnitten abgesehen wird.

? Welche Strukturen ziehen über das Retinaculum flexorum hinweg zur Hohlhand?

Das Retinaculum flexorum ist die **palmare Begrenzung des Canalis carpi**, durch den die Sehnen der Flexoren, die meisten Gefäße und der N. medianus ziehen (Abb. 1.19). Strukturen, die auf ihrem Weg zur Hohlhand über das Retinaculum flexorum hinwegziehen, sind:

- die Sehne des **M. palmaris longus**
- der **N. ulnaris**
- die **A. und V. ulnaris**

? * Wo befindet sich das Retinaculum extensorum? Welche Bedeutung hat es?

Das Retinaculum extensorum zieht quer über die Dorsalseite des Karpus. Es besteht aus einer ringförmigen Verstärkung der **Fascia antebrachii**, die distal relativ schwach ausgebildet ist. Die funktionelle Bedeutung des Retinaculum besteht darin, bei der Kontraktion der Fingerextensoren die Sehnen dieser Muskeln am Karpus zu fixieren. Der distale Rand des Retinaculum bildet gleichzeitig die proximale Begrenzung der Tabatière.

KLINIK. Am Boden der Tabatière ist bei manchen Patienten der Puls der A. radialis besser zu fühlen als an der üblichen Stelle auf der palmaren Seite des distalen Radius.

? * Welche Bewegungen können in den beiden Anteilen des Handgelenks durchgeführt werden?

- **Proximales Handgelenk:** Hierbei handelt es sich um ein **Eigelenk**, wobei die proximale Reihe der Handwurzelknochen den Gelenkkopf, das distale Ende des Radius und der Discus articularis die Gelenkpfanne bildet (Abb. 1.20). Das Gelenk hat **zwei Achsen**; eine verläuft quer durch die Proc. styloidei von Ulna und Radius, die andere in dorsopalmarer Richtung durch das Os capitatum. Um die längere Querachse werden Palmar- und Dorsalflexionen durchgeführt, um die dorsopalmar Achse die Radial- und Ulnarabduktion.

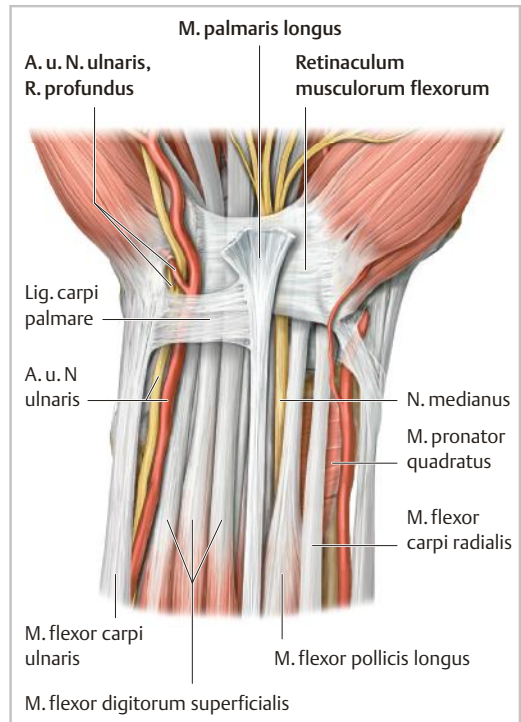


Abb. 1.19 Einblick in den Karpalkanal der rechten Hand. Ansicht von palmar. Zu sehen ist der Verlauf des N. und der A. ulnaris über das Retinaculum flexorum hinweg zum Handrücken. Nicht dargestellt ist der ähnliche Verlauf der V. ulnaris. Außerdem erkennt man den oberflächlichen Verlauf des N. medianus im Karpalkanal (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

- **Distales Handgelenk:** Obwohl es in seiner Form zwei nebeneinanderliegenden Kugelgelenken entspricht, ist es in seiner Beweglichkeit stark eingeschränkt. Es wird praktisch nur eine Palmar- und Dorsalflexion durchgeführt, d.h., das Gelenk verhält sich wie ein Scharniergelenk. Es wird daher auch als **verzahntes Scharniergelenk** bezeichnet. Der Gelenkspalt verläuft in etwa S-förmig zwischen proximaler und distaler Handwurzelreihe (Abb. 1.20).

Insgesamt erlauben die Handgelenke eine etwa rechtwinklige Abknickung der Hand gegenüber dem Unterarm.

KLINIK. Zur groben Orientierung über die Funktionstüchtigkeit des Handgelenks fordert man den Patienten auf, bei horizontal gestellten Unterarmen die Handflächen bzw. die Handrücken aneinanderzulegen. Bei normaler Gelenkfunktion ergibt sich ein großflächiger Kontakt zwischen den Handflächen bzw. den Handrücken.

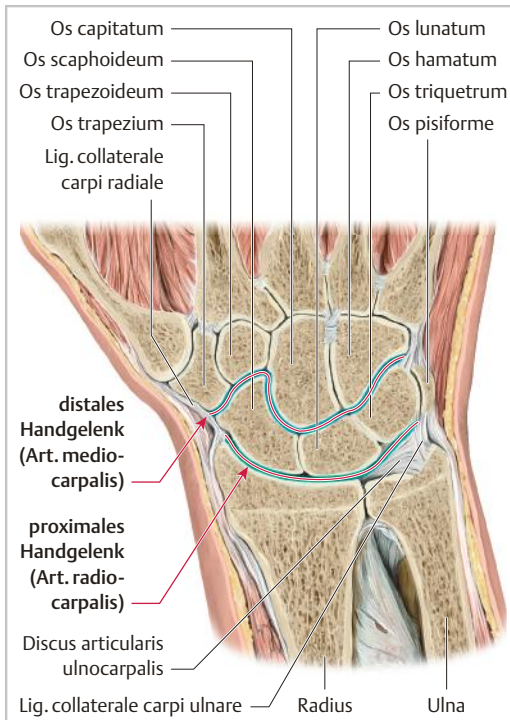


Abb. 1.20 Koronarer Schnitt durch die rechte Hand. Ansicht von dorsal. Grüne Linie – proximales Handgelenk. Blaue Linie – distales Handgelenk. Das distale Handgelenk verläuft nahezu S-förmig zwischen proximalen und distalen Handwurzelknochen und bildet ein sog. verzahntes Scharniergelenk. Während das proximale Handgelenk ein Eigelenk mit zwei Bewegungsrichtungen darstellt (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

? Für welche Bewegungen sind die Karpometakarpalgelenke von Bedeutung?

- Die Karpometakarpalgelenke der **Mittelhandknochen II–IV**: Die Mittelhandknochen II–IV sind mit der distalen Reihe der Handwurzelknochen durch straffe Bänder so eng verbunden, dass praktisch **keine Beweglichkeit** resultiert.
- Die Karpometakarpalgelenke der **Mittelhandknochen I und V**: Die gelenkigen Verbindungen zwischen den Metakarpalknochen I und V und den gegenüberliegenden Handwurzelknochen haben eine größere Beweglichkeit; in diesen Gelenken werden **Oppositions- und Repositionsbewegungen zwischen dem Daumen und dem fünften Finger** durchgeführt.
- Besonderheit Daumensattelgelenk**: Von besonderer Bedeutung ist die Art. carpometacarpalis pollicis, in der die Basis des Os metacarpale I mit dem Trapezium artikuliert.

Dieses Gelenk ist das Paradebeispiel eines Sattelgelenks. Es hat zwei Achsen, die senkrecht aufeinander stehen. In diesem Gelenk kann der Daumen ab- und adduziert werden, und zwar in einer Ebene, die schräg zur Palmarfläche verläuft. Die zweite Bewegungsachse erlaubt Oppositions- und Repositionsbewegungen (Daumenbewegung in Richtung bzw. entgegen dem 5. Finger).

? Bei starker Radialabduktion im Handgelenk wölbt sich direkt distal vom Proc. styloideus ulnae ein Handwurzelknochen nach ulnar vor, der an dieser Stelle gut palpirt werden kann. Um welchen Handwurzelknochen handelt es sich?

Die gut palpable Vorwölbung distal der Ulna bei Radialabduktion der Hand ist die Lateralfäche des **Os triquetrum**. Auf der Ventralfläche dieses Handwurzelknochens kann sehr deutlich das Os pisiforme getastet werden.

? Beugen Sie Ihre Finger und betrachten Sie den gebeugten Zeigefinger von der Seite. An welcher Stelle relativ zu den Fingergliedern befindet sich der Gelenkspalt?

Bei den Fingerphalangen befindet sich die Basis proximal und das Caput distal. Das Caput bildet den konvexen Gelenkkopf, auf dem sich die konkave Basis der Phalangen bei Beugung palmarwärts bewegt. Die stärkste Konvexität der gebeugten Finger auf der Dorsalseite wird daher jeweils von den Köpfen der Phalangen bzw. der Mittelhandknochen gebildet. **Der Gelenkspalt befindet sich immer deutlich distal** von dieser stärksten Konvexität (Abb. 1.21).

? Warum ist eine passive Rotation der Finger in den Grundgelenken in Streckstellung möglich, nicht aber bei Flexion?

Die Fingergrundgelenke sind **Kugelgelenke** und haben daher neben einer Palmar-/Dorsalflexionsachse und einer Ad-/Abduktionsachse auch eine Rotationsachse. In Streckstellung sind die Ligamenta collateralia der Grundgelenke schlaff (Abb. 1.21) und daher ist eine passive Rotation der Finger um die Längsachse möglich. Bei Beugung im Fingergrundgelenk werden die **Ligamenta collateralia durch zwei Mechanismen gespannt**:

- Die Bänder entspringen an den Köpfen der Metakarpalknochen dorsal von der Flexionsachse; bei Beugung rutscht die Gelenkpfanne der proximalen Phalangen nach ventral und spannt damit die Seitenbänder.
- Die Köpfe der Metakarpalknochen sind dorsal schmaler als palmar; dadurch werden bei Beugung in den Grundgelenken die Bänder von den breiter werdenden Köpfen auseinandergedrängt und gespannt. In Flexionsstellung ist daher eine Rotation im Fingergrundgelenk nicht möglich, dieser Mechanismus dient wahrscheinlich der Stabilisierung des Faustschlusses.

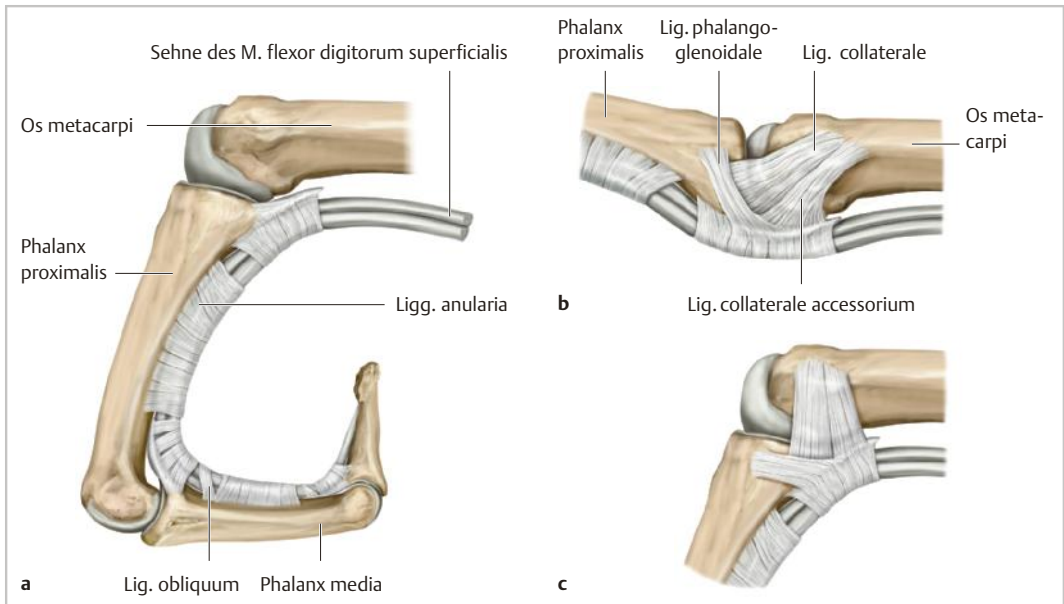


Abb. 1.21 Digitale Sehnenscheiden (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

a Seitenansicht in Beugestellung. Die Sehnen der langen Fingerbeuger verlaufen auf der Palmarseite der Finger in einer gemeinsamen Sehnenscheide. Durch Kreuz- (Ligg. obliqua) und Ringbänder (Ligg. anularia) wird die äußere Hülle der Sehnenscheide (Stratum fibrosum) an der palmaren Fingerseite fixiert. Durch Aussparungen zwischen den Kreuz- und Ringbändern wird das Beugen der Finger ermöglicht.

b Kapsel-Band-Apparat des Grundgelenks in Streck- und Beugestellung. Das Lig. collaterale ist in Streckstellung gespannt und in Beugestellung entspannt.

KLINIK. Bei Beugung der Finger sind die Ligamenta collateralia angespannt, bei Streckung entspannt. Diese anatomische Besonderheit hat beim Anbringen von Gipsen im Handbereich eine große Bedeutung. So muss bei der Ruhigstellung der Hand über einen längeren Zeitraum auf eine physiologische Funktionsstellung der Finger geachtet werden: Die Fingergrundgelenke sollten 50–60° gebeugt sein. Eine Immobilisierung in gestreckter Stellung führt zu einer dauerhaften Verkürzung der Ligamenta collateralia, eine Fingerbeugung wäre dann nicht mehr möglich.

? Welchen Verlauf haben die Fingerarterien und -nerven?

Jeder Finger hat vier Arterien und vier Nerven:

- palmar: zwei Aa. digitales palmares proprii und zwei Nervi digitales palmares proprii
- dorsal: zwei Aa. digitales dorsales und zwei Nervi digitales dorsales

Palmar liegen sie im subkutanen Fettgewebe dicht an den Sehnenscheiden der Flexorsehnen, dorsal zwischen der

Haut und der Dorsalaponeurose der Finger. Die palmar gelegenen Gefäße und Nerven (Aa. und Nervi digitales palmares proprii) sind stärker ausgebildet als die dorsalen, da sie nicht nur die palmaren Fingeranteile versorgen, sondern auch die Dorsalfläche der End- und Mittelfglieder.

? Was ist die Ursache für die sog. Fallhand?

Eine allein auftretende Fallhand ist das typische Symptom einer **Läsion des N. radialis**, und zwar des **Ramus profundus**, der meist in seinem Verlauf um das proximale Radiale verläuft. Es handelt sich um ein Engpasssyndrom, bei dem der Ramus profundus im Supinator kanal komprimiert wird. Als Ursache kommen u.a. eine Radiusfraktur oder eine Muskelprellung (Kontusion) mit nachfolgendem Hämatom infrage. Durch den Ausfall der Streckermuskeln des Unterarms kann die Hand nicht dorsal flektiert werden. Bei gestrecktem Arm ist eine Supination ebenfalls nicht möglich, da der M. supinator ausgefallen ist und die Supinationswirkung des M. biceps bei Streckung im Ellenbogengelenk nicht wirksam wird. Die Ausfallerscheinungen variieren mit der **Höhe der Läsion**:

- **Proximale N.-radialis-Läsion:** Eine schultergelenksnahe Verletzung des N. radialis proximal vom Sulcus nervi

radialis (z.B. durch chronischen Druck in der Axilla durch Krücken) hat neben der typischen Fallhand auch eine Lähmung des M. triceps brachii zur Folge. Der Arm kann dann im Ellenbogengelenk nicht mehr gestreckt werden. Zusätzlich sind Sensibilitätsausfälle in den versorgten Hautgebieten vorhanden.

- **Mittlere N.-radialis-Läsion:** Bei einer Läsion im Verlauf des Sulcus nervi radialis ist auch die motorische Versorgung der radialen Muskelgruppe des Unterarms ausgefallen; zusätzlich zur Fallhand besteht ein Ausfall der Radialabduktion der Hand.
- **Distale N.-radialis-Läsion:** Eine Unterbrechung des Ramus superficialis am distalen Unterarm bewirkt nur eine Sensibilitätsstörung im Versorgungsbereich des Nervs, nämlich der radialen Hälfte des Handrückens und der Dorsalfächen der Grundglieder der 2½ radialen Finger.

Eine Läsion des Ramus profundus am distalen Unterarm (d.h. des N. interosseus posterior nach Abgang der Äste für die motorische Versorgung der Streckermuskeln und der sensiblen Äste) z.B. infolge einer Radiusfraktur führt zu keiner Sensibilitätsstörung und auch keiner typischen Fallhand.

? Welche Ausfälle erwarten Sie bei einer Läsion des N. medianus?

Das Hauptsymptom der Medianuslähmung besteht in der sog. **Schwurhand** (Abb. 1.22): Beim Versuch des Faustschlusses können nur der vierte und fünfte Finger gebeugt werden, während die Finger eins bis drei fast in Streckstellung verbleiben. Der vierte und fünfte Finger können noch durch den ulnaren Teil des M. flexor digitorum profundus gebeugt werden, der vom N. ulnaris versorgt wird. Der Daumen befindet sich in Adduktionsstellung, da der

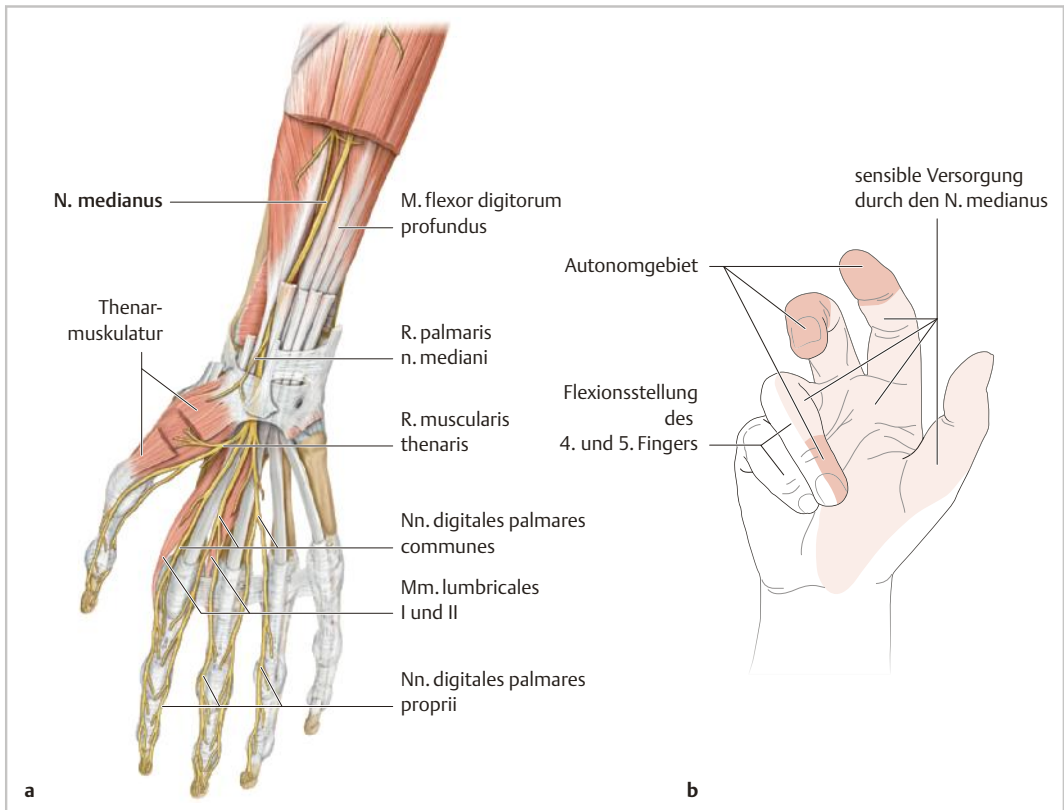


Abb. 1.22 N. medianus (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

a Verlauf des N. medianus am rechten Arm. Ansicht von ventral. Der N. medianus zieht zwischen den beiden Köpfen des M. pronator teres zum Unterarm und dann durch den Karpalkanal zur Hohlhand. Dort versorgt er die Thenarmuskeln motorisch und die Palmarseite der radialen 3½ Finger sensibel.

b Schwurhand nach proximaler N.-medianus-Läsion. Der Faustschluss ist nicht möglich. Lediglich die ulnaren Finger können gebeugt werden.

vom N. ulnaris versorgte M. adductor pollicis mit seinem Tonus überwiegt.

Zusätzlich treten **Sensibilitätsstörungen** am Daumenballen und an der Palmarseite der 3½ radialen Finger sowie auf der Dorsalseite der Mittel- und Endglieder dieser Finger auf.

? Die Hand eines Patienten weist eine Überstreckung in den Fingergrundgelenken und eine Beugung in den anderen Fingergelenken auf. Gleichzeitig ist der Zwischenraum zwischen den Metakarpalknochen dorsal eingesunken. Wie ist Ihre Diagnose?

Es liegt die typische **Krallenhand** als Hauptsymptom eines **Ausfalls des N. ulnaris** vor. Dadurch sind alle Musculi interossei und die zwei bis drei ulnaren Musculi lumbricales ausgefallen, deren Hauptwirkung in einer Beugung der

Grundgelenke und einer Streckung der Mittel- und Endglieder besteht. Durch Überwiegen der Antagonisten kommt es daher zu einer Überstreckung in den Fingergrundgelenken und einer Beugung in den anderen Fingergelenken.

Bei länger zurückliegender Läsion werden die Musculi interossei atrophisch, dies führt zum Einsinken der Zwischenräume zwischen den Metakarpalknochen. Beim versuchten Faustschluss bleiben die Finger vier und fünf zurück, da der ulnare Teil des M. flexor digitorum profundus und der Flexor digiti minimi brevis ausgefallen ist (es liegt quasi das umgekehrte Bild der Schwurhand vor).

Der **Sensibilitätsausfall** an der Hand erstreckt sich auf die Haut des Kleinfingerballens sowie auf die Palmarflächen von 1½ und die Dorsalflächen von 2½ ulnaren Fingern.





Untere Extremität

- 2.1 Makroskopische Anatomie
- 2.2 Klinische und topografische Anatomie

2 Untere Extremität

2.1 Makroskopische Anatomie

2.1.1 Knochen, Bänder und Gelenke

? Aus welchen Teilen besteht das knöcherne Becken (Hüftbein, Os coxae)?

Das Hüftbein besteht aus drei Einzelknochen:

- **Os ilium**
- **Os ischii** (mit dem Tuber ischiadicum, das beim Sitzen Kontakt mit der Stuhlfläche hat)
- **Os pubis**

Die drei Teilknochen sind beim Kind noch durch Wachstumsfugen getrennt. Sie treffen in der Hüftgelenkpfanne (Acetabulum) zusammen und bilden hier eine Y-förmige Verschmelzungslinie, die jedoch beim Erwachsenen skelett nicht mehr sichtbar ist.

? Aus welchen Teilen besteht die Hüftgelenkpfanne?

Die **Hüftgelenkpfanne** (Acetabulum) hat einen sichelförmigen überknorpelten Boden als Kontaktfläche mit dem Kopf des Femurs (Facies lunata). Der knorpelfreie Bereich (Fossa acetabuli) ist nach ventral-kaudal geöffnet, also in Richtung auf das Foramen obturatum. Die Öffnung wird von einem überknorpelten Band (Lig. transversum acetabuli) überbrückt (Abb. 2.1).

Der **Rand der Gelenkpfanne** wird von dem faserknorpeligen Labrum acetabulare (Gelenkklippe) erhöht, die den Femurkopf umfasst. Durch das Labrum acetabulare wird der Hüftgelenkkopf über seinen Äquator hinaus in die Hüftgelenkpfanne einbezogen; das Kugelgelenk wird somit zum Nussgelenk.

? Welche Bänder im Bereich des Hüftgelenks kennen Sie? Wie sind sie angeordnet?

Die Gelenkkapsel des Hüftgelenks wird vorwiegend durch **drei Bänder** verstärkt, die von den verschiedenen Anteilen des Hüftbeins kommen:

- Lig. iliofemorale
- Lig. ischiofemorale
- Lig. pubofemorale

Das **Lig. iliofemorale** ist mit einer Zugfestigkeit von 350 kg das **stärkste Ligament des Körpers**. Es verläuft vom Vorderrand des Os ilium (Spina iliaca anterior inferior) fast senkrecht über die Vorderfläche der Hüftgelenkkapsel und setzt medial am Trochanter minor an. Seine Hauptfunktion besteht darin, ein Kippen des Beckens nach dorsal zu verhindern. Es übernimmt daher eine wichtige statische Aufgabe im aufrechten Stand.

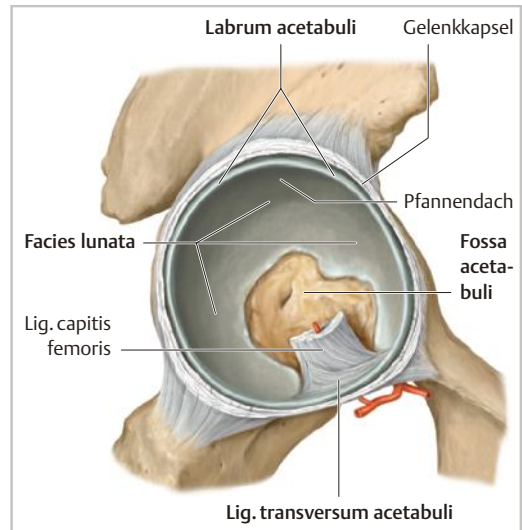


Abb. 2.1 Acetabulum rechtes Hüftgelenk. Ansicht von lateral nach Entfernung des Femurkopfes. Die Gelenkpfanne des Hüftgelenks besteht aus einem überknorpelten, halbmondförmigen Teil (Facies lunata) und einem knorpelfreien Bereich (Fossa acetabuli) (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

Das **Lig. ischiofemorale** zieht vom Os ischii zur Zona orbicularis sowie zur Fossa trochanterica und zur Linea intertrochanterica des Femurs. Es hemmt die Innenrotation und die Streckung in der Hüfte.

Das **Lig. pubofemorale** zieht vom Os pubis zur Zona orbicularis sowie zum Trochanter minor und zur Linea intertrochanterica. Es begrenzt in Streckstellung die Außenrotation und in Beugstellung die Abduktion des Beins.

Die drei Bänder sind so angeordnet, dass sie bei Streckung im Hüftgelenk gespannt werden (besonders das Lig. iliofemorale verhindert eine Überstreckung); bei Beugung werden sie entspannt.

Anmerkung: Auf der ventralen Seite enden die Gelenkkapsel und die Bänder an der Linea intertrochanterica, während die Gelenkkapsel auf der dorsalen Seite nicht die Crista intertrochanterica erreicht, sondern bereits im distalen Drittel des Schenkelhalses endet.

? Welche Strukturen lassen sich am proximalen Femur erkennen?

Das proximale Femur besteht aus:

- **Schaft** (Diaphyse)
- **Hals** (Collum)
- **Kopf** (Caput)

Zwischen Schaft und Hals befindet sich der nach medial offene Centrum-Collum-Diaphysen-Winkel (CCD-Winkel), der beim Erwachsenen etwa 128° beträgt. Auf der Dorsalseite des Schafts befindet sich eine raue Leiste (**Linea aspera**) mit Labium laterale und mediale als Ansatzlinien für die Muskeln des Oberschenkels. Am Übergang vom Schaft zum Hals liegt lateral der **Trochanter major**, der durch die Haut palpabel ist, und dorsomedial der **Trochanter minor**. Zwischen beiden befindet sich dorsal die Crista intertrochanterica. Sie ist deutlich stärker ausgeprägt als die ventral verlaufende Linea intertrochanterica. Grund für die unterschiedlich starke Ausprägung der beiden Knochenleisten ist unsere aufrechte Körperhaltung. Die dorsal am Femur ansetzenden Muskeln sind deutlich stärker als die ventral gelegenen und erzeugen am Ansatz einen stärkeren Knochenwulst. Das Caput femoris ist überknorpelt; etwa in Fortsetzung der Längsachse des Schenkelhalses zeigt die überknorpelte Fläche einen freien Bezirk (Fovea capitis femoris) als Ansatz für das Lig. capitis femoris.

? Welche Gelenkflächen sind am Femorotibialgelenk beteiligt?

Das Femorotibialgelenk wird gebildet von:

- den **überknorpelten Kondylen des distalen Femurs**
- den **zwei überknorpelten Flächen der proximalen Tibia** (durch die Eminentia intercondylaris voneinander getrennt)

Zusätzlich übernehmen die **Menisci** im Kniegelenk eine wesentliche Aufgabe: Sie gestalten die ebenen Tibiakondylenflächen zu einer pfannenähnlichen Kontur um und gleichen die physiologische Inkongruenz von Femur und Tibia mit ihren unterschiedlichen Krümmungen aus. Zudem dienen sie der Druckverteilung.

? Welche Anordnung haben die Bänder des Kniegelenks? Welche Aufgabe haben sie?

Das Kniegelenk hat **zwei Kollateralbänder** (klinisch: Seitenbänder) und **zwei Kreuzbänder**.

- Zu den **Kollateralbändern** gehören:
 - Ein Außenband (**Lig. collaterale fibulare**): verläuft auf der Außenseite des Kniegelenks vom Epicondylus lateralis zum Fibulakopf und ist nicht mit der Gelenkkapsel verwachsen.
 - Ein Innenband (**Lig. collaterale tibiale**): verläuft auf der Innenseite des Kniegelenks vom Epicondylus medialis zur Medialfläche der Tibia und ist mit der

Gelenkkapsel verwachsen. (Unter Epikondylen versteht man die lateralen und medialen knöchernen Fortsätze des distalen Femurs, die seitlich über die Kondylen herausragen. Sie dienen der Befestigung der Kollateralbänder).

- **Funktion der Seitenbänder:** Bei Streckung des Kniegelenks werden die Seitenbänder gespannt und somit das Kniegelenk in Streckstellung gesichert. In Beugstellung verkleinert sich der Krümmungsradius der Femurkondylen, die Seitenbänder erschlaffen. Dabei können sie die nur schlecht zueinander passenden Gelenkflächen des Kniegelenks mechanisch nicht sichern.

- Für diesen Zweck (mechanische Sicherung des Kniegelenks in gebeugter Stellung) hat das Kniegelenk zwei **Kreuzbänder**:

- Das **Lig. cruciatum anterius** (vorderes Kreuzband): zieht von der Area intercondylaris anterior der Tibia nach kranialdorsal-lateral zur Wand der lateralen Fossa intercondylaris.
- Das **Lig. cruciatum posterius** (hinteres Kreuzband): verläuft von der Area intercondylaris posterior der Tibia nach kranialventral-medial etwa rechtwinklig zum Lig. cruciatum anterius zur Wand der medialen Fossa intercondylaris.
- **Funktion der Kreuzbänder:** Ihre Aufgabe ist die Stabilisierung des Kniegelenks bei jeder Bewegung. Die Kreuzbänder sichern den Gelenkontakt zwischen Femur und Tibia. Bei Innenrotation des Unterschenkels im gebeugten Zustand werden die Kreuzbänder angespannt und hemmen diese Bewegung.



? Auf welche Weise beeinflussen oder begrenzen die Bänder des Kniegelenks die verschiedenen in diesem Gelenk möglichen Bewegungen?

- Die **Streckbewegung** im Kniegelenk wird durch die Anspannung der Seitenbänder begrenzt. Die Anspannung erfolgt durch den nach ventral zunehmenden Krümmungsradius der Femurkondylen. An der Streckhemmung beteiligt ist auch das Lig. cruciatum anterius, das in der Endphase der Streckung angespannt wird und die Vorderfläche der Tibia nach außen rotiert (sog. **Schlussrotation**).
- Bei **starker Beugung** werden beide Kreuzbänder angespannt und sichern so das gebeugte Knie, das in dieser Stellung sonst keine Bandführung hat.
- Die **Innenrotation** des gebeugten Unterschenkels wird vorwiegend durch die Kreuzbänder gehemmt, die **Außenrotation** durch die Ligamenta collateralia (Abb. 2.2).

? Zu welchem Gelenktyp gehört das Kniegelenk?

Im Kniegelenk artikulieren die Femurkondylen mit den Gelenkflächen der Tibia und der Patella, dem größten Sesambein des Körpers.

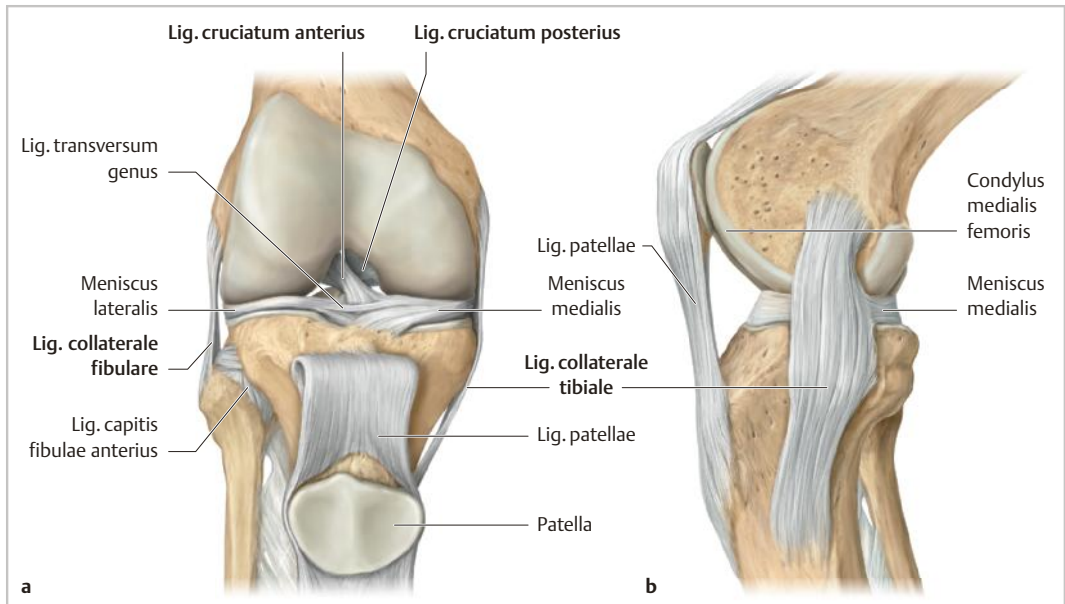


Abb. 2.2 Kreuz- und Kollateralbänder (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

a Kreuzbänder rechtes Kniegelenk. Ansicht von vorn. Die Kreuzbänder sind in jeder Stellung des Knies zumindest zum Teil angespannt. Sie dienen der Stabilisierung des Kniegelenks vor allem in der Sagittalebene.

b Kollateralbänder rechtes Kniegelenk. Ansicht von medial. Die beiden Kollateralbänder stabilisieren das Kniegelenk in der Frontalebene.

- Im Kniegelenk können um eine quere in der Frontalebene liegende Achse Beuge- und Streckbewegungen durchgeführt werden, diese Komponente entspricht einem **Scharniergelenk** (Ginglymus).
- Zusätzlich kann um eine Längsachse, die etwa der der Tibia entspricht, eine Innen- und Außenrotation durchgeführt werden (**Drehgelenk** oder Art. trochoidea). Die Rotationsbewegungen sind allerdings nur bei gebeugtem Knie möglich, da in gestrecktem Zustand die Seitenbänder Tibia und Femur so stark aufeinanderpresen, dass Rotationsbewegungen nicht möglich sind.
- Insgesamt stellt das Kniegelenk daher ein sog. **Dreh-scharniergelenk** (Trochoginglymus) dar.

? Auf welche Weise sind Tibia und Fibula miteinander verbunden?

Die proximale Verbindung zwischen beiden Unterschenkelknochen wird durch die **Art. tibiofibularis** hergestellt: ein straffes Gelenk, das nur geringe Gleitbewegungen von ventral nach dorsal, also in etwa sagittaler Richtung zulässt. Die Verbindung wird durch Verstärkungen der Gelenkkapsel (Lig. capitis fibulae anterius und posterius) gesichert.

Die distale Verbindung zwischen der Fibula und der Tibia ist **kein echtes Gelenk**, sondern eine **Syndesmose** (Syndes-

mosis tibiofibularis): Typischerweise fehlen daher eine Gelenkhöhle und auch der Gelenkknorpel. Die bindegewebige Verbindung zwischen beiden Knochen wird ähnlich wie bei der Art. tibiofibularis durch je ein Band verstärkt (Lig. tibiofibulare anterius und posterius). Da die Trochlea tali ventral breiter ist als dorsal, werden in dieser Syndesmose die beiden Knochen bei starker Dorsalflexion auseinandergedrückt.

? Welche Bewegungen sind im oberen Sprunggelenk möglich?

Die Gelenkkörper des oberen Sprunggelenks bestehen aus der sog. Knöchelgabel bzw. **Malleolengabel** (Malleolus lateralis der Fibula und Malleolus medialis der Tibia) und der **Trochlea tali** des Sprunggbeins.

Das obere Sprunggelenk ist hauptsächlich ein **Scharniergelenk**: Es sind dorsale und plantare Flexionsbewegungen um eine horizontale Achse möglich, die durch die beiden Malleolen verläuft. Bei starker Dorsalflexion keilt sich die breite Vorderfläche der Trochlea tali in die Malleolengabel und verhindert so seitliche Bewegungen. In starker Plantarflexion füllt die schmalere dorsale Trochlea die Malleolengabel nicht aus; in dieser Stellung sind seitliche Wackelbewegungen möglich.

Das Gelenk ist **durch starke Bänder gesichert**: Medial zieht das Lig. deltoideum vom Malleolus medialis zu Talus und Kalkaneus, auf der lateralen Seite erfüllen das Lig. calcaneofibulare und die Ligamenta talofibularia denselben Zweck. Diese Bänder sind so stark, dass bei starken Belastungen oft nicht die Bänder nachgeben, sondern die Malleolen abreißen.

? Wie ist das untere Sprunggelenk aufgebaut?

Im unteren Sprunggelenk artikulieren das Os naviculare, der Kalkaneus und der Talus (Abb. 2.3). Es hat **zwei Teilgelenke**:

- **Art. talocalcaneonavicularis** (vordere Kammer): Der ventrale Abschnitt des Gelenks wird gebildet von Caput tali und Os naviculare, der dorsale von weiter dorsal gelegenen Teilen des Talus und den vorderen Gelenkflächen des Kalkaneus.
- **Art. subtalaris** (hintere Kammer): Hier artikulieren die hinteren Gelenkflächen des Talus und des Kalkaneus.

? Wie verläuft die Achse des unteren Sprunggelenks?

Das untere Sprunggelenk besteht **aus zwei Gelenken** (Abb. 2.3):

- **Art. subtalaris** (zwischen Sprungbein und Fersenbein)
- **Art. talocalcaneonavicularis** (zwischen Sprungbeinkopf, Kahnbein und Pfannenband)

Das vordere Teilgelenk des unteren Sprunggelenks (Art. talocalcaneonavicularis) ist eigentlich ein Kugelgelenk und müsste daher Bewegungen um drei Achsen zulassen. Durch die Art. subtalaris wird die Bewegung auf eine Achse beschränkt. **Die Achse verläuft von lateral-kaudal durch das Tuber calcanei nach medial-kranial durch den Hals des Talus** und damit durch den medialen Rand der Art. talocalcaneonavicularis. Die Achsen der unteren Sprunggelenke beider Füße konvergieren also ventral. Bei der normalen Fußstellung mit auswärts gedrehten Fußspitzen nehmen sie eine eher parallele Lage ein und stehen fast in der Sagittalebene. Um die Achse des unteren Sprunggelenks werden Pro- und Supinationsbewegungen des Fußes ausgeführt.

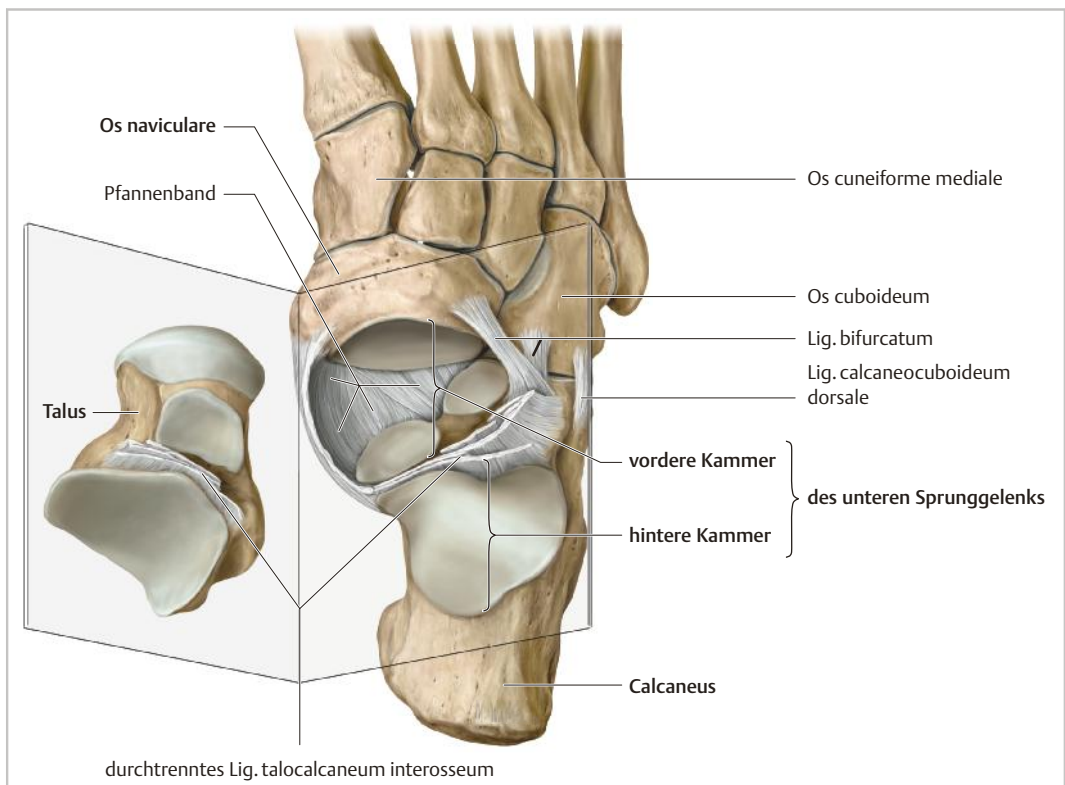


Abb. 2.3 Gelenkflächen des unteren Sprunggelenks. Ansicht von dorsal. Zu sehen ist die hintere (Art. subtalaris) und vordere Kammer (Art. talocalcaneonavicularis) des Sprunggelenks. Das hier durchtrennt dargestellte Lig. talocalcaneum interosseum separiert die beiden Kammern voneinander (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

? Welche Knochen gehören zu den Fußwurzelknochen? Wie sind sie angeordnet?

Man unterscheidet bei den Fußwurzelknochen eine proximale von einer distalen Reihe:

- Die **proximale Reihe der Fußwurzelknochen** wird gebildet von:
 - Talus
 - Kalkaneus (er weist als hervorstechendes und funktionell wichtiges Merkmal das Sustentaculum tali auf, das nach medial zeigt und als Stütze für das daraufliegende Sprungbein (Talus) dient)
 - Os naviculare
- Die **distale Reihe der Fußwurzelknochen** besteht von medial nach lateral aus:
 - Os cuneiforme mediale
 - Os cuneiforme intermedium
 - Os cuneiforme laterale
 - Os cuboideum

Die distalen Fußwurzelknochen haben Kontakt mit den Mittelfußknochen; besonders ausgeprägt und durch die Haut gut palpabel ist die Tuberositas des fünften Os metatarsale.

2.1.2 Muskeln

? Was verstehen Sie unter dem Tr. iliobtibialis? Welche Funktion hat er?

Der Tr. iliobtibialis ist ein breiter Faszienstreifen, der von der ventralen Hälfte der Crista iliaca lateral entspringt, den M. gluteus medius bedeckt und sich an die fibuläre Seite der Tibia anheftet. In den Tr. iliobtibialis strahlen zwei Muskeln ein:

- **M. tensor fasciae latae**, der von der Spina iliaca anterior superior entspringt
- **M. gluteus maximus**, der mit einem Teil seiner Fasern von dorsal-kranial kommend am Tr. ansetzt

Funktion: Der Tr. iliobtibialis bewirkt eine sog. **Zuggurtung zwischen dem Beckenkamm und der lateralen Fläche der Tibia**. Die Belastung des Femurs erfolgt ja nicht in Richtung der Längsachse seines Schaftes, sondern entlang einer Linie, die vom Femurkopf zum Kniegelenk verläuft. Dadurch ergibt sich eine Biegebeanspruchung des Femurs, die den Femur auf der lateralen Seite konvex verformt. Der Tr. iliobtibialis **vermindert diese Verbiegung des Femurschaftes**.

? Welche Muskeln rechnet man zu den inneren (vorderen) Hüftmuskeln? Welche Funktion erfüllen sie?

Zu den inneren (vorderen) Hüftmuskeln gehört der M. psoas major und der M. iliacus, die zusammen den **M. iliopsoas** bilden (Tab. 2.1).

- **M. psoas major:** Er entspringt von der ventralen Wirbelsäule (von den Wirbelkörpern und Proc. costales des zwölften Brust- und aller Lendenwirbelkörper), läuft durch die Lacuna musculorum und setzt am Trochanter minor an.
- **M. iliacus:** Er hat eine breite Ursprungsfläche in der Fossa iliaca und zieht zusammen mit dem M. psoas major durch die Lacuna musculorum. Er hat den gleichen Ansatz.

Die **Hauptfunktion** des M. iliopsoas ist die **Beugung im Hüftgelenk**. Er ermöglicht dadurch ein Aufrichten des Rumpfes aus der liegenden in die sitzende Position. Wegen des Ansatzes von ventral an dem nach medial gerichteten Trochanter minor hat er außerdem eine außenrotierende (und unter Mitwirkung der Gluteen) innenrotierende **Wirkung**. Die Innervation des M. iliopsoas erfolgt über kurze Äste des Plexus lumbalis und des N. femoralis.

Anmerkungen:

- Von einigen Autoren werden zu den ventralen Hüftmuskeln auch noch der M. tensor fasciae latae, der M. sartorius und der M. rectus femoris gerechnet.

Tab. 2.1 Innere Hüftmuskulatur (nach Aumüller et al. Duale Reihe Anatomie. Thieme; 2017)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation*	Funktion
M. iliopsoas	M. psoas major	Trochanter minor	N. femoralis Äste des Plexus lumbalis (Th12–L4)	Flexion, Innenrotation**
	Oberflächliche Schicht			
	Tiefe Schicht	Procc. costales LI–V		
	M. iliacus	Fossa iliaca		
* Die Segmente beziehen sich auf die Innervation der Muskeln; häufig führt der Nerv Fasern aus mehr als den angegebenen Segmenten.				
** Der Muskel wird nur zum Außenrotator, wenn durch Mitwirkung (z.B. durch Fixierung des Trochanter major durch die Gluteen) die Rotationsachse (in das Collum) verlagert wird.				

Tab. 2.2 Äußere Hüftmuskulatur (nach Aumüller et al. Duale Reihe Anatomie. Thieme; 2017)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation*	Funktion
vertikal verlaufende äußere Hüftmuskeln				
M. gluteus maximus	Os ilium dors., Linea glutea post., Os sacrum, Lig. sacrotuberale	Fascia lata, Tuberositas glutea (dorso-lateral am Femur)	N. gluteus inferior (L4–S2)	Extension, Außenrotation , Abduktion/Adduktion
M. gluteus medius	Os ilium zwischen Crista iliaca und Linea glutea ant.	Trochanter major	N. gluteus superior (L4–S1)	Abduktion , Flexion/Extension, Innen-/Außenrotation
M. gluteus minimus	Os ilium zwischen Linea glutea ant. und inf.			
M. tensor fasciae latae	Spina iliaca ant. sup.	Tr. iliotibialis		Abduktion , Flexion, Innenrotation; Kniegelenk: Außenrotation
M. piriformis	Os sacrum, Facies pelvina SII–SIV	Spitze Trochanter major	direkte Äste aus dem Plexus sacralis (L5–S2)	Außenrotation , Abduktion
horizontal verlaufende äußere Hüftmuskeln				
M. obturatorius internus	Membrana obturatoria (innen)	Fossa trochanterica (Femur)	Äste des Plexus sacralis (L5–S2)	Außenrotation , Adduktion und Extension im Hüftgelenk (in Abhängigkeit von der Stellung des Hüftgelenks Abduktion möglich)
Mm. gemelli	M. gemellus superior (Os ischii) M. gemellus inferior (Tuber ischiadicum (Os ischii))			
M. quadratus femoris	Lateraler Rand Tuber ischiadicum (Os ischii)	Crista intertrochanterica		Außenrotation und Adduktion im Hüftgelenk
* Die Segmente beziehen sich auf die Innervation der Muskeln; häufig führt der Nerv Fasern aus mehr als den angegebenen Segmenten.				

- Der **M. psoas minor** ist inkonstant und kommt nur bei jedem dritten Menschen vor. Er wird als eine Abspaltung des M. psoas major aufgefasst; sein Ursprung sind der zwölfte Brust- und erste Lendenwirbelkörper.

? Welche Muskeln gehören zu den Adduktoren des Oberschenkels?

Zu den Adduktoren gehören (Tab. 2.3):

- M. obturatorius externus
- M. pectineus
- M. adductor longus
- M. adductor brevis
- M. adductor magnus
- M. adductor minimus
- M. gracilis

Die Muskeln entspringen in fast kreisförmiger Anordnung vom Ramus superior und inferior des Os pubis, d. h., die

Ursprünge bilden einen Bogen um das Foramen obturatum. Der Ansatz der Adduktoren ist die Linea aspera des Oberschenkels. Beim Blick von ventral auf das Trigonum femorale bilden der M. pectineus und M. adductor longus die oberflächlichste Schicht, darunter liegen der M. adductor brevis und M. adductor magnus. Der Verlauf der Muskeln bedingt neben der **Adduktion des Oberschenkels** auch eine **Beugung im Hüftgelenk**. Alle Adduktoren werden vom **N. obturatorius** aus dem Plexus lumbalis versorgt.

? Welche Muskeln des Oberschenkels bilden die ischiokrurale Gruppe?

Wie der Name andeutet, verlaufen die ischiokruralen Muskeln vom Tuber ischiadicum zum Unterschenkel (Crus). Sie sind daher zweigelenkig. Zu den Oberschenkelmuskeln der ischiokruralen Gruppe gehören:



Tab. 2.3 Adduktorengruppe (nach Aumüller et al. Duale Reihe Anatomie. Thieme; 2017)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
M. pectineus	Pecten ossis pubis	Linea pectinea femoris	N. femoralis, N. obturatorius (L2–L4)	Adduktion, Außenrotation und leichte Flexion im Hüftgelenk
M. adductor longus	Ramus sup. Os pubis und Symphyse	Labium mediale Linea aspera femoris und medialer Femurepikondylus	N. obturatorius (L2–L4)	Adduktion, Flexion (bis 70°) im Hüftgelenk
M. adductor brevis	Ramus inf. Os pubis			
M. adductor magnus	Ramus inf. Os pubis; Ramus ossis ischii und Tuber ischiadicum			Adduktion, Außenrotation und Extension im Hüftgelenk
M. adductor minimus	Ramus inf. Osis pubis	Labium mediale Linea aspera femoris		Adduktion, Außenrotation
M. obturatorius externus	Membrana obturatoria (außen)	Fossa trochanterica des Femurs		
M. gracilis	Ramus inf. Osis pubis unterhalb der Symphyse	Tibia		Adduktion, Flexion; Kniegelenk: Flexion und Innenrotation

* Die Segmente beziehen sich auf die Innervation der Muskeln; häufig führt der Nerv Fasern aus mehr als den angegebenen Segmenten.

- der lange Kopf des M. biceps femoris
- der M. semimembranosus
- der M. semitendinosus

Der **M. semimembranosus** setzt am Condylus medialis tibiae an, seine Ansatzstelle wird bedeckt von der Sehne des **M. semitendinosus**, der zusammen mit den Ansätzen des M. gracilis und des M. sartorius den Pes anserinus (superficialis) bildet. Das **Caput longum des M. biceps femoris** setzt mit einer gemeinsamen Sehne zusammen mit dem Caput breve am Caput fibulae, also lateral am Unterschenkel, an. Die Muskeln strecken im Hüftgelenk und beugen im Kniegelenk. Die ischiokruralen Muskeln werden von Ästen des **N. tibialis** innerviert.

1. Anmerkungen:

- Der Name Pes anserinus („Gänsefuß“) rührt von dem Aussehen der Ansätze der drei genannten Muskeln her, die stark verbreitert sind, nebeneinander ansetzen und so das Bild von Schwimmhäuten eines Gänsefußes vermitteln.
- Das Caput breve des M. biceps femoris entspringt dorsal vom mittleren Drittel des Oberschenkels, es kann daher nicht zu den ischiokruralen Muskeln gerechnet werden.

? Welche Strukturen bilden den Canalis adductorius?

Durch den Canalis adductorius verlaufen die großen Gefäße des Oberschenkels (A. und V. femoralis) von der Ventralseite zur Kniekehle nach dorsal (Abb. 2.4). Die Begrenzungen des Kanals bilden:

- vorne: **die Lamina (Membrana) vastoadductoria**. Die ventrale Wand des Canalis adductorius wird hauptsächlich von der Lamina vastoadductoria gebildet, einer Bindegewebsmembran, die vom M. adductor magnus und longus zum M. vastus medialis zieht. Auf ihr liegt der M. sartorius.
- hinten: **M. adductor longus** kranial und der **M. adductor magnus** kaudal
- medial: **M. adductor magnus**
- lateral: **M. vastus medialis**

Die dorsale Wand des Kanals wird kaudal hauptsächlich durch den M. adductor magnus gebildet, der zwei Ansätze hat, nämlich am Labium mediale der Linea aspera und am Epicondylus medialis femoris. Zwischen beiden Ansätzen befindet sich eine Lücke, der Adduktorenschlitz (Hiatus tendineus oder adductorius). Der Hiatus adductorius ist die kaudale Öffnung des Canalis adductorius. Die kraniale Öffnung ist dagegen schlechter definiert, weil die Membrana vastoadductoria unterschiedlich weit nach kranial reicht.

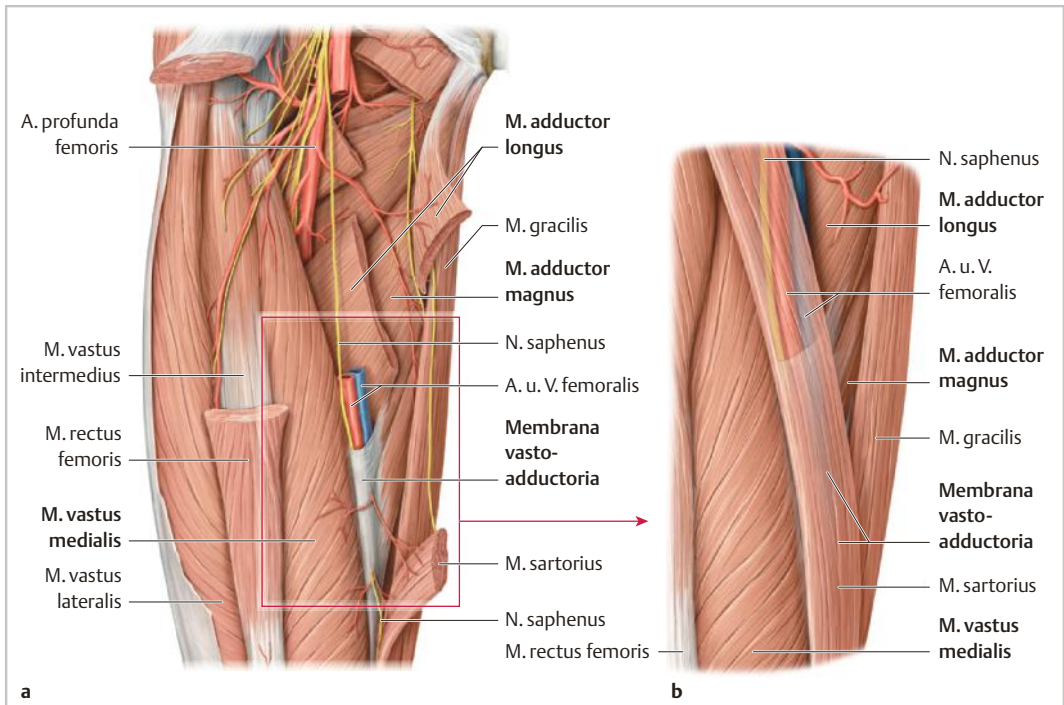


Abb. 2.4 Lage des Adduktorenkanals (Canalis adductorius). Rechter Oberschenkel (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker). **a** Ansicht von vorn, nach teilweiser Entfernung des Mm. sartorius, rectus femoris, adductor longus und pectineus. Nicht dargestellt sind die Venen bis auf die V. femoralis. Der Canalis adductorius ist dorsal vom M. adductor magnus und longus begrenzt, während der M. vastus medialis die laterale Begrenzung bildet. **b** Ausschnitt aus a ohne Entfernung der Muskeln. Gezeigt ist der Verlauf der A. und V. femoralis sowie des N. saphenus innerhalb des Canalis adductorius, der hinter dem M. sartorius verläuft und durch die Membrana vastoadductoria von ihm getrennt ist.

? Welche Muskeln gehören zu den oberflächlichen Flexoren des Unterschenkels?

Die oberflächliche Schicht der Flexoren bildet die **Wadenmuskeln**. Zu ihnen gehören:

- **M. triceps surae:** Dieser besteht aus dem M. gastrocnemius und dem M. soleus, der als dritter Kopf des Triceps surae angesehen wird. Der **M. gastrocnemius** ist ein zweigelenkiger Muskel, da seine Capita von den Epikondylen des Femurs entspringen und über die Achillessehne am Tuber calcanei ansetzen. Der **M. soleus** ist dagegen ein eingelenkiger Muskel. Er entspringt von einer nach kranial konvexen bogenförmigen Linie, die sich von der Dorsalseite der Fibula über einen Sehnenbogen zur Dorsalseite der Tibia erstreckt.
- **M. plantaris:** Ein inkonstanter Muskel, der am Epicondylus lateralis des Femurs entspringt und sich mit einer langen dünnen Sehne an den medialen Rand des Caput mediale musculi gastrocnemii legt.

Unter dem Sehnenbogen, der den Ursprung des M. soleus bildet (der sog. Soleusarkade), verläuft der N. tibialis sowie A. und V. tibialis posterior. Die Wadenmuskeln werden vom N. tibialis versorgt.

KLINIK. Die **Sehne des M. plantaris** wird chirurgisch zur Verstärkung von gerissenen Sehnen verwendet. **Achillessehnenruptur:** Die Achillessehne ist die gemeinsame Ansatzsehne des M. triceps am Kalkaneus. Sie hat eine enorme Reißfestigkeit (Tragkraft von etwa einer Tonne). Eine Achillessehnenruptur ist daher ein seltenes Ereignis. Sie entsteht meist nach jahrelanger Fehl- oder Überbelastung (z. B. Hochsprung) und kann dann durch ein Bagatelltrauma ausgelöst werden. Im Falle einer Ruptur ist ein peitschenschlagartiges Geräusch wahrzunehmen und die Plantarflexion ist stark eingeschränkt. Durch die tiefen Beuger ist noch eine leichte Restflexion möglich.

Tab. 2.4 Flexoren des Unterschenkels (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014.)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation*	Funktion
oberflächliche Flexoren				
M. triceps surae	M. soleus	Caput und Collum fibulae, über den Arcus tendineus an der Tibia befestigt	N. tibialis (S1–S2)	oberes Sprunggelenk: Plantarflexion unteres Sprunggelenk: Inversion (Supination) Kniegelenk: Flexion (M. gastrocnemius)
	M. gastrocnemius Caput mediale	Epicondylus medialis femoris		
	M. gastrocnemius Caput laterale	Epicondylus lateralis femoris		
M. plantaris	Epicondylus lateralis femoris und dann proximal des Caput laterale des M. gastrocnemius			Aufgrund seines kleinen physiologischen Querschnitts zu vernachlässigen (verhindert bei der Knieflexion Kompression des Vasa tibialia post.)
tiefe Flexoren				
M. tibialis posterior	Membrana interossea cruris, Ränder von Tibia und Fibula	Tuberositas ossis navicularis, Ossa cuneiformia	N. tibialis (L4–S1)	oberes Sprunggelenk: Plantarflexion unteres Sprunggelenk: Inversion (Supination) Verspannung der Längs- und Quergewölbe des Fußes
M. flexor digitorum longus	mittleres Drittel der Facies posterior der Tibia	Basen der Endphalangen II–V	N. tibialis (L5–S2)	oberes Sprunggelenk: Plantarflexion unteres Sprunggelenk: Inversion (Supination) Grund-, Mittel- und Endgelenk der Zehen II–V: Plantarflexion
M. flexor hallucis longus	distale zwei Drittel der Facies posterior fibulae, angrenzende Membrana interossea cruris	Basis der Endphalanx der Großzehe		oberes Sprunggelenk: Plantarflexion unteres Sprunggelenk: Inversion (Supination) Verspannung des medialen Längsgewölbes des Fußes
* Die Segmente beziehen sich auf die Innervation der Muskeln; häufig führt der Nerv Fasern aus mehr als den angegebenen Segmenten.				

? Welche Muskeln bilden die Peroneus- bzw. Fibularisgruppe des Unterschenkels?

In der neuen anatomischen Nomenklatur ist das Wort „peroneus“ (griechisches Wort für Fibula) weitgehend durch „fibularis“ ersetzt worden. Zu der sog. Peroneusgruppe (Fibularisgruppe) gehören (Tab. 2.5):

- **M. peroneus (fibularis) longus:** Er entspringt von der proximalen Außenfläche der Fibula. Die Sehne des M.

peroneus longus läuft um den **lateralen** Rand der Fußsohle und setzt an der Unterseite des Os cuneiforme **mediale** und der Basis des Os metatarsale I an. Die Sehne verläuft quer über die gesamte Fußsohle und bildet den lateralen Teil der Steigbügelkonstruktion zur **Unterstützung des Quergewölbes**. An der Stelle, wo die Sehne um das Kuboid am lateralen Fußrand zieht, befindet sich häufig ein Sesambein (ein überknorpeltes Knochenstück, das in die Sehne eingebettet ist).

Tab. 2.5 Extensoren- und Fibularisgruppe (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014.)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation*	Funktion
Peroneus-/Fibularisgruppe im weiteren Sinne				
M. peroneus (fibularis) longus	Caput fibulae, proximale zwei Drittel der Facies lateralis fibulae	Plantarseite des Os cuneiforme mediale, Basis des Os metatarsale I	N. fibularis superficialis (L5–S1)	oberes Sprunggelenk: Plantarflexion unteres Sprunggelenk: Eversion (Pronation) Verspannung des Quergewölbes des Fußes
M. peroneus (fibularis) brevis	distale Hälfte der Facies lateralis fibulae, teilweise an den Septa intermuscularia	Plantarseite des Os cuneiforme mediale, Basis des Os metatarsale I		oberes Sprunggelenk: Plantarflexion unteres Sprunggelenk: Eversion (Pronation)
M. fibularis tertius	Margo anterior der distalen Fibula	Basis des Os metatarsale V	N. fibularis profundus (L4–S1)	oberes Sprunggelenk: Dorsalextension unteres Sprunggelenk: Eversion (Pronation)
Extensorengruppe				
M. tibialis anterior	obere zwei Drittel der Facies lateralis tibiae, Membrana interossea cruris und oberster Teil der Fascia cruris superficialis	mediale und plantare Fläche des Os cuneiforme mediale, mediale Basis des Os metatarsale I	N. fibularis profundus (L4–L5)	oberes Sprunggelenk: Dorsalextension unteres Sprunggelenk: Inversion (Supination)
M. extensor digitorum longus	Condylus lateralis tibiae, Caput fibulae, Margo anterior fibulae und Membrana interossea cruris	über vier Teilsehnen an den Dorsalaponeurosen der 2.–5. Zehe, Basen der Phalanges distales der 2.–5. Zehe	N. fibularis profundus (L4–S1)	oberes Sprunggelenk: Dorsalextension unteres Sprunggelenk: Eversion (Pronation)
M. extensor hallucis longus	mittleres Drittel der Facies medialis fibulae, Membrana interossea cruris	Dorsalaponeurose der Großzehe sowie an der Basis ihrer Endphalanx	N. fibularis profundus (L5–S1)	oberes Sprunggelenk: Dorsalextension unteres Sprunggelenk: unterstützt Eversion und Inversion (Pro-/Supination) in Abhängigkeit von der Ausgangsstellung des Fußes Grund- und Endgelenke der Großzehe: Extension
* Die Segmente beziehen sich auf die Innervation der Muskeln; häufig führt der Nerv Fasern aus mehr als den angegebenen Segmenten.				

- **M. peroneus (fibularis) brevis:** Er entspringt von der distalen Außenfläche der Fibula und setzt an der Basis des Os metatarsale V an.

Beide Muskeln heben den lateralen Fußrand und führen somit Pronationsbewegungen aus. Die Peroneus- bzw. Fibularisgruppe wird vom **N. fibularis superficialis** versorgt.

Anmerkung: Der **M. fibularis tertius** ist eine Abspaltung des M. extensor digitorum longus und gehört nicht zur Fibularisgruppe im engeren Sinn.



? * Welche Muskeln des Fußrückens kennen Sie? Wie ist ihr Verlauf?

Zu den Muskeln des Fußrückens gehören:

- **M. extensor digitorum brevis**
- **M. extensor hallucis brevis**

Beide entspringen vom Kalkaneus in der Nähe des Sinus tarsi. Die Sehnen setzen zusammen mit denen der langen Zehenstrecker in der Dorsalaponeurose der Zehen an, wobei der M. extensor digitorum brevis nur zu den Zehen II–V zieht. Die Sehne zur fünften Zehe kann fehlen. Hauptfunktion ist die **Dorsalextension der Zehen**. Die Fußrückensmuskeln werden durch den **N. fibularis profundus** versorgt.

Anmerkung: Bei den Sehnen der Fußrückensmuskeln gibt es im Gegensatz zu den Sehnen der Zehenflexoren keine Tendo perforans und Tendo perforatus, d. h., die Sehnen der langen Muskeln durchbohren die der kurzen nicht. Alle Sehnen strahlen gemeinsam in die Dorsalaponeurose der Zehen ein.

? Wie ist die Plantaraponeurose aufgebaut?

Die Plantaraponeurose ist Teil der Fußsohle (Planta pedis). Sie besteht aus einer Verdickung der Oberflächenfaszie, die sich vom Tuber calcanei bis zu den Zehengrundgelenken erstreckt. Sie ist damit an der **passiven Verspannung des Fußlängsgewölbes** beteiligt. Von der Plantaraponeurose ziehen ein mediales und ein laterales Septum zu den Knochen des Fußskeletts. Diese Septen bilden damit **drei Muskellogen** an der Fußsohle:

- eine Loge für die Muskeln der Großzehe
- eine für die Muskeln der Kleinzehe
- eine mittlere Loge für die restlichen Muskeln

Die Haut der Fußsohle ist über straffe Bindegewebszüge mit der Plantaraponeurose verbunden. Die Bindegewebszüge bilden Kammern zwischen der Haut und der Aponeurose, die von Fettgewebe ausgefüllt sind. Diese Konstruktion hat die Funktion von Druckkammern, die lokal einwirkende hohe Drücke auf eine größere Fläche verteilen.

2.1.3 Nerven, Gefäße und Lymphknoten

? Aus welchen Anteilen und Segmenten der Spinalnerven besteht der Plexus lumbosacralis?

Die untere Extremität entwickelt sich aus einer Knospe der ventralen Rumpfwand, daher wird sie von den **Rami ventrales der Spinalnerven** versorgt. Der Plexus lumbosacralis besteht aus den Rami ventrales der fünf Nervi lumbales, der fünf Nervi sacrales und dem N. coccygeus. Der Plexus lumbosacralis wird üblicherweise in vier Teile eingeteilt:

- Plexus lumbalis (Th12–L4)
- Plexus sacralis (L4–S3)
- Plexus pudendus (S3–S5)
- Plexus coccygeus (S5–Co1)

Der Plexus lumbosacralis hat als Versorgungsgebiet die untere Extremität und über den Plexus pudendus auch den Damm.

? Welche Nerven gehören zum Plexus lumbalis? Welche Strukturen werden von ihm versorgt?

Zum **Plexus lumbalis** werden sechs Nerven gerechnet (Abb. 2.5):

1. N. iliohypogastricus
2. N. ilioinguinalis
3. N. genitofemoralis
4. N. cutaneus femoris lateralis
5. N. femoralis
6. N. obturatorius

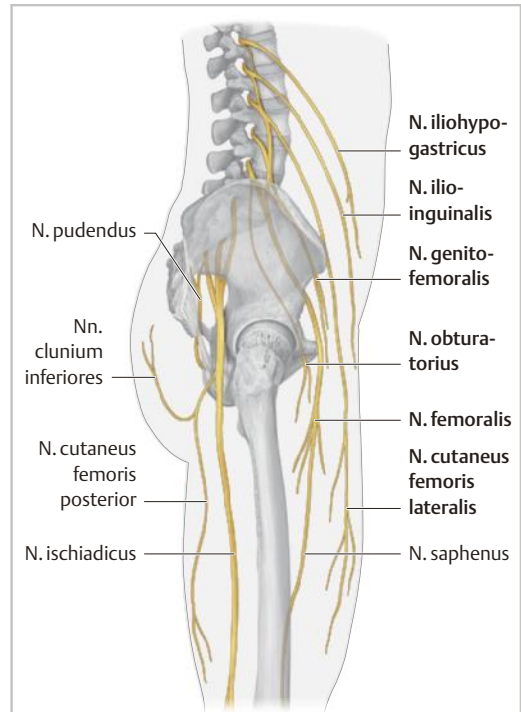


Abb. 2.5 Topografie des Plexus lumbosacralis. Laterale Ansicht. Die Nerven des Plexus lumbalis sind fett hervorgehoben. Sie versorgen im Wesentlichen die Vorderseite des Oberschenkels, während die Nerven des Plexus sacralis die Hinterseite des Oberschenkels versorgen und dann in den Unterschenkel und Fuß weiterziehen (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

Der ventrale Ast des zwölften Thorakalnervs (N. subcostalis) wird von einigen Autoren ebenfalls zum Plexus lumbalis gezählt.

Zu 1: Der **N. iliohypogastricus** verläuft zwischen den Muskeln der Bauchwand, die er versorgt, und zieht mit seinen Endästen zur Haut der lateralen Hüfte und der Gegend oberhalb des Leistenbandes.

Zu 2: Der **N. ilioinguinalis** hat den gleichen Verlauf und versorgt ebenfalls die Bauchmuskeln. Wie der Name andeutet, zieht sein Endast durch den Leistenkanal.

Zu 3: Der **N. genitofemoralis** kann an der Leiche daran identifiziert werden, dass er den M. psoas major durchbohrt. Sein Ramus femoralis zieht durch die Lacuna vasorum und versorgt die Haut in der Gegend des Hiatus saphenus. Der Ramus genitialis zieht durch den Leistenkanal und versorgt die Haut des Skrotums (bzw. der Labia majora) und der Innenseite des Oberschenkels.

Zu 4: Der **N. cutaneus femoris lateralis** zieht zur Spina iliaca anterior superior und tritt direkt medial von ihr unterhalb des Leistenbandes durch die Lacuna musculorum. Er versorgt die Haut des lateralen Oberschenkels.

Zu 5: Der **N. femoralis** läuft durch die Lacuna musculorum zum Oberschenkel. Er versorgt den M. iliopsoas, M. quadriceps, M. sartorius und M. pectineus. Als Hauptendast ist der N. saphenus zu nennen, der mit der A. femoralis in den Adduktorenkanal eintritt, dann jedoch die Lamina vastoadductoria nach ventral durchbohrt und mit der V. saphena magna nach kaudal bis zum medialen Knöchel und Fuß zieht.

Zu 6: Der **N. obturatorius** ist der einzige Nerv des Plexus lumbalis, der nach seinem Austritt aus dem Wirbelkanal nach medial in Richtung auf das kleine Becken zieht. Er verläuft durch den Canalis obturatorius zu den Adduktoren des Oberschenkels. Nach seinem Durchtritt durch den Kanal teilt er sich in einen Ramus anterior, der ventral vom M. adductor brevis verläuft, und einen Ramus posterior, der dorsal vom M. adductor brevis zum M. adductor magnus und zum Hüftgelenk zieht. Die beiden Äste des N. obturatorius umfassen daher den M. adductor brevis von ventral und dorsal. Der Ramus anterior gibt einen Ramus cutaneus als Endast für die mediale Seite des Oberschenkels ab.

? Welches sind die Hauptnerven des Plexus sacralis? Beschreiben Sie ihren Verlauf.

Der Plexus sacralis liegt auf der Vorderfläche des Os sacrum ventral vom M. piriformis, den er über Rami musculares versorgt. Die Hauptäste sind:

1. N. gluteus superior
2. N. gluteus inferior
3. N. cutaneus femoris posterior
4. N. ischiadicus

Zu 1: Der **N. gluteus superior** zieht durch das Foramen **suprapiriforme** auf die Dorsalseite des Beckens und versorgt hier M. gluteus medius und minimus.

Zu 2: Der **N. gluteus inferior** verläuft durch das Foramen **infrapiriforme** und versorgt den M. gluteus maximus.

Zu 3: Der **N. cutaneus femoris posterior** zieht mit dem N. ischiadicus durch das Foramen **infrapiriforme**; er gibt die Nervi clunium inferiores ab, die um den kaudalen Rand des M. gluteus maximus zur Haut des Gesäßes ziehen. Die Hauptäste versorgen die Haut der Dorsalseite des Oberschenkels.

Zu 4: Der **N. ischiadicus** zieht durch das Foramen **infrapiriforme** zur Dorsalseite des Beckens und von hier nach kaudal zum Oberschenkel. Die Aufteilung in seine beiden Hauptäste kann auf der ganzen Länge des Oberschenkels erfolgen; manchmal befindet sie sich sogar im Beckenbereich. Die beiden Hauptäste des N. ischiadicus sind: N. tibialis und N. fibularis communis:

- **N. tibialis** (abgehender Ast: N. suralis, Endäste: N. plantaris medialis und lateralis): Am Oberschenkel versorgt der **N. tibialis** hauptsächlich die Flexoren des Oberschenkels motorisch und das Hüft- und Kniegelenk sensibel. Der N. tibialis tritt in seinem Verlauf in die Kniekehle ein und zieht dann **unter der Soleusarkade** nach kaudal zum Innenknöchel. Hinter dem Knöchel teilt er sich in seine beiden Endäste N. plantaris medialis und lateralis. Er versorgt motorisch die Muskeln des dorsalen Unterschenkels und gibt als wichtigsten sensiblen Ast den N. suralis ab, der den lateralen Fußrand und die Haut der kleinen Zehe innerviert.
- **N. fibularis communis** (teilt sich in N. fibularis superficialis und profundus): Er zieht zusammen mit dem M. biceps femoris nach kaudal, er schlingt sich dann um das Collum der Fibula direkt kaudal vom Caput herum und zieht zur lateralen Seite des Unterschenkels, wo er sich in seine Endäste, N. fibularis superficialis und profundus, teilt. Vor der Teilung gibt er Rami musculares zum Caput breve des M. biceps femoris ab und versorgt über den N. cutaneus surae lateralis die laterale Fläche der Wade bis zum Knöchel.
 - Der **N. fibularis superficialis** ist entgegen einer weitverbreiteten Meinung kein reiner Hautnerv, denn er versorgt mit Rami musculares den M. peroneus (fibularis) longus und brevis. Seine Endäste innervieren die Haut des Fußrückens und der Dorsalfächen der Zehen II–V sensibel.
 - Der **N. fibularis profundus** durchbricht das Septum intermusculare cruris anterior, gelangt auf diese Weise in die Streckerloge des Unterschenkels und versorgt hier motorisch den M. tibialis anterior, M. extensor digitorum longus und M. extensor hallucis longus. Auf dem Fußrücken innerviert er den M. extensor digitorum brevis und M. extensor hallucis brevis. Oft vergessen wird, dass der N. fibularis profundus auch Hautäste hat, die den ersten Zehenzwischenraum versorgen.



? Was wissen Sie vom Verlauf der A. femoralis? Nennen Sie die Versorgungsgebiete.

Die A. femoralis ist die **Fortsetzung der A. iliaca externa**. Sie beginnt in der Lacuna vasorum, wo sie unter dem Lig. inguinale durchtritt. Sie verläuft ventral von den Adduktoren am Oberschenkel nach kaudal, tritt in den Adduktorenkanal ein und endet am Hiatus adductorius mit dem Übergang in die A. poplitea. Die größeren Äste der A. femoralis sind:

- **A. epigastrica superficialis:** Sie versorgt die Haut des Unterbauches. Oft wird sie mit der A. epigastrica inferior verwechselt, die von der A. iliaca externa vor dem Eintritt in die Lacuna vasorum entspringt. Die A. epigastrica inferior anastomosiert mit der A. epigastrica superficialis, die wiederum die Fortsetzung der A. thoracica interna darstellt.
- **A. circumflexa ilium superficialis:** Sie ist ein kleiner Hautast der A. femoralis und versorgt die Haut der lateralen Hüfte.
- **Aa. pudendae externae** mit dem Hauptversorgungsgebiet der Haut des Skrotums bzw. der Labia majora. *Anmerkung:* Die Existenz dieser Gefäße wird oft ignoriert. Aber: Aus der Tatsache, dass es eine Arterie mit dem Namen pudenda interna gibt, folgt logischerweise, dass auch eine A. pudenda externa vorhanden sein muss.
- **A. profunda femoris:** Sie ist der Hauptast der A. femoralis am Oberschenkel und versorgt mit ihren Endästen, den **Aa. perforantes 1–3** die Dorsalseite des Oberschenkels. Die Existenz der Aa. perforantes ergibt sich zwingend aus dem Umstand, dass die A. femoralis als einzige große Arterie auf der Ventralseite des Oberschenkels verläuft, die großen Muskelmassen der Oberschenkelflexoren auf der Dorsalseite aber auch arteriell versorgt werden müssen. Die Hauptäste der A. profunda femoris sind die A. circumflexa femoris lateralis und medialis.

? In welche Äste zweigt sich die A. poplitea auf?

Die A. poplitea ist die kaudale Fortsetzung der A. femoralis; sie reicht vom Adduktorenschlitz bis zur Soleusarkade. Hier geht sie in ihre beiden Endäste über:

- A. tibialis anterior
- A. tibialis posterior

Die Äste der A. poplitea bilden im Bereich der Kniekehle hauptsächlich das Rete articulare genus. Dieses Gefäßnetz wird von vier Arterien gespeist, die zwei horizontal angeordnete Gefäßringe proximal und distal vom Kniegelenkspalt bilden. Diese Gefäße sind die:

- A. superior medialis genus
- A. superior lateralis genus
- A. inferior medialis genus
- A. inferior lateralis genus

Zusätzlich verlässt im Bereich der Kniekehle die A. media genus die A. poplitea und zieht von dorsal in das Kniegelenk. Sie versorgt hauptsächlich die Kreuzbänder.

? Welchen Verlauf nimmt die A. tibialis anterior?

Die A. tibialis anterior ist einer der Endäste der A. poplitea. Sie durchbricht die Membrana interossea (zwischen Fibula und Tibia) am Oberrand und verläuft zwischen den Streckern des Unterschenkels nach kaudal. Sie unterkreuzt das Retinaculum musculorum extensorum inferius pedis und geht hier in die **A. dorsalis pedis** über. Außer Muskelästen zur Versorgung der Unterschenkelextensoren gibt sie noch kleinere Äste zum Rete articulare genus und Rete malleolare mediale und laterale ab.

Die A. dorsalis pedis bildet die A. arcuata, die von medial nach lateral über den Fußrücken zieht. Von der A. arcuata gehen die Aa. metatarsale dorsales ab, die wiederum je zwei Aa. digitales dorsales bilden (Abb. 2.6). *Anmerkung:* Die A. metatarsalis dorsalis I, die zwischen dem ersten und zweiten Metatarsalknochen verläuft, gibt einen Ramus plantaris profundus (bzw. A. plantaris profunda) ab, der eine Verbindung zum Gefäßbogen der Fußsohle herstellt.

KLINIK. In der klinischen Beurteilung der peripheren Durchblutung werden neben den Pulsen in der Leiste (A. femoralis) und Kniekehle (A. poplitea) auch zwei Pulse am Fuß getastet: zum einen der Puls auf dem Fußrücken (A. dorsalis pedis: lateral der Sehne des M. extensor hallucis longus, knöcherner Anhaltspunkt: Os naviculare), zum anderen dorsal am Innenknöchel (A. tibialis posterior). Beurteilt wird immer im Seitenvergleich. Zusätzlich achtet man auf die Hauttemperatur (deutlich kühler bei Durchblutungsstörung) und das Kolorit der Füße (deutlich blässer bei arterieller Minderperfusion).

? Beschreiben Sie den Verlauf der A. tibialis posterior.

Die A. tibialis posterior ist der **zweite Hauptast der A. poplitea**; sie setzt den Verlauf der A. poplitea fort. Ihren Namen erhält sie nach dem Durchtritt durch die Soleusarkade; sie verläuft dann zwischen den oberflächlichen und tiefen Flexoren des Unterschenkels nach kaudal. Sie tritt zwischen dem medialen Malleolus und dem Kalkaneus in die Fußsohle ein und teilt sich hier in die beiden Endäste, die **A. plantaris medialis und lateralis**. Diese beiden Arterien anastomosieren auf den Metatarsalknochen in Form des **Arcus plantaris**. Vom Arcus gehen in ähnlicher Weise wie von der A. arcuata des Fußrückens Aa. metatarsales plantares ab, die wiederum je zwei Aa. digitales plantares bilden.

Oft vergessen wird der Hauptast der A. tibialis posterior: die **A. fibularis**. Die A. fibularis verläuft an der Dorsalfäche der Fibula nach kaudal und endet in der Gegend des

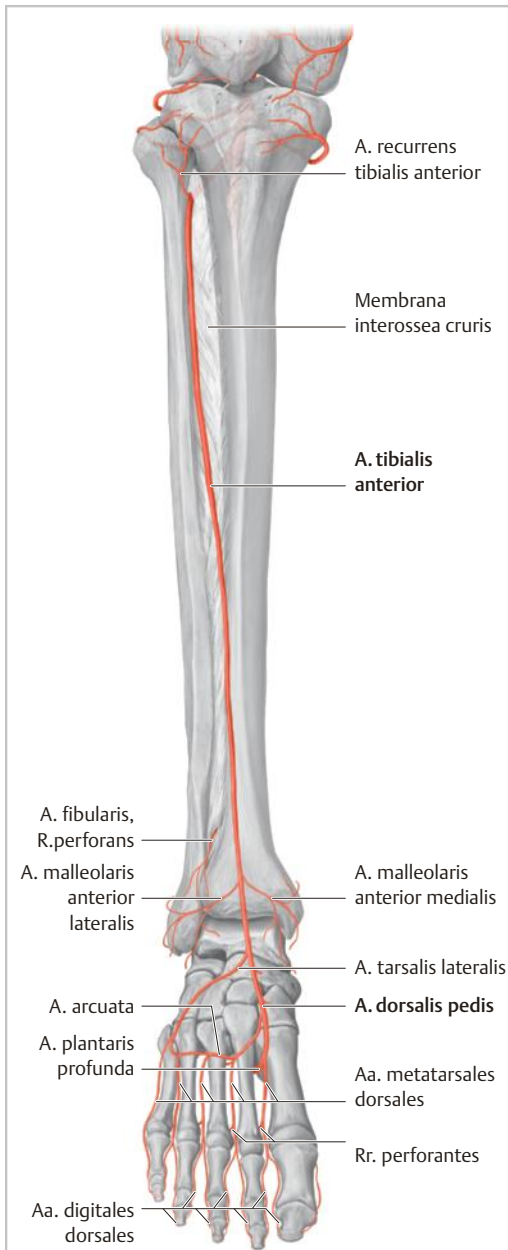


Abb. 2.6 Verlauf der **A. tibialis anterior**. Ansicht von vorn. Die **A. tibialis anterior** verläuft durch die **Membrana interossea** zwischen **Fibula** und **Tibia**. Und zieht dann auf der Vorderseite des Schienbeins zwischen den Streckern des Unterschenkels (nicht dargestellt) zum Fußrücken (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus Lern-Atlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

lateralen Knöchels. Hier gibt sie Äste zum **Rete malleolare laterale** ab.

KLINIK. Die Anastomosen zwischen den drei Unterschenkelarterien sind so stark ausgeprägt, dass die Unterbindung einer dieser Arterien möglich ist, ohne den Bestand des Unterschenkels zu gefährden. Bei operativen Durchtrennungen der Arterien muss immer sowohl das distale als auch das proximale Ende unterbunden werden.

? Schildern Sie die Organisation der oberflächlichen Venen der unteren Extremität.

Das venöse Blut aus den oberflächlichen Gewebsschichten der unteren Extremität wird aus dem Bereich des Fußes über **zwei Venen** nach proximal geleitet.

- **V. saphena magna:** Sie bildet sich am medialen Fußrand und verläuft an der Medialseite der unteren Extremität nach proximal bis zum Hiatus saphenus direkt unterhalb des Leistenbandes, wo sie in die **V. femoralis** einmündet.
- **V. saphena parva:** Sie entspringt vom lateralen Fußrand und verläuft auf der Dorsalseite des Unterschenkels zusammen mit dem **N. suralis**, um in der Kniekehle in die **V. poplitea** zu münden.

Als Varietät kann auf der Dorsalseite des Oberschenkels eine **V. femoropoplitea** vorkommen, die nach proximal-medial verläuft und in die **V. saphena magna** einmündet.

KLINIK. Zwischen den oberflächlichen Hautvenen und den tiefen Venen der unteren Extremität sind zahlreiche verbindende Venen vorhanden (**Vv. perforantes** oder **communicantes**). Bei Thrombosen (Blutgerinnseln) in den oberflächlichen oder den tiefen Beinvenen kann über diese **Vv. perforantes** das venöse Blut von dem einen in das andere Gebiet geleitet werden.

2.2 Klinische und topografische Anatomie

? Welche klinische Bedeutung hat die Wachstumszone zwischen Caput femoris und Schenkelhals für die Blutversorgung des Femurkopfes?

Die Blutversorgung des Oberschenkelkopfs erfolgt zum einen über eine kleine Arterie (**Ramus acetabularis**, ein Ast der **A. obturatoria**) im **Lig. capitis femoris**, zum anderen über Äste der **A. circumflexa femoris medialis und lateralis** (jeweils aus der **A. profunda femoris**). Das Blut aus den letzteren Ästen erreicht den Femurkopf über kleine Gefäße in der Wachstumszone zwischen Schenkelkopf und Schenkelhals. Kommt es besonders bei Jugendlichen zu einer Auflockerung dieser Wachstumszone, ist im Ex-

tremfall die Blutversorgung nur noch über die Arterie im Lig. capitis femoris vorhanden. Funktionell ist diese Versorgung des Hüftgelenkkopfs meist nicht ausreichend; es kommt daher oft zu einer sog. **Hüftkopfnekrose**.

? Was verstehen Sie unter dem Trendelenburg-Zeichen?

Das Trendelenburg-Zeichen ist ein Symptom, das beim **Ausfall des M. gluteus medius** auftritt. Die Hauptfunktion des M. gluteus medius besteht darin, das Becken beim Stehen und Gehen waagrecht zu halten. Das Becken wird dadurch auf der Seite des Standbeins fixiert und verhindert ein Absinken des Beckens auf der Seite des Spielbeins. Beim Gesunden kann das Spielbein mit leicht gebeugtem Knie nach vorn geschwungen werden, ohne dass die Zehen auf dem Boden schleifen. Beim Patienten mit einer Schwäche des M. gluteus medius sinkt im Stehen auf der kranken Seite das Becken auf der gesunden Seite ab. Das (gesunde) Spielbein kann nicht frei schwingend nach vorn geführt werden. Dieses **Absinken des Beckens auf der Spielbeinseite** wird Trendelenburg-Zeichen genannt. Ursache für eine Lähmung oder Schwäche des M. gluteus medius kann z. B. eine fehlerhafte intramuskuläre Injektion mit Schädigung des N. gluteus superior sein.

? Welche Folgen für die Statik des Skeletts hat eine einseitige Beinverkürzung?

Die Hauptfolge eines Beinlängenunterschieds ist ein Schiefstand des Beckens, woraus wiederum eine **Skoliose der Wirbelsäule** resultiert. Die Konvexität der Skoliose zeigt zur Seite des kürzeren Beins.

? Beschreiben Sie den Verlauf und die Begrenzungen des Canalis inguinalis.

Der Canalis inguinalis durchsetzt von dorsal-lateral-kranial nach ventral-medial-kaudal (in „Hosentaschenrichtung“) die vordere Bauchwand. Er verläuft **oberhalb vom Leistenband** und ähnelt einer abgeflachten Röhre. Er enthält den N. ilioinguinalis, Ramus genitales nervi genitofemoralis und Vasa lymphatica sowie beim Mann den Samenstrang, bei der Frau das Lig. teres uteri und die A. ligamenti teretis uteri (Abb.2.7). Seine Begrenzungen sind:

- ventrale Wand: Aponeurose des M. obliquus externus abdominis
- dorsale Wand: Fascia transversalis (innen liegt das Peritoneum auf)
- kaudaler Boden: Lig. inguinale
- kraniales Dach: M. obliquus internus abdominis, M. transversus abdominis

Anmerkung: Die untere laterale Muskelecke des M. obliquus externus abdominis reicht nicht weit genug nach

kaudal, um sich an der Bildung des Dachs des Leistenkanals zu beteiligen.

? Welche Strukturen liegen in der Lacuna vasorum?

Die Lacuna vasorum ist eine im Becken befindliche Durchtrittsstelle für Gefäße und Nerven, die den Oberschenkel versorgen. Sie befindet sich unterhalb des Leistenbandes (Lig. inguinale). Sie wird medial vom Lig. lacunare und lateral vom bindegewebigen Arcus iliopectineus begrenzt. In der Lacuna vasorum liegen folgende Strukturen:

- **A. femoralis** (lateral, grenzt direkt an den Arcus iliopectineus)
- **V. femoralis** (mittig)
- **Rosenmüller-Lymphknoten** (medial gelegen; er filtert die Lymphe aus der unteren Extremität und ist in das Septum femorale eingebettet, das den medialen Teil der Lacuna vasorum verschließt)
- **Ramus femoralis des N. genitofemoralis** (innerviert die Haut des ventralen Oberschenkels)

? Welche Strukturen ziehen durch die Lacuna musculorum?

Die Lacuna musculorum ist eine Durchtrittsstelle für Muskeln (daher der Name Muskellücke) und Nerven am Becken. Durch sie verlaufen:

- **M. iliopsoas**
- Lateral: **N. cutaneus femoris lateralis**; der Nerv tritt direkt unterhalb der Spina iliaca anterior superior aus, manchmal durchbricht er das Lig. inguinale
- Medial: **N. femoralis**

Die mediale Begrenzung der Lacuna musculorum wird vom Arcus iliopectineus gebildet, der eine bindegewebige Verbindung zwischen dem Lig. inguinale und dem Pecten ossis pubis herstellt.

? Was verstehen Sie unter dem Hiatus saphenus?

Der Hiatus saphenus (Fossa ovalis) ist eine etwa 2-Euro-Münze große **Öffnung der Fascia lata**, die durch die siebartig durchlöchernde Lamina cribrosa verschlossen ist. Der Hiatus saphenus liegt auf der Ventralseite des Oberschenkels direkt unterhalb des Leistenbandes. Durch die Lamina cribrosa ziehen neben kleineren Gefäßen und Nervenästen die **V. saphena magna**. Direkt über dem Hiatus liegt der Venenstern – eine Mündungsstelle für oberflächliche Venen des Beins und der kaudalen Bauchwand, die durch den Hiatus saphenus in die V. femoralis fließen.

KLINIK. Der Hiatus saphenus ist eine Stelle verminderter mechanischer Belastbarkeit unterhalb des Leistenbandes. Er stellt die äußere Bruchpforte einer **Schenkelhernie** dar.

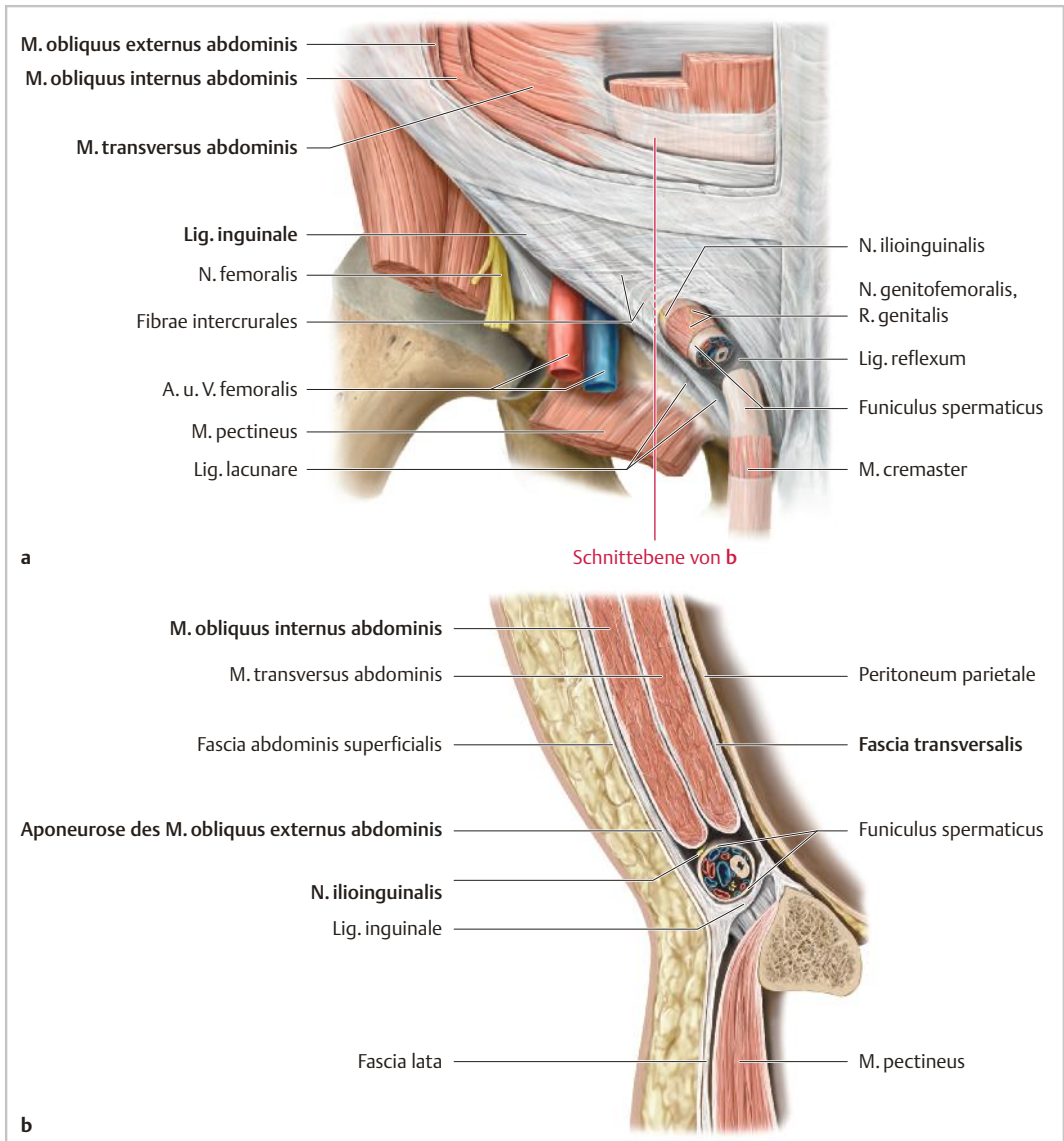


Abb. 2.7 Canalis inguinalis beim Mann (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

a Lage des Leistenkanals in der Ansicht von ventral. Der Canalis inguinalis zieht von dorsal-lateral-kränial nach ventral-medial-kaudal oberhalb des Lig. inguinale.

b Sagittalschnitt auf Höhe des Leistenkanals. Ansicht von medial. Die kraniale Begrenzung des Canalis inguinales bildet der M. obliquus internus abdominis und der M. transversus abdominis. Dorsal liegt ihm die Fascia transversalis an, die an das Peritoneum grenzt. Ventral wird der Leistenkanal von der Aponeurose des M. obliquus externus abdominis begrenzt.

? Wohin projizieren sich die Austrittspunkte des N. gluteus superior und des N. ischiadicus?

Die Bestimmung der Austrittspunkte dieser Nerven und die Kenntnis ihres Verlaufs sind für eine fachgerechte intragluteale Injektion von Bedeutung (Abb. 2.8).

- Der **N. gluteus superior** tritt zusammen mit den gleichnamigen Gefäßen durch das **Foramen suprapiriforme**. Zur Bestimmung seines Austrittsorts kann man eine Hilfslinie ziehen, die von der Spina iliaca posterior superior zum Trochanter major verläuft. Am Übergang vom oberen zum mittleren Drittel dieser Linie findet sich die Projektion des Austrittsorts auf die Haut.
- Der **N. ischiadicus** tritt zusammen mit dem N. gluteus inferior und anderen Nerven und Gefäßen aus dem **Foramen infrapiriforme**. Zur Bestimmung der Projektion seines Austrittsorts zieht man eine Hilfslinie von der Spina iliaca posterior superior zum Tuber ischiadicum. Etwa in der Mitte dieser Hilfslinie befindet sich die Projektion des Foramen infrapiriforme auf die Haut. Nach seinem Austritt verläuft der N. ischiadicus in

einer leicht nach lateral konvexen Linie in kaudaler Richtung. In der Gegend des Foramen supra- und infrapiriforme sowie **entlang des Verlaufs des N. ischiadicus dürfen auf keinen Fall intramuskuläre Injektionen** vorgenommen werden.

? An welcher Stelle der Regio glutealis können intramuskuläre Injektionen vorgenommen werden?

Für intragluteale Injektionen bieten sich **zwei Stellen** an:

- Die **kraniale Injektion**: Sie wird zwischen dem Darmbeinkamm und einer Verbindungslinie zwischen Spina iliaca anterior superior und Spina iliaca posterior superior vorgenommen. Die Injektion erfolgt in den M. gluteus medius.
- Gebräuchlicher ist die **ventrogluteale Injektion**: Hierbei sucht man das **Von-Hochstetter-Dreieck** auf (Abb. 2.9): Zur Lokalisation der Injektionsstelle dienen 2 anatomische Punkte: 1. Der Trochanter major. 2. Die Spina iliaca anterior superior. Bei einer intramuskulären Injektion auf der rechten Seite wird die Handfläche der linken

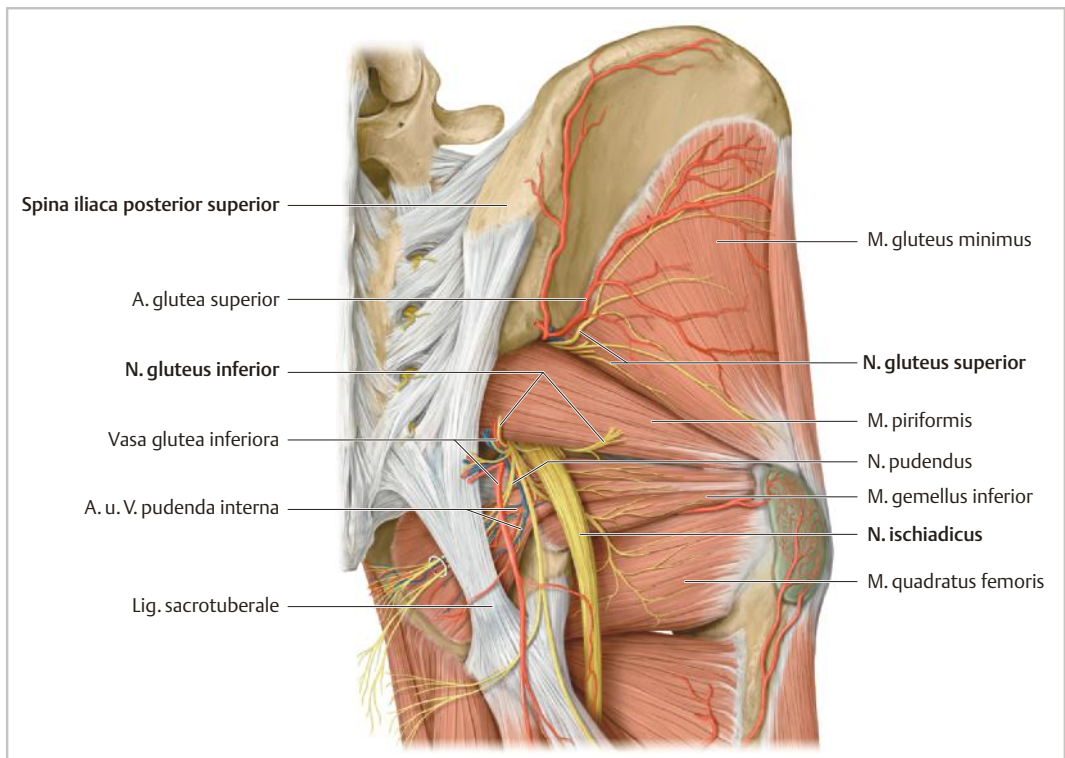


Abb. 2.8 Regio glutealis und Fossa ischioanalis. Rechte Gesäßhälfte nach Entfernung der Mm. glutei maximus und medius. Ansicht von hinten. Der N. gluteus superior tritt zwischen M. gluteus minimus und M. piriformis durch das Foramen suprapiriforme. Der N. ischiadicus tritt unter dem M. piriformis durch das Foramen infrapiriforme und zieht dann nach kaudal (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

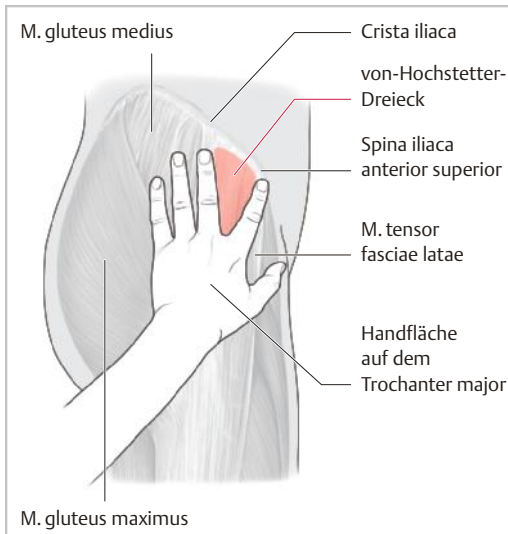


Abb. 2.9 Aufsuchen des Von-Hochstetter-Dreiecks (ventrogluteale Injektion). Rechte Gesäßregion. Ansicht von lateral. Durchführung: Die linke Handfläche wird auf den Trochanter major gelegt und die Zeigefingerspitze auf die Spina iliaca anterior superior. Der Mittelfinger wird nun abgespreizt, sodass sich ein Dreieck bildet. Die Injektion erfolgt nun möglichst senkrecht zur Hautoberfläche in dieses Dreieck (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

Hand auf den Trochanter major gelegt und die Spitze des linken Zeigefingers berührt die Spina iliaca anterior superior. Bei abgespreiztem Mittelfinger erfolgt die Injektion mit der rechten Hand in das Von-Hochstetter-Dreieck zwischen den beiden Fingern. Die Injektionsstelle ist der M. gluteus medius bzw. minimus. Das Hauptrisiko dieser Injektionsmethode besteht in einer Verletzung des N. gluteus superior, der nach lateral zum M. tensor fasciae latae zieht.

- **Wichtig:** Eine intramuskuläre Injektion sollte nie in den M. gluteus maximus erfolgen.

? Was verstehen Sie unter dem Kollodiaphysenwinkel? Welche Größe hat er?

Der Kollodiaphysenwinkel (CCD-Winkel: Centrum-Collium-Diaphysen-Winkel) oder Schenkelhalswinkel ist der Winkel zwischen der Längsachse des Schenkelhalses und der Längsachse des Corpus femoris. Er beträgt beim **Erwachsenen etwa 128°**; beim Neugeborenen ist er mit 150° deutlich größer. Während des Wachstums nimmt er kontinuierlich ab. Bei chronischen Fehlstellungen kommt es frühzeitig zur Abnutzung des Hüftgelenks.

? Was ist eine Coxa vara? Wodurch kann sie verursacht werden?

Unter einer Coxa vara versteht man eine **Verkleinerung des Kollodiaphysenwinkels**, der normalerweise etwa 128° beträgt (Varus = nach außen gekrümmt). Hauptursachen für die Entstehung einer Coxa vara sind eine zu starke Belastung bei normalem Bau des Knochens (z. B. bei Adipositas) oder eine verminderte Stabilität des Knochens bei normaler Belastung (z. B. bei Rachitis). Weitere Ursachen für eine Coxa vara sind angeborene Fehlstellungen oder Defektheilungen nach einem Schenkelhalsbruch.

? Wie ist eine Coxa valga definiert?

Das lateinische Wort valgus kann im übertragenen Sinn mit „schief“ oder „nach innen gewölbt“ übersetzt werden. Eine Coxa valga ist durch einen **zu großen Kollodiaphysenwinkel** gekennzeichnet. Neugeborene haben physiologischerweise eine Coxa valga von etwa 150°, die im Laufe des Wachstums auf den Normalwert von 128° zurückgeht.

? Wie entstehen Schenkelhernien?

Bei einer Hernie handelt es sich um eine **Ausstülpung des parietalen Peritoneums durch eine angeborene oder erworbene Lücke der Bauchwand**. Man unterscheidet eine innere Hernie (Hernie von außen nicht sichtbar) von einer äußeren Hernie (durch die Haut sichtbar).

Zur Beurteilung einer Hernie sind vier Merkmale besonders wichtig (Abb. 2.10a):

- **Bruchpforte:** Durchtrittsstelle der Hernie (sie ist entscheidend für die Namensgebung)
- **Bruchsack:** von Peritoneum ausgekleidet, Größe hängt vom Inhalt ab
- **Bruchinhalt:** kann leer sein, enthält jedoch meist Teile des großen Netzes und Dünndarms
- **Bruchhüllen:** Gewebeschichten, die den Bruchsack umgeben (abhängig von der Lokalisation und dem Bruchmechanismus)

Schenkelhernien treten überwiegend bei Frauen auf (breiteres Becken und größere Lacuna vasorum) und gehören zu den erworbenen Hernien (Abb. 2.10b). Die Schenkelhernie tritt unter dem Leistenband durch den medialen Teil der Lacuna vasorum. Die **innere Bruchpforte ist der Anulus femoralis**, eine Durchtrittsstelle für Lymphgefäße zwischen der V. femoralis und dem Lig. lacunare (der medialen Begrenzung der Lacuna vasorum). Normalerweise ist der Anulus femoralis durch straffes Bindegewebe (Septum femorale) verschlossen; Darmschlingen können entlang der Lymphgefäße nach außen drücken und das Septum femorale unterhalb des Leistenbandes nach ventral vorwölben. Beim manifesten Bruch wird der hier liegende Rosenmüller-Lymphknoten beiseitegedrückt und **der Bruch erscheint in der Gegend des Hiatus saphenus unter der Haut**. Der Bruchsack wölbt die Lamina cribrosa,



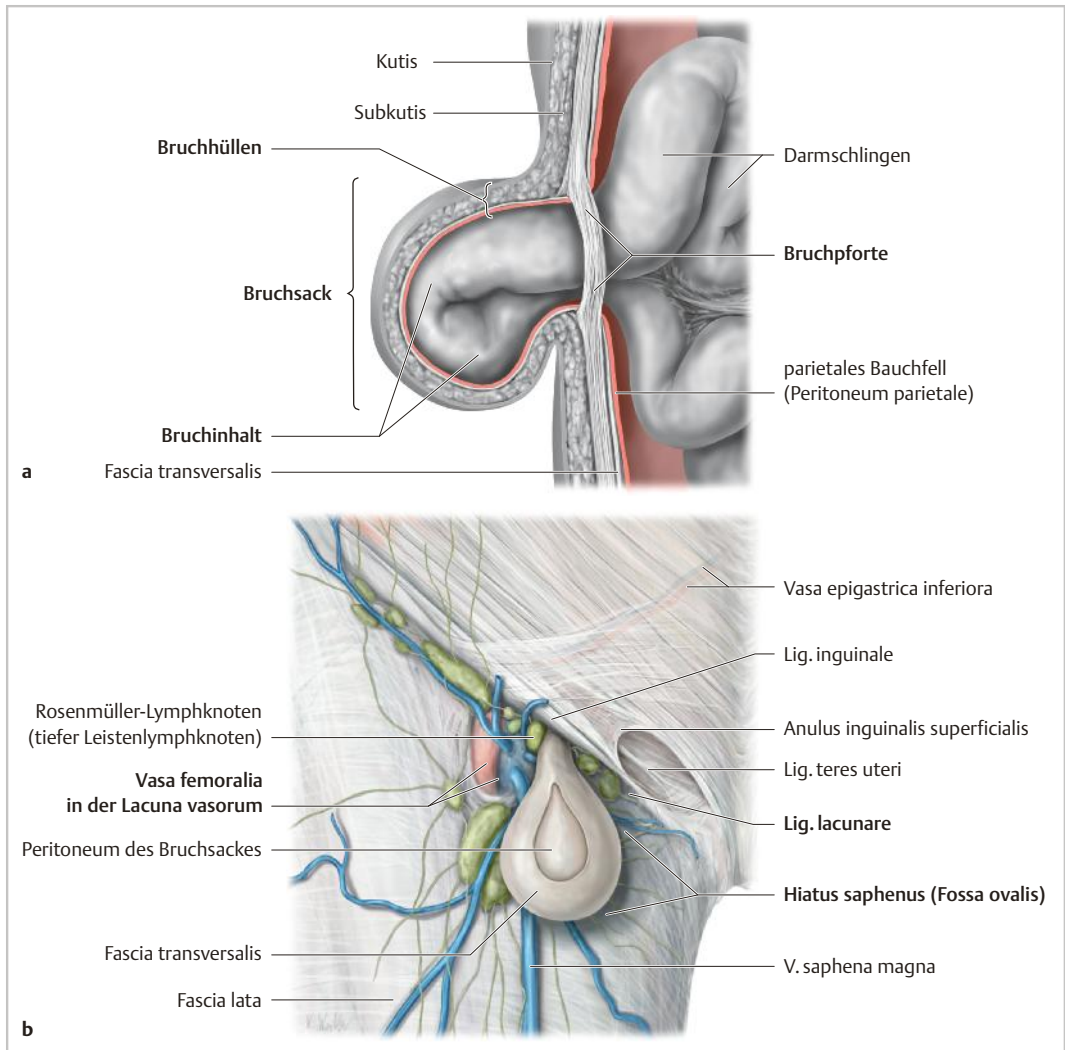


Abb. 2.10 Hernien (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

a Übersicht einer Hernie. An einigen Stellen der Bauchwand wird sie nur durch Bindegewebsstrukturen gebildet. Durch diese Schwachstellen können bei erhöhtem intraabdominellem Druck Hernien entstehen. Dargestellt sind die vier Merkmale einer Hernie: Bruchpforte, Bruchsack, Bruchinhalt und Bruchhüllen.

b Erworbene Schenkelhernie (Hernia femoralis) in der Leistenregion einer Frau. Ansicht von ventral nach Entfernen der Haut und der oberflächlichen Körperfaszie.

die den Hiatus saphenus bedeckt, nach ventral vor. Hier ist der Bruchsack durch die Haut hindurch palpabel. Der **Hiatus saphenus stellt somit die äußere Bruchpforte** dar.

? * An welcher Stelle können Obturatoriushernien entstehen? Welche Symptome verursachen sie?

Für Obturatoriushernien ist der **Canalis obturatorius** die Bruchpforte. Dieser Kanal wird dadurch gebildet, dass die Membrana obturatoria und der M. obturatorius internus, die das Foramen obturatum verschließen, an der Dorsalfläche des oberen Schambeinasts einen Schlitz offenlassen, durch den der N. obturatorius und die gleichnamigen

Gefäße laufen. Der Kanal ist üblicherweise durch Fettgewebe verschlossen, das den Raum zwischen den Nerven und Gefäßen ausfüllt. In seltenen Fällen verlagert sich ein Stück des Omentum majus in den Canalis obturatorius und bildet so eine Obturatoriushernie. Durch Druck auf den N. obturatorius kommt es zu Schmerzen an der Innenseite des Oberschenkels und zu Störungen in der Funktion der Adduktoren.

? In welcher Weise sind die Muskeln des Oberschenkels durch Faszienlogen zusammengefasst?

Die Fascia lata ist die Oberflächenfaszie des Oberschenkels, die in diesem Bereich sehr stark ausgeprägt ist. Von ihr ziehen Bindegewebssepten in die Tiefe, die etwa in der Frontalebene angeordnet sind: vom lateralen Umfang des Oberschenkels das **Septum intermusculare laterale** und vom medialen Umfang das **Septum intermusculare mediale**. Beide ziehen zur Crista femoris. Auf diese Weise ergibt sich eine **ventrale Loge** (Extensorenloge) für den M. quadriceps femoris und eine **dorsale Loge** (Flexorenloge), in der sich die Flexoren des Oberschenkels und die Adduktoren befinden. Der M. sartorius hat eine eigene Loge, die von einer Duplikatur der Fascia lata gebildet wird.

? Welche Strukturen bilden die Begrenzungen der Fossa poplitea?

Die Fossa poplitea hat die Form einer auf die Spitze gestellten Raute. Sie hat folgende **Begrenzungen**:

- **kranial-lateral**: M. biceps femoris
- **kranial-medial**: M. semimembranosus und semitendinosus
- **kaudal-medial und -lateral**: die beiden Köpfe des M. gastrocnemius
- **kaudal-lateral**: zusätzlich der M. plantaris

Die Fossa poplitea enthält den N. tibialis und den N. fibularis communis sowie die Poplitealgefäße und Lymphknoten. Der verbliebene Raum der Fossa poplitea ist von Fettgewebe ausgefüllt; der Abschluss nach dorsal erfolgt durch die Fascia poplitea, die sich zwischen den Sehnen der Oberschenkelflexoren ausspannt. Entzündungen und andere pathologische Prozesse der Kniekehle können sich über die **Gefäß-Nerven-Straßen in benachbarte Regionen** ausbreiten:

- über den Canalis adductorius in die Streckerloge des Oberschenkels
- entlang dem N. ischiadicus in die Beugerloge des Oberschenkels
- entlang dem N. fibularis communis in die Peroneusloge des Unterschenkels
- mit dem N. tibialis und der A. tibialis posterior in die Beugerloge des Unterschenkels
- mit der A. tibialis anterior in die Streckerloge des Unterschenkels

? Welche Form und Befestigung haben die Menisci des Kniegelenks? Erklären Sie im Zusammenhang damit die größere Verletzungsgefahr für den Meniscus medialis.

Die beiden Menisci des Kniegelenks haben in der Aufsicht in etwa die Form zweier Halbmonde (lat. Meniscus = Halbmond). Sie gleichen als bewegliche Gelenkpfannen die ebene Gelenkfläche der proximalen Tibia bis zu einem gewissen Grad an die gekrümmten Flächen des distalen Femurs an. Die Menisci sind im Querschnitt keilförmig, die breite äußere Fläche ist mit der Gelenkkapsel verwachsen. Die Spitze zeigt in den Gelenkraum. Bei Streck- und Beugebewegungen werden die Menisci durch die Femurkondylen auf der Tibiagelenkfläche nach dorsal und ventral verschoben.

Diese Beweglichkeit wird bei schnellen Rotationsbewegungen im Kniegelenk problematisch. Grund dafür ist die **unterschiedliche Befestigung des Meniscus medialis und lateralis**: Der Innenmeniskus (Meniscus medialis) ist deutlich weniger beweglich als der Außenmeniskus (Meniscus lateralis), da:

- der Innenmeniskus mit der Gelenkkapsel verwachsen ist.
- das mediale Lig. collaterale mit der Gelenkkapsel und damit auch mit dem medialen Meniskus verwachsen ist.
- die Befestigungsstellen des sichelförmigen Meniscus medialis vor und hinter der Eminentia intercondylaris weit auseinanderliegen und so eine starke Beweglichkeit verhindern.

Der **Meniscus lateralis** ist zwar auch mit der Gelenkkapsel verwachsen, aber seitlich besteht **keine Verwachsung des Kollateralbandes mit der Gelenkkapsel**. Insgesamt ist der Meniscus lateralis viel beweglicher als der mediale Meniskus. Bei plötzlichen und forcierten Torsionsbewegungen im Kniegelenk kann daher der laterale Meniskus der schnellen Kondylenbewegung folgen, während der mediale Meniskus eingeklemmt und verletzt wird. Etwa 95% aller Meniskusschäden betreffen den medialen Meniskus.

? Welche knöchernen Strukturen können beim Lebenden im Bereich des Kniegelenks palpiert werden?

Folgende knöchernen Strukturen können beim Menschen palpiert werden:

Am Femur:

- **Epicondylus medialis**
- **Epicondylus lateralis**

Hier fällt auf, dass der Epicondylus medialis des Femurs bei halb gebeugter Stellung des Kniegelenks deutlich stärker als der Epicondylus lateralis vorspringt. Darüber hinaus können der Gelenkspalt und die Patella getastet werden.



An der Tibia:

- **Tuberositas tibiae:** Sie geht weiter distal über in die Margo anterior der Tibia (fast über die gesamte Länge des Unterschenkels palpabel). Die Tuberositas tibiae ist der Ansatzpunkt des M. quadriceps femoris.
- **Facies medialis tibiae**
- **Condylus lateralis**
- **Condylus medialis:** Über ihn zieht der Pes anserinus (Ansatz des M. sartorius, M. gracilis und M. semitendinosus).

An der Fibula:

- **Caput fibulae**
- **Collum fibulae**

Von der Fibula können nur der Kopf und das Kollum palpieren werden, um das sich der N. fibularis communis schlingt. Der Nerv ist hier gut tastbar; wegen der exponierten Lage ist er an dieser Stelle besonders verletzungsgefährdet.

? Welche Fehlstellungen des Kniegelenks kennen Sie?

Normalerweise berühren sich beim aufrechten Stehen mit geschlossenen Beinen sowohl die beiden Knie als auch die Innenknöchel.

- **O-Beine:** Wenn zwischen den Knien ein freier Raum bleibt, liegen sog. O-Beine (**Genu varum**) vor.
- **X-Beine:** Lassen sich die beiden Innenknöchel nicht in Kontakt bringen, bestehen sog. X-Beine (**Genu valgum**).

MERKE.

- Der Säugling hat physiologischerweise O-Beine, die im Kleinkindesalter vorübergehend in X-Beine umgeformt werden. Bis zum Alter der Einschulung haben sich diese physiologischen X-Beine normalerweise begradigt.
- Die Streckungsbewegung im Kniegelenk beim Erwachsenen erreicht einen maximalen Endwinkel von 180°. Eine weitergehende Streckung über diesen Winkel hinaus wird als **Genu recurvatum** bezeichnet.

? Auf welche Weise können Bänderrisse am Kniegelenk geprüft werden?

Bei einem vollständigen Abriss der Bänder des Kniegelenks liegt eine abnorme Beweglichkeit vor, die sich diagnostisch verwerten lässt. Zu den Funktionstests, die die Stabilität der Bänder am Kniegelenk überprüfen, gehören:

- **Valgus- und Varusstresstest** (Abb. 2.11a): Der Test überprüft die seitliche Aufklappbarkeit des Kniegelenks und damit die **Stabilität des Innen- und Außenbandes** und wird in Rückenlage durchgeführt. Beim Abriss des Außenbandes lässt sich der Unterschenkel bei gestrecktem Kniegelenk leicht adduzieren. Entsprechend kann

der Unterschenkel bei einer Verletzung des Innenbandes abduziert werden.

- **Schubladen- und Lachman-Test** (Abb. 2.11c und d): Diese Tests werden bei **Verdacht auf einen Riss der Kreuzbänder** durchgeführt. Ein Riss der Kreuzbänder bewirkt das sog. Schubladenphänomen: In Rückenlage und gebeugtem Zustand (Hüfte um 45°, Knie um 90°) kann der Unterschenkel bei Abriss des vorderen Kreuzbandes deutlich nach ventral gezogen werden. Beim Abriss des hinteren Kreuzbandes kann der Unterschenkel bei Beugung des Kniegelenks abnorm weit nach dorsal geschoben werden. Beim Lachman-Test sind Hüfte und Knie jeweils um 20–30° gebeugt. Der Untersucher fixiert den Oberschenkel mit der einen Hand von dorsal, mit der anderen zieht er den Unterschenkel nach ventral. Ist die Tibia nach ventral stark beweglich, spricht dies für eine Kreuzbandruptur.

? Wo liegen die Retinacula patellae? Welche Funktion haben sie?

Die longitudinalen und transversalen Retinacula patellae sind seitliche Ausläufer der Quadrizepssehne. Das **Retinaculum patellae transversale laterale** verläuft vom lateralen Epicondylus und vom Tr. iliotibialis nach kaudal-medial und strahlt in den lateralen Rand der Patella ein. Das **Retinaculum patellae transversale mediale** ist spiegelsymmetrisch angeordnet und zieht vom medialen Epicondylus in den medialen Rand der Patella (Abb. 2.12).

Die **Hauptaufgabe** der Retinacula ist die Fixation der Patella bei Beuge- und Streckbewegungen in der Mittellinie des Gelenks. Bei Querbrüchen der Patella fällt die Streckwirkung der Quadrizepssehne weitgehend aus. Über die Retinacula patellae, besonders die longitudinalen, die eine Verbindung zwischen dem distalen Quadrizepsende und der Tuberositas tibiae herstellen, kann unter diesen Umständen noch eine Streckung im Kniegelenk durchgeführt werden. Die Retinacula patellae werden daher auch als **Reservestreckapparat** oder Nebenstreckapparat des M. quadriceps femoris bezeichnet.

? Was ist ein Kompartmentsyndrom? Wodurch wird es verursacht?

Die anatomische Grundlage des Kompartmentsyndroms sind die Muskelloggen des Unterschenkels. Am Unterschenkel lassen sich **vier Muskelloggen** voneinander unterscheiden:

- Compartmentum anterius (Extensorenloge)
- Compartmentum laterale (Fibularisloge)
- Compartmentum posterius, Pars superficialis (oberflächliche Flexorenloge)
- Compartmentum posterius, Pars profunda (tiefe Flexorenloge)

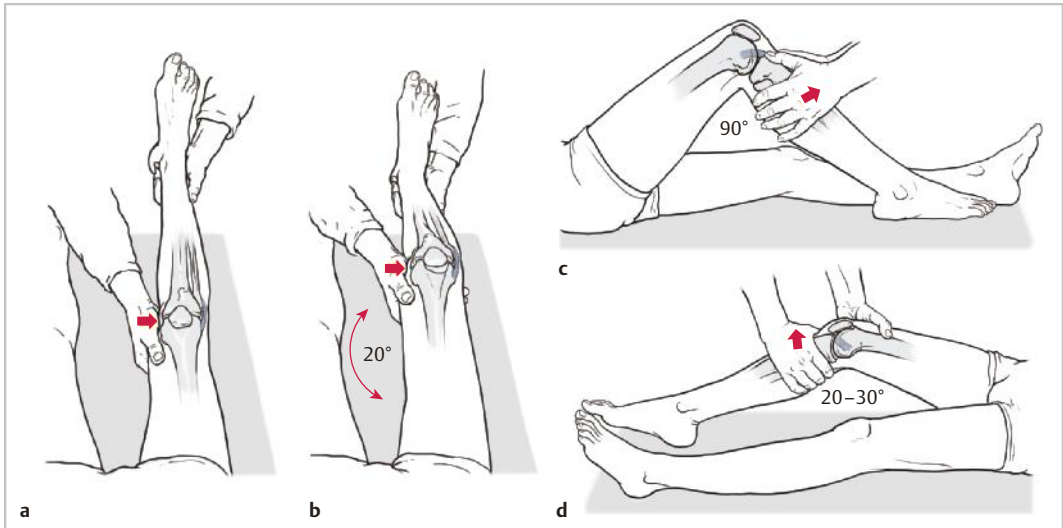


Abb. 2.11 Funktionsuntersuchung des Knies (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

a, b Valgusstresstest in Extensionsstellung und bei 20° Kniebeugung.

c Schubladentest.

d Lachman-Test.

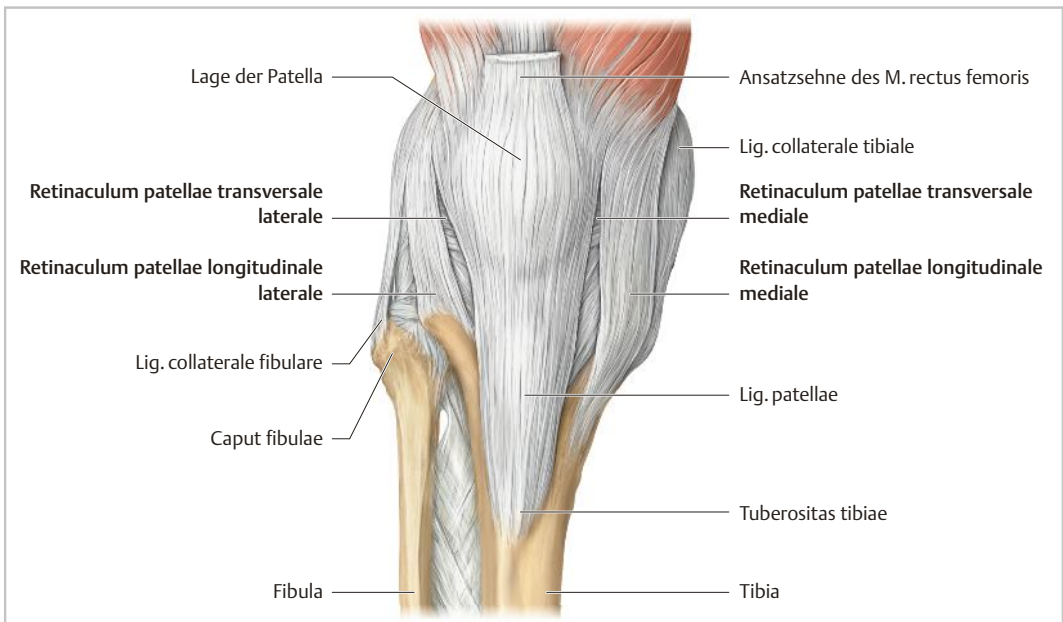


Abb. 2.12 Vorderer und seitlicher Kapsel-Band-Apparat eines rechten Kniegelenks. Ansicht von vorn. Der vordere Bandapparat des Knies dient vor allem dazu, die Patella bei Beuge- und Streckbewegungen zu fixieren. Die wichtigsten Strukturen sind: die Ansatzsehnen des M. rectus femoris sowie der Mm. vasti medialis et lateralis, das Lig. patellae, die Retinacula patellae longitudinalia et transversalia. Außerdem sind die Bänder der Menisken an der Fixierung der Patella beteiligt (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

2 Untere Extremität

Die Muskellogen werden gebildet durch:

- die Septa intermuscularia
- das oberflächliche und das tiefe Blatt der Fascia cruris
- die Membrana interossea cruris

So befindet sich das Septum intermusculare cruris anterior zwischen den Extensoren und der Peroneusgruppe, das Septum intermusculare posterior zwischen der Peroneusgruppe und den Flexoren. Diese Muskelscheidewände bestehen aus straffem Bindegewebe und sind praktisch undehnbar.

Bei raumfordernden Prozessen in den Muskellogen (z. B. bei Blutungen, Muskelödem oder Entzündungen) kommt es zu **starken Druckanstiegen in den Logen**. Die Druckerhöhung komprimiert die Gefäße und gefährdet so die Blutversorgung der Muskulatur. Bei starker Druckerhöhung hilft oft nur die chirurgische Inzision der Muskellogen, um eine Druckentlastung zu bewirken und Nekrosen der Muskulatur zu vermeiden.

? Welche Muskeln liegen ventral am Unterschenkel in dem Raum zwischen Tibia, Membrana interossea, Fibula und Septum intermusculare cruris anterior? Beschreiben Sie ihre Funktion.

In diesem Raum liegt die Extensorengruppe der Unterschenkelmuskeln. Zu ihr gehören:

- **M. tibialis anterior:** Er entspringt proximal von der Facies lateralis tibiae und der Membrana interossea. Er setzt am Os cuneiforme mediale und der Basis des ersten Mittelfußknochens an. Er hebt den medialen Fußrand und ist so an Supinationsbewegungen beteiligt.
- **M. extensor hallucis longus:** Der M. extensor hallucis longus erscheint mit seiner Sehne am distalen Unterschenkel zwischen den beiden anderen Extensoren, er setzt in der Dorsalaponeurose der Großzehe an.
- **M. extensor digitorum longus:** Er liegt von allen Extensoren am meisten lateral, seine Sehnen strahlen in die Dorsalaponeurosen der Zehen II–V ein. Häufig hat dieser Muskel in seinem distalen Teil eine Abspaltung, deren Sehne zur Basis des fünften Mittelfußknochens läuft. Diese Abspaltung wird als M. peroneus tertius bezeichnet. *Nota bene:* Die Sehne des M. peroneus tertius befindet sich ventral vom Malleolus lateralis, während die Sehnen der Peroneusgruppe dorsal des Malleolus verlaufen.

Alle genannten Muskeln werden vom N. fibularis profundus versorgt.

? Wie sind die inguinalen Lymphknoten angeordnet?

Man unterscheidet oberflächliche und tiefe inguinale Lymphknoten:

- Die **Nodi lymphatici inguinales superficiales** erhalten ihren Lymphzustrom aus der Haut der Medialseite der unteren Extremität und aus der Haut der kaudalen Bauchwand, der die Lymphknoten zusammen mit der V. saphena magna erreicht. Nachdem die Lymphe die oberflächlichen inguinalen Lymphknoten passiert hat, strömt sie zu den tiefen inguinalen Lymphknoten. Diese erhalten einen weiteren Zustrom über die tiefen Lymphgefäße der unteren Extremität, die mit den großen Gefäßen verlaufen (Abb. 2.13).
- In den **Nodi lymphatici inguinales profundi** sammelt sich die Lymphe aus der gesamten unteren Extremität, um dann durch die Lacuna vasorum in die Lymphgefäße zu fließen, die die A. iliaca begleiten. In der Lacuna vasorum befindet sich oft ein besonders großer tiefer Lymphknoten, der als **Rosenmüller-Lymphknoten** bezeichnet wird (Abb. 2.10).

? Wo befindet sich der Sulcus malleolaris? Welche Strukturen ziehen durch ihn hindurch?

Der Sulcus malleolaris ist eine vertikal gestellte Einkerbung an der Dorsalfläche des Malleolus medialis. Es handelt sich um eine Gleitrinne für die Sehne des M. tibialis posterior.

? Was versteht man unter einem Pronationsbruch im oberen Sprunggelenk?

Beim Pronationsbruch kommt es durch Einknicken des Fußes nach innen zu einem (oft doppelseitigen) Knöchelbruch:

- Der lateral gelegene **Malleolus lateralis** wird gestaucht und bricht meist etwas oberhalb des Sprunggelenks.
- Der **Malleolus medialis** der Tibia wird auf Zug beansprucht. Das hier gelegene Lig. deltoideum verbindet den Malleolus der Tibia mit dem Sustentaculum tali und der Talusrolle selbst. Das Band ist so stark, dass bei der Zugbeanspruchung oft nicht das Band reißt, sondern der Malleolus medialis aus der Tibia herausgebrochen wird. Der Bandapparat des Fußes wird in Abb. 2.14 dargestellt.

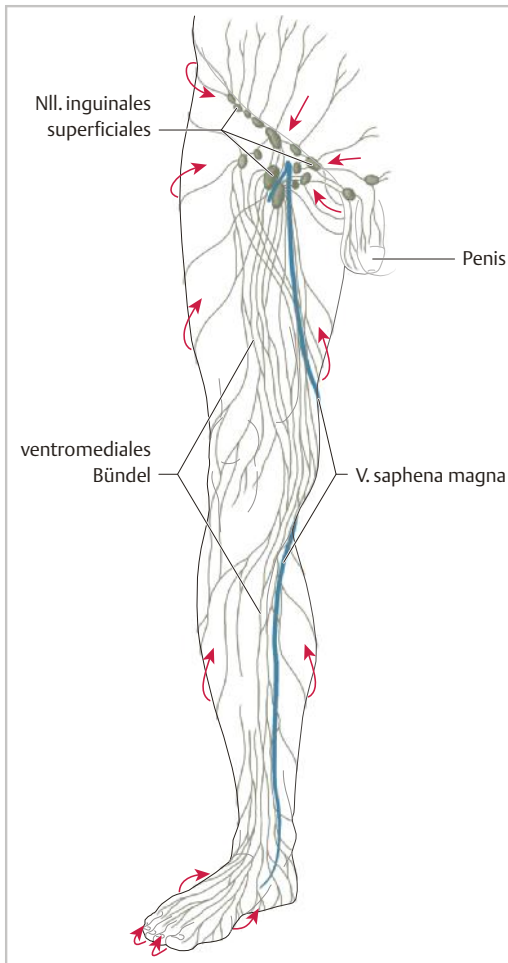


Abb. 2.13 Lymphgefäßsystem des rechten Beines. Ansicht von vorn. Die Lymphgefäße der unteren Extremität orientieren sich in ihrem Verlauf an den großen Gefäßen wie V. saphena magna et parva, V. poplitea und V. femoralis. Man unterscheidet entsprechend ein oberflächliches (epifasziales) und ein tiefes (subfasziales) System (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

? Was versteht man unter dem Längsgewölbe des Fußes? Wie ist es gesichert?

Am Fuß unterscheidet man ein Längs- von einem Quergewölbe. Diese Gewölbekonstruktion ermöglicht dem Fuß beim Gehen z.B. auf unebenem Untergrund eine Stoßdämpferfunktion.

Das **Längsgewölbe verläuft etwa in der Sagittalebene**, es ist nach kranial konvex und hat die Unterseite des Tuberculi calcanei und die Köpfe der Mittelfußknochen als Kontaktpunkte.

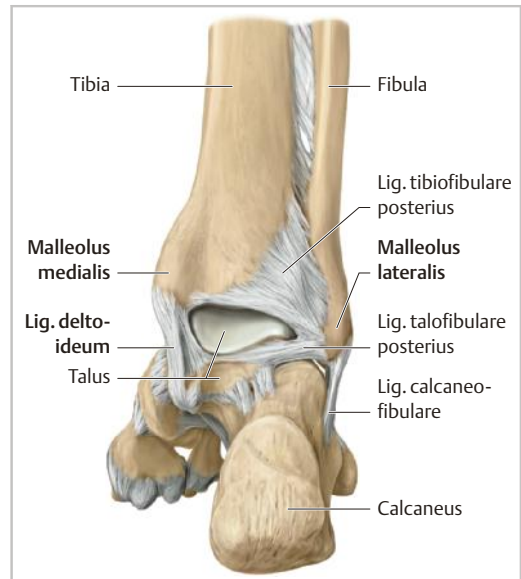


Abb. 2.14 Bandapparat rechter Fuß. Ansicht von hinten in plantigrader Fußstellung. Gut zu sehen sind der Malleolus medialis et lateralis, die beim Einknicken des Fußes relativ leicht brechen können (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

stellen mit der Standfläche. Die Längswölbung ist an der medialen Fußseite höher als an der lateralen; der normale Fußabdruck lässt daher den medialen Fußrand nicht erkennen (Abb. 2.15). Das Längsgewölbe wird gesichert durch:

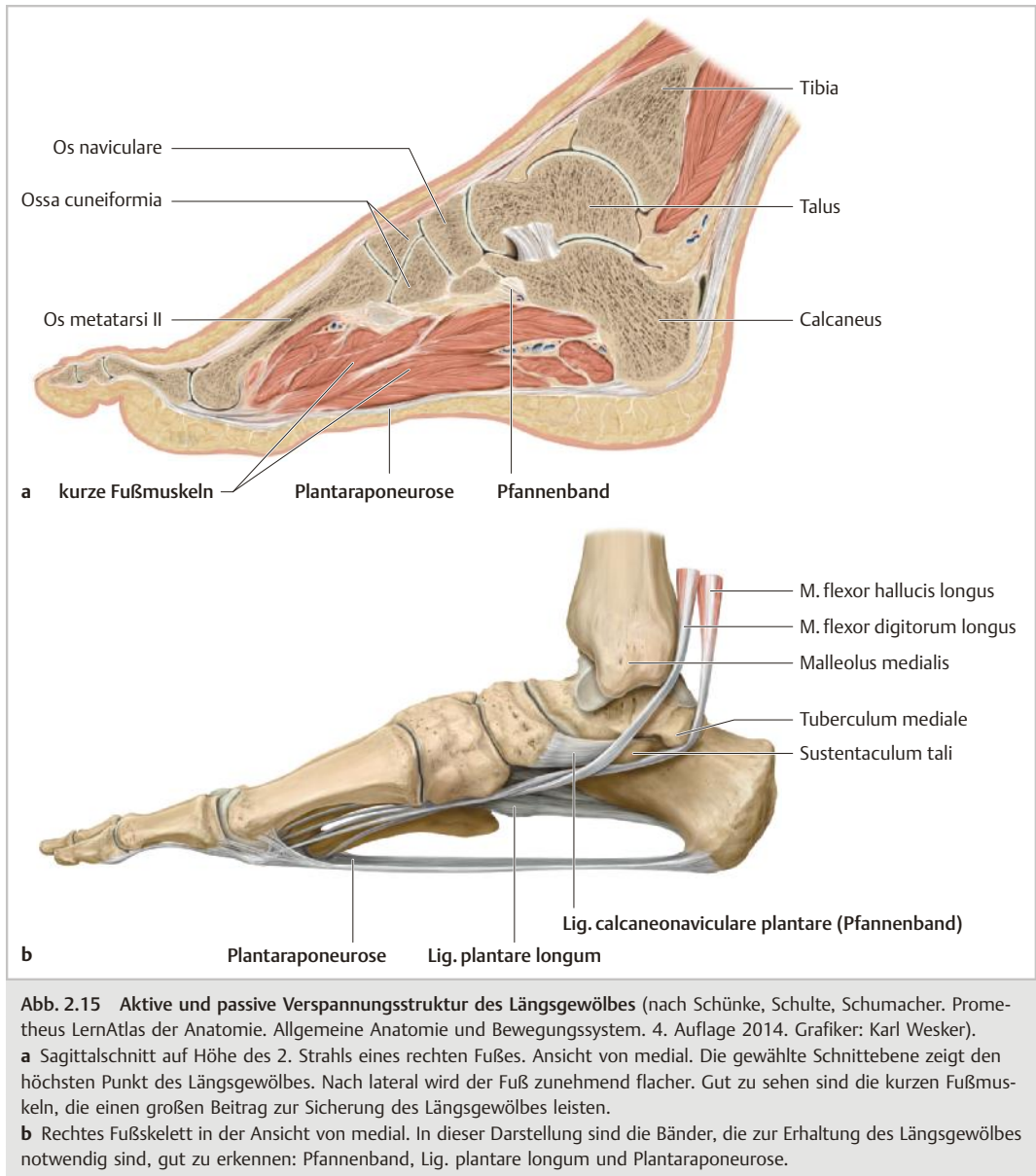
- die **plantaren Fußbänder** (Pfannenband, Lig. plantare longum, Plantaraponeurose)
- die kurzen **Muskeln** der Fußsohle

KLINIK. Eine pathologische **Abflachung des Längsgewölbes** wird als **Plattfuß** (Pes planus) bezeichnet. Dabei tritt auch der mediale Knöchel tiefer, d.h., es kommt zur Ausbildung eines Plattknickfußes (Pes plano-valgus).

? Welche Muskeln sind an der aktiven Verspannung des Fußlängsgewölbes beteiligt?

Das Fußlängsgewölbe hat als Auflagepunkte die Köpfe der Metatarsalknochen und das Tuberculi calcanei. Folgende Muskeln sind an der aktiven Verspannung des Fußlängsgewölbes beteiligt:

- M. flexor digitorum brevis
- M. flexor digitorum longus
- M. quadratus plantae



- M. tibialis anterior (zieht die Konvexität der Längswölbung nach kranial)
- M. tibialis posterior (hebt den medialen Fußrand)

? Welche Muskeln unterstützen aktiv das Quergewölbe des Fußes?

Die Quervölbung des Fußes hat als ventrale Auflagepunkte die Köpfe der Metatarsalknochen I und V, weiter dorsal setzt sich das Quergewölbe in die Fußwurzelknochen (lateral: Os cuboideum und medial: Ossa cuneiformia) fort

(Abb. 2.16). Folgende Muskeln unterstützen aktiv das Quergewölbe des Fußes:

- **M. adductor hallucis:** Er sichert im Bereich des Vorfußes mit seinem Caput transversum und obliquum das Quergewölbe.
- **M. fibularis longus** und der **M. tibialis posterior:** Diese beiden Muskeln sichern im Bereich der Fußwurzelknochen das Quergewölbe. Die Anordnung der Sehnen der beiden Muskeln wird auch als Steigbügelkonstruktion bezeichnet.

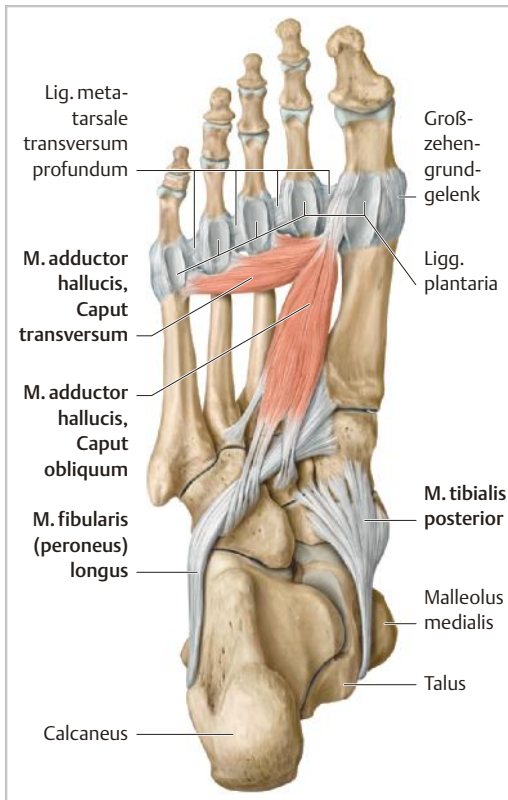


Abb. 2.16 Aktive und passive Verspannungsstrukturen des Quergewölbes. Rechter Fuß in der Ansicht von plantar. Zu sehen sind die aktiven und passiven Verspannungsstrukturen des Quergewölbes. Die passiven Strukturen umfassen die gezeigten Bänder, während die aktiven Strukturen die Muskeln umfassen (M. adductor hallucis, M. fibularis longus und M. tibialis posterior) (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

? Wodurch unterscheidet sich der Spreizfuß von der normalen Fußform?

Das Quergewölbe spannt sich zwischen medialem und lateralem Fußrand aus und ist daher etwa frontal gestellt. Es ist durch die Form der Fußwurzelknochen bedingt, besonders der Ossa cuneiformia, die in der Ebene des Quergewölbes etwa keilförmig sind, wobei die Schneide des Keils zur Fußsohle zeigt. An der aktiven Sicherung des Quergewölbes sind besonders **zwei Muskeln** beteiligt:

- **M. peroneus (fibularis) longus:** Die Sehne läuft um den lateralen Fußrand und setzt u. a. am Os cuneiforme mediale (also medial) an.

- **M. tibialis posterior:** Der Muskel läuft an der Medialfläche des Kalkaneus vorbei und zieht mit seinen Ansatzsehnen zu den Ossa cuneiformia und manchmal bis zum Os cuboideum (also lateral).

Die Sehnen beider Muskeln bilden eine Art Steigbügelkonstruktion unterhalb der Fußsohle, die das Quergewölbe stützt. Passiv wird das Quergewölbe durch das Lig. metatarsale transversum profundum aufrechterhalten, ein Band zwischen den Köpfen der Mittelfußknochen.

Die Ursache für den Spreizfuß ist eine **Abflachung des Quergewölbes**. Beim **Spreizfuß** treten die Köpfe der Mittelfußknochen nach kaudal und nähern sich so dem Boden. Dies ist mit einer Spreizung der Mittelfußknochen verbunden, was dieser Störung den Namen eingebracht hat. Als Ursachen für den Spreizfuß (wie auch für den Plattfuß) kommen durch lang dauernde statische Belastung bedingte Ermüdung der Muskeln und Überdehnung der Bänder infrage. Beispiele sind Verkäufer oder Fließbandarbeiter, die ihre Tätigkeit vorwiegend im Stehen verrichten müssen.

? Von welchen Nerven wird die Haut des Fußes versorgt?

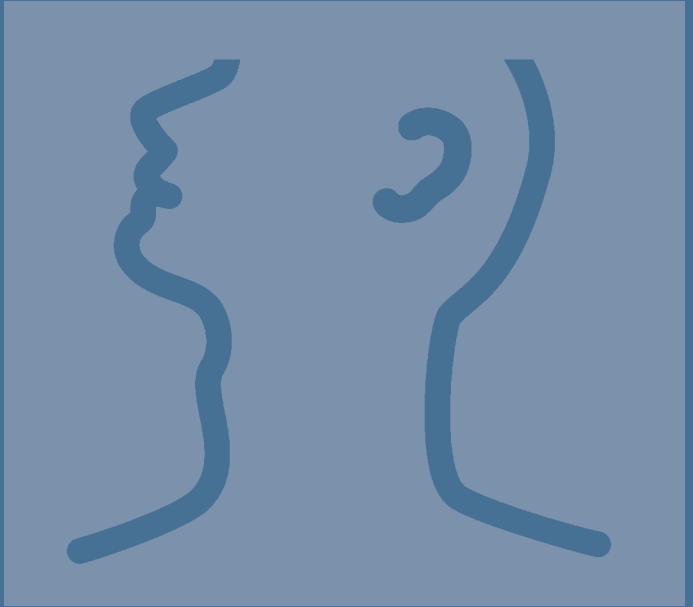
An der Versorgung der Haut des Fußes sind insbesondere die Äste von folgenden **Nerven des Unterschenkels** beteiligt:

- **N. fibularis superficialis** (innerviert den größten Teil des Fußrückens und den medialen Fußrand ventral)
- **N. fibularis profundus** (innerviert die kleine Fläche zwischen der 1. und 2. Zehe)
- **N. suralis** (innerviert lateralen Fußrand)
- **N. tibialis** (innerviert über seine beiden Endäste N. plantaris medialis und lateralis die Fußsohle)

MERKE. Alle Nerven zur Innervation der Fußhaut stammen aus dem **N. ischiadicus**.

? Welchen Ausfall in Bezug auf die Stellung des Fußes erwarten Sie bei einer Lähmung des N. tibialis?

Der N. tibialis versorgt am Unterschenkel die oberflächlichen Flexoren, die eine Plantarflexion auslösen, und die tiefen Flexoren, die neben einer Plantarflexion noch eine Supination bewirken. Bei einer **Lähmung des N. tibialis überwiegt der Tonus der Extensoren des Unterschenkels**. Die Folge ist eine Dorsalflexion im oberen Sprunggelenk; diese Fußfehlstellung wird auch als **Hackenfuß** (Pes calcaneus) bezeichnet. Beim Gehen wird nur die Ferse belastet, ein normales Abrollen von der Ferse zum Vorfuß erfolgt nicht.



Kopf und Hals

- 3.1 Makroskopische Anatomie
- 3.2 Klinische und topografische Anatomie

3 Kopf und Hals

3.1 Makroskopische Anatomie

3.1.1 Kranium

? Welches Stadium in der Entwicklung des Kopfs bezeichnet man als Desmokranium?

Als Kranium bezeichnet man den knöchernen Teil des Schädels. Er entwickelt sich in der 5.–6. Embryonalwoche. Zunächst kommt es zu einer Verdichtung des Mesenchyms um das Neuralrohr. Die Schädelknochen entstehen im weiteren Verlauf auf zwei unterschiedliche Ossifikationsarten. Die Knochen der Schädelkapsel (z. B. Os parietale, Os frontale) entwickeln sich über die **desmale Ossifi-**

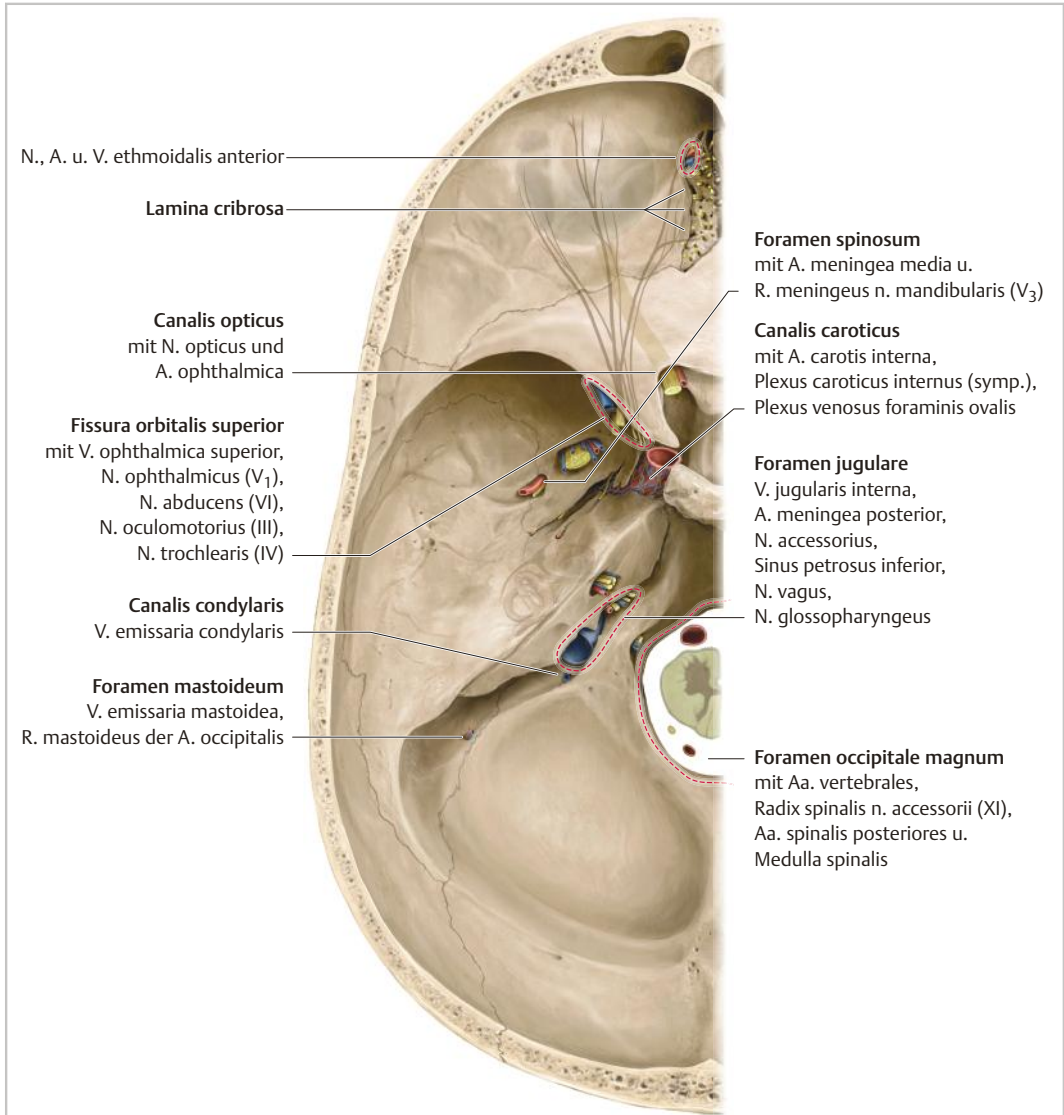


Abb. 3.1 Durchtrittsstellen von Nerven und Gefäßen durch die Schädelbasis. Schädelbasis von innen (Basis cranii interna) (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Karl Wesker).

kation (das bedeutet direkt aus dem mesenchymalen Bindegewebe heraus) als Deckknochen, während die Mehrzahl der Knochen der Schädelbasis über die chondrale Ossifikation, d.h. indirekt aus Knorpelanlagen entsteht. Das Desmokranium bezeichnet die Knochen, die sich über desmale Ossifikation entwickeln. Sie werden daher auch **Bindegewebsknochen** genannt. Dazu zählen u.a. die Maxilla, Mandibula und das Os nasale.

? Durch welche Strukturen werden die Schädelgruben begrenzt?

Die Schädelbasis hat an der Innenfläche **drei Schädelgruben (Fossa cranii)**. Die vordere Schädelgrube nimmt die Stirnlappen, die mittlere die Schläfenlappen und die hintere das Kleinhirn auf.

- Die **vordere Schädelgrube (Fossa cranii anterior)** erstreckt sich vom Innenrand des Os frontale bis zum Dorsalrand der sichelförmigen Ala minor des Os sphenoidale.
- Die **mittlere Schädelgrube (Fossa cranii media)** ist in der Medianebene sehr schmal; hier befindet sich die Sella turcica mit der Hypophyse. Die dorsale Grenze der mittleren Schädelgrube wird durch die Oberkante der Felsenbeinpyramide gebildet.
- Die **hintere Schädelgrube (Fossa cranii posterior)** erstreckt sich von der Oberkante der Felsenbeinpyramide bis zum Sulcus des Sinus transversus im Os occipitale.

? An welchen Stellen des Innenreliefs der Schädelbasis befinden sich Durchtrittsstellen für größere Gefäße?

Durchtrittsstellen für größere Gefäße finden sich an der Innenfläche der Schädelbasis an folgenden Stellen (Abb. 3.1):

- **in der vorderen Schädelgrube (Fossa cranii anterior):**
 - A. ethmoidalis anterior tritt durch die Lamina cribrosa
- **in der mittleren Schädelgrube (Fossa cranii media):**
 - A. ophthalmica tritt durch den Canalis opticus
 - V. ophthalmica superior durch die Fissura orbitalis superior
 - A. carotis interna durch den Canalis caroticus
 - A. meningea media durch das Foramen spinosum
- **in der hinteren Schädelgrube (Fossa cranii posterior):**
 - Aa. vertebrales treten durch das Foramen occipitale magnum
 - V. jugularis interna tritt durch den hinteren Teil des Foramen jugulare
 - V. emissaria mastoidea durch das Foramen mastoideum
 - V. emissaria condylaris durch den Canalis condylaris

? Entlang welcher Linie verläuft die Grenze zwischen Neuro- und Viszerokranium?

Die Grenze zwischen Neurokranium (**Hirnschädel**) und Viszerokranium (**Gesichtsschädel**) verläuft entlang einer Linie, die das **Orbitadach** und den **äußeren Gehörgang** verbindet. Beim Säugling und beim alten Menschen ist der Gesichtsschädel aufgrund des noch nicht entwickelten bzw. bereits atrophierten Kauapparats stark unterrepräsentiert; dementsprechend ist in diesen Altersstufen das Größenverhältnis zwischen Neuro- und Viszerokranium stark zugunsten des Neurokraniums verschoben.

? Von welchen Knochen werden die Wände der Nasenhöhle gebildet?

Die Nasenhöhle hat **vier Wände** (Abb. 3.2):

- **das Dach:** gebildet von Os nasale, Os frontale und Os ethmoidale
- **den Boden:** gebildet von Maxilla und Os palatinum
- **die laterale Wand:** bestehend aus Maxilla, Os nasale, Os lacrimale, Os ethmoidale, Os palatinum und Concha nasalis inferior
- **die mediale Wand:** gebildet von der Nasenscheidewand – bestehend aus Knorpel und Knochen –, Os nasale, Os ethmoidale und Vomer (zu kleinen Teilen auch Os sphenoidale, Os palatinum und Maxilla)

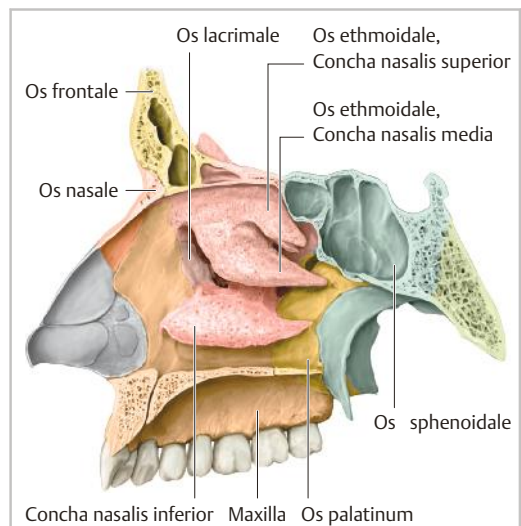


Abb. 3.2 Knöcherne Wände der Nasenhöhle. Ansicht von links nach Entfernung des Nasenseptums. Die verschiedenen Knochen, die die Wände der Nasenhöhle bilden, sind zur besseren Übersicht farbig dargestellt (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Karl Wesker).

3.1.2 Kopf- und Halsmuskeln, Faszien

? Welche Teile und Funktion hat der M. epicranius?

Der M. epicranius ist Teil der **mimischen Muskulatur** (Tab.3.1). Er überspannt das Schädeldach und besteht aus **vier Teilmuskeln**:

- Venter frontalis des M. occipitofrontalis
- Venter occipitalis des M. occipitofrontalis
- linker M. temporoparietalis sowie
- rechter M. temporoparietalis

Die vier Muskeln setzen an einer flächigen Sehnenplatte an, der **Galea aponeurotica**, die als Zwischensehne zwi-

schen dem Venter frontalis und dem Venter occipitalis des M. occipitofrontalis fungiert. Die Galea aponeurotica ist nur locker mit dem Periost des Schädeldachs verbunden; daher kann die Galea durch die Tätigkeit des M. epicranius auf dem Schädel verschoben werden.

Die Hauptfunktion des **Venter frontalis des M. occipitofrontalis** besteht im Heben der Augenbrauen; dies ist verbunden mit dem Erscheinen von Querfalten auf der Stirn. Der **Venter occipitalis des M. occipitofrontalis** fixiert die Kopfhaut. Der **M. temporoparietalis** spannt die Galea aponeurotica in Querrichtung.

Tab. 3.1 Gesichtsmuskulatur Teil 1 (nach Aumüller et al. Duale Reihe Anatomie. Thieme; 2017)

Muskel		Ursprung	Ansatz	Funktion
Schädeldach				
M. epicranius	M. occipitofrontalis: • Venter frontalis • Venter occipitalis	Haut über Margo supra-orbitalis	Galea aponeurotica (flächenhafte Sehne, die mit der Kopfhaut zur Kopfschwarte verbunden ist)	Hochziehen der Augenbrauen, Stirnrunzeln
		Linea nuchae superior ossis occipitalis		Glättung der Stirnfalten
	M. temporoparietalis	seitlich, variierend		keine mimische Funktion
Lidspalte				
M. orbicularis oculi	Pars orbitalis	medialer Augenwinkel	umfasst das Auge entlang des Orbitalrandes	„Zukneifen“ der Augen
	Pars palpebralis		Lidhaut	Lidschlag
	Pars lacrimalis		Lidränder	Kontakt der Lidränder mit dem Augapfel
M. corrugator supercilii		Os frontale (oberhalb Radix nasi)	Augenbrauenhaut	Zusammenziehen der Stirnhaut
M. depressor supercilii		mediale Abspaltung der Pars orbitalis des M. orbicularis oculi	mediales Drittel der Haut der Augenbraue	erzeugt durch Herabziehen der Augenbraue eine Querfalte auf der Nasenwurzel
Nase				
M. procerus		Dorsum nasi	Stirnhaut	Bildung von Querfalten auf der Radix nasi
M. nasalis	Pars transversa	oberhalb des Eckzahns	Nasenrücken	Herabziehen der Nasenspitze, verengt Nasenloch
	Pars alaris	oberhalb des seitlichen Schneidezahns	Nasenflügel	Erweiterung des Nasenlochs
M. depressor septi nasi		Alveolarknochen des mittleren Oberkiefer-Schneidezahns	Cartilago alaris major, Haut der medialen und hinteren Umrandung des Nasenlochs	Senkung der Nasenspitze

Tab. 3.2 Gesichtsmuskulatur Teil 2 (nach Aumüller et al. Duale Reihe Anatomie. Thieme; 2017)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Funktion
Mund			
M. orbicularis oris	Pars marginalis Pars labialis	Ringmuskel mit tiefen Anteilen zu Maxilla, Mandibula und Nasenscheidewand	Mundspalte Mundschluss, die Pars labialis bildet die Lippen
M. buccinator	Corpus mandibulae, Maxilla, hinteres Ende des Proc. alveolaris, Fascia buccopharyngea	Mundwinkel, Mundhöhle, Verbindung zum M. orbicularis oris	Antagonist bzw. Agonist des M. orbicularis, bildet die Grundlage der Wangen, presst Luft aus, wichtig beim Kauen; „Trompeter-Muskel“
M. zygomaticus major	Os zygomaticum, Facies lateralis	Mundwinkel	Heraufziehen der Mundwinkel (nach kranial-lateral: „Lachmuskel“)
M. zygomaticus minor	geht aus dem M. orbicularis oculi hervor (Os zygomaticum, Facies lateralis)		
M. risorius	Mundwinkel	Wangenhaut	Breitziehen des Mundes
M. levator labii superioris	geht aus der Muskelmasse des M. orbicularis oculi hervor (Margo infraorbitalis)	Oberlippe	Heben der Oberlippe
M. levator labii superioris alaeque nasi	Geht aus der Muskelmasse des M. orbicularis oculi hervor (Maxilla, Proc. frontalis)	Nasenflügel und Oberlippe	Heben von Oberlippe und Nasenflügel
M. levator anguli oris	Maxilla, Fossa canina	Muskulatur der Oberlippe und Mundwinkel	Heraufziehen der Mundwinkel (nach kranial-medial)
M. depressor anguli oris	Basis mandibulae	Mundwinkel und Unterlippe	Herabziehen der Mundwinkel
M. depressor labii inferioris		Unterlippe	Herabziehen der Unterlippe
M. mentalis	Jugum alveolare des unteren lateralen Schneidezahns	Haut des Kinns	Heraufziehen der Kinnhaut
M. transversus mentis	vorderer und seitlicher Unterkiefer	Mundwinkel	Raffung der Kinnhaut
Ohr			
M. auricularis anterior	Galea aponeurotica	Ohrmuschel (vorn)	nur schwach ausgeprägte Stellmuskeln, Beweglichkeit des menschlichen Ohres ist gering
M. auricularis superior		Ohrknorpel	
M. auricularis posterior		Hinterwand der Ohrmuschel	



? Welche Funktion hat der M. buccinator? Wie verlaufen seine Fasern? Nennen Sie die Innervation des M. buccinator.

Der **M. buccinator** bildet die muskuläre **Grundlage der Wange**. Seine Muskelfasern entspringen von der Raphe pterygomandibularis, einem Sehnenstreifen, der vom Proc. pterygoideus des Keilbeins zur Mandibula zieht. Die Fasern strahlen ventral in den M. orbicularis oris ein. Nach seiner **Innervation (N. facialis)** ist der M. buccinator ein mimischer Muskel; seine Hauptfunktion erfüllt er jedoch beim **Kauen und Schlucken**. Während des Kauens transportiert der Muskel die Bissen, die durch die Zahnreihen hindurch in das Vestibulum oris (dem Mundvorhof) gelangt sind, zurück in die Mundhöhle. Der M. buccinator ist der einzige mimische Muskel mit einer **eigenen Faszie**.

? Wie ist das System der Halsfaszien aufgebaut?

Das System der Halsfaszien besteht aus **drei Blättern**:

- Lamina superficialis
 - Lamina pretrachealis
 - Lamina prevertebralis
1. Die **Lamina superficialis** entspricht der oberflächlichen Körperfaszie; sie bildet Duplikaturen, die als Faszien für den M. sternocleidomastoideus und den M. trapezius fungieren.
 2. Die **Lamina pretrachealis** ist ein etwa frontal gestelltes dreieckiges Blatt, das kranial am Zungenbein und kaudal an der Klavikula und am Sternum befestigt ist. Die lateralen Seiten werden durch den M. omohyoideus gebildet, der die Faszie in querer Richtung spannt und auf diese Weise das Kollabieren der V. jugularis interna verhindert. Die Lamina pretrachealis bildet Duplikaturen um die unteren Zungenbeinmuskeln.
 3. Die **Lamina prevertebralis** liegt direkt vor der Wirbelsäule und umschneidet den M. longus colli und M. longus capitis ventral sowie die Musculi scaleni und den M. levator scapulae lateral.

3.1.3 Kopf- und Halseingeweide

? Was versteht man unter dem Vestibulum oris? Von welchen Strukturen wird es begrenzt?

Das Vestibulum oris bezeichnet den **Mundhöhlenvorhof**. Er liegt zwischen den Lippen (ventrale Begrenzung) bzw. Wangen (laterale Begrenzung) und der Zahnreihe bzw. den Alveolarfortsätzen von Unter- und Oberkiefer (orale Begrenzung). In das obere seitliche Vestibulum oris mündet beidseitig der **Ductus parotideus**.

? Wie lässt sich die Färbung des Lippenrots anatomisch erklären?

Die Farbe des Lippenrots beruht vorwiegend auf **zwei Faktoren**:

- Zum einen ist der freie Rand der Lippe im Gegensatz zur übrigen äußeren Haut nur schwach verhornt und gering pigmentiert,
- zum anderen reicht das darunterliegende Corium mit **gefäßreichen Bindegewebespapillen** bis direkt unter die Oberfläche.

Die Gefäße scheinen durch die dünne und **schwach pigmentierte Lippenepidermis** hindurch und verursachen so die rote Farbe.

? Wo befindet sich das Corpus adiposum buccae? Welche Funktion hat es?

Das Corpus adiposum buccae wird auch als **Bichat-Fettpfropf** bezeichnet. Es liegt zwischen M. buccinator auf der einen und der Wangenhaut auf der anderen Seite; dorsal reicht es oft noch hinter den M. masseter. Die **Funktion des Fettpfropfs** besteht wahrscheinlich in einer mechanischen **Versteifung der Wangen**. Diese Funktion ist besonders für den Säugling wichtig; beim Saugen besteht sonst die Gefahr, dass die Wange zwischen Ober- und Unterkiefer in die Mundhöhle gezogen wird.

? Durch welche Nerven erfolgt hauptsächlich die sensible Versorgung der Mundhöhle?

Die sensible Versorgung der Mundhöhle erfolgt über folgende Nerven:

- **Wangenschleimhaut:** N. buccalis aus V3
- **Zungenrücken:** N. lingualis aus V3
- **Zungenwurzel:** N. glossopharyngeus
- **Gaumenschleimhaut:** N. nasopalatinus (V2) ventral und Nervi palatini (V2) dorsal

? Aus welchen Hartsubstanzen besteht ein Zahn? Wie ist er im Kiefer befestigt?

Jeder Zahn besteht aus einer Zahnwurzel, einem Zahnhal und einer Zahnkrone. Von außen betrachtet, ist bei einem gesunden Gebiss nur der Zahnschmelz zu sehen. Er bedeckt das darunterliegende Dentin (Zahnbein). Im Inneren des Zahnbeins liegt die Cavitas dentis, die von gefäß- und nervenfaserreichem Bindegewebe (Zahnpulpa) ausgefüllt ist (Abb. 3.3). Der Zahn wird aus drei unterschiedlichen **Hartsubstanzen** gebildet, dazu gehören:

- **das Zahnbein (Dentin)**, das den Hauptbestandteil des knöchernen Zahngerüsts darstellt.
- **der Zahnschmelz (Enamelum)**, überzieht das Dentin im Bereich der Zahnkrone. Der Zahnschmelz ist das härteste Gewebe des menschlichen Körpers.
- **das Zahnzement (Cementum)**, bedeckt das Dentin im Bereich der Zahnwurzel.

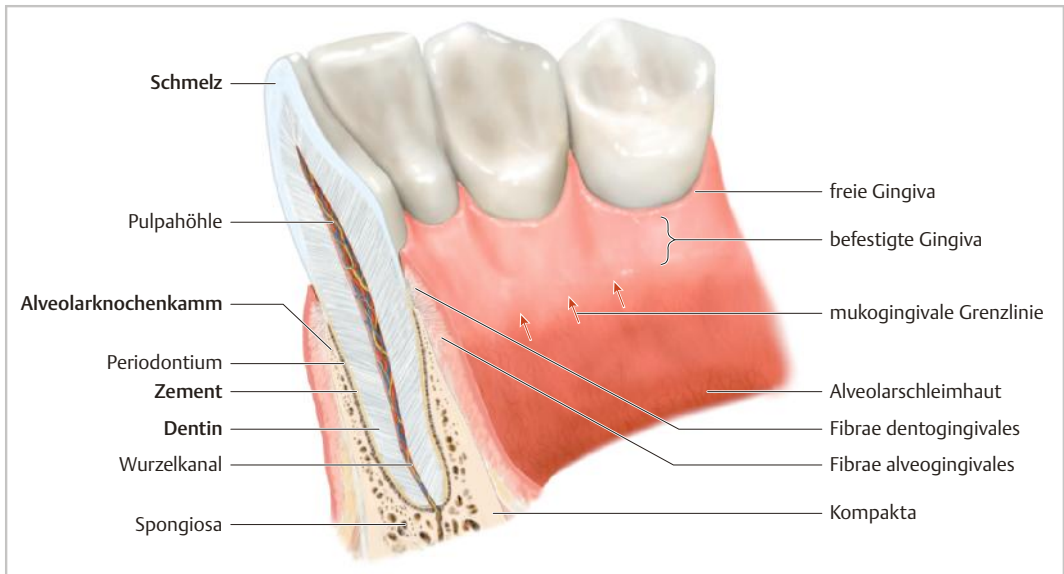


Abb. 3.3 Zahnaufbau und Zahnhalteapparat (Parodontium). Zahn im Querschnitt mit dem Zahnhalteapparat. Die wesentlichen Strukturen eines Zahns sind im Querschnitt gut zu erkennen. In der Pulpa verlaufen die Gefäße und die Nervenfasern des Zahns. Umgeben ist die Zahnpulpa von den drei Hartsubstanzen des Zahns (Dentin, Schmelz und Zement). Zement und Schmelz gehen am Übergang zum Zahnfleisch ineinander über. Der Zement ist über Bindegewebsfasern Periodontium mit dem Knochen verbunden und bildet somit einen Teil des Zahnhalteapparats (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Karl Wesker).

Die Befestigung des Zahns im Zahnfach des Kiefers erfolgt über den **Zahnhalteapparat (Parodontium)**, bestehend aus:

- **Zement**
- **Wurzelhaut (Periodontium)**
- **Alveolarknochen samt Periost**

Die Wurzelhaut (Periodontium) stellt ein System von radiär angeordneten straffen Bindegewebsfasern dar, die vom Zement der Zahnwurzel zum Knochen des Zahnfachs verlaufen. In diesem Fasersystem ist die Zahnwurzel ohne direkten Kontakt mit dem Alveolarknochen aufgehängt. Die Fasern setzen Druckkräfte, die auf den Zahn einwirken, in Zugkräfte um. Dadurch wird verhindert, dass der Kaudruck zu einer Atrophie des Alveolarknochens führt.

? Wie ist das System der Binnenmuskulatur der Zunge aufgebaut? Welche Funktion haben die einzelnen Muskeln? Nennen Sie die Innervation.

Die Zungenmuskulatur wird unterteilt in innere und äußere Zungenmuskeln. Die äußeren Zungenmuskeln haben Bezug zu Knochenpunkten. Als innere Zungenmuskeln, auch Binnenmuskeln genannt, werden die Muskeln bezeichnet, deren **Ursprung und Ansatz innerhalb der Zunge** liegen. Die Muskeln sind in allen drei Raumebenen

angeordnet; es ergeben sich damit folgende Verlaufsrichtungen:

- **M. longitudinalis superior und inferior:** verlaufen entlang der Längsachse der Zunge. Sie verkürzen die Zunge.
- **M. transversus linguae:** verläuft quer zur Längsachse der Zunge und entspringt vom Septum linguae. Seine Kontraktion führt zu einer Verschmälerung und Verlängerung der Zunge.
- **M. verticalis linguae:** läuft quer zur Längsrichtung in der vertikalen Ebene. Er plattet bei Kontraktion die Zunge in kraniokaudaler Richtung ab.

Alle Binnenmuskeln der Zunge werden vom **N. hypoglossus** motorisch versorgt.

? Welche Strukturen gehören zum Geschmacksorgan der Zunge?

Das Geschmacksorgan der Zunge besteht aus einer Vielzahl von Geschmacksknospen, die wiederum die chemorezeptiven Sinneszellen für die verschiedenen Geschmacksqualitäten enthalten. Die Mehrzahl der Geschmacksknospen befindet sich in den Seitenwänden der Zungenpapillen (besonders **Papillae circumvallatae** und **Papillae foliatae**), es gibt jedoch auch Geschmacksknospen außerhalb der Papillen.

Die Geschmacksqualitäten **süß, sauer, salzig, bitter und umami** (jap. für schmackhaft) sind nicht gleichmäßig über die Zungenoberfläche verteilt, sondern sind in bestimmten Bereichen besonders ausgeprägt. So ist die Gegend der **Zungenspitze** besonders empfindlich gegenüber **süßen Geschmacksreizen** und der Bereich um den Sulcus terminalis, vor dem die Papillae circumvallatae liegen, besonders gegenüber bitteren Reizstoffen. Die genannten Bereiche überlappen sich aber deutlich. Auch eine genaue Zuordnung der Geschmacksqualitäten zu den einzelnen Papillentypen ist nicht möglich. Die Geschmacksinformation von den vorderen zwei Dritteln der Zunge läuft über die Chorda tympani und den N. facialis zum Hirnstamm, die von der Zungenwurzel über den N. glossopharyngeus.

? Wie wird die Zunge arteriell versorgt?

Die Hauptarterie der Zunge ist die **A. lingualis**, die der **A. carotis externa** entspringt. Die Arterie zieht medial vom M. hyoglossus zur Zunge; an diesem Verlauf kann sie intraoperativ und an der Leiche zweifelsfrei erkannt werden. Der Endast der A. lingualis ist die **A. profunda linguae**, die in der Zungenspitze endet.

? Durch welche Gefäße und Nerven wird die Tonsilla palatina versorgt?

Die **Tonsilla palatina** (Gaumenmandel) wird sensibel durch den **N. glossopharyngeus** versorgt, dessen Rami tonsillares bei einer Tonsillektomie anästhesiert werden müssen. Die arterielle Versorgung der Gaumenmandeln erfolgt aus mehreren Gefäßen:

- **A. facialis** (über die A. palatina ascendens)
- **A. pharyngea ascendens**
- Oft kommen noch descendierende Äste aus der **A. maxillaris** hinzu.

? Welche Speicheldrüsen kennen Sie? Wie verlaufen die zugehörigen Ausführungsgänge?

Auf jeder Seite des Kopfes finden sich 3 große Speicheldrüsen und im Bereich der Mundhöhle noch 700–1000 kleine Speicheldrüsen, die den Mund feucht halten. Insgesamt werden 1–1,5 l Speichel am Tag produziert. Die drei größten paarig angelegten Speicheldrüsen der Mundhöhle sind:

- die Glandula parotis (Ohrspeicheldrüse)
- die Glandula submandibularis (Unterkieferspeicheldrüse)
- die Glandula sublingualis (Unterzungenspeicheldrüse)

Alle drei Drüsen haben Ausführungsgänge, die in die Mundschleimhaut münden (Abb. 3.4).

Die **Glandula parotis** ist die größte dieser Drüsen; sie produziert ein **rein seröses Sekret**. Die Glandula parotis liegt mit ihrer Hauptmasse lateral und dorsal vom Ramus man-

dibulae; es wird vermutet, dass die dorsalen Anteile durch die Kaubewegungen massiert und dadurch zur Sekretion angeregt werden. Der 4 cm lange Ausführungsgang verläuft über den (lateral vom) M. masseter, er biegt am vorderen Rande dieses Muskels nach medial um und mündet in Höhe des zweiten oberen Molaren in das Vestibulum oris. An der Stelle, wo der Ductus parotideus um den Ventralrand des M. masseter zieht, ist der Ausführungsgang bei kontrahiertem Muskel direkt unterhalb des Jochbeins palpabel.

Die **Glandula submandibularis** ist eine gemischte **seromuköse Drüse**, deren Hauptanteil unterhalb des M. mylohyoideus im Trigonum submandibulare liegt. Ein Teil der Drüse greift häufig um den dorsalen Rand des M. mylohyoideus herum und liegt dann auf der Innenfläche dieses Muskels. Aus diesem Drüsenteil geht meist der sehr lange Ausführungsgang hervor, der auf der Caruncula sublingualis mündet, d.h. unterhalb der Zunge direkt neben dem kaudalen Ende des Zungenbändchens.

Die **Glandula sublingualis** ist eine **mukoseröse bis muköse Drüse**, deren Sekret die Gleitfähigkeit der Nahrungsbissen erhöht. Die Drüse liegt auf dem Mundboden unter der Plica sublingualis zwischen innerem Unterkieferrand und lateralem Zungenrand. Die Glandula sublingualis hat neben einem etwas größeren Ausführungsgang, der ebenfalls auf der Caruncula sublingualis mündet, eine Vielzahl von kleinen Ausführungsgängen mit Mündungen entlang der Plica sublingualis. Das hochvisköse Sekret dieser Drüse ist wahrscheinlich zu zähflüssig, um über einen längeren Ausführungsgang sezerniert zu werden.

KLINIK. Eine **Parotitis** ist eine meist schmerzhafte Entzündung der Glandula parotis. Sie tritt beispielsweise im Rahmen einer Mumpserkrankung auf. Auslöser hierfür ist das Mumpsvirus, mit dem sich vor allem Kinder und Jugendliche anstecken. Symptome sind eine einseitige oder beidseitige Schwellung der Ohrspeicheldrüse (Parotitis) und Schmerzen beim Kauen sowie Fieber. Zu den Komplikationen zählt unter anderem die Hirnhautentzündung und eine Hodenentzündung bei Jungen (Folge: Fruchtbarkeitsstörung).

? Nennen Sie die einzelnen Abschnitte des Pharynx und ihre jeweilige Ausdehnung.

Beim Pharynx werden **drei Abschnitte** unterschieden:

- Pars nasalis
- Pars oralis
- Pars laryngea

Die **Pars nasalis** (Nasopharynx) befindet sich dorsal der Nasenhöhle, sie erstreckt sich vom Rachendach bis zum Dorsalrand des weichen Gaumens.

Die **Pars oralis** (Oropharynx) setzt den Pharynx nach kaudal fort bis zum Dorsalrand der Epiglottis. Dieser Teil

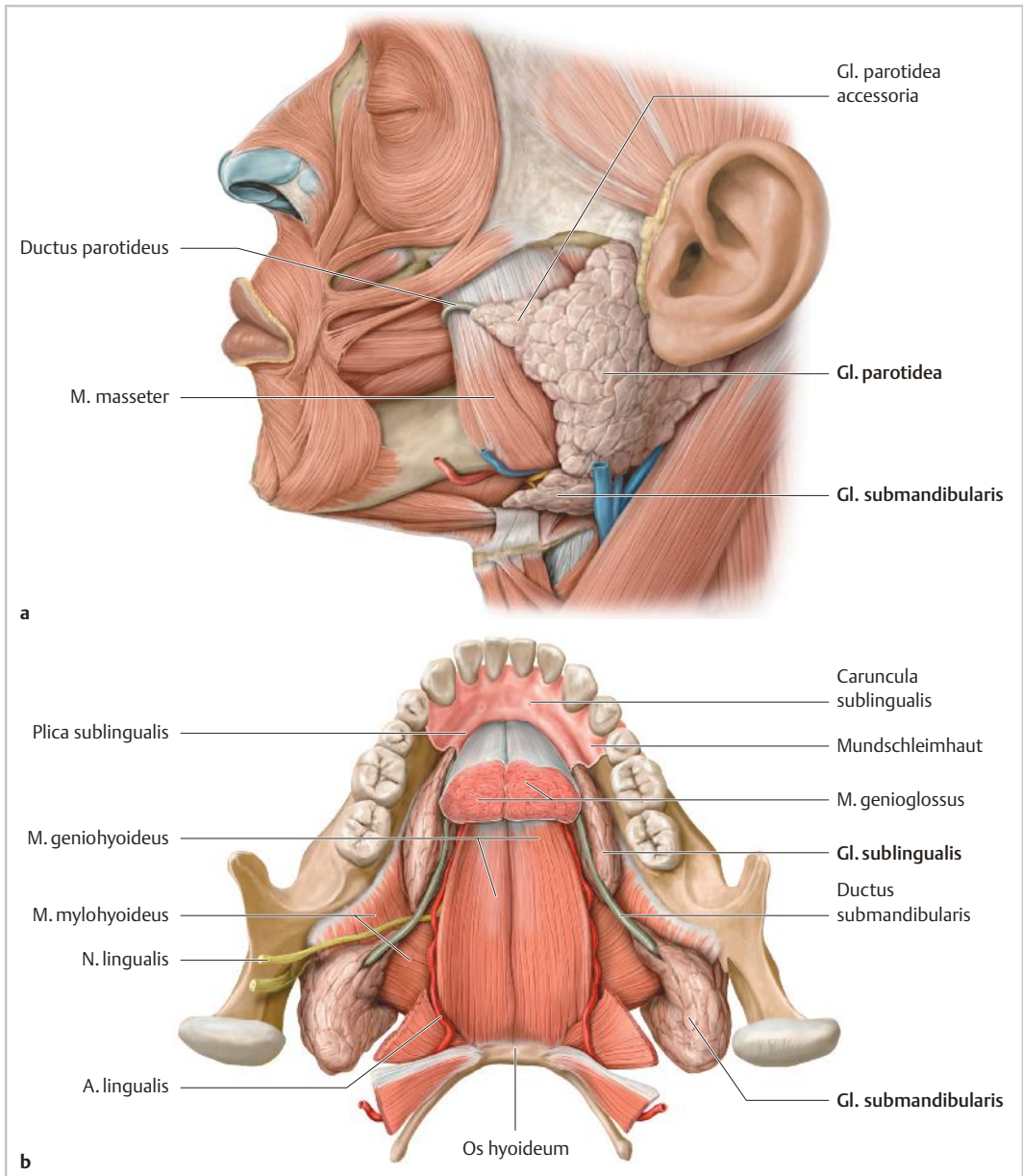


Abb. 3.4 Kopfspeicheldrüsen (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Karl Wesker).

a Ansicht von lateral. In der Seitenansicht ist vor allem die Gl. parotidea besonders gut zu sehen, aber auch die darunterliegende Gl. submandibularis ist dargestellt.

b Ansicht von kranial. In dieser Darstellung sind die Lage der Gl. submandibularis im Unterkiefer dargestellt sowie der lange Ausführungsgang (Ductus submandibularis), der unter der Zunge mündet. Außerdem sind die Gl. sublingualis am Mundboden zu sehen und die Mündungen ihrer kleinen Ausführungsgänge in der Plica sublingualis. Der größere Ausführungsgang, der ebenfalls unter der Zunge mündet, ist nicht dargestellt.

reicht ventral bis zum Arcus palatoglossus, der Grenze zwischen Mundhöhle und Rachen.

Die **Pars laryngea** (Laryngopharynx) liegt dorsal von Aditus laryngis und Kehlkopf; sie reicht vom Dorsalrand der Epiglottis bis zum Übergang des Pharynx in den Ösophagus. Dieser Übergang befindet sich dorsal vom Ringknorpel in Höhe des 6. Halswirbels.

? An welcher Stelle des Kehlkopfs befindet sich der Conus elasticus?

Der **Conus elasticus** ist eine **fibroelastische Membran**, die sich von der Innenfläche des Ringknorpels nach kranial in Richtung auf das Lig. vocale erstreckt. Das **Lig. vocale** kann als oberer freier Rand des Conus elasticus angesehen werden. Unter dem Ligament befindet sich der M. vocalis. Die Form des Conus elasticus ist stark von der Stellung der Stimmbänder abhängig:

- Bei geöffneter Stimmritze ist der Konus fast zylindrischförmig,
- bei geschlossener Stimmritze ist sein kraniales Ende eher keilförmig, da sich die Stimmbänder aneinanderlegen.

? * Welche Abschnitte hat die Stimmritze?

Die Stimmritze besteht aus zwei funktionell wichtigen Abschnitten, die bei der Phonation unabhängig voneinander eingesetzt werden können.

- **Ventral** befindet sich die **Pars intermembranacea**; sie wird vom Lig. vocale begrenzt.
- **Dorsal** schließt sich die **Pars intercartilaginea** der Stimmritze an; dies ist der Bereich zwischen den Aryknorpeln, und zwar vorwiegend zwischen ihren Proc. vocales. Dieser Teil bildet im geöffneten Zustand das sog. **Flüsterdreieck**.

? Was versteht man unter den Plicae vestibulares?

Die **Plicae vestibulares** werden auch „Taschenfalten“ oder „falsche Stimmbänder“ genannt und liegen oberhalb der „wahren Stimmbänder“. Es handelt sich dabei um **Schleimhautfalten**, die die kraniale Begrenzung des Ventriculus laryngis darstellen (die kaudale Begrenzung des Ventrikels wird von den Plicae vocales gebildet).

Die Plica vestibularis **enthält das Taschenband (Lig. vestibulare)**, das etwa parallel und oberhalb des Lig. vocale von der Spitze der Aryknorpel zur Innenseite des Schildknorpels zieht. Bei Drehbewegungen der Aryknorpel um die vertikale Längsachse bewegt sich dieses Band im Gegensatz zum Lig. vocale praktisch nicht; die sagittale Spalte zwischen den beiden Taschenfalten bleibt daher bei der Phonation praktisch unverändert.

? Wie muss die Stimmritze eingestellt sein, damit im Kehlkopf eine Stimmbildung erfolgen kann? Welche Muskeln sind dafür von Bedeutung?

Für die Stimmbildung müssen beide Anteile der Stimmritze (Pars intermembranacea und Pars intercartilaginea) geschlossen sein. Dies wird erreicht durch:

- Kontraktion des **M. cricoarytaenoideus lateralis**, der die Pars intermembranacea schließt,
- sowie durch Kontraktion von **M. arytaenoideus transversus und obliquus**, die durch Zusammenrücken der Aryknorpel die Pars intercartilaginea schließen.

Die Stimmbildung erfolgt dadurch, dass durch Druckerhöhung in der Trachea die verschlossene Stimmritze gesprengt wird. Durch die elastischen Rückstellkräfte legen sich die Stimmbänder sofort wieder aneinander und werden nachfolgend durch die hindurchströmende Luft wieder getrennt. So kommt es zu einem **Schwingen der Stimmbänder in der Horizontalebene**.

? Durch welche Nerven werden die Kehlkopfmuskeln versorgt?

Die Innervation des **M. cricothyroideus** erfolgt durch den **N. laryngeus superior** (Ramus externus) aus dem N. vagus.

Alle anderen Kehlkopfmuskeln werden über den **N. laryngeus recurrens** versorgt, der sich rechts um die A. subclavia und links um den Aortenbogen herumschlingt. Er tritt zwischen Ring- und Schildknorpel in den Kehlkopf ein und endet in den Kehlkopfmuskeln als **N. laryngeus inferior**.

KLINIK. Bei operativen Eingriffen im Halsbereich z. B. bei einer Strumaresektion (Operation bei einer vergrößerten Schilddrüse), kann der N. recurrens verletzt werden. Er versorgt den einzigen Muskel, der die Stimmritze öffnet: den M. cricoarytaenoideus posterior. Fällt der Muskel auf einer Seite aus („einseitige Rekurrensparese“), kommt es zu Heiserkeit. Bei beidseitigem Ausfall („beidseitige Rekurrensparese“) entsteht Atemnot, da die Stimmritze nicht mehr geöffnet werden kann.

? Von welchen Arterien wird die Schilddrüse versorgt?

Die arterielle Versorgung der Schilddrüse erfolgt über die zwei paarig angelegten Arterien:

- A. thyroidea superior
- A. thyroidea inferior

Die **A. thyroidea superior** (aus der A. carotis externa) versorgt praktisch ausschließlich die obere und ventrale Fläche der Schilddrüse.

Die **A. thyroidea inferior** (aus dem Truncus thyrocervicalis) verläuft dagegen vorwiegend zum unteren Pol und zur Dorsalfläche der Schilddrüse.

Die Grenzen zwischen den Versorgungsgebieten der vier Schilddrüsenarterien sind jedoch nicht scharf; es bestehen ausgedehnte und funktionell ausreichende Anastomosen zwischen den Schilddrüsenarterien.

? Wo befinden sich die Epithelkörperchen? Welche Funktion haben sie?

Die **vier Epithelkörperchen**, auch „Nebenschilddrüsen“ (Glandulae parathyroideae) genannt, sind in etwa linsengroß und liegen am dorsalen Rand der Schilddrüse:

- zwei am oberen Pol des Seitenlappens
- zwei am unteren Pol des Seitenlappens

Sie befinden sich in dem Raum zwischen der Organkapsel der Schilddrüse und der Capsula fibrosa. Von außen sind sie nicht sichtbar und bei einer Untersuchung nicht palpabel.

Es handelt sich um endokrine Drüsen, d. h., sie geben ihr Hormon direkt ins Blut ab. Die Epithelkörperchen sezernieren das **Parathormon**, das durch Förderung der Kalziumresorption aus dem Darm und Stimulierung der Osteoklastentätigkeit den **Kalziumspiegel im Blut erhöht**.

Es ist somit **Gegenspieler des Kalzitons**, das die Osteoklastentätigkeit hemmt und den Kalziumspiegel im Blut senkt. Das Kalzitonin wird in den parafollikulären Zellen der Schilddrüse gebildet.

3.1.4 Hirnnerven

? Auf welchem Weg erreicht die Geruchsinformation das Großhirn?

Der Weg der Geruchsbahn beginnt mit den **bipolaren Riechzellen in der Riechschleimhaut** (Regio olfactoria) des Nasenhöhlendachs. Die Axone dieser Zellen ziehen als **Nervi olfactorii (Hirnnerv I)** durch die Lamina cribrosa des Os ethmoidale und gelangen so zum **Bulbus olfactorius** (Umschaltung auf die 2. Neurone der Riechbahn). Von dort ziehen olfaktorische Fasern über den **Tr. olfactorius** sowie die **Stria olfactoria lateralis und medialis** zu den spezifischen Kortexarealen des basalen Großhirns, die die Geruchsinformation verarbeiten (u. a. Tuberculum olfactorium, Regio prepiriformis, Regio entorhinalis). Bewusst werden Gerüche wahrscheinlich im orbitofrontalen Kortex, dem kaudalsten Teil des Frontallappens (Abb. 3.5).

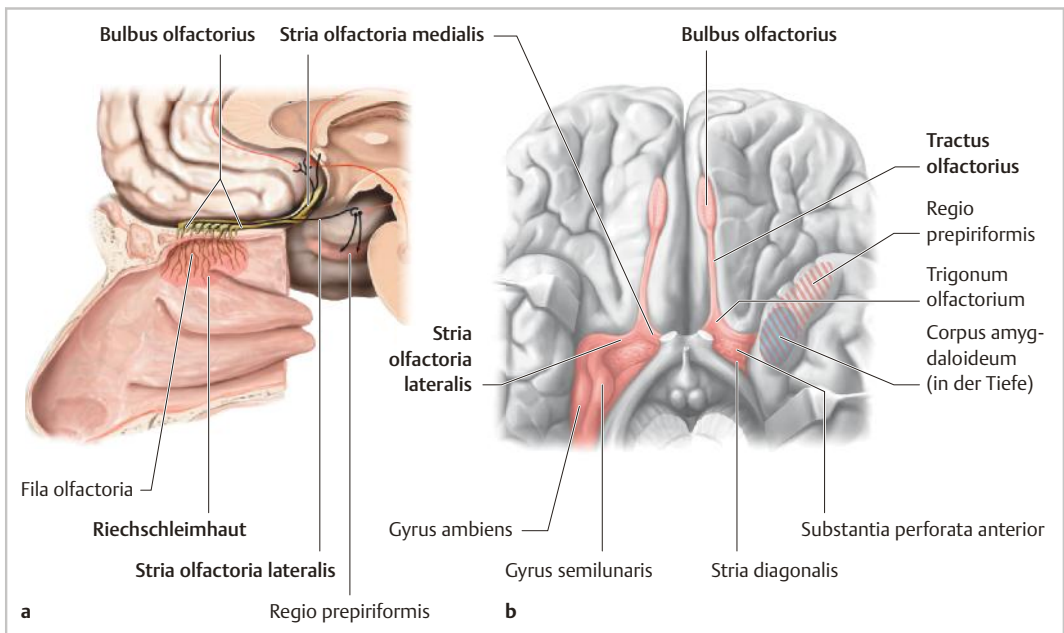


Abb. 3.5 Olfaktorisches System: Riechschleimhaut und ihre zentralen Verbindungen (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Karl Wesker).

a Tr. olfactorius im Mediansagittalschnitt. In dieser Darstellung ist die Riechschleimhaut, die zur Aufnahme der olfaktorischen Reize dient, zu sehen zusammen mit den weiterleitenden Strukturen.

b Ansicht von basal. In dieser Ansicht sind der Tractus olfactorius und die daran angrenzenden Stria olfactoria medialis und lateralis dargestellt sowie die wichtigsten Regionen des Gehirns, die zur Verarbeitung der Geruchsinformation dienen.

? Warum kann der N. opticus nur mit Einschränkungen als Hirnnerv bezeichnet werden?

Der **N. opticus** ist von seiner entwicklungsgeschichtlichen Herkunft und dem anatomischen Aufbau her eher ein **Hirntrakt** als ein peripherer Nerv. Er entsteht als direkte Abspaltung der Großhirnanlage (Diencephalon) und ist von den Häuten des Zentralnervensystems umgeben.

? Welche Augenmuskeln werden vom N. oculomotorius (Hirnnerv III) versorgt?

Der **N. oculomotorius** versorgt über motorische Fasern:

- **vier von sechs äußeren Augenmuskeln** (M. rectus medialis, M. rectus superior, M. rectus inferior, M. obliquus inferior) sowie
- **den Lidheber** (M. levator palpebrae superioris)

Der N. oculomotorius enthält auch parasympathische efferente Fasern, die **zwei innere Augenmuskeln** versorgen (den M. sphincter pupillae für die Pupillenreaktion auf Licht und den M. ciliaris für die Akkommodation).

KLINIK. Der Ausfall des 3. Hirnnervs führt zu einer Okulomotoriusparese mit folgender Symptomatik:

- **Doppelbilder durch Auswärtsschielen** (Augen nach unten außen gerichtet), weil die nicht betroffenen Augenmuskeln (M. obliquus superior und M. rectus lateralis) in ihrer Funktion überwiegen.
- **Ptosis** (herabhängendes oberes Augenlid) durch den Ausfall des M. levator palpebrae superioris
- **Mydriasis** (weite Pupille) durch den Ausfall des M. sphincter pupillae
- **Akkommodationsstörung** (Naheinstellung nicht mehr möglich) durch den Ausfall des M. ciliaris.

? * Wodurch unterscheidet sich der Verlauf des N. trochlearis (Hirnnerv IV) von dem aller anderen Hirnnerven? Welchen Muskel innerviert er?

Der **N. trochlearis** ist der einzige Hirnnerv, der **dorsal aus dem Hirnstamm** austritt, und zwar direkt kaudal des Colliculus inferior der Vierhügelplatte. Er versorgt den Augenmuskel **M. obliquus superior** motorisch, durch den die Blickrichtung nach innen unten ermöglicht wird.

? Auf welchem Weg verlassen die drei Hauptäste des N. trigeminus die Schädelhöhle?

Der **N. ophthalmicus** (1. Ast des N. trigeminus) ist ein sensibler Nerv, der durch die **Fissura orbitalis superior** aus der mittleren Schädelgrube in die Augenhöhle übertritt.

Der **N. maxillaris** (2. Ast des N. trigeminus) verlässt die mittlere Schädelgrube durch das **Foramen rotundum** und gelangt so in die Fossa pterygopalatina.

Der **N. mandibularis** (3. Ast des N. trigeminus) verlässt die mittlere Schädelgrube durch das **Foramen ovale** und erreicht so die äußere Oberfläche der Schädelbasis.

? Von welchen Nerven werden die Zähne des Oberkiefers sensibel versorgt?

Die Zähne des Oberkiefers werden sensibel vom **Plexus dentalis superior** versorgt, der Zuströme aus den folgenden Ästen des **N. infraorbitalis** des N. maxillaris (2. Ast des N. trigeminus) erhält:

- Rami alveolares superiores posteriores (zu den Molaren)
- Ramus alveolaris superior medius (zu den Prämolaren)
- Rami alveolares superiores anteriores (zu den Schneidezähnen)

? Welche Muskeln versorgt der N. mandibularis?

Der N. mandibularis enthält **efferente skeletomotorische (somatomotorische) Fasern**, die aus dem motorischen Trigeminskern im Hirnstamm kommen und sämtliche **Kaumuskeln** motorisch versorgen. Darüber hinaus ziehen motorische Fasern über den N. mylohyoideus zu den **Mundbodenmuskeln** (M. mylohyoideus und M. digastricus, Venter anterior).

? Welche Strukturen werden durch den N. buccalis versorgt?

Der **N. buccalis** (des N. mandibularis) ist nicht – wie oft angenommen – der motorische Nerv für den M. buccinator (dieser wird vom N. facialis motorisch versorgt), sondern er hat eine **rein sensible Funktion**. Das Hauptversorgungsgebiet des N. buccalis ist:

- die Wangenschleimhaut
- das bukkale Zahnfleisch

? Schildern Sie den Verlauf des N. facialis.

Der **N. facialis** (Hirnnerv VII) tritt im Kleinhirnbrückenwinkel aus dem Gehirn aus. Er zieht dann zusammen mit dem **N. intermedius** und dem **N. vestibulocochlearis** in den Porus acusticus internus und verläuft im **Canalis facialis** innerhalb des Felsenbeines nach lateral. Im Bereich des **Ganglion geniculi** (sensibles Ganglion für gustatorische Nervenfasern) gibt er den **N. petrosus major** ab, der präganglionäre parasympathische Fasern für das Ganglion pterygopalatinum enthält. Danach nimmt er die **Chorda tympani** auf. Der N. facialis tritt an der Schädelbasis durch das **Foramen stylomastoideum** aus und bildet dann mit vielen Ästen den **Plexus parotideus** innerhalb der Glandula parotis. Seine Endäste ziehen fächerförmig sich verzweigend aus der Glandula parotis heraus und versorgen motorisch die **mimische Muskulatur** (Abb. 3.6).

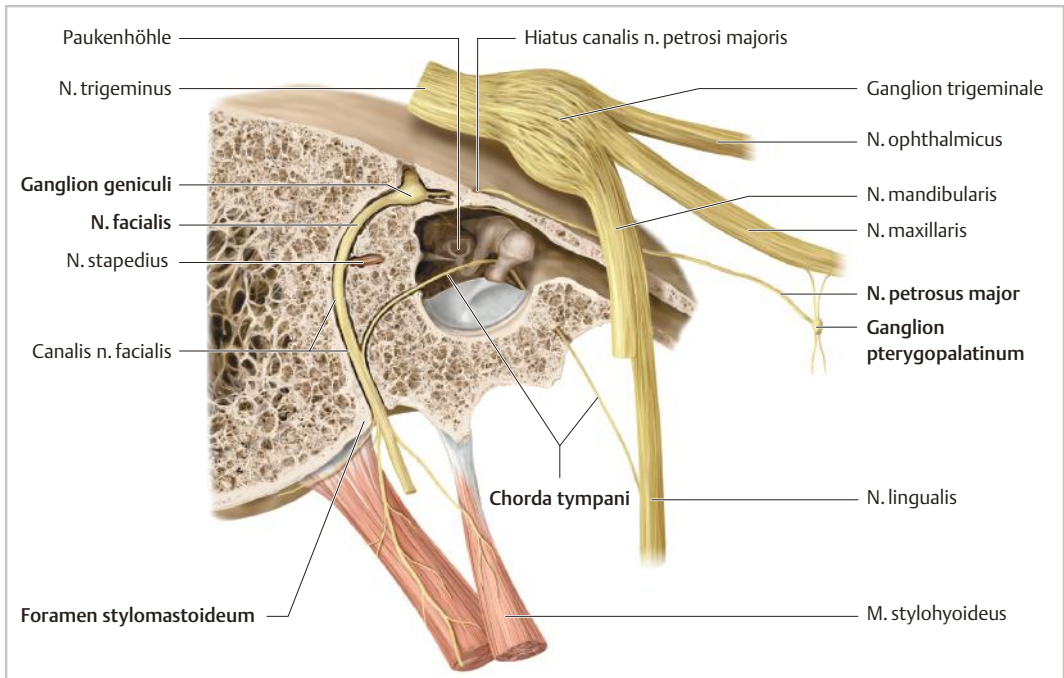


Abb. 3.6 Verlauf des N. facialis im Felsenbein. Ansicht von lateral auf das rechte Felsenbein. Der N. facialis bildet kurz nach seinem Eintritt in das Felsenbein das äußere Fazialisknie mit dem Ganglion geniculi. Im Verlauf des N. facialis durch das Felsenbein zweigen drei Nerven ab (N. petrosus major, N. stapedius und Chorda tympani). Am Foramen stylomastoideum verlässt er das Felsenbein, um u. a. die mimische Muskulatur zu innervieren (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Karl Wesker).

KLINIK. Bei der klinischen Untersuchung des N. facialis wird u. a. die Gesichtsmuskulatur im Seitenvergleich getestet: Der Patient wird aufgefordert, die Stirn hochzuziehen, die Augen fest zu schließen (cave: vollständiger Lidschluss), die Lippen zu spitzen und die Zähne zu zeigen. Eine Fazialisparese führt z. B. durch einen herabhängenden Mundwinkel auf.

? Aus welchen Teilen besteht der N. vestibulocochlearis (Hirnnerv VIII)? Welche Funktion hat er?

Der **N. vestibulocochlearis** ist ein sensorischer (speziell somatoafferenter) Nerv und besteht anatomisch und funktionell aus **zwei Teilen**:

- In seiner **Radix vestibularis** leitet er Informationen vom Gleichgewichtsorgan (Vestibularapparat). Die Pars vestibularis wird von den Axonen der Sinneszellen der beiden Makulaorgane und der Ampullen der drei Bogengänge gebildet.
- In seiner **Radix cochlearis** überträgt er Informationen aus dem Hörorgan im Innenohr. Die Pars cochlearis erhält ihre Fasern aus dem Ganglion spirale, das seinerseits aus den Somata von bipolaren und pseudouni-

polaren Ganglienzellen besteht, deren periphere Fortsätze zu den Sinneszellen im Corti-Organ laufen. Der Name Ganglion spirale deutet an, dass die Somata spiralg um die Achse der Schnecke (Modiolus) angeordnet sind.

? Welche Nervenfasertypen verlaufen im N. glossopharyngeus?

Der N. glossopharyngeus (Hirnnerv IX) enthält:

- **motorische Fasern** zum M. stylopharyngeus und zum oberen Schlundschwürer (speziell viszeroefferent)
- **sensible Äste** (somatoafferent) für die Versorgung der Paukenhöhle und der Gaumenmandel
- **sensorische Äste** (speziell viszeroefferent) für Geschmacksafferenzen vom hinteren Drittel der Zunge
- **parasympathische Fasern** (allgemein viszeroefferent), die als N. petrosus minor zum Ganglion oticum ziehen und die Sekretion der Glandula parotis beeinflussen

Darüber hinaus verlaufen im Ramus sinus carotici **allgemein viszeroefferente Fasern** von den Rezeptoren im Sinus caroticus, die die Wandspannung des Gefäßes messen und für die Blutdruckregulation von Bedeutung sind.

? Schildern Sie den Verlauf des N. vagus im Kopf-Hals-Bereich.

Der **N. vagus** (Hirnnerv X) entspringt der **Medulla oblongata** und verlässt den Schädel zusammen mit dem N. glossopharyngeus und dem N. accessorius durch das **Foramen jugulare**. Innerhalb des Foramens bildet er das sensible **Ganglion superius** und etwa einen Zentimeter nach Verlassen der Schädelbasis das **Ganglion inferius** (nodosum). Am Hals zieht er zwischen V. jugularis interna und A. carotis interna bzw. communis nach kaudal.

- Der **rechte Vagus** verläuft ventral der A. subclavia dextra in den Thorax; an dieser Stelle bildet der **N. laryngeus recurrens** eine Schlinge um die Arterie und zieht nach dorsal und kranial in Richtung Kehlkopf.
- Der **linke Vagus** verläuft im Thorax ventral vom Arcus aortae, um den der linke **N. laryngeus recurrens** eine ähnliche Schlinge bildet.

? Welche sensiblen Äste hat der N. vagus im Kopf-Hals-Bereich?

Im **Kopfbereich** befindet sich der **Ramus auricularis nervi vagi**, der **einzigste Hautast des N. vagus**, der durch den Canaliculus mastoideus zum äußeren Gehörgang läuft. Dort versorgt er die kaudale Dorsalwand sowie einen Teil der inneren Ohrmuschel sensibel. Der **Halsteil** des Vagus hat folgende sensible (allgemein viszeroafferente) Äste:

- **Plexus pharyngeus**, der von Ästen des Glossopharyngeus und des Vagus gebildet wird; er enthält auch sensible Fasern für die Schleimhaut des Pharynx, die über den N. vagus zum Hirnstamm verlaufen.
- Weitere sensible Äste sind im **N. laryngeus superior** (Ramus internus) enthalten, der die Schleimhaut des Kehlkopfes kranial der Stimmritze versorgt.
- Kaudal der Stimmritze wird die Kehlkopfschleimhaut von sensiblen Vagusästen innerviert, die mit dem **N. laryngeus inferior** ziehen, um dann mit dem N. laryngeus recurrens in den Vagus einzustrahlen.

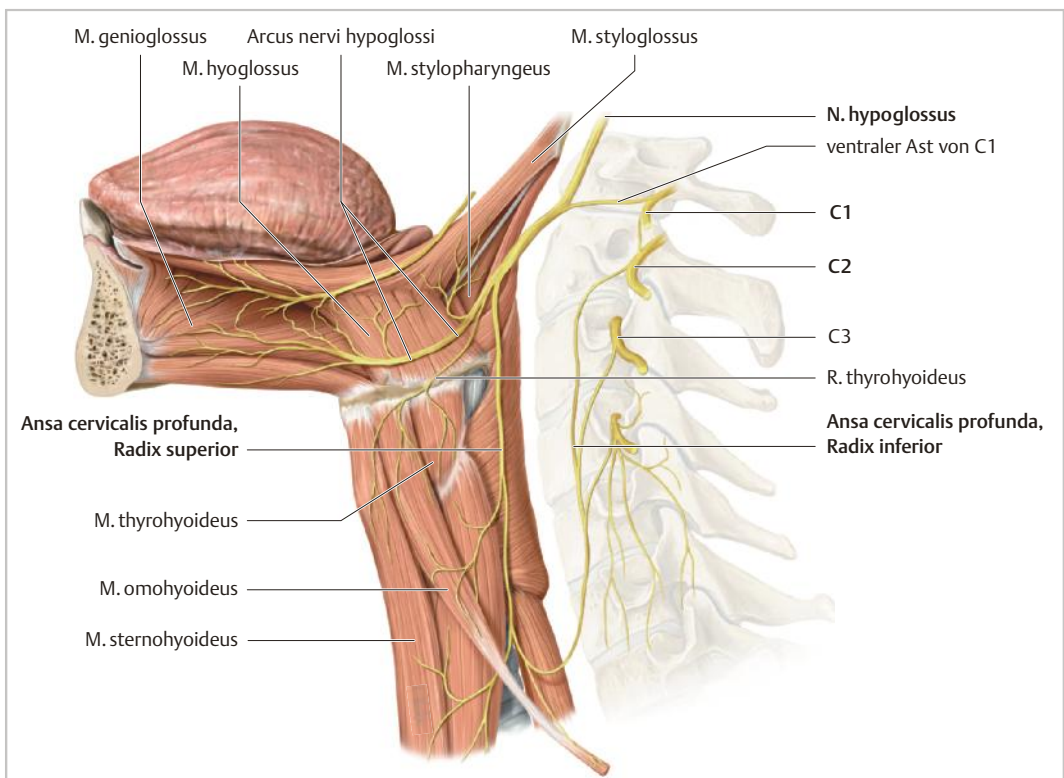


Abb. 3.7 N. hypoglossus mit Ansa cervicalis. Ansicht von links. Am Halssegment C1 schließen sich dem N. hypoglossus motorische Fasern zur Versorgung der infrahyalen Muskulatur an. Diese ziehen mit ihm in die Peripherie und anastomosieren dann mit Fasern aus den Segmenten C2 und C3 (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Karl Wesker).

? Welche funktionellen Beziehungen bestehen zwischen dem N. hypoglossus und den infrahyalen Muskeln?

Der **N. hypoglossus (Hirnnerv XII)** versorgt mit seinen eigenen Fasern (das sind die Fasern, die ihren Ursprung im Hypoglossuskern haben) die **Zungenmuskeln** (Abb. 3.7).

Der Stamm des N. hypoglossus enthält darüber hinaus noch **motorische Fasern**, die vorwiegend aus den motorischen Kernen des **Halssegments C1** kommen. Diese Fasern sind keine echten Hypoglossusfasern, sondern sie benutzen den N. hypoglossus auf ihrem Weg in die Peripherie zur **Versorgung der infrahyalen Muskulatur**. Die Fasern aus dem Zervikalsegment C1, die mit dem N. hypoglossus laufen, bilden den Ramus superior der Ansa cervicalis profunda; dieser Ramus superior anastomosiert mit dem Ramus inferior, der motorische Nervenfasern aus den Segmenten C2 und C3 (evtl. auch C4) enthält.

3.1.5 Halsnerven

? Welche Nerven im Nackengebiet gehören zu den Rami dorsales der Zervikalnerven?

Die **Rami dorsales** des oberen Zervikalmarks nehmen nicht an der Bildung des Plexus cervicalis teil. Die Rami versorgen motorisch die **autochthone Nackenmuskulatur** und sensibel die **Dermatome C2 und C3** an Hinterkopf und Nacken. Zu den Rami dorsales gehören:

- der **motorische N. suboccipitalis** (C1, versorgt die Muskeln des tiefen Nackendreiecks)
- der **N. occipitalis major** (vorwiegend C2 für die sensible Versorgung der Haut des Nackens und der Regio occipitalis)
- der **N. occipitalis tertius** (vorwiegend C3 für die sensible Versorgung der Haut des Nackens und der Regio occipitalis)

? Schildern Sie den Aufbau des Plexus cervicalis.

Der **Plexus cervicalis** wird gebildet von den **Rami ventrales der Spinalnerven C1–C4**. Es handelt sich um ein Nerven-geflecht, das Verbindungen zum N. hypoglossus, N. accessorius und zum Grenzstrang hat.

- Er enthält folgende **Hautnerven**:
 - **N. occipitalis minor** (Hinterhaupt)
 - **N. auricularis magnus** (Ohrmuschelhinterseite und Ohrspeicheldrüse)
 - **N. transversus colli** (mit seiner Anastomose zum N. facialis)
 - **Nervi supraclaviculares** (seitliche Hals- und oberen Brustgegend)
- Die **Muskeläste** bilden:
 - **Rami musculares** (für die **tiefen Halsmuskeln**: M. longus colli, M. longus capitis, M. scalenus anterior und medius, M. levator scapulae)

- **N. phrenicus** (Zwerchfell)
- C1–C4 geben zudem motorische Fasern für die **Ansa cervicalis profunda** (infrahyale Muskeln) ab.

? Welche Strukturen werden vom N. phrenicus versorgt?

Der **N. phrenicus** entspringt mit seinen **Fasern dem Halssegment C4** (mit weiteren Fasern aus C3 und C5). Er zieht auf dem M. scalenus anterior nach kaudal, verläuft dann zwischen Perikard und Pleura pericardiaca zum Zwerchfell. Er innerviert:

- **motorisch**: die Zwerchfellmuskulatur (die Hauptfunktion des N. phrenicus)
- **sensibel**: Perikard, Pleura mediastinalis, Pleura diaphragmatica und Peritoneum

KLINIK. Wird das Rückenmarksegment C4 z. B. im Rahmen eines Unfalls geschädigt, fällt der wichtigste Atemmuskel des Menschen aus: das Zwerchfell. Der Patient erstickt dadurch meist noch am Unfallort.

3.1.6 Vegetative Innervation

? Schildern Sie den Aufbau des Truncus sympathicus im Halsbereich.

Der **Truncus sympathicus** (Grenzstrang) ist Teil des vegetativen Nervensystems und besteht aus einer Kette von etwa 22 autonomen Ganglien, die parallel zur Wirbelsäule verlaufen. Hier erfolgt die Umschaltung vom 1. auf das 2. Neuron.

Im Bereich des Halsrückemarks gibt es keine Zellkörper sympathischer Nerven. Die präganglionären sympathischen Zellen im Rückenmark sind nur in den Seitenhörnern der Segmente C8–L2 vorhanden. Daher handelt es sich beim Truncus sympathicus im Bereich des Halses um die **Fortsetzung des thorakolumbalen Grenzstranges nach kranial**. Die präganglionären sympathischen Fasern, die im Halssympathikus nach kranial laufen, kommen aus dem thorakalen Rückenmark. Diese Fasern können durch mehrere sympathische Ganglien ziehen, bevor sie auf das postganglionäre Neuron umgeschaltet werden.

Der Halssympathikus hat üblicherweise **drei Ganglien**, die den Kopf, Hals und Nacken versorgen:

- **Ganglion cervicale superius** (Auge, Tränen- und Speicheldrüsen, Kopfgefäße)
- **Ganglion cervicale medium** (Plexus cardiacus, Schilddrüse, Nebenschilddrüsen)
- **Ganglion cervicale inferius** (meist mit dem ersten thorakalen Grenzstrangganglion zum sog. Ganglion stellatum verschmolzen: Herz und Lunge)



? Auf welchem Weg gelangen die postganglionären sympathischen Fasern des Halsgrenzstrangs zu den von ihnen innervierten Organen?

Die postganglionären sympathischen Fasern verlassen den Halsgrenzstrang nach Umschaltung in einem der **drei sympathischen Halsganglien** und benutzen die folgenden Wege bzw. Leitstrukturen zu den von ihnen innervierten Organen:

- **Rami communicantes grisei** zu den zervikalen Spinalnerven und damit zu den Muskeln und der Haut im Halsbereich
- den **Plexus caroticus externus** mit den Ästen der A. carotis externa zu den Strukturen, die von dieser Arterie versorgt werden
- den **Plexus caroticus internus** mit der A. carotis interna und ihren Ästen zu den Organen im **Inneren des Schädels**
- von jedem der drei sympathischen Halsganglien über die **Nervi cardiaci zum Plexus cardiacus** für die Beeinflussung der Herzfunktion.

? Welche Strukturen im Kopf-Hals-Bereich werden sympathisch innerviert? Welche Effekte hat eine Aktivierung des Sympathikus im Kopf-Hals-Bereich?

Im **Kopf-Hals-Bereich** werden die aufgelisteten Strukturen **sympathisch** innerviert (Effekt in Klammern):

- Blutgefäße der Haut (Vasokonstriktion)
- Schweißdrüsen der Haut (Sekretion)
- Musculi arrectores pilorum (Aufrichten der Haare)
- Tränendrüse (Hemmung der Sekretion)

- Speicheldrüsen (Bildung eines muzinreichen, eiweißarmen Speichels)
- M. tarsalis und M. orbitalis (Kontraktion des M. tarsalis bewirkt Erweiterung der Lidspalte; Kontraktion des M. orbitalis – nur rudimentär angelegt – soll ein Zurücksinken des Augapfels in die Orbita verhindern)
- M. dilatator pupillae (Pupillenerweiterung)

Zu beachten ist, dass die sympathischen Fasern zu den genannten Effektororganen oft parasympathische Kopfganglien durchlaufen, ohne in diesen umgeschaltet zu werden.

? Beschreiben Sie Lage und Funktion des Ganglion ciliare.

Das **Ganglion ciliare** ist eines der **parasympathischen Kopfganglien**; es liegt in der Orbita an der lateralen Seite des N. opticus. Im Ganglion werden parasympathische Fasern umgeschaltet, die aus dem Westphal-Edinger-Kern im Mesenzephalon kommen (Abb. 3.8). Die postganglionären parasympathischen Fasern des Ganglion ciliare versorgen motorisch:

- **M. sphincter pupillae** (verengt Pupille)
- **M. ciliaris** (Nahakkommodation)

Wegen der gemeinsamen Innervation beider Muskeln ist eine Nahakkommodation der Linse immer mit einer Engstellung der Pupille verbunden; dies ist günstig für die Verbesserung der Tiefenschärfe im Nahbereich.

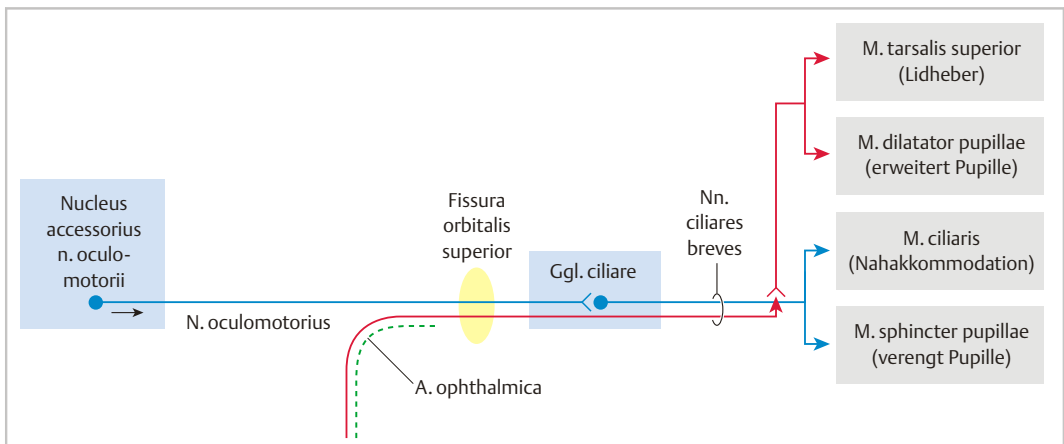


Abb. 3.8 Verschaltung des Ganglion ciliare. Sympathische Fasern sind rot eingezeichnet und parasympathische blau. Der N. oculomotorius wird im Ganglion ciliare umgeschaltet und die parasympathischen Fasern ziehen dann als Nn. ciliares breves zum M. ciliaris und M. sphincter pupillae (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

? Welche Drüsen werden vom Ganglion submandibulare innerviert?

Das Ganglion submandibulare befindet sich auf dem Mundboden in der Nähe des N. lingualis und versorgt hauptsächlich:

- die **Glandula submandibularis** und
- die **Glandula sublingualis**

Das Ganglion submandibulare erhält präganglionäre parasympathische Fasern aus dem oberen Speicherkern (Ncl. salivatorius superior) des Pons; diese Fasern erreichen das Ganglion über den **N. facialis** und die **Chorda tympani**. Nach der Umschaltung im Ganglion gelangen die postganglionären Fasern über Rami glandulares zu den jeweiligen Drüsen.

? Von welchem Ganglion erhält die Glandula parotis ihre parasympathische Versorgung?

Die **Glandula parotis** wird parasympathisch durch postganglionäre Fasern aus dem **Ganglion oticum** versorgt (Abb. 3.9). Die **präganglionären Fasern** für das Ganglion oticum kommen aus dem unteren Speicherkern (Ncl. salivatorius inferior) in der Medulla oblongata; sie ziehen im weiteren Verlauf zunächst mit dem **N. glossopharyngeus** und zweigen dann als **N. tympanicus** ab. Aus dem Plexus tympanicus geht der **N. petrosus minor** hervor, der zum **Ganglion oticum** zieht. Hier erfolgt die Umschaltung auf die postganglionären Fasern. Diese laufen mit dem **N. auriculotemporalis** zur Glandula parotis.

3.1.7 Arterien und Venen

? Welchen Verlauf hat die A. vertebralis?

Die **A. vertebralis** ist meist der **erste größere Ast der A. subclavia**. In der Mehrzahl der Fälle tritt sie in das Foramen transversarium des 6. Halswirbels ein, verläuft durch die weiteren **Foramina transversaria** nach kranial, um dann über das Foramen occipitale magnum das Schädelinnere zu erreichen. Sie ist neben der A. carotis interna das wichtigste Gefäß für die **Versorgung des Gehirns**.

Von dem geschilderten Verlauf gibt es Abweichungen; gelegentlich tritt die A. vertebralis in das Foramen transversarium des 7. Halswirbels ein oder auch in weiter kranial gelegene Foramina transversaria.

? Schildern Sie Lage des Sinus caroticus und des Glomus caroticum. Was ist ihre Funktion?

Der **Sinus caroticus** ist eine Gefäßerweiterung im Bereich der Karotidgabel. In der Wand des Sinus befinden sich **Mechanorezeptoren**, die vorwiegend über den **N. glossopharyngeus innerviert werden** (afferente Fasern leiten Informationen zu den Kreislaufzentren im Hirnstamm). Die Rezeptoren sind Teil des Regelkreises, der den Blutdruck im Normbereich hält. Die **Druckrezeptoren des Sinus caroticus** messen über die Wandspannung den **Blutdruck**.

Das **Glomus caroticum** (Glomus lat. „Knäuel“) ist ein längliches Knötchen von wenigen Millimetern Länge, das sich im Teilungswinkel der A. carotis externa und interna befindet. Es gehört zu den sog. **Paraganglien** und besteht aus epithelähnlichen Zellen, die in ein Netzwerk von weitläufigen

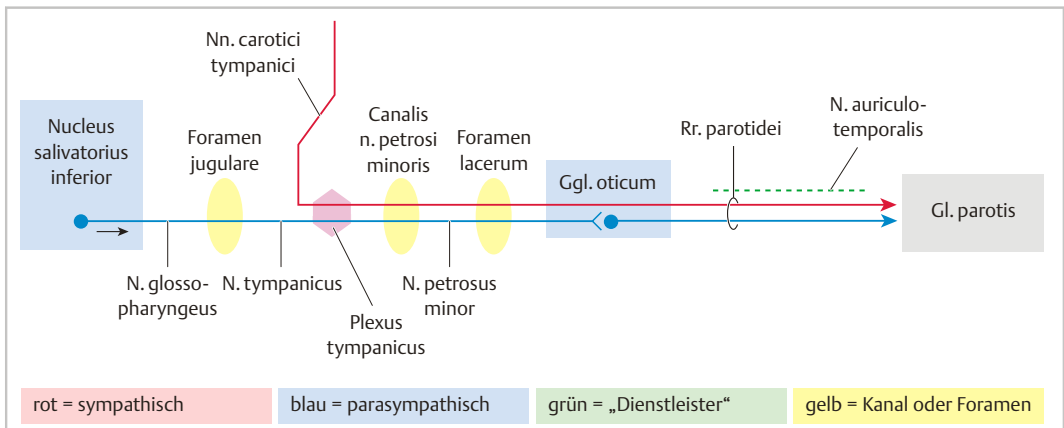


Abb. 3.9 Verschaltung des Ganglion oticum. Sympathische Fasern sind rot dargestellt, parasympathische blau. Das Ganglion bezieht seine parasympathischen Fasern aus dem Nucleus salivatorius inferior, die zunächst mit dem N. glossopharyngeus ziehen und dann als N. tympanicus den Plexus tympanicus erreichen. Von dort ziehen sie als N. petrosus minor zum Ganglion oticum und innervieren die Glandula parotis (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

migen Kapillaren und afferenten Nervenfasern eingebettet sind. Das Glomus enthält **Chemorezeptoren**, sie messen im Blut:

- O₂-Partialdruck
- CO₂-Partialdruck
- pH-Wert

Die afferenten Fasern der chemorezeptiven Nervenendigungen laufen ebenfalls über den **N. glossopharyngeus** zum Hirnstamm. Eine Aktivierung dieser Chemorezeptoren führt zu einer Aktivierung der Atmung.

KLINIK. Ein Schlag auf den Hals im Bereich des Trigonum caroticum kann die Druckrezeptoren im Sinus caroticus aktivieren. Das Signal wird von den Kreislaufzentren als erhöhter Blutdruck fehlinterpretiert; daher werden Maßnahmen zur Senkung des (normalen) Blutdrucks eingeleitet. Folge sind: eine verlangsamte Herzfrequenz, Gefäßerweiterung mit Blutdruckabfall und ggf. eine Synkope (Ohnmacht).

? Welche Hauptzuflüsse hat die V. jugularis interna?

Die Hauptzuflüsse der V. jugularis interna sind:

- Ein Großteil des venösen Blutes des Gehirns, das über den **Sinus sigmoideus** und **Sinus petrosus inferior** in die V. jugularis interna abfließt. Die Einmündung aus dem Blutleitersystem erfolgt innerhalb des Foramen jugulare; hier ist die V. jugularis interna zum Bulbus superior erweitert.
- **V. facialis**, **V. retromandibularis** und **V. lingualis** (aus dem Gesichtsbereich).
- **Vv. thyroideae** (Schilddrüse).

? Was versteht man unter dem Venenwinkel?

Der Venenwinkel (**Angulus venosus**) ist definiert als der Zusammenfluss der drei großen Venen im Halsbereich:

- **V. jugularis interna**
- **V. subclavia**
- **V. jugularis externa**

Aus diesem Zusammenfluss bildet sich die **V. brachiocephalica**, die in die **V. cava superior** mündet.

3.1.8 Lymphknoten und Lymphgefäße

? Nennen Sie die wichtigsten Lymphknotenstationen im Kopf-Hals-Bereich, die bei einer klinischen Untersuchung palpirt werden.

Wichtige Lymphknotenstationen im **Kopf-Hals-Bereich** sind:

- submentale Lymphknoten (Nodi lymphatici submentales)
- submandibuläre Lymphknoten (Nodi lymphatici submandibulares)
- präaurikuläre und retroaurikuläre Lymphknoten (Nodi lymphatici parotidei, Nodi lymphatici mastoidei)
- nuchale, okzipitale Lymphknoten (Nodi lymphatici occipitales: oberflächliche Lymphknoten okzipital, drainieren Lymphe in die tiefen Halslymphknoten)
- profunde, zervikale Lymphknoten (Nodi lymphatici cervicales profundi) entlang der V. jugularis interna
- supraklavikuläre Lymphknoten (Nodi lymphatici supraclaviculares) am Übergang Hals/Thorax.

KLINIK. Bei der klinischen Untersuchung tastet man systematisch die einzelnen Lymphknotenstationen von submental über supraklavikulär bis präaurikulär ab. Schmerzhaftes, weiches Schwellungen deuten auf eine Entzündung im Einflussgebiet des Lymphknotens hin. Schmerzlose, vergrößerte Lymphknoten von derber Konsistenz hingegen sind Warnhinweise für eine maligne Erkrankung.

Tab. 3.3 Abfluss des Blutes über die Jugularvenen (Aumüller et al. Duale Reihe Anatomie.Thieme; 2017)

Jugularvene	venöse Zuflüsse aus dem Kopfbereich	Abflussgebiet
V. jugularis interna	V. temporalis superficialis → Plexus pterygoideus → V. facialis → V. jugularis interna	oberflächliche (vordere) und tiefe seitliche Gesichtregion mit Kopfhaut dieser Bereiche
	Plexus pterygoideus → V. retromandibularis → V. jugularis interna	
	Sinus durae matris, die auch Blut aus oberflächlichen und tiefen Hirnvenen aufnehmen → V. jugularis interna	Schädelinneres (mit Gehirn)
V. jugularis externa	V. occipitalis (+ Verbindungsvenen zur V. retromandibularis) → V. jugularis externa	oberflächliche (hintere) Kopfteile

Tab. 3.4 Lymphknoten im Kopfbereich (Aumüller et al. Duale Reihe Anatomie.Thieme; 2017)

Lymphknoten	Lokalisation	Zuflussregion	Abfluss
Nll. occipitales	Nacken, unterhalb Linea nuchalis inferior	Kopfschwarte	Nll. cervicales lateralis profundi superiores
Nll. mastoidei/retroauriculares	neben Proc. mastoideus		
Nll. faciales	entlang der V. facialis		
Nll. parotidei superficiales und profundi	vor dem äußeren Gehörgang	Ohrbereich, Schläfenregion, Kinn, Paukenhöhle, Gehörgang, Augenlider, Nasenhöhle und Sinus paranasales	Nll. cervicales laterales profundi superiores (Nl. jugulodigastricus)
Nll. linguales	auf dem M. hyoglossus	vordere $\frac{2}{3}$ des Zungenrückens, Zungenrand und -unterseite	
Nll. buccales	auf dem M. buccinator	Regio faciei	
Nll. submentales	Kinnunterseite	Mundboden, Kinn, Unterlippe, Zunge, Tonsillen, Zahnfleisch, Zähne	über Nll. submandibulares
Nll. submandibulares	an der Glandula submandibularis		zu den Nll. cervicales anteriores profundi

? Auf welchem Weg fließt die Lymphe aus dem Kopf-Hals-Bereich in die großen Venen?

Im Kopf-Hals-Bereich befinden sich **oberflächliche** und **tiefe Lymphgefäße**. Die Lymphe aus den oberflächlichen Lymphbahnen im Kopfbereich fließt über die tiefen Hals-

lymphknoten **entlang der V. jugularis interna** nach kaudal in den **Truncus jugularis dexter bzw. sinister** (Abb. 3.10).

Der rechte Truncus jugularis endet im Ductus lymphaticus dexter, einem großen Lymphgefäß, das in den **rechten Venenwinkel** mündet.

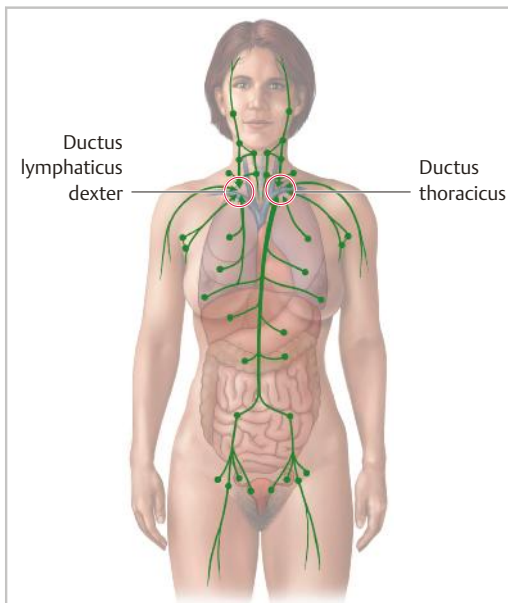


Abb. 3.10 Halslymphknoten als Teil der systemischen Lymphzirkulation. Die Lymphe aus dem Kopf-Hals-Bereich mündet links in den Truncus jugularis sinister und fließt dann in den Ductus thoracicus. In diesen mündet auch die Lymphe aus dem linken Arm und weiten Teilen des Körpers und wird in den linken Venenwinkel geleitet. Rechts fließt die Lymphe des Kopf-Hals-Bereichs in den Ductus lymphaticus dexter, der aus dem Zusammenschluss von Truncus jugularis, Truncus subclavius und Truncus bronchomediastinalis entsteht und in den rechten Venenwinkel mündet (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

Der **Ductus lymphaticus dexter** entsteht aus der Vereinigung des:

- Truncus jugularis (Lymphe aus dem Kopf-Hals-Bereich)
- Truncus subclavius (Lymphe des Armes)
- Truncus bronchomediastinalis (Lymphe aus Brustwand und Brustkorbbereich: Herz, Lunge, Thymus)

Auf der **linken Seite** erfolgt der Abfluss aus dem Kopf-Hals-Bereich über den **Truncus jugularis sinister**. Dieser mündet zunächst in den **Ductus thoracicus**, das größte Lymphgefäß des menschlichen Körpers. Der Ductus thoracicus leitet die Lymphe aus der unteren sowie linken oberen Körperhälfte in den **linken Venenwinkel**.

3.2 Klinische und topografische Anatomie

? Welche Fontanellen am Schädel des Feten kennen Sie? Welche Bedeutung haben sie in der Geburtshilfe?

- Die **vordere Fontanelle (Fonticulus anterior)** ist die größte; sie befindet sich an der späteren Verschmelzungsstelle von Sutura coronalis, frontalis und sagittalis zwischen den Ossa frontalia und parietalia und hat ein **rautenförmiges Aussehen**. Der Verschluss erfolgt um das 3. Lebensjahr herum.
- Die **hintere Fontanelle (Fonticulus posterior)** befindet sich am Übergang zwischen Os occipitale und den beiden Ossa parietalia an der späteren Verschmelzungslinie der Sutura lambdoidea mit der Sutura sagittalis. Sie hat die **Form eines Dreiecks**. Ihr Verschluss erfolgt bereits ab dem 3. Lebensmonat.

Die **klinische Bedeutung** der Fontanellen in der Geburtshilfe liegt darin, dass sie am Schädel des Feten palpabel sind, sodass mit ihrer Hilfe die Stellung des kindlichen Kopfs im Geburtskanal festgestellt werden kann.

Der kindliche Schädel hat noch **zwei weitere Fontanellen** am seitlichen Schädel, die **paarig** angelegt sind: **Fonticulus sphenoidalis** zwischen Os frontale, parietale und sphenoidale sowie **Fonticulus mastoideus** zwischen Os parietale, occipitale und Proc. mastoideus. Diese Fontanellen sind in der Geburtshilfe von geringerer Bedeutung, da sie wegen ihrer Lage am seitlichen Schädel für die Palpation weniger zugänglich sind. Der Fonticulus sphenoidalis ist darüber hinaus von Muskulatur bedeckt.

? Auf welchem Weg können sich Entzündungen der Kopfschwarte in das Schädelinnere ausbreiten?

Eine Verbindung zwischen der Kopfschwarte und dem Schädelinneren wird durch die **Vv. emissariae** (Emissarien) gebildet. Normalerweise fließt das Blut aus den Sinus der Dura mater über die **Venen der Diploe** (der mittleren locker gebauten Schicht des knöchernen Schädeldachs) durch die Emissarien in die Kopfschwarte ab. Da

die Sinus **klappenlos** sind, kann sich die Blutströmungsrichtung umkehren. Entzündliche Prozesse aus der Kopfschwarte können so in das Sinussystem übertragen werden.

? Weshalb lassen Impressionsfrakturen des Schädeldachs oft keine Bruchlinien an der Außenseite erkennen?

Der Knochen des Schädeldachs besteht aus drei Schichten:

- Lamina externa
- Diploe
- Lamina interna

Die **Lamina externa** ist die kompakte äußere Schicht, die der Kompakta des Röhrenknochens ähnelt. Die **Lamina interna** ist ebenso gebaut. Dazwischen befindet sich die **Diploe**, die eine lockere Balkenstruktur zeigt.

Bei spitzer Gewalteinwirkung auf den Schädel kommt es zu einer Eindellung des Schädeldknochens, wobei die Lamina interna **gedehnt** und die Lamina externa **gestaucht** wird. Die Lamina interna ist gegen Dehnung wenig widerstandsfähig und kann reißen, bevor Bruchlinien in der Lamina externa auftreten. Die Folge ist eine **Impressionsfraktur**, die innen radiäre Bruchlinien erkennen lässt (Kontrolle durch CT), während die Lamina externa unverseht erscheint.

? Bei stumpfen Gewalteinwirkungen auf den Schädel kommt es oft zu Berstungsbrüchen, besonders im Gebiet der Schädelbasis. Welche Frakturlinien sind hier besonders häufig zu finden?

In der **vorderen Schädelgrube** verlaufen Frakturlinien meist durch das **sehr dünne Orbitadach** und/oder durch die **Lamina cribrosa**. Die Zerreißen von Venen in diesem Gebiet kann zum sog. **Brillenhämatom** führen (retrobulbäre Blutung, die am vorderen Orbitarand ringförmige Hämatome verursacht). Bei Eröffnung der Liquorräume in der vorderen Schädelgrube kann durch die geborstene Lamina cribrosa Liquor aus der Nase fließen.

In der **mittleren Schädelgrube** sind die Durchtrittsstellen für die Äste des N. trigeminus gefährdet. Die Bruchlinien verbinden oft die Foramina ovale und rotundum und kreuzen die A. meningea media, aus der es bluten kann. Häufig läuft eine **Bruchlinie durch die Sella turcica** von den Nervendurchtrittsstellen der einen zu denen der anderen Seite. Verlaufen die **Bruchlinien durch das Innen- und Mittelohr**, so kommt es bei gleichzeitiger Verletzung des Trommelfells zum Liquorabfluss aus dem äußeren Gehörgang. Dies ist ein sicheres Zeichen für das Vorliegen eines Schädelbasisbruchs.

Von den drei Schädelgruben ist die **hintere Schädelgrube mechanisch am stabilsten** und daher selten von Frakturen betroffen (Abb. 3.11).

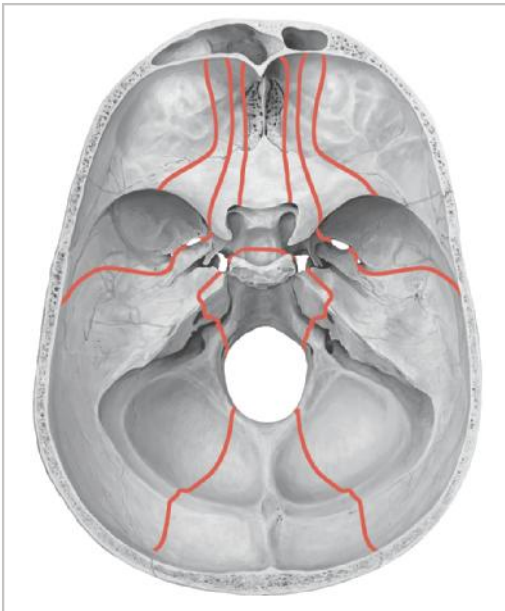


Abb. 3.11 Häufige Bruchlinien der Schädelbasis. Ansicht von innen (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Karl Wesker).

? Wo befinden sich die Druckpunkte für die Hautäste des N. trigeminus?

Die Hautäste des **N. trigeminus** und ihre **Druckpunkte** befinden sich auf beiden Gesichtshälften:

- **N. supraorbitalis** (Augenbraue)
- **N. infraorbitalis** (paranasal) und
- **N. mentalis** (Kinn)

Die Nerven treten aus dem knöchernen Schädel skelett durch gleichnamige Foramina aus (im Falle des N. supraorbitalis kann statt eines Foramen auch eine Incisura am oberen Orbitalrand vorliegen). Die **Austrittsstellen** befinden sich angenähert **auf einer vertikalen Linie**, die die Austrittspunkte verbindet und etwa zwei fingerbreit lateral der Medianebene verläuft. Besonders die Incisura supraorbitalis, falls vorhanden, kann sehr gut palpatorisch identifiziert werden. Kräftiger Druck auf die Nervenaustrittspunkte sollte entsprechende Druckempfindungen auslösen, jedoch keinen Schmerz. Bei neuralgischen und anderen pathologischen Veränderungen der Trigemina-äste wird auch leichter Druck auf die Nervenaustrittspunkte als schmerzhaft empfunden.

? An welchen Merkmalen kann man eine periphere Fazialisparese und eine zentrale faziale Parese voneinander unterscheiden?

Unter einer **peripheren Fazialislähmung** versteht man eine Leitungsunterbrechung des Ners distal seines motorischen Ursprungskerns im Hirnstamm, zum Beispiel im Verlauf des Canalis facialis oder nach seinem Durchtritt durch das Foramen stylomastoideum. Die periphere Fazialislähmung ist gekennzeichnet durch den **Ausfall sämtlicher mimischer Muskeln** der Gesichtshälfte auf der Seite der Läsion. Klinisch zeigen sich ein einseitiger herabhäng-

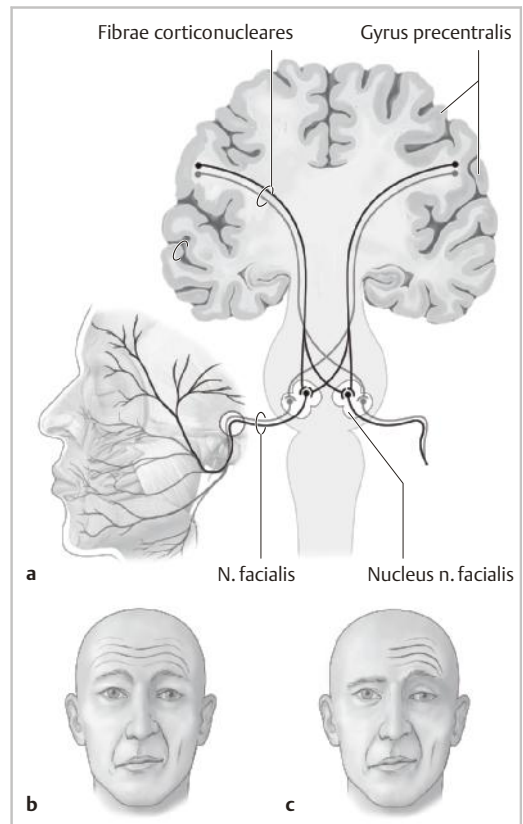


Abb. 3.12 Zentrale faziale Parese und periphere Fazialislähmung a Schematische Darstellung der Läsionslokalisation b Klinisches Bild bei zentraler fazialer Parese: Ausfall der mimischen Muskulatur bis auf die der Stirn- und Augenmuskulatur. Stirnrunzeln ist beidseitig möglich. c Klinisches Bild der peripheren Fazialislähmung: Hier kommt es zu einem Ausfall aller mimischen Muskeln. Das Stirnrunzeln gelingt nur noch auf einer Seite (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Karl Wesker).

gender Mundwinkel, unvollständiger Lidschluss und eine verstrichene Stirn.

Bei der **zentralen fazialen Parese** liegt eine Läsion auf der Strecke zwischen dem motorischen Kortex und dem Fazialiskern im Hirnstamm vor (z. B. durch eine apoplektische Blutung). Bei dieser Art der Lähmung sind die mimischen **Muskeln des Mundes und der Wange** auf der der Läsion gegenüberliegenden Seite gelähmt. Die Muskeln der Stirn und des Augenlids sind noch intakt, da die kranialen Teile des Fazialiskerns, die diese Anteile der mimischen Muskulatur versorgen, eine doppelseitige Verbindung mit dem Motorkortex haben. Stirnrunzeln und Lidschluss sind daher beidseits noch möglich (Abb. 3.12).

? Auf welche Weise lässt sich das Symptom einer Hyperakusis bei einer Fazialislähmung erklären?

Eine **Hyperakusis** ist eine Hörstörung, bei der objektiv schwache Geräusche subjektiv als **sehr laut** empfunden werden. Dieses Symptom tritt oft als Begleiterscheinung bei einer peripheren Fazialislähmung auf, und zwar dann, wenn der Ort der Nervenläsion proximal vom Abgang des N. stapedius liegt. Der **N. stapedius** verlässt den N. facialis im Verlauf des Canalis facialis etwas distal vom Ganglion geniculi. Dieser Nerv versorgt den **M. stapedius**, der bei lauten Geräuschen reflektorisch die Steigbügelplatte im Foramen ovale verankert und somit die Schallübertragung dämpft. Der Ausfall des M. stapedius führt zu einer **Überempfindlichkeit des Innenohrs**, was subjektiv als Hyperakusis empfunden wird.

? Welche Symptome gehören zum sog. Horner-Syndrom?

Das **Horner-Syndrom** ist der Ausdruck einer **Schädigung des Halssympathikus**; demzufolge bestehen Anzeichen einer gestörten oder ausgefallenen sympathischen Innervation im Kopf-Hals-Bereich. Ohne weitere Hilfsmittel sind **drei Symptome** eindeutig zu erkennen (Abb. 3.13):

- die enge Lidspalpe (**Ptoxis**), bedingt durch Ausfall des M. tarsalis
- die enge Pupille (**Miosis**), bedingt durch Ausfall des M. dilatator pupillae, und
- der tief in der Orbita liegende Augapfel (**Enophthalmus**)

Das zuletzt genannte Symptom wird auf einen Ausfall des M. orbitalis zurückgeführt. Da dieser Muskel beim Menschen jedoch praktisch funktionslos ist, ist diese Erklärung umstritten.

Klinisch bedeutsam ist das Horner-Syndrom auch als Kontrolle einer erfolgreichen Stellatumblockade, d.h. einer Lokalanästhesie des Ganglion stellatum.

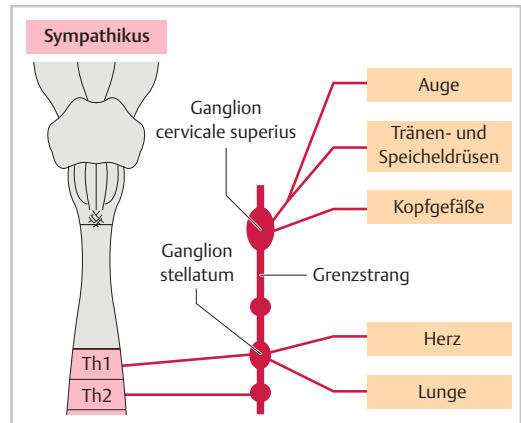


Abb. 3.13 Horner-Syndrom. Schema Sympathikus Th1 und Th2. Das Ganglion stellatum bezieht seine sympathischen Fasern aus den Rückenmarksegmenten Th1 und Th2, die dann zum Teil zum Ganglion cervicale superius ziehen. Von dort aus innervieren sie u. a. den M. tarsalis, den M. dilatator pupillae und den M. orbitalis. Ein Ausfall dieser drei Muskeln äußert sich klinisch im sog. Horner-Syndrom und ist ein Hinweis auf eine Schädigung des Halssympathikus (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

KLINIK. Ein Horner-Syndrom kann im Rahmen eines peripher gelegenen Bronchialkarzinoms (Pancoast-Tumor) auftreten, wenn dieses den Halssympathikus und zervikale Nervenwurzeln schädigt.

? Welche Ausfallserscheinungen erwarten Sie bei einer Lähmung des N. abducens?

Der **N. abducens (Hirnnerv VI)** versorgt motorisch den **M. rectus lateralis**. Bei einem Ausfall des Nervs überwiegt der Tonus der anderen äußeren Augenmuskeln, besonders der seines Antagonisten, des M. rectus medialis. Die Folge ist **Einwärtsschielen**, d.h., die Sehachse des betroffenen Auges weicht nach nasal ab.

? Bei der Untersuchung des Trommelfells mit Hilfe eines Ohrtrichters kann es bei empfindlichen Patienten, besonders bei Kindern, zu Übelkeit oder sogar zum Erbrechen kommen. Wie erklären Sie diesen Vorgang?

Wenn der Ohrtrichter in den äußeren Gehörgang eingeführt wird, werden sensible Fasern im **Ramus auricularis nervi vagi** gereizt. Diese Fasern bilden den afferenten Schenkel eines Reflexbogens, der als efferente Fasern **parasympathische Vagusfasern** hat. Starke Erregungen dieses Reflexbogens führen zu verstärkter Sekretion der Speicheldrüsen und zu massiven Kontraktionen des Ma-

gen-Darm-Trakts. Auf diese Weise kann Erbrechen ausgelöst werden, wie es auch nach mechanischer Reizung der Rachenwand geschieht.

? Warum können Entzündungen im Oberlippenbereich lebensbedrohlich sein?

Entzündungen im Oberlippenbereich (z.B. Furunkel, also Entzündungen von Haarfollikeln) sind deswegen gefährlich, weil zwischen der **Oberlippe und dem Sinus cavernosus** in der mittleren Schädelgrube eine **direkte venöse Verbindung** besteht. Diese Verbindung wird von der V. facialis über die **V. angularis** am medialen Augenwinkel und die **V. ophthalmica superior** gebildet (Abb. 3.14). Auf diesem Wege können Bakterien aus der Oberlippe in den Sinus cavernosus und damit in den Schädelinnenraum verschleppt werden. Eine Absiedlung von Bakterien in den Sinus cavernosus bringt immer die Gefahr eines Übergreifens auf das umliegende Gehirngewebe und damit einer **lebensgefährlichen Enzephalitis** mit sich.

? Wo befindet sich die Öffnung des Sinus sphenoidalis?

Der **Sinus sphenoidalis** (Keilbeinhöhle) ist oft paarig angelegt. Seine Öffnungen befinden sich an der Ventralwand der Keilbeinhöhle relativ hoch über dem Boden der Höhle. Die Abflussbedingungen bei einer Vereiterung sind somit recht schlecht. Die Öffnung mündet in den **Recessus sphenoeethmoidalis**, einen spaltförmigen Raum zwischen dem Oberrand der Concha nasalis superior und dem Nasenhöhlendach.

? An welcher Stelle der Nasenhöhle befindet sich der natürliche Ausgang des Sinus maxillaris?

Der Kieferhöhle (**Sinus maxillaris**) steht über den **Hiatus semilunaris** mit dem mittleren Nasengang (**Meatus nasi medius**) in Verbindung, der sich **unterhalb der mittleren Nasenmuschel** befindet (Abb. 3.15). Die Öffnung liegt relativ zum Boden der Kieferhöhle sehr hoch; daher kann Eiter bei einer Kieferhöhlenentzündung nicht spontan abfließen.

Der Hiatus semilunaris wird von kranial durch die größte Siebbeinzelle (Bulla ethmoidalis) eingeengt, sodass die Öffnung bei entzündlichen Vorgängen durch die geschwollene Schleimhaut oft völlig verschlossen ist.

? Warum muss man sich beim Weinen die Nase putzen?

Die vermehrte Sekretion aus der Nase beim Weinen hat zwei Ursachen:

- Der **Ductus nasolacrimalis** mündet als Fortsetzung des Saccus lacrimalis in den unteren Nasengang unterhalb der unteren Nasenmuschel.
- Die Tränendrüse wird durch postganglionäre **parasymphatische Fasern** aus dem Ganglion pterygopalatinum zur vermehrten Sekretion angeregt; von demselben Ganglion gehen parasymphatische Fasern zu den **Glandulae nasales** und führen beim Weinen zu einer verstärkten Sekretion in diesen Nasendrüsen.

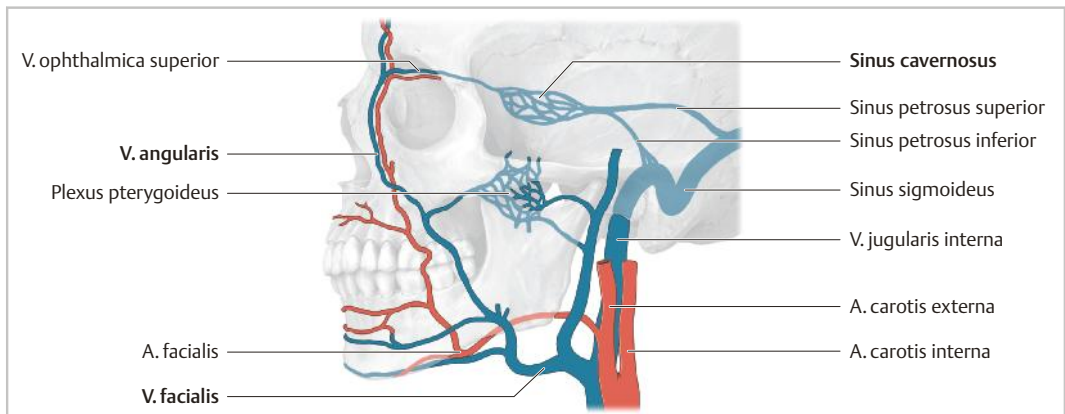


Abb. 3.14 Überblick der Gefäßbeziehungen im Gesichtsbereich. Ausgehend von der V. facialis ziehen die wichtigsten Venen des Gesichtsbereichs entlang der Orbita (V. angularis) in den Sinus cavernosus. Aufgrund dieser Verbindung können Infektionen an der Oberlippe bis ins Gehirn wandern (Enzephalitis) (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus Lern-Atlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Karl Wesker).

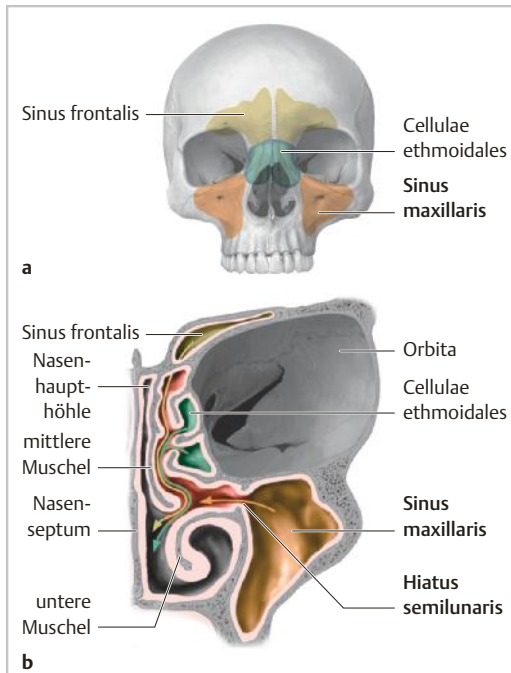


Abb. 3.15 Nasennebenhöhlen (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Karl Wesker).

a Projektion der Nasennebenhöhlen frontal auf den Schädel.

b Frontalschnitt des Schädels auf Höhe der Nasennebenhöhlen. Der Sinus maxillaris steht über den Hiatus semilunaris mit den anderen Nasennebenhöhlen in Kontakt und hat so auch eine Verbindung in die Nasenhöhle.

? Mit welchen Räumen außer den Nasennebenhöhlen steht die Nasenhöhle in topografischer Beziehung?

Die Nasenhöhle steht in topografischer Beziehung mit folgenden Räumen:

- **vordere Schädelgrube** über die Lamina cribrosa
- **Fossa pterygopalatina** über das Foramen sphenopalatinum
- **Mundhöhle** über den Canalis incisivus.

Die Nasenhöhle hat wichtige Beziehungen zur vorderen Schädelgrube, und zwar über die Lamina cribrosa, durch deren Löcher die Fila olfactoria (Hirnnerv I) verlaufen. Das Nasenhöhlendach ist somit gleichzeitig ein Teil des Bodens der vorderen Schädelgrube.

Weitere Verbindungen der Nasenhöhle bestehen in Form des Foramen sphenopalatinum am hinteren oberen Ende der Nasenhöhle zur Fossa pterygopalatina und über den Canalis incisivus zur Mundhöhle.

KLINIK. Bei Schädelbasisbrüchen können die Lamina cribrosa und die daraufliegende Dura verletzt werden. Dann tritt u.U. Liquor cerebrospinalis aus dem Subarchnoidalraum in die Nasenhöhle über (Liquorrhoe). Eine Liquorrhoe kann von einer Rhinorrhoe (Ausfluss von Nasensekret) mit einem Glucoseteststreifen unterschieden werden: Ein positiver Glucosenachweis spricht für Liquor (Glucosegehalt im Liquor fünfmal höher als in Nasensekret).

? * Wie sind die Innervation und die Gefäßversorgung der Nasenhöhle aufgebaut? Wo liegt meist die Blutungsquelle beim Nasenbluten?

Die Innervation und die Gefäßversorgung der Nasenhöhle sind recht kompliziert; vereinfacht kann man sich folgendes Schema merken:

- Der **vordere obere Teil** der Nasenhöhle wird von Nerven und Gefäßen aus der Orbita versorgt.
- Der **hintere untere Teil** der Nasenhöhle wird sensibel vom N. maxillaris und vaskulär von der **A. maxillaris** versorgt.

Alle diese Gefäße und Nerven bilden Rami nasales, deren genaue Bezeichnung von ihrer Position abhängt (z.B. Rami nasales posteriores superiores laterales für Nervenäste des N. maxillaris für die dorsalen Anteile der drei Nasenmuscheln). Der Verlauf der Arterien, die die vordere obere Nasenhöhle versorgen, hat eine Besonderheit: Die Gefäßäste stammen aus der **A. ophthalmica**, die die A. ethmoidalis anterior noch innerhalb der Orbita abgibt. Diese Arterie verläuft durch das gleichnamige Foramen in die vordere Schädelgrube und zieht dann durch die Lamina cribrosa, um die Nasenhöhle zu erreichen.

Anmerkung: Die Gefäße des **Nasenseptums** stammen aus dem Stromgebiet der A. carotis externa und interna. Im vorderen Bereich befindet sich der sog. **Locus Kiesselbachi**. In diesem gefäßreichen Gebiet liegen die Kapillaren nah unter der Schleimhautoberfläche und sind dadurch für Mikrotraumata besonders exponiert.

KLINIK. Nasenbluten (Epistaxis) entsteht meist durch eine Gefäßverletzung im Nasenseptumbereich. Die Nasenschleimhaut ist insbesondere im vorderen Areal durch den gefäßreichen Locus Kiesselbachi gut durchblutet und damit eine Prädispositionsstelle für das Auftreten von Epistaxis. Therapeutisch soll der sitzende Patient seinen Kopf nach vorne beugen (damit das Blut nicht verschluckt wird) und die Nasenflügel für 5 Minuten mit Daumen und Zeigefinger komprimieren. Eine kühle Kompresse kann zusätzlich in den Nacken gelegt werden (Kälte führt zu Vasokonstriktion und damit zur Blutstillung). Stärkeres Nasenbluten muss durch den Hals-Nasen-Ohren-Arzt behandelt werden.

? An welcher Stelle wird eine Leitungsanästhesie durchgeführt, um Schmerzfreiheit in den Zähnen des Unterkiefers zu erreichen?

Die **Zähne des Unterkiefers** werden vom **N. alveolaris inferior**, einem Ast des N. mandibularis, versorgt. Der Nerv tritt von medial kommend in den Canalis mandibulae ein und erreicht die Zahnpulpa über das Foramen apicis dentis (Abb. 3.16). Die **Leitungsanästhesie** zielt auf den Nerv **kurz vor seinem Eintritt in den Canalis mandibulae**, also an der Medialseite des Ramus mandibulae. Ein hier gesetztes Depot von Lokalanästhetikum:

- schaltet die Schmerzempfindung in allen Zähnen des Unterkiefers aus
- anästhesiert die Haut der Kinnspitze (**N. mentalis**)

Als Nebeneffekt ergibt sich oft ein Leitungsblock des danebenliegenden **N. lingualis**. Dies führt zu einer Anästhesie des Zahnfleischs im Unterkieferbereich.

? Woraus besteht Zahnstein? Wie wird seine Entstehung erklärt?

Bei Zahnstein handelt es sich um feste Ablagerungen auf dem Zahn, die sich durch Zähneputzen allein nicht entfernen lassen. Zahnstein besteht aus **mineralischen Bestandteilen**:

- des Speichels
- der Nahrung und
- verschiedenen Bakterien

Ein wichtiger Bestandteil ist das **Kalziumphosphat**. Prädepositionsstellen des Zahnsteins sind die Zahnflächen, die nahe der Ausführungsgänge der Speicheldrüsen liegen: also die lingualen (zur Zunge gerichteten) Flächen der unteren Schneidezähne und die buccalen (zum Mundvorhof gerichtet) Flächen der ersten Backenzähne.

KLINIK. Zahnstein bildet durch seine raue Oberfläche eine gute Anheftungsmöglichkeit für Bakterien. Diese können Zahnfleischentzündungen auslösen und ohne Therapie zu einer Parodontitis, d. h. einer Entzündung des Zahnhalteapparats führen.

? Auf welche Weise wird das Herausstrecken der Zunge bewerkstelligt?

Bei den Zungenmuskeln unterscheidet man äußere von inneren Zungenmuskeln. Die äußere Muskelgruppe hat Bezug zu Knochenstrukturen, z. B. dem Zungenbein. Sie bewegen die Zunge im Gesamten. Zu den **äußeren Zungenmuskeln** gehören:

- M. genioglossus
- M. hyoglossus
- M. palatoglossus und
- M. styloglossus

Die innere Muskelgruppe verläuft vollständig im Inneren des Zungenkörpers und hat keinen Bezug zu Knochen-

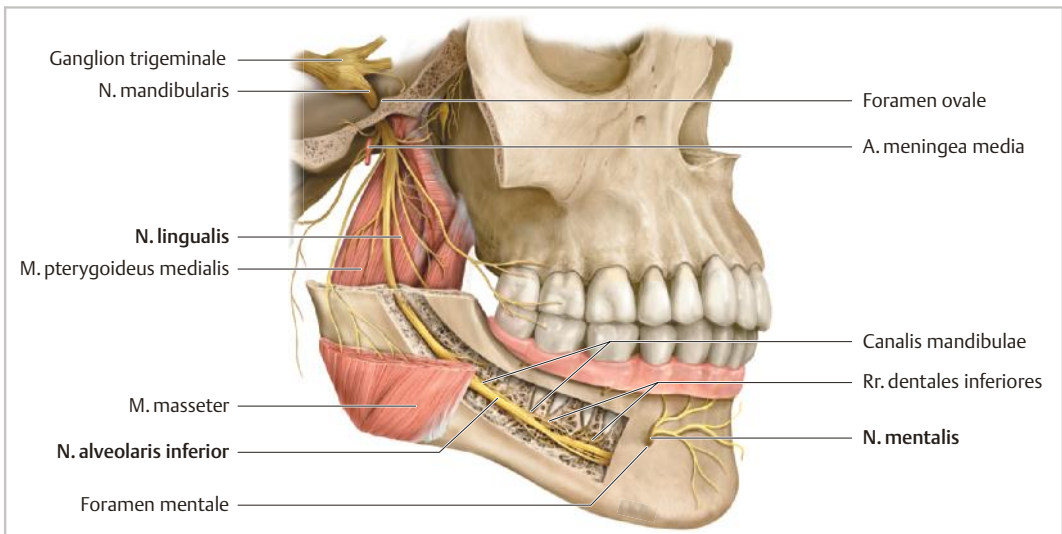


Abb. 3.16 Aufzweigung des N. mandibularis. Ansicht von rechts auf den teilweise eröffneten Unterkiefer, der Jochbogen wurde entfernt. Der N. mandibularis zieht vom Ganglion trigeminale Richtung Unterkiefer. Einige seiner Fasern ziehen als N. alveolaris inferior durch den Canalis mandibularis im Unterkieferknochen und innervieren die Zähne sowie die Kinnspitze. Eine Leitungsanästhesie des Unterkiefers wird üblicherweise an diesem Nerv vor seinem Eintritt in den Knochen gesetzt (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Karl Wesker).

punkten. Sie verformen die Zunge. Zu den **inneren Zungenmuskeln** gehören:

- M. longitudinalis superior
- M. longitudinalis inferior
- M. transversus linguae und
- M. verticalis linguae

Bis auf eine Ausnahme werden alle Zungenmuskeln vom XII. Hirnnerv, dem **N. hypoglossus**, innerviert (Ausnahme M. palatoglossus: N. glossopharyngeus).

Da es keinen Muskel gibt, der die Zungenspitze aus dem Mund herausziehen könnte, muss das Herausstrecken hauptsächlich durch eine Verformung der Zunge erreicht werden. Der **M. genioglossus** verlagert Corpus und Radix linguae nach vorne; durch Kontraktion des **M. transversus und verticalis linguae** bei gleichzeitiger Erschlaffung der Musculi longitudinales wird die Zungenspitze aus der Mundöffnung herausgestreckt.

? Welche Funktion haben die unteren Zungenbeinmuskeln?

Zu den unteren Zungenbeinmuskeln gehören Muskeln, die von Skapula, Klavikula und Sternum entspringen und am Zungenbein ansetzen. Sie liegen alle unterhalb des Zungenbeins (Os hyoideum) und werden daher als **infrahyoidale Muskulatur** bezeichnet (Abb. 3.17). Dazu gehören:

- M. omohyoideus
- M. sternohyoideus
- M. sternothyroideus (wird zu den infrahyoidalen Muskeln gerechnet, obwohl er nicht am Zungenbein ansetzt)
- M. thyrohyoideus

Am weitesten lateral liegt der **M. omohyoideus**, der die Lamina praetrachealis der Halsfaszie spannt.

Der **M. sternohyoideus** liegt mit großen Anteilen am weitesten medial, er fixiert das Zungenbein nach kaudal, zum Beispiel bei Öffnungsbewegungen des Mundes.

Der **M. sternothyroideus** und der **M. thyrohyoideus** liegen sich mit ihrem Ansatz bzw. Ursprung auf der Platte des Schildknorpels direkt gegenüber. Besonders wichtig ist der M. thyrohyoideus für den Schluckakt, da er der Hauptmuskel für das Anheben des Kehlkopfs während des Schluckvorgangs ist.

Alle vier Muskeln werden durch motorische Fasern aus der **Ansa cervicalis profunda** des **Plexus cervicalis** innerviert.

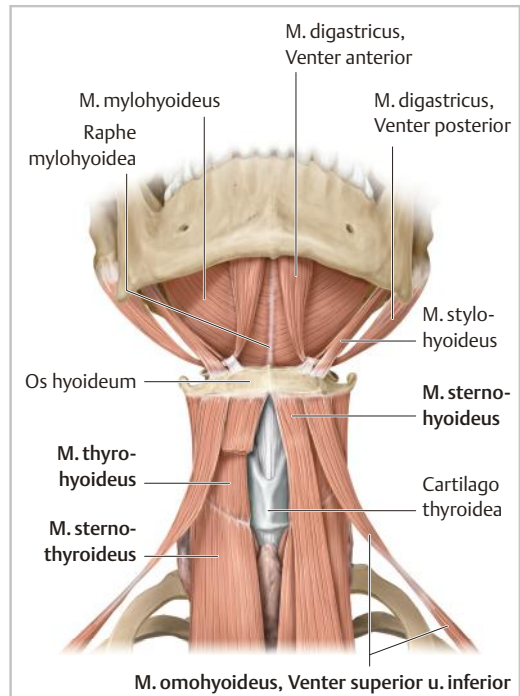


Abb. 3.17 Supra- und infrahyoidale Muskulatur. Ansicht von ventral; der rechte M. sternohyoideus ist gefenestert. Die infrahyoidalen Muskeln sind in der Abbildung fett gedruckt (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Karl Wesker).

? Welche Muskeln sind an der Bildung des Mundbodens beteiligt?

Der Mundboden wird von vier Muskeln gebildet. Sie liegen alle oberhalb des Zungenbeins (Os hyoideum) und werden daher als **suprahyoidale Muskulatur** (Abb. 3.17) bezeichnet. Es handelt sich um:

- M. mylohyoideus
- M. geniiohyoideus
- M. digastricus
- M. stylohyoideus

Den größten Anteil am Mundboden hat der **M. mylohyoideus**, der flächig von der Innenseite der Mandibula entspringt und konvergierend am Os hyoideum ansetzt. Er wird auch als Diaphragma oris bezeichnet. Innen liegt diesem Muskel der **M. geniiohyoideus** auf, der von der Innenseite des Kinns zum Zungenbein läuft. Auf der Außenfläche des M. mylohyoideus liegt der **Venter anterior** des **M. digastricus**. Sein **Venter posterior** entspringt vom Proc. mastoideus. Der **M. stylohyoideus** zieht vom Proc. styloideus zum Os hyoideum.

Tab. 3.5 Supra- und infrahydale Muskulatur (Aumüller et al. Duale Reihe Anatomie. Thieme; 2017)

Muskel		Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
Infrahydale Muskulatur					
M. sternohyoideus		Dorsalfäche des Manubrium sterni	Corpus ossis hyoidei	Ansa cervicalis (Nervenschlinge C1–C3)	Zungenbeinsenker
M. sternothyroideus		Manubrium sterni, 1. Rippe	Linea obliqua der Cartilago thyroidea		Kehlkopfseker
M. thyrohyoideus		Linea obliqua der Cartilago thyroidea	Corpus und Cornua majora ossis hyoidei		Zungenbeinsenker; Kehlkopfheber
M. omohyoideus (beide Bäuche sind über eine Zwischensehne verbunden)	Venter superior Venter inferior	Margo superior scapulae (Venter inferior)	Corpus ossis hyoidei (Venter superior)		Zungenbeinsenker; Anspannen der Lamina pretrachealis
Suprahydale Muskulatur					
M. geniohyoideus		Spina mentalis der Mandibula	Os hyoideum	Plexus cervicalis	Zug des Zungenbeins nach vorne; Verstärkung des Mundbodens
M. mylohyoideus		Linea mylohyoidea der Mandibula	Os hyoideum, Raphe m. mylohyoidei	N. mylohyoideus (aus V3)	Hebung des Zungenbeins; Kieferöffnung; M. stylohyoideus zusätzlich: Fixation der Zwischensehne des M. digastricus
M. digastricus	Venter anterior	Fossa digastrica der Mandibula	Zwischensehne (= Ansatz des M. digastricus)		
	Venter posterior	Incisura mastoidea, medial vom Warzenfortsatz	über Zwischensehne mit Os hyoideum verbunden	R. colli des N. facialis (VII)	
M. stylohyoideus		Proc. styloideus	Os hyoideum		

Die **Hauptfunktion** der Muskeln des Mundbodens besteht in der **Mundöffnung** und dem Anheben des Zungenbeins beim Schlucken.

Der M. mylohyoideus und der Venter anterior des M. digastricus werden vom **N. mylohyoideus** (V3) innerviert. Der M. geniohyoideus wird von motorischen Ästen des **Plexus cervicalis** versorgt, die den Muskel über den N. hypoglossus erreichen. Der M. stylohyoideus wird vom **N. facialis** innerviert.

? Was verstehen Sie unter einer Angina im Bereich der Mundhöhle?

Unter einer **Angina** (aus dem lateinischen „angor“: Beklemmung) im Bereich der Mundhöhle versteht man

eine **entzündliche Schwellung des Isthmus faucium**, also des Übergangs zwischen der Mundhöhle und dem Pharynx. Die hier gelegenen Strukturen (Gaumensegel und Gaumenbögen) sind von Schleimhaut überzogen, die nur locker mit der Unterlage verbunden ist und daher bei viralen oder bakteriellen Entzündungen stark anschwellen. Dies führt zu einer **Einengung der Schlundenge** (schmerzhaftes Schlucken!).

Man unterscheidet eine **Angina tonsillaris** (kurz „Tonsillitis“, Entzündung der Gaumenmandeln) von einer **Seitenstrangangina** (Entzündung, die sich vorwiegend auf den Bereich des lymphatischen Gewebes entlang der Plica salpingopharyngea beschränkt).



KLINIK. Eine Tonsillitis wird meist durch Bakterien (häufig: A-Streptokokken) verursacht. Zu den Symptomen zählen Fieber, Abgeschlagenheit, Schluckbeschwerden, vergrößerte Halslymphknoten und Mundgeruch. Auf den Tonsillen sind meist stippchenförmige Beläge zu sehen. Eine viral ausgelöste Tonsillitis tritt z. B. beim Pfeifer'schen Drüsenfieber (Epstein-Barr-Virus) auf. Auf den geröteten Tonsillen zeigen sich dann schmutziggroße Beläge.

? Welche Strukturen werden zum Waldeyer-Rachenring gerechnet?

Der **Waldeyer-Rachenring** besteht aus Ansammlungen lymphatischen Gewebes im kranialen Teil des Pharynx (Abb. 3.18.). Zu der **Pars nasalis** gehören folgende Tonsillen:

- **Tonsilla tubaria:** lymphatisches Gewebe in der Schleimhaut des Torus tubarius, der durch das pharyngeale Ende der Tuba auditiva vorgewölbt wird.
- **Tonsilla pharyngea (Rachenmandel):** Diese unpaare Tonsille befindet sich am Rachendach direkt kaudal vom Os sphenoidale bzw. occipitale.

In der **Pars oralis** des Pharynx gehören folgende Strukturen zum Rachenring:

- **Tonsilla palatina (Gaumenmandeln):** Diese paarigen Tonsillen liegen beiderseits in einer flachen Bucht, der Fossa tonsillaris.
- **Tonsilla lingualis:** Es handelt sich um Ansammlungen von Lymphfollikeln in der Zungenwurzel.
- **Seitenstränge:** Sie befinden sich in der Schleimhaut der Plica salpingopharyngea.

KLINIK. Der Rachenring stellt ein lymphatisches Organ zu Erkennung und Abwehr von Krankheitserregern dar, die über die Atemluft oder die Nahrung in den Organismus aufgenommen werden. Stark vergrößerte Gaumenmandeln (z. B. infolge einer Tonsillitis) können den Ausgang der Mundhöhle so stark einengen, dass es zu Schluckstörungen kommen kann.

? Aus welchen Teilen besteht das Kiefergelenk? Welche Bewegungen können in ihm durchgeführt werden?

Das Kiefergelenk hat einen Discus articularis; es besteht daher eigentlich aus **zwei Gelenken**:

- Art. discotemporalis
- Art. discomandibularis

Der Discus stellt die Gelenkpfanne für das Caput des Proc. condylaris der Mandibula dar, das den Gelenkkopf bildet. Bei der Öffnung des Mundes erfolgt zuerst eine **Scharnierbewegung** in der **Art. discomandibularis**, dann folgt eine **Gleitbewegung** des Discus nach ventral auf das Tuberculum articulare in der **Art. discotemporalis**.

Das Kiefergelenk ist eigentlich ein **Scharniergelenk mit beweglicher Pfanne**. Die Kapsel des Gelenks ist so weit, dass eine Luxation des Caput des Proc. condylaris nach ventral vor das Tuberculum articulare möglich ist, ohne die Kapsel zu zerreißen.

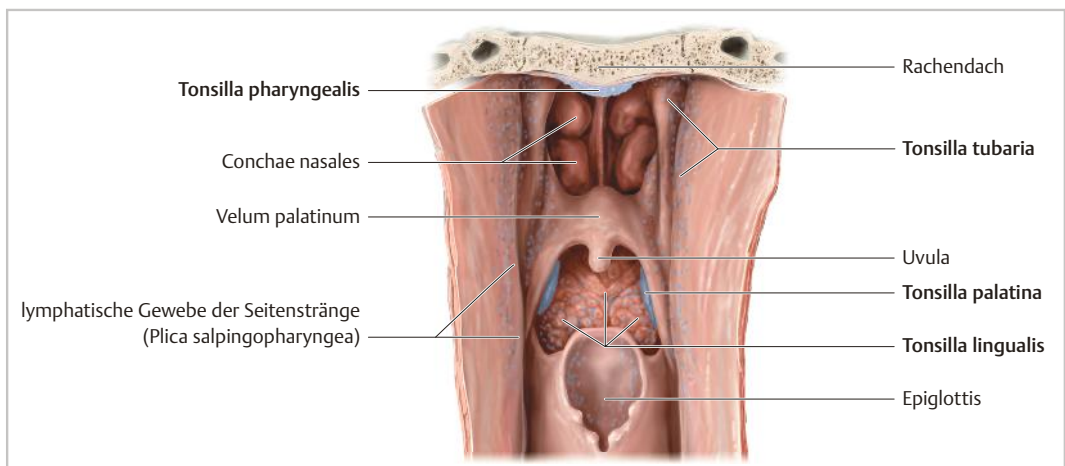


Abb. 3.18 Waldeyer-Rachenring. Dieser besteht aus lymphatischem Gewebe, den Tonsillen und den Seitensträngen. Die Mandeln liegen an den Ausgängen von Mund- und Nasenhöhle in den Rachen (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Karl Wesker).

KLINIK. Eine extreme Mundöffnung z. B. durch zu starkes Gähnen oder einen Unfall kann zu einer Kiefer-sperre (Kieferluxation) führen, die erst durch eine manu-elle Reposition zu beheben ist. (Es gibt keine Muskeln, die den luxierten Proc. condylaris über das Tuberculum nach dorsal ziehen könnten.)

? Warum führen Entzündungen der Glandula parotis zu starken Schmerzen?

Die Ursachen für die starken Schmerzen bei einer Parotitis werden hauptsächlich in der starken **Druckerhöhung** innerhalb der **Fascia parotidea** gesehen.

Die Faszie umgreift die Glandula parotis medial und later- al und bildet so einen fast geschlossenen Sack um die Drüse. Das mediale Blatt der Faszie ist eine Abspaltung von der Fascia masseterica, während das laterale Blatt sich von der oberflächlichen Körperfazie herleitet.

Entzündungen der Glandula parotis führen **durch Ödem- bildung** zu Drucksteigerungen innerhalb des Faziensacks, was zur **Aktivierung von Nozizeptoren** in diesem Bereich führt. Die Schmerzen werden vorwiegend über den **N. auricularis magnus** aus dem Plexus cervicalis vermittelt, der den Bereich des Kieferwinkels sensibel versorgt.

? Von welchem Nerv wird die Haut in der Gegend des Kieferwinkels versorgt?

Dieses Gebiet wird sensibel vorwiegend vom **N. auricularis magnus** innerviert, manchmal auch von Ästen des N. transversus colli. Es wird nicht, wie angenommen werden könnte, vom N. mandibularis (V3) innerviert. Die Grenze zwischen dem Versorgungsgebiet des N. mandibularis (V3) auf der einen und des Plexus cervicalis auf der anderen Seite folgt nämlich nicht dem Unterrand der Mandi- bula. Sie verläuft entlang der sog. **Scheitel-Ohr-Kinn-Linie**, daher wird die Haut über dem Kieferwinkel nicht vom N. mandibularis versorgt.

? Über welchen Mechanismus kann ein Handkanten- schlag auf den seitlichen Hals in Höhe des Kehlkopfs zur Bewusstlosigkeit führen?

Der Handkantenschlag auf den seitlichen Hals etwas ober- halb des Kehlkopfs übt einen starken Druck auf den **Sinus caroticus** aus (Abb. 3.19). Die hier gelegenen **Mechano- rezeptoren** registrieren die erhöhte Wandspannung und geben das Signal in Form einer Frequenzsteigerung der Rezeptoren an die Kreislaufzentren der Medulla oblon- gata weiter. Das Signal wird hier als erhöhter Blutdruck fehlinterpretiert; daher werden Maßnahmen zur Senkung des (normalen) Blutdrucks eingeleitet: Über **Aktivierung des Parasympathikus** und Hemmung des Sympathikus kommt es unter anderem zu einer Verlangsamung des Pulsschlags und einer Erweiterung von großen Arealen

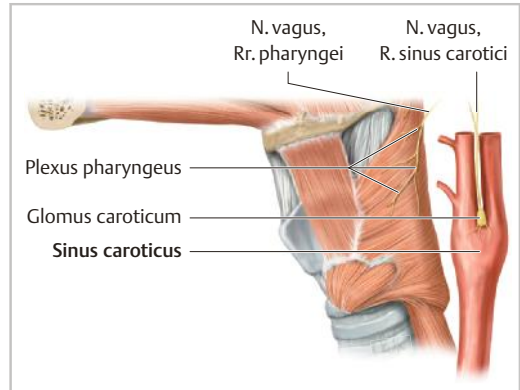


Abb. 3.19 Lage des Sinus caroticus hinter dem Kehlkopf. Ansicht von links. Der Sinus caroticus wird sowohl vom N. glossopharyngeus als auch vom N. vagus inner- viert. Ein Handkantenschlag auf den seitlichen Hals kann also zu einer Reizung des N. vagus und somit zu einer Aktivierung des Parasympathikus führen (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Ana- tomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Karl Wesker).

des peripheren Gefäßbetts. Die Folge ist ein starker Blut- druckabfall, der zur Minderdurchblutung des Gehirns und damit zur Bewusstlosigkeit führt.

? Welcher Kehlkopfmuskel wird als Postikus bezeich- net? Welche Folgen hat eine Lähmung dieses Muskels?

Als **Postikus** wird der M. cricoarytaenoideus posterior be- zeichnet, dessen Fasern von der Dorsalfläche der Ring- knorpelplatte nach lateral-kranial zum Proc. muscularis der Aryknorpel ziehen. Es handelt sich beim Postikus um den **einzigen Kehlkopfmuskel, der die Stimmritze öffnet**.

Bei isolierter Lähmung beider Postikus-Muskeln („beid- seitige Rekurrensparese“) überwiegt der Tonus der an- deren inneren Kehlkopfmuskeln; dadurch ist die Stimmritze ständig verengt. Die Folge ist eine behinderte Atmung bis hin zur Atemnot.

? Welche Form hat die Stimmritze bei der sog. Flü- sterstellung?

Bei der Flüsterstellung ist nur die **Pars intermembranacea** der Stimmritze durch Kontraktion des M. cricoarytaeno- ideus lateralis **geschlossen**. Die **Pars intercartilaginea** der Stimmritze ist dagegen **geöffnet**, da die Musculi arytae- noidei erschlafft sind.

Bei Druckerhöhung in Lunge und Trachea streicht die Luft durch die geöffnete Pars intercartilaginea (das sog. Flü- sterdreieck) hindurch und erzeugt auf diese Weise ein zi- schendes Geräusch. Mittels Formveränderungen des

Mund-Nasen-Rachen-Raums durch die mimische Muskulatur und die Zunge können aus diesem Geräusch verständliche Wörter geformt werden. Es liegt eine reine **Artikulation** (im Gegensatz zur **Phonation**) vor. Zu beachten ist, dass beim Flüstern die **Stimmbänder nicht benutzt** werden; daher ist beim Flüstern eine Änderung der Tonhöhe nicht möglich (mit Flüsterstimme kann keine Melodie gesungen werden).

? An welchen Stellen des Kehlkopfs und der Luftröhre können bei Erstickungsgefahr operative Zugänge zu den Luftwegen geschaffen werden? Welche Strukturen können dabei verletzt werden?

Als Notfalleingriff können bei einem Verschluss des Kehlkopfs (z. B. bei einer allergisch bedingten Schwellung im Rachenbereich nach Insektenstich) und daraus entstehender Erstickungsgefahr folgende Eingriffe vorgenommen werden:

- Koniotomie
- Tracheotomia superior oder
- Tracheotomia inferior

Bei der **Koniotomie** handelt es sich **nicht** wie oft angenommen um einen Luftröhrenschnitt. Vielmehr durchtrennt man **oberhalb der Luftröhre** zwischen Ring- und Schildknorpel den medialen Anteil des Conus elasticus

(das **Lig. cricothyroideum medianum**) mit einem queren Schnitt (Abb. 3.19). Anschließend wird ein Röhrchen eingesetzt, das die Luftwege offenhält. Es besteht die Gefahr, dass bei Verlängerung des Schnitts nach lateral der M. cricothyroideus geschädigt wird. Die Koniotomie wird i. d. R. als Methode der ersten Wahl in einer Notfallsituation angewandt.

Eine **Tracheotomie** hingegen wird meist elektiv z. B. zum Anlegen eines Tracheostomas (künstliche Verbindung zwischen Luftröhre und Raumluft) bei langer Zeit beatmeten Patienten durchgeführt. Man unterscheidet eine obere Tracheotomie (Tracheotomia superior) von einer unteren (Tracheotomia inferior).

Bei der **Tracheotomia superior** wird ein Schnitt in Längsrichtung der Trachea zwischen dem Unterrand des Ringknorpels und dem Isthmus der Schilddrüse gesetzt (Abb. 3.20). Vor Durchführung dieses Eingriffs muss die Existenz eines Lobus pyramidalis der Schilddrüse im Operationsgebiet sicher ausgeschlossen werden.

Bei der **Tracheotomia inferior** wird im Bereich des 6.–7. Trachealknorpels geschnitten. Diese befinden sich oberhalb des Sternums und direkt kaudal des Isthmus der Schilddrüse. Zu beachten ist, dass die Luftröhre sich in diesem Bereich nicht mehr oberflächlich unter der Haut, sondern weiter in der Tiefe befindet. Es können durch den Zugang der Plexus brachialis und die V. jugularis anterior

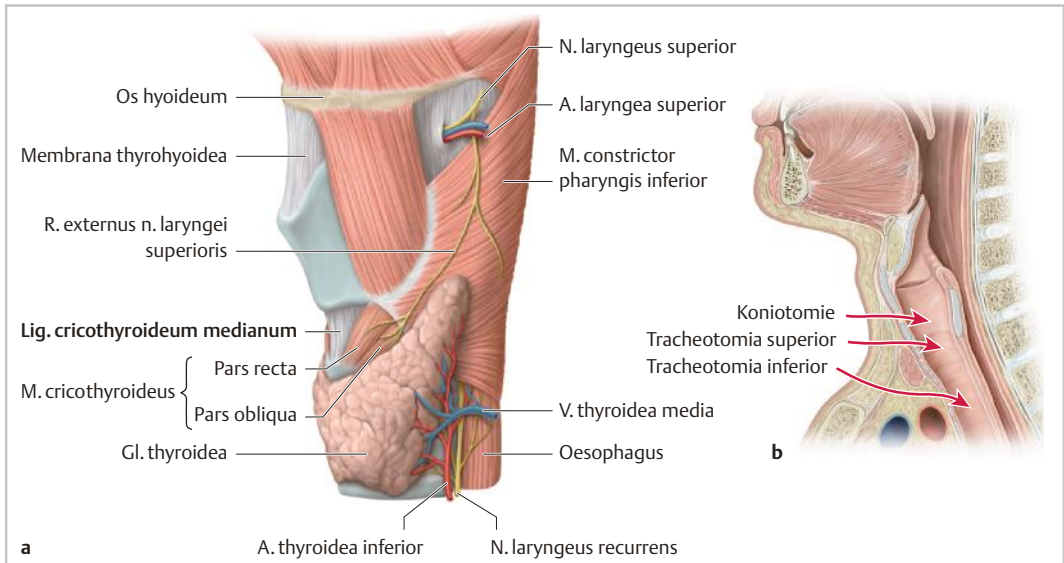


Abb. 3.20 Kehlkopf (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

a Topografie des Kehlkopfs; Ansicht von links.

b Zugangswege zur Luftröhre. Es sind drei Zugangswege gezeigt: Spaltung des Lig. cricothyroideum medianum (Koniotomie), Einschnitt über der Schilddrüse (Tracheotomia superior) und Einschnitt unterhalb der Schilddrüse (Tracheotomia inferior).

bzw. V. thyroidea inferior verletzt werden. Die Eröffnung großkalibriger Venen kranial des Herzens bringt immer die Gefahr einer Luftembolie mit sich.

? Was verstehen Sie unter einer Struma? Nennen Sie eine Ursache.

Eine **Struma (Kropf)** ist eine **Vergrößerung der Schilddrüse**. Sie wird direkt unterhalb des Kehlkopfs als leichte Vorwölbung palpiert; beim Schlucken bewegt sie sich mit dem Kehlkopf nach kranial. Eine normal große, gesunde Schilddrüse ist üblicherweise nicht palpabel.

Eine häufig vorkommende Form der Struma ist die sog. **Jodmangelstruma**. Die Ursache ist ein Mangel an Jod in der Nahrung oder im Trinkwasser. Jodid wird aus dem Blut in die Schilddrüse aufgenommen und für den Aufbau der Schilddrüsenhormone **Trijodthyronin (T₃)** und **Thyroxin (T₄)** benötigt. T₃ und T₄ werden nach ihrer Synthese in den Follikeln der Schilddrüse gespeichert und – als Reaktion auf das schilddrüsenstimulierende Hormon (TSH) – ins Blut sezerniert. Sie bewirken eine Steigerung des Gesamtstoffwechsels. Jodmangel führt zu einer verringerten Bildung von T₃ und T₄. Als Reaktion auf den abgesunkenen Hormonspiegel im Blut wird von der **Hypophyse** vermehrt das schilddrüsenstimulierende Hormon (TSH) ausgeschüttet, das Wachstums- und Syntheseprozesse in der Schilddrüse steigert. Dies führt zu einer Schilddrüsenhyperplasie und -hypertrophie (Kropf). Früher war die Jodmangelstruma wegen der Jodarmut des Trinkwassers in vielen Alpentälern weit verbreitet; auch heute besteht in großen Teilen der Bevölkerung Deutschlands ein Jodmangel. Erwachsenen wird die tägliche Zufuhr von etwa 200µg Jod empfohlen.

KLINIK. Eine Jodmangelstruma führt oft nur zu einer Vergrößerung der Schilddrüse und verursacht sonst **keine** Beschwerden im Sinne einer Schilddrüsenunter- oder -überfunktion. Daher spricht man von einer **euthyreoten Struma**.

? Durch welche Eigenschaften unterscheidet sich das Platysma von den Extremitätenmuskeln?

Das **Platysma** ist der phylogenetische Rest eines Hautmuskelsystems, das dazu diente, die Haut zur Abwehr von Insekten zu bewegen (diese Funktion ist z. B. bei der Rückenhaut von Kühen auf der Weide zu beobachten). Der Muskel unterscheidet sich vom Extremitätenmuskel dadurch, dass er in der **Subkutis** verläuft; Ursprung und Ansatz des Muskels befinden sich in der Haut bzw. in der oberflächlichen Körperfaszie. Das Platysma hat wie alle mimischen Muskeln **keine eigene Muskelfaszie**. Man kann den Muskel willkürlich kontrahieren, indem man z. B. forciert die Zähne fletscht. Das Platysma wird vom **N. facialis** innerviert.

? Was verstehen Sie unter einem Schiefhals?

Der Schiefhals, auch **Torticollis** genannt (aus dem Lateinischen, „tortus“ bedeutet gedreht, „collum“ der Hals) ist durch eine Seitwärtsneigung des Kopfs zur erkrankten und eine Drehung und Hebung des Gesichts zur gesunden Seite gekennzeichnet. Die Ursache kann eine pathologische **Verkürzung des M. sternocleidomastoideus** sein, beispielsweise durch eine intrauterine Fehllage. Darüber hinaus gibt es noch viele weitere mögliche Ursachen für einen Torticollis, z. B. rheumatische, okuläre oder neurologische Erkrankungen.

? Welche Muskeln begrenzen die Skalenuslücken? Welche Strukturen treten hindurch?

Man unterscheidet meist zwei Skalenuslücken:

- eine **hintere (echte) Skalenuslücke**, die sich zwischen M. scalenus anterior und medius befindet. Durch sie treten der **Plexus brachialis** und die **A. subclavia** hindurch.
- Die sog. **vordere Skalenuslücke** wird dorsal vom M. scalenus anterior begrenzt. Die vordere Begrenzung der „vorderen“ Skalenuslücke wird durch die Klavikula gebildet. Durch diese Lücke tritt die **V. subclavia**. **Anmerkung:** Von einigen Autoren wird die „vordere Skalenuslücke“ nicht als Skalenuslücke akzeptiert, da sie nur dorsal von einem Skalenusmuskel begrenzt wird.

KLINIK. Bei einer sehr engen (hinteren) Skalenuslücke kann auf den Plexus brachialis und/oder die A. subclavia ein schädlicher Druck ausgeübt werden. Die Folgen sind Störungen der Nervenfunktion (z. B. Parästhesien oder Schmerzen) und/oder Durchblutungsstörungen des Arms (**Skalenussyndrom**).

? An welcher Stelle des Halses können sich Fisteln bilden? Wie wird ihre Entstehung erklärt?

Man unterscheidet nach dem Ort des Auftretens

- **seitliche Halsfisteln:** am ventralen Rand des Sternocleidomastoideus
- **mediane Fisteln:** in der Medianlinie, meist unterhalb des Kehlkopfs

Die lateralen Halsfisteln sind ein Relikt der dritten und vierten Schlundtasche; vollständige Halsfisteln stellen eine offene Verbindung zwischen dem Pharynx und der Körperoberfläche dar. Inkomplette Halsfisteln enden blind.

Die mediane Halsfistel entwickelt sich im Verlauf des Ductus thyroglossus; der Ductus kann mit der Haut verschmelzen und nach Bildung einer Öffnung an der Verschmelzungsstelle eine Fistel bilden.



? An welcher Stelle muss ein Lokalanästhetikum injiziert werden, um eine möglichst großflächige Anästhesie im Bereich des Plexus cervicalis zu erreichen?

Die **vier großen Äste** des Plexus cervicalis durchbrechen die Halsfaszie gemeinsam an einer Stelle am dorsalen Rand des M. sternocleidomastoideus, etwa in der Mitte seiner Gesamtlänge (Abb. 3.21). Hier sind die Stämme der vier Nerven so eng beieinander, dass ein einziges Lokalanästhetikum-Depot ausreicht, um alle Äste zu blockieren (**Punctum nervosum**). Die Blockade des Plexus cervicalis an dieser Stelle führt zur Anästhesie in der Haut der **gesamten Halshälfte** mit Ausnahme der Nackenregion, deren Haut von Rami dorsales der Spinalnerven versorgt wird.

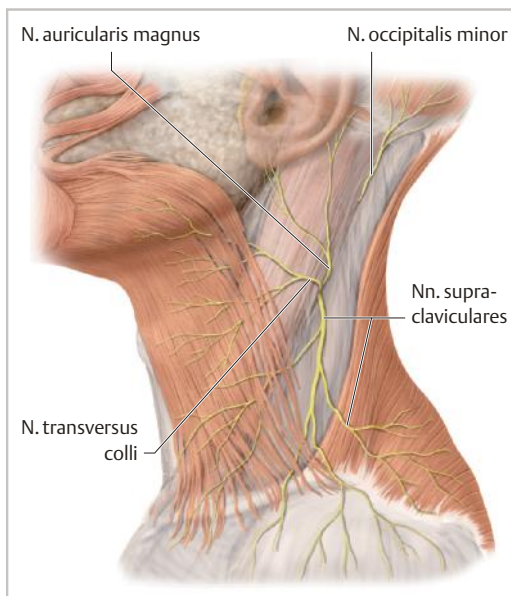


Abb. 3.21 Sensible Versorgung des vorderen und seitlichen Halses. Am sog. Erb-Punkt (Punctum nervosum) treten die vier Hauptäste des Plexus cervicalis durch die Halsfaszie (N. occipitalis minor, N. auricularis, N. transversus colli und Nn. supraclaviculares) und versorgen den vorderen und seitlichen Teil des Halses sensibel. Ein Lokalanästhetikum zur Betäubung dieses Bereichs wird als Depot an diesem Punctum nervosum gespritzt (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Karl Wesker).

? Als einziges subjektives Symptom können bei einer Erkrankung des Zwerchfells Schmerzen in der Schulterregion auftreten. Geben Sie eine anatomische Erklärung für diesen Sachverhalt.

Schulterregion und Zwerchfell haben gemeinsam, dass sie beide vorwiegend aus dem **Halssegment C4** sensibel versorgt werden: das Zwerchfell über den **N. phrenicus** und die Schulterregion über die **Nervi supraclaviculares**.

Bei den Schmerzen in der Schulterregion als Folge einer Erkrankung des Zwerchfells handelt es sich um sog. **übertragene Schmerzen**, d. h., die Schmerzen werden subjektiv nicht am Ort der Läsion empfunden, sondern in anderen Bereichen des Organismus, wobei eine Übertragung innerhalb desselben Segmentes häufig ist (**Head-Zonen**).

? An welchem Merkmal kann man bei einer Operation oder an der Leiche im Halsbereich die A. carotis interna zweifelsfrei von der A. carotis externa unterscheiden?

Die Unterscheidung zwischen A. carotis interna und externa ist leicht möglich, da die **A. carotis interna** im Gegensatz zur externa **am Hals keine Äste** abgibt.

? Beschreiben Sie Ursprung und Verlauf der A. temporalis superficialis.

Die **A. temporalis superficialis** ist einer der beiden großen Endäste der **A. carotis externa** (der andere Endast ist die A. maxillaris). Die Arterie setzt in ihrem Verlauf praktisch die Richtung der A. carotis externa fort; sie ist direkt ventral vom Ohr palpabel und verzweigt sich in einen Ramus frontalis und einen Ramus parietalis, die die Scheitelregion versorgen. Im höheren Alter und bei Vorliegen einer Arteriosklerose ist die Arterie oft stark geschlängelt und gut sichtbar.

? Bei Sängern und Gewichthebern kann man oft eine Hautvene beobachten, die beim Blick von der Seite vom Kieferwinkel nach kaudal etwa parallel zu den äußeren Konturen des Halses verläuft. Um welche Vene handelt es sich?

Es handelt sich um die **V. jugularis externa**, die den M. sternocleidomastoideus etwa in der Mitte überkreuzt und eine Verbindung zwischen dem Venenwinkel und der V. retromandibularis herstellt, die ihrerseits in die V. jugularis interna mündet. Bei jeder Form von **Drucksteigerung** im Thoraxraum wird der Druck in den Halsvenen erhöht. Die Venen erweitern sich, was jedoch nur an **oberflächlich gelegenen Gefäßen** sichtbar wird.

? Welche klinisch wichtigen Strukturen befinden sich in den tiefen Geweben des Trigonum caroticum?

Das **Trigonum caroticum** schließt sich dorsal an das Trigonum submandibulare an (Abb. 3.22). Die Begrenzungen des Trigonum caroticum sind:

- kranial: Venter posterior des M. digastricus
- lateral: ventraler Rand des M. sternocleidomastoideus
- medial: M. omohyoideus

Klinisch wichtige Strukturen im Bereich des Trigonum caroticum sind die **Aufzweigungsstelle der A. carotis communis** in die Carotis interna und externa sowie die größeren Äste der Carotis externa, die an dieser Stelle leicht chirurgisch zugänglich sind.

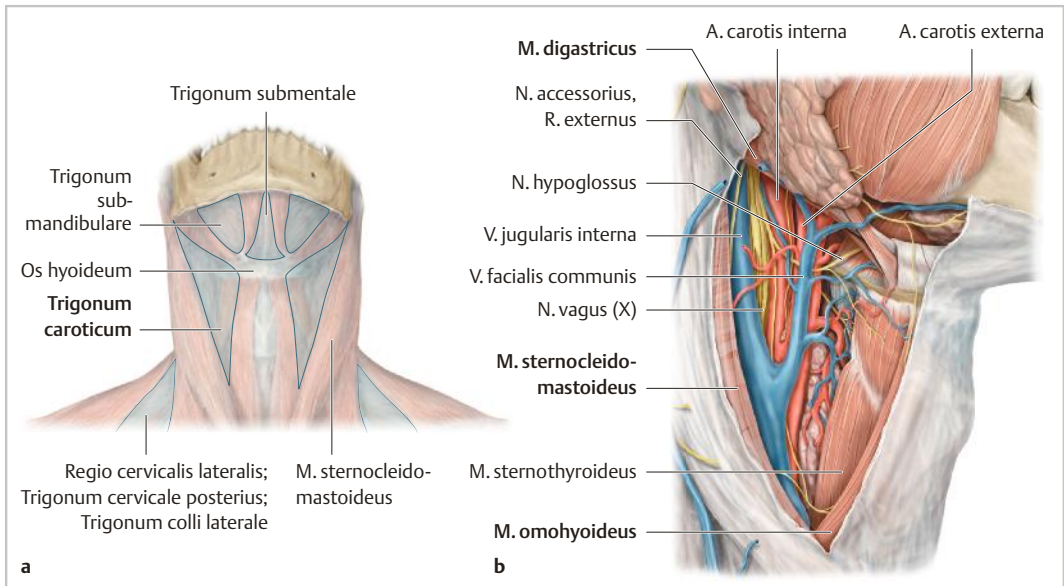


Abb. 3.22 Trigonum caroticum (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Karl Wesker).

a Übersicht der Regionen am Hals. Ansicht von ventral.

b Strukturen im Trigonum caroticum. Ansichts von rechts. Die das Karotisdreieck begrenzenden Strukturen sind fett gedruckt. Dabei handelt es sich um den M. digastricus (kranial), den M. sternocleidomastoideus (lateral) und den M. omohyoideus (medial). Neben der Aufzweigung der A. carotis communis befinden sich auch einige wichtige Nerven in diesem Bereich (N. vagus, N. hypoglossus, N. accessorius).



Leibeswand

- 4.1 Makroskopische Anatomie
- 4.2 Klinische und topografische Anatomie

4 Leibeswand

4.1 Makroskopische Anatomie

4.1.1 Rücken

? Durch welche Baumerkmale unterscheiden sich die Wirbel der verschiedenen Abschnitte der Wirbelsäule?

Die Wirbelsäule besteht aus fünf Abschnitten:

- 7 Halswirbel = Zervikalwirbel (C1–C7)
- 12 Brustwirbel = Thorakalwirbel (Th1–Th12)
- 5 Lendenwirbel = Lumbalwirbel (L1–L5)
- Kreuzbein (Os sacrum, S1–S5) und
- Steißbein (Os coccygis, Co1–Co4 oder 5)

Die Wirbelkörper werden von kranial nach kaudal kräftiger (Grund: zunehmende Belastung durch das Körpergewicht), während die **Foramina vertebralia**, durch die das Rückenmark zieht, nach kaudal kleiner werden (Grund: Verschmälerung des Rückenmarks). Die Wirbel der verschiedenen Abschnitte unterscheiden sich außerdem durch folgende Baumerkmale.

Zervikalwirbel: Sie sind leicht am **Foramen transversarium** zu erkennen, das sich im Proc. transversus befindet. Durch dieses Foramen tritt bei den Wirbeln C1–C6 die **A. vertebralis**. Ein weiteres Baumerkmal der Halswirbel sind die gespaltenen Dornfortsätze; dieses Merkmal fehlt jedoch bei C1 und C7. Der Dornfortsatz von C7 ist von kranial aus der erste deutlich unter der Haut tastbare Fortsatz. Der Wirbel C7 wird deswegen als **Vertebra prominens** bezeichnet. Durch sein Foramen transversarium tritt normalerweise nur die V. vertebralis, aber nicht die A. vertebralis.

Thorakalwirbel: Das typische Merkmal der Brustwirbel sind die Gelenkflächen für die Verbindung mit den Rippen. Jeder Wirbel hat **sechs Gelenkflächen** für die **Rippen-gelenke**: Vier Gelenkflächen gebildet durch je eine **Fovea costalis superior und inferior** auf jeder Seite, sowie zwei Gelenkflächen gebildet durch je eine **Fovea costalis** auf dem **Proc. transversus**. Hinzu kommen zwei obere und zwei untere Gelenkflächen für die Verbindungen der Wirbel untereinander (sog. **Facettengelenke** mit je zwei **Proc. (oder Facies) articulares superiores und inferiores**). Diese Gelenkflächen stehen im Brustbereich fast senkrecht in der Frontalebene.

Lumbalwirbel: Der seitliche Fortsatz dieser Wirbel wird nicht Proc. transversus, sondern **Proc. costalis** genannt, da er entwicklungsgeschichtlich oft einem Rippenrest entspricht. Dieser Fortsatz ist länger und deutlich schlanker als der Proc. transversus der Thorakalwirbel. Der Querfortsatz der Lumbalwirbel ist zurückgebildet zu einem kleinen nach dorsal gerichteten Höcker, dem **Proc. accessorius**, der sich dorsal an der Basis des Proc. costalis befindet. Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal gegen-

über den Thorakalwirbeln sind die Gelenkflächen der Facettengelenke, die bei den Lumbalwirbeln ebenfalls senkrecht, aber in der Sagittalebene stehen.

? Wie sind die gelenkigen Verbindungen zwischen der Halswirbelsäule und dem Kopf aufgebaut?

Die Verbindungen zwischen der Halswirbelsäule und dem Kopf bestehen aus **zwei Teilgelenken**:

- Oberes Kopfgelenk (Gelenkverbindung zwischen dem Os occipitale und 1. Halswirbel) und
- unteres Kopfgelenk (Gelenkverbindung zwischen dem 1. und 2. Halswirbel)

Oberes Kopfgelenk (Art. atlantooccipitalis): Hier artikulieren die Kondylen des Os occipitale mit den fast planen oberen Gelenkflächen des Atlas. Im oberen Kopfgelenk werden **vorwiegend Nickbewegungen** um eine Achse durchgeführt, die in der Frontalebene dicht hinter den äußeren Gehörgängen liegt. Da die Gelenkkapsel sehr weit ist, können in geringem Ausmaß auch Seitwärtsneigungen in diesem Gelenk durchgeführt werden.

Unteres Kopfgelenk: Es besteht aus drei Teilgelenken: Einem **mittleren Gelenk** = **Art. atlantoaxialis mediana** (zwischen dem vorderen Atlasbogen, dem Dens axis und dem Lig. transversum atlantis auf der Dorsalseite des Dens axis) sowie zwei seitlichen Gelenken = **Art. atlantoaxiales laterales** auf beiden Seiten. Hier artikulieren die seitlichen Gelenkflächen des Atlas und des Axis. Diese letzteren Gelenkflächen haben ebenfalls sehr schlaffe Gelenkkapseln; dadurch werden seitliche Drehbewegungen im Ausmaß von etwa 30° ermöglicht. Das untere Kopfgelenk dient der **Drehung des Kopfes** mitsamt dem Atlas um den Dens axis, wobei die Bewegungsachse vertikal in der Längsachse des Dens verläuft.

? Wie sind die Muskeln des tiefen Nackendreiecks angeordnet? Welche Funktion haben sie?

Die Muskeln des tiefen Nackendreiecks liegen **unter (ventral von)** dem **M. semispinalis capitis**. Auf jeder Seite befinden sich vier Muskeln, die sich von den autochthonen Rückenmuskeln ableiten (Abb. 4.1):

- M. rectus capitis posterior minor
- M. rectus capitis posterior major
- M. obliquus capitis superior
- M. obliquus capitis inferior

Sie bewirken **Nickbewegungen** im **Atlantookzipitalgelenk**, dem sog. oberen Kopfgelenk, und **Drehbewegungen** in den **Articulationes atlantoaxiales**, dem sog. unteren Kopfgelenk.

Nickbewegungen werden vorwiegend durchgeführt vom **M. rectus capitis posterior minor**, der vom Tuberculum posterius des Atlas zur Linea nuchalis inferior des Okziput zieht, und dem **M. obliquus capitis superior**, der vom

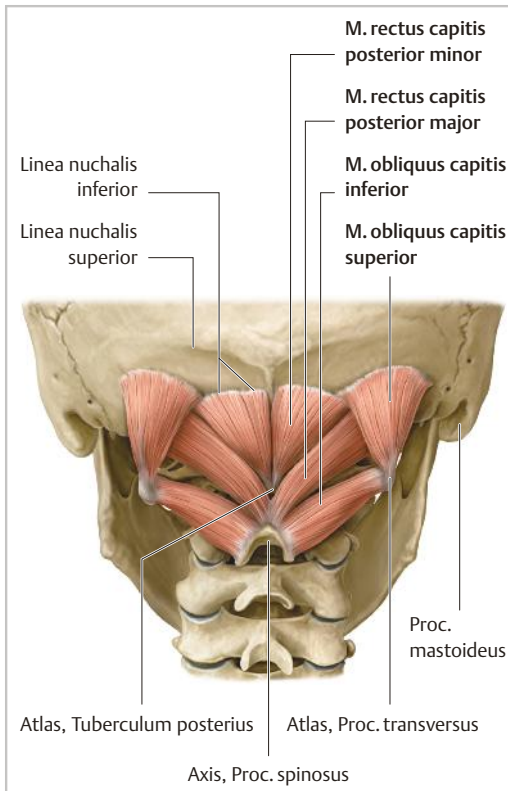


Abb. 4.1 Tiefes Nackendreieck. Ansicht von dorsal. Dargestellt sind die kurzen Nacken- und Kopfgelenkmuskeln Mm. recti capitis posteriores sowie Mm. obliqui capitis. Innerviert werden sie vom R. dorsalis des 1. Spinalnervs (N. suboccipitalis) (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

Querfortsatz des Atlas zur lateralen Linea nuchalis inferior läuft. Er kann bei einseitiger Kontraktion auch eine Seitwärtsneigung des Kopfs bewirken.

Drehbewegungen im unteren Kopfgelenk werden vorwiegend durchgeführt vom **M. rectus capitis posterior major**, der am Dorn (Proc. spinosus) des Axis entspringt und an der lateralen Linea nuchalis inferior ansetzt, sowie vom **M. obliquus capitis inferior**, der den gleichen Ursprung hat, aber zum Querfortsatz des Atlas zieht.

? * Welche Nackenmuskeln müssen bei dorsalem Zugang entfernt werden, um an das tiefe Nackendreieck zu gelangen?

Am oberflächlichsten liegt die Pars descendens des **M. trapezius**, die zur lateralen Klavikula absteigt. Darunter folgt der **M. splenius capitis**, dessen Fasern von den Dornfortsätzen der unteren Halswirbelsäule nach kranial-lateral laufen. Sie umgreifen wie eine Binde den darunterliegenden **M. semispinalis capitis** und setzen an den Querfortsätzen der oberen Halswirbelsäule und am Okziput in der Gegend des Mastoids an. Nach Entfernung des **M. semispinalis capitis** liegen die Muskeln des tiefen Nackendreiecks frei.

? Wie ist das System der Rückenmuskeln gegliedert?

Die **Rückenmuskeln** gliedern sich in zwei Systeme:

- die oberflächlichen Rückenmuskeln und
- die autochthonen Rückenmuskeln

Die **oberflächlichen Rückenmuskeln** gehören entwicklungs geschichtlich zu den ventralen Muskelsegmenten (aus denen sich auch die Extremitätenmuskeln entwickeln) und sind sekundär aus dem Bereich der Extremitäten auf den Rücken gewandert. Sie werden von den **Rami ventrales der Spinalnerven** versorgt. Im Zweifelsfall entscheidet die Nervenversorgung durch einen Ramus ventralis oder dorsalis darüber, ob es sich um einen autochthonen oder oberflächlichen Rückenmuskel handelt. Die größten oberflächlichen Rückenmuskeln sind der **M. trapezius** (vom **N. accessorius** versorgt) und der **M. latissimus dorsi** (vom **N. thoracodorsalis** versorgt).

Die **autochthonen Rückenmuskeln** sind, wie der Name autochthon (bodenständig) sagt, am Ort ihrer späteren Lokalisation entstanden. Sie entwickeln sich in der Ontogenese aus den dorsalen Anteilen der Muskelsegmente und werden daher auch von den **Rami dorsales der Spinalnerven** versorgt. Zu den autochthonen Rückenmuskeln gehören verschiedene Muskelgruppen, beispielsweise (Auswahl):

- der **M. erector spinae** mit folgenden Teilmuskeln:
 - M. iliocostalis
 - M. longissimus und
 - M. spinalis
- sowie das **transversospinale System** mit folgenden Teilmuskeln:
 - M. semispinalis
 - M. multifidus und
 - Musculi rotatores



Tab. 4.1 Autochthone Rückenmuskulatur (M. erector spinae). Lateraler Trakt. (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014.)

Muskel		Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
sakrospinales System					
M. iliocostalis	thoracis	7.–12.Rippe	1.–6.Rippe	laterale Äste der Rr. dorsales der Spinalnerven (C8–L1)	beidseitige Kontraktion: Dorsal-extension ; einseitige Kontraktion: ipsilaterale Lateralflexion
	cervicis	3.–7.Rippe	Querfortsätze des 4.–6. Halswirbels		
	lumborum	Os sacrum, Crista iliaca, Fascia thoracolumbalis	6.–12. Rippe, Fascia thoracolumbalis, Querfortsätze der oberen LWS		
M. longissimus	thoracis	Os sacrum, Crista iliaca, Dornfortsätze der LWS, Querfortsätze der unteren BWS	2.–12. Rippe, Rippenfortsätze der LWS, Querfortsätze der Brustwirbel	laterale Äste der Rr. dorsales der Spinalnerven (C1–L5)	
	cervicis	Querfortsätze des 1.–6. Brustwirbels	Querfortsätze des 2.–5. Brustwirbels		
	capitis	Querfortsätze des 1.–3. Brustwirbels und Quer- und Gelenkfortsätze 4.–7. Halswirbels	Proc. mastoideus des Os temporale		
spinotransversales System					
M. splenius	cervicis	Dornfortsätze des 3.–6. Brustwirbels	Querfortsätze des 1. und 2. Halswirbels	laterale Äste der Rr. dorsales der Spinalnerven (C1–C6)	beidseitige Kontraktion: Dorsal-textension ; einseitige Kontraktion: ispisilaterale Lateralflexion und Rotation
	capitis	Dornfortsätze des 4. Hals- bis 3. Brustwirbels	laterale Linea nuchalis superior, Proc. mastoideus		
intertransversales System					
Mm. intertransversarii	mediales lumborum	verlaufen zwischen benachbarten Procc. mamillares aller Lendenwirbel		Rr. dorsales der Spinalnerven außer Mm. intertransversarii laterales lumborum und Mm. intertransversarii anteriores cervicis (Rr. ventrales der Spinalnerven)	beidseitige Kontraktion: Stabilisierung und Dorsalextension der HWS und LWS einseitige Kontraktion: Lateralflexion der HWS und LWS zur ipsilateralen Seite
	laterales lumborum	verlaufen zwischen benachbarten Procc. costales der Lendenwirbel			
	posteriores cervicis	verlaufen zwischen benachbarten Tubercula posteriora des 2.–7. Halswirbels			
	anteriores cervicis	verlaufen zwischen benachbarten Tubercula anteriora des 2.–7. Halswirbels			
Mm. levatores costarum	breves	Querfortsätze des 7. Hals- und 1.–11. Brustwirbels	Angulus costae der nächsttieferen Rippe	sowohl von Rr. dorsales als auch von Rr. ventrales der Spinalnerven	beidseitige Kontraktion: Dorsalex-tension ; einseitige Kontraktion: ipsilaterale Flexion und kontralaterale Rotation
	longi	Querfortsätze des 7. Hals- und 1.–10. Brustwirbels	Angulus costae der übernächsten Rippe		

Tab. 4.2 Autochthone Rückenmuskulatur, Medialer Trakt.

Muskel		Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
spinales System					
Mm. inter-spinales	cervici	verlaufen zwischen den Dornfortsätzen der HWS		Rr. dorsales der Spinalnerven	Dorsalextension
	lumborum	verlaufen zwischen den Dornfortsätzen der LWS			
M. spinalis	thoracis	Dornfortsätze 10.–12. Brustwirbel und 1.–3. Lendenwirbel	Dornfortsätze 2.–8. Brustwirbel		beidseitige Kontraktion: Dorsalextension; einseitige Kontraktion: Lateralflexion zur ipsilateralen Seiten
	cervicis	Dornfortsätze 1.–2. Brustwirbel und 5.–7. Halswirbel	Dornfortsätze 2.–4. Halswirbel		
transversospinales System					
Mm. rotatores	breves	verlaufen zwischen Querfortsatz und nächsthöherem Dornfortsatz innerhalb der BWS		Rr. dorsales der Spinalnerven	beidseitige Kontraktion: Dorsalextension; einseitige Kontraktion: Rotation zur kontralateralen Seite
	longi	verlaufen zwischen Querfortsatz und übernächstem Dornfortsatz innerhalb der BWS			
M. multifidus		verläuft zwischen Querfortsatz und Dornfortsatz der gesamten Wirbelsäule			beidseitige Kontraktion: Dorsalextension; einseitige Kontraktion: Lateralflexion zur ipsilateralen Seite und Rotation zur kontralateralen Seite
M. semispinalis	thoracis	Querfortsätze 6.–12. Brustwirbel	Dornfortsätze 6. Hals- bis 4. Brustwirbel		beidseitige Kontraktion: Dorsalextension; einseitige Kontraktion: Lateralflexion zur ipsilateralen Seite und Rotation zur kontralateralen Seite
	cervicis	Querfortsätze 1.–6. Brustwirbel	Dornfortsätze 6.–7. Halswirbel		
	capitis	Querfortsätze 3. Hals- bis 6. Brustwirbel	Os occipitale zwischen Linea nuchalis superior und inferior		

? Wie sind die Faszien der kaudalen Rückenmuskeln aufgebaut?

Die **Fascia** (oder **Aponeurosis**) **thoracolumbalis** ist die ausgedehnteste der **kaudalen Rückenfaszien**. Sie entspringt von den lumbalen Proc. spinosi und von der Crista iliaca und bedeckt den **M. erector spinae** dorsal. Ventral geht die Fascia thoracolumbalis in die **Aponeurosis lumbalis** über, die an den Proc. costales der Lumbalwirbel ent-

springt. Die Aponeurosis lumbalis bildet gleichzeitig die dorsale Begrenzung des **M. quadratus lumborum**, der auf der Ventralseite von der Fascia lumbalis bedeckt ist.

Die Fascia thoracolumbalis stellt außerdem den **kaudalen Ursprung des M. latissimus dorsi** dar, daher rührt der zweite Name **Aponeurosis** (im Sinne von „flächige Sehne“).



4 Leibeswand

Die Faszien bilden somit **zwei Logen** für die Muskelmassen des M. erector spinae dorsal und den M. quadratus lumborum ventral (Abb. 4.2).

KLINIK. Diese Region mit ihren Faszien ist von **chirurgischer Bedeutung**, da ventral vom M. quadratus lumborum die Niere liegt. Bei Zugang von dorsal kann an dieser Stelle die Niere chirurgisch dargestellt werden, ohne den Peritonealraum zu eröffnen.

? Wie sind die Spinalnerven relativ zu den Wirbelkörpern angeordnet?

Prinzipiell treten die Spinalnerven, die zu einem bestimmten Rückenmarksegment gehören, **kaudal** von dem gleichnamigen Wirbel aus dem **Canalis spinalis** aus. Der Austritt erfolgt über das **Foramen intervertebrale**. Dieses wird durch die Incisurae vertebrales des nächsthöheren und nächsttieferen Wirbelbogens gebildet: Durch Zusammenlagerung dieser etwa halbkreisförmigen Aussparungen am Übergang vom Wirbelbogen zum Wirbelkörper entsteht zwischen zwei Wirbeln ein ovales Loch. Durch das Foramen intervertebrale treten die **motorischen Fasern über die Vorderwurzel** aus und die **sensiblen Fasern über die Hinterwurzel** ein. Das **Ganglion spinale** befindet sich im Verlauf der Hinterwurzel und liegt größtenteils innerhalb des Foramen intervertebrale.

? * Was verstehen Sie unter dem Plexus venosus vertebralis internus?

Der **Plexus venosus vertebralis internus** (inneres Wirbelvenengeflecht) befindet sich im Epiduralraum, d.h. zwischen Dura mater und Periostauskleidung des Wirbelkanals. Das Geflecht umgibt das Rückenmark in seiner gesamten Länge; es nimmt über die **Vv. radicales** das venöse Blut aus dem Rückenmark auf. Das innere Wirbelvenengeflecht steht mit dem **Plexus venosus vertebralis externus** in Verbindung, das sich im Bereich des Rückens zwischen den Dorn- und Querfortsätzen unter den langen Rückenmuskeln befindet.

KLINIK. Der **Plexus venosus vertebralis internus** hat keine Klappen, das venöse Blut kann sich daher je nach lokalen Druckverhältnissen nach kaudal oder kranial bewegen. Dies hat klinische Bedeutung, weil der Plexus kranial am **Foramen occipitale magnum** eine direkte Verbindung mit den **Sinus durae matris** der Schädelhöhle hat. Auf diesem Weg können Bakterien aus dem Bereich des Wirbelkanals in die Schädelhöhle gelangen.

? * Welche Strukturen finden sich auf der Dorsalseite des Os sacrum?

Das **Os sacrum** ist durch die Verschmelzung von fünf Sakralwirbeln entstanden. Auf der Dorsalfläche bilden die Wirbelbögen durch die Verschmelzung eine solide Wand,

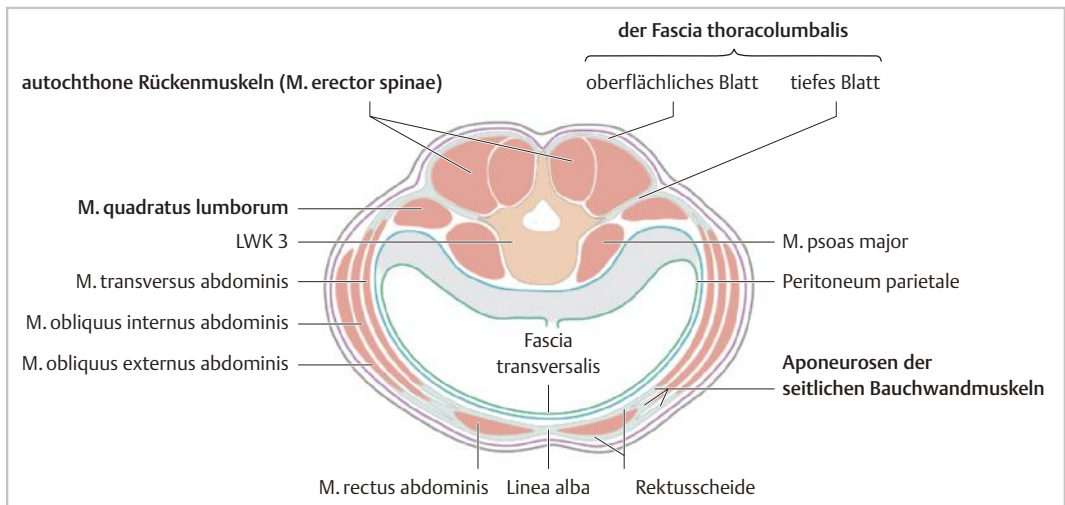


Abb. 4.2 Querschnitt auf Höhe des 3. Lendenwirbelkörpers. Die Fascia thoracolumbalis besteht aus einem oberflächlichen Blatt, das dem M. erector spinae dorsal aufliegt, und einem tiefen Blatt, das zwischen M. erector spinae und M. quadratus lumborum verläuft (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

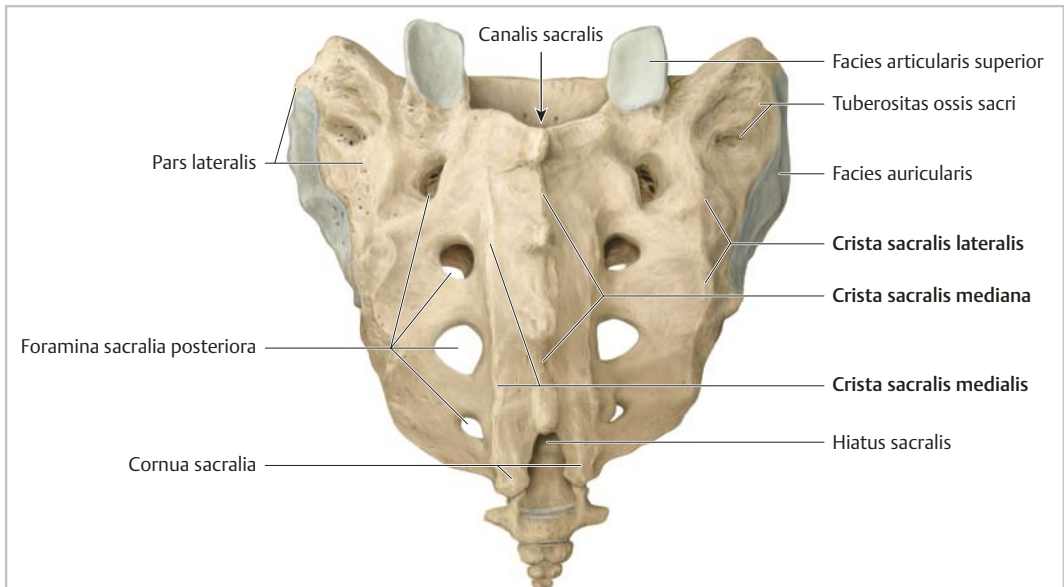


Abb. 4.3 Os sacrum und Os coccygis. Ansicht von dorsal. Die Hinterfläche des Kreuzbeins besteht aus vereinigten Dornfortsätzen und bildet eine gezackte Knochenleiste, die **Crista sacralis mediana**. Jeweils lateral davon liegen die paarigen **Crista sacralis medialis** (Verschmelzung der Gelenkfortsätze). Lateral davon verlaufen die ebenfalls paarigen **Cristae sacralis lateralis**, die aus der Verschmelzung der Querfortsätze entstanden sind (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

wobei die verschiedenen Wirbelfortsätze rostrokaudal verlaufende **Leisten (cristae)** bilden (Abb. 4.3):

- Die **Crista sacralis mediana** entsteht aus den Dornfortsätzen,
- die **Crista sacralis medialis** aus den Gelenkfortsätzen und
- die **Crista sacralis lateralis** aus den Querfortsätzen.

Zwischen den beiden Letzteren befinden sich die **Foramina sacralia posteriora** für den Austritt der Sakralnerven. Die **Crista sacralis medialis** endet kranial in zwei Gelenkflächen für die Verbindung mit dem **fünften Lumbalwirbel**, kaudal in den **Cornua sacralia**, die zwischen sich den **Hiatus sacralis** freilassen. Der **Hiatus sacralis** stellt eine direkte Verbindung zum **Canalis sacralis** her, in dem sich die **Cauda equina** des Rückenmarks mit den Rückenmarkshäuten befindet.

KLINIK. Der **Hiatus sacralis** ist ein wichtiger Zugang für die Injektion von Lokalanästhetika bei der Sakralanästhesie.

4.1.2 Brustwand

? * Was verstehen Sie unter der Symphysis manubriosternalis?

Die **Symphysis manubriosternalis** ist eine Verbindung aus **Faserknorpel** zwischen dem Handgriff (**Manubrium**) und Körper (**Corpus**) des Brustbeins. Sie ist beim Jugendlichen noch als **Synchondrose** (Knochenverbindung durch **hyalinen Knorpel**) angelegt und wird bei etwa 30% der Erwachsenen zu einer **Symphyse** (Knochenverbindung durch Faserknorpel) umgebaut. Der Faserknorpel der Symphyse wird mit zunehmendem Alter durch Knochensubstanz ersetzt. Diese Symphyse ist eine der wenigen Stellen des Organismus, an denen Faserknorpel vorkommt (auch an der Symphyse des Os pubis). Demgegenüber ist die Verbindung zwischen **Corpus** und **Proc. xiphoideus** des Brustbeins eine Synchondrose, die im Alter ohne faserknorpelige Zwischenstufe verknöchert.

? Beschreiben Sie die unterschiedlichen Verbindungen zwischen Rippen und Brustbein.

Der Mensch hat normalerweise **zwölf Rippenpaare**. Man unterscheidet:

- **Echte Rippen (Costae verae):** Hierzu gehören die Rippen 1–7. Die Costae verae erreichen das Brustbein direkt.

- **Falsche Rippen (Costae spuriae):** Hierzu zählen die übrigen Rippen. Sie sind nicht direkt am Brustbein befestigt, sondern verbinden sich mit dem knorpeligen Rippenbogen, dem **Arcus costalis** (Rippe 8–10) oder enden frei in der Bauchwand (Rippen 11 und 12).

Jede Rippe besteht aus dem **Rippenknochen (Os costale)** und dem **Rippenknorpel (Cartilago costalis)**. Der Übergang vom Rippenknochen zum Rippenknorpel liegt bei den echten Rippen normalerweise drei Fingerbreit lateral vom Sternumrand. Die Knorpel-Knochen-Grenze kann verdickt sein und lässt sich dann besser palpieren.

KLINIK. Eine unzureichende Zufuhr von Vitamin D im Kleinkindesalter kann zu Rachitis mit gestörter Mineralisation der Knochen führen. Bei erkrankten Kindern bildet sich eine Reihe palpabler Verdickungen (sog. rachitischer Rosenkranz), d. h. Auftreibungen an den Knorpel-Knochen-Grenzen im Bereich der Rippen.

? Aus welchen Teilen bestehen die Wirbelrippengelenke? Welche Bewegungen sind in ihnen möglich?

Jedes Wirbelrippengelenk besteht aus zwei Teilen (Abb. 4.4a):

- einem Gelenk zwischen Rippenkopf (**Caput costae**) und den Gelenkflächen des zugehörigen und nächsthöheren Wirbelkörpers (Rippenkopfgelenk) sowie
- einem Gelenk zwischen dem **Tuberculum costae** und dem Querfortsatz (**Proc. transversus**) des zugehörigen Wirbels (Rippenhöckergelenk). Das Tuberculum costae der Rippe 4 artikuliert beispielsweise mit dem Querfortsatz des Wirbelkörpers Th4.

Bewegungen in diesen beiden Teilgelenken sind nur als **Kreiselungen** möglich, die um eine Linie stattfinden. Diese Linie entspricht etwa der Längsachse des Collum costae zwischen Caput und Tuberculum costae. Das Kreiseln der Rippe um die Längsachse des Rippenhalses führt bei der **Einatmung** im kranialen Thorax zu einem **Anheben der vorderen Anteile der Rippe nach oben** und somit zu einer Erweiterung des sagittalen Thoraxdurchmessers (die Kreiselungsachse liegt nahe der Horizontalebene). Im kaudalen Brustkorb kommt es bei der Einatmung eher zu einer **Vergrößerung des queren Durchmessers**, da hier die Achsen der Rippengelenke schräg zur Horizontalebene stehen (Abb. 4.4b).

? Welche Altersveränderungen macht der Thorax im Laufe des Lebens durch?

Beim **Neugeborenen und Säugling** stehen die Rippen praktisch **horizontal**. Eine Vergrößerung des Thoraxraums bei der Inspiration ist daher nur durch die Zwerchfellkontraktion möglich (reine Bauch- oder Zwerchfellatmung). Im Verlauf des Lebens senkt sich das Sternum mit den Rippen immer mehr nach kaudal; der **Rippenverlauf**

wird also immer **steiler**. Gleichzeitig kommt es zu einer zunehmenden **Verknöcherung der Rippenknorpel**. Die Verknöcherung der Rippenknorpel bewirkt eine **Abnahme der Beweglichkeit** des Thorax bei der Inspiration und eine **reduzierte Elastizität** des Thorax, die einen wichtigen Faktor für die weitgehend passive Ausatmung darstellt (zusammen mit der Elastizität des Lungengewebes). Insgesamt bewirken die Altersveränderungen eine **Verminderung der Atemexkursionen**.

? Wie ist die Interkostalmuskulatur aufgebaut? Welche Funktion haben ihre Teile?

Die Interkostalmuskeln gehören zur Atemmuskulatur und bestehen hauptsächlich aus zwei Muskelgruppen:

- Musculi intercostales externi (Rippenheber: Inspiration)
- Musculi intercostales interni (Rippensenker: Expiration) mit folgenden Abspaltungen:
- Musculi intercartilaginei
- Musculi subcostales
- Musculi intercostales intimi

Die **Musculi intercostales externi** verlaufen von dorsal-kranial nach kaudal-ventral. Sie beginnen an der Wirbelsäule und erreichen das Sternum nicht, sondern hören am Rippenknorpel auf, wo sie in die Membrana intercostalis externa übergehen.

Die **Musculi intercostales interni** verlaufen von kranial-ventral nach kaudal-dorsal, d. h. etwa senkrecht zu den Musculi intercostales externi. Sie sind auch zwischen den Rippenknorpeln vorhanden und heißen hier **Musculi intercartilaginei**. Im dorsalen Thorax reichen sie nur bis zum Angulus costarum, d. h., sie erreichen die Wirbelsäule nicht. Zwischen Angulus costarum und der Wirbelsäule verlaufen daher die Vasa und Nervi intercostales weitgehend ungeschützt, nämlich innen nur durch die **Membrana intercostalis interna** bedeckt, die die Fortsetzung der Musculi intercostales interni bis hin zur Wirbelsäule darstellt.

Als **Musculi subcostales** bezeichnet man Fasergruppen der Interni, die eine oder mehrere Rippen überspringen.

Unter den **Musculi intercostales intimi** versteht man Abspaltungen der Interni, die dadurch entstehen, dass im lateralen und ventralen Thoraxbereich die Vasa und Nervi intercostales innerhalb der Musculi intercostales interni verlaufen.

Funktionell sind die Musculi intercostales externi und die Intercartilaginei zusammen mit dem Zwerchfell die Muskeln mit der **stärksten inspiratorischen Wirkung**. Die Ausatmung erfolgt weitgehend passiv durch die elastische Spannung des Lungengewebes und der knorpeligen Anteile des Thorax. Bei forcierter Atmung wirken die Musculi intercostales interni als **Exspiratoren**; sie werden dabei durch die **Bauchwandmuskeln** und den **M. transversus thoracis** unterstützt.

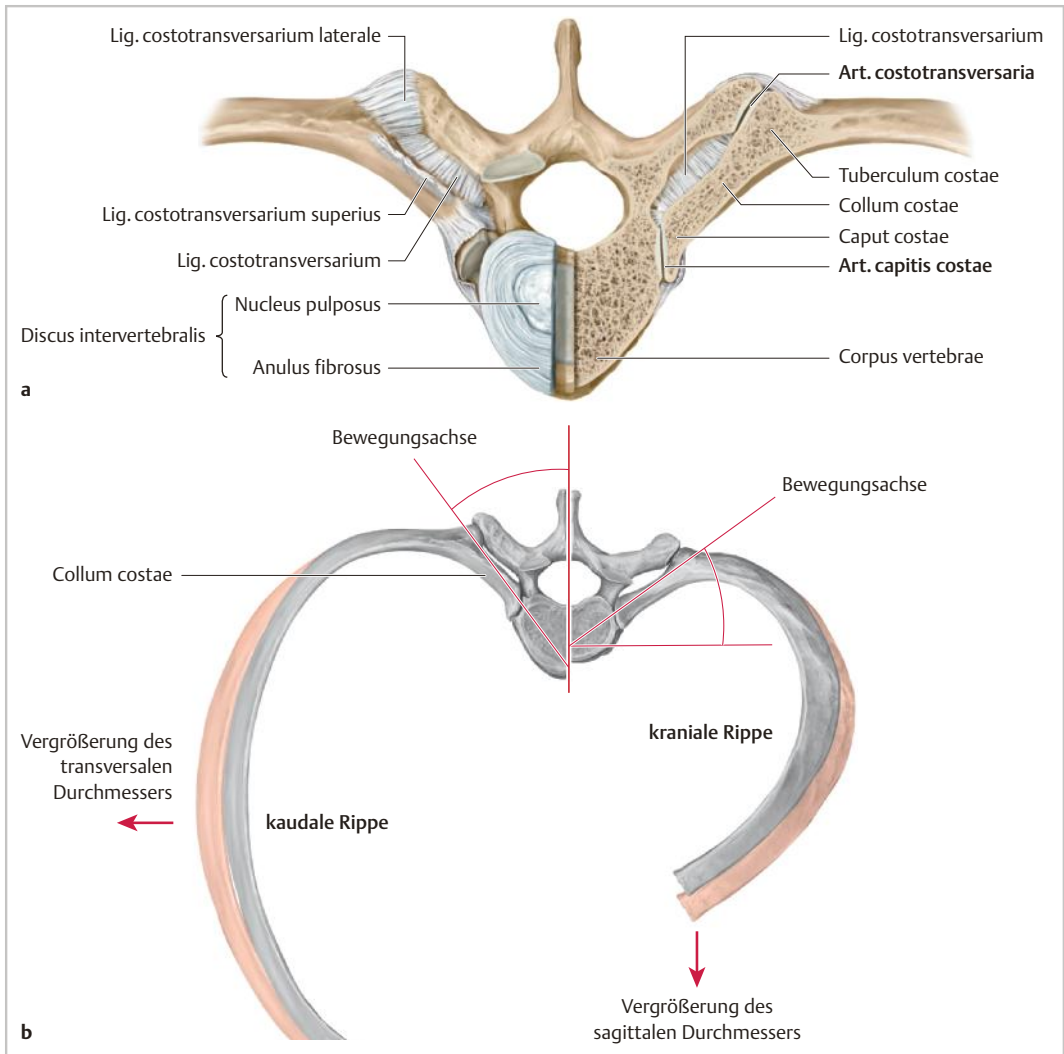


Abb. 4.4 Rippenwirbelgelenk. Über die Rippen-Wirbel-Gelenke stehen die Rippen mit den Wirbeln in gelenkiger Verbindung. Man unterscheidet jeweils ein Rippenkopfgelenk (Art. capitis costae) und ein Rippenhöckergelenk (Art. costotransversaria) (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

a Rippen-Wirbel-Gelenk Bandapparat. Gelenkverbindung der 8. Rippe mit dem 8. Brustwirbel. Ansicht von kranial.

b Bewegungsachsen und Ribbenbewegungen der kranialen und kaudalen Rippen im Vergleich (nach Kapandji). Ansicht von kranial. Die Bewegungsachsen der kranialen Rippen verlaufen eher frontal, die Achsen der kaudalen Rippen eher sagittal, wobei beide Bewegungsachsen fast parallel zum Rippenhals sind. Im oberen Teil des Brustkorbs wird dadurch der sagittale Durchmesser vergrößert und im unteren Teil eher der transversale Durchmesser.

? Wie sind die Brustkorbfaszien angeordnet?

Von innen nach außen werden folgende Faszien unterschieden (Abb. 4.5):

- Die innere Brustkorbfaszie (**Fascia endotheracica**) besteht aus lockerem Bindegewebe und grenzt an das

Periost der Rippen bzw. die Musculi intercostales interni (intimi).

- Die äußere Brustkorbfaszie (**Fascia thoracica externa**) liegt außen auf dem Periost der Rippen bzw. auf den Musculi intercostales externi.

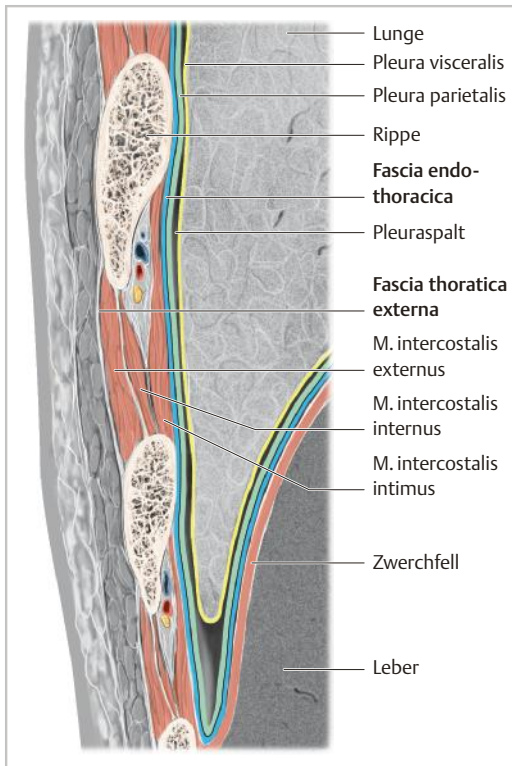


Abb. 4.5 Brustkorbfaszien. Frontalschnitt auf Höhe der lateralen Brustwand im Bereich des Recessus costodiaphragmaticus. Die Fascia endothoracica kleidet den Innenraum des Thorax aus und liegt zwischen der inneren Brustwandmuskulatur und der Pleura parietalis, mit der sie fest verbunden ist. Sie entspricht der Fascia transversalis des Bauchraumes. Der Recessus costodiaphragmaticus zwischen Thoraxwand und Zwerchfell ist ein Reserveraum, der sich bei der Einatmung (Abflachung des Diaphragmas) vergrößert und in den sich die Lunge ausdehnen kann (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus Lern-Atlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

Von der Brustkorbfaszie sollte begrifflich getrennt werden die Faszie um den M. pectoralis minor (Fascia clavipectoralis), die die V. subclavia trotz des bei Inspiration herrschenden Unterdrucks offenhält.

? Wie verlaufen die Nervi intercostales in den Zwischenrippenräumen?

Die Interkostalnerven (**Nervi intercostales**) sind die **Rami ventrales** der thorakalen Spinalnerven (**Nervi thoracici**). Sie verlaufen unterhalb von der A. und V. intercostalis, so ergibt sich von kranial nach kaudal die Anordnung:

- Vene
- Arterie
- Nerv

Von der Wirbelsäule bis zum Angulus costae verlaufen die Nerven und Gefäße geschützt im **Sulcus costae**. Ventral vom Angulus costae liegen sie frei am Kaudalrand der Rippe und sind daher bei Punktionen in dieser Gegend besonders gefährdet. Die Nervi intercostales enden als **Rami cutanei anteriores** nach Durchbohren der Brustwand in der ventralen Haut der Brust und der Bauchwand. Der zwölfte N. intercostalis verläuft unterhalb der zwölften Rippe und heißt **N. subcostalis**.

KLINIK. Die anatomische Lage von Aa., Vv. und Nervi intercostales sind insbesondere beim Legen einer Thoraxdrainage, z. B. zum Ablassen eines Pleuraergusses, von klinischer Bedeutung. Der Drainageschlauch sollte zur Vermeidung von Nerven- oder Gefäßverletzungen stets am Oberrand der Rippe gelegt werden.

? Wie ist die weibliche Mamma auf der Thoraxwand befestigt?

Die weibliche Brust ist eine Drüse, die allein durch lockere Bindegewebsstränge an der **Fascia pectoralis** befestigt ist, die ihrerseits den **M. pectoralis major** bedeckt. Die Mamma ist daher unter normalen Umständen auf der Fascia pectoralis gut verschieblich. Größere Nerven und Gefäße kreuzen die Fascia pectoralis nicht, was eine Erleichterung für operative Eingriffe im Gebiet der Brustdrüse darstellt.

? Welches sind die hauptsächlichsten Lymphabflüsse der Brustdrüse?

Die **Hauptabflussrichtung der Lymphe** aus der **Glandula mammaria** verläuft zur Achselhöhle zu den 30–60 axillären Lymphknoten. Hauptlymphweg:

- zunächst Nodi lymphatici axillares pectorales (Sorgius-Gruppe),
- dann weiter zu den Nodi lymphatici axillares centrales.
- Und von den axillären Lymphknoten fließt die Lymphe zu den Nodi lymphatici axillares apicales.
- Neben diesem Hauptlymphweg gibt es noch weitere Abflüsse aus der Mamma, wie zum Beispiel den Weg in das Innere des Thorax, und zwar über Lymphgefäße, die nach medial ziehen, die Brustwand durchtreten und mit den Nodi lymphatici parasternales an der Innenseite des Thorax in Verbindung stehen (retrosternaler Weg).

KLINIK. Die **Nodi lymphatici axillares pectorales** liegen am kaudolateralen Rand des M. pectoralis minor und sind hier relativ leicht zu palpieren. In dieser Gegend tritt der N. intercostobrachialis aus dem Thorax aus und kann durch entzündliche Vorgänge oder Metastasenbildung gereizt werden. Dadurch kommt es zu Schmerzen, die in die mediale Seite des Oberarms ausstrahlen.

? Welche Veränderungen zeigen Thorax und Zwerchfell während der Atmung?

Bei der **Inspiration** wird das Sternum zusammen mit den Rippenknorpeln und Rippen durch die inspiratorischen Atemmuskeln nach kranial bewegt. Der Verlauf der Rippen wird weniger steil und die **Apertura thoracis superior (obere Brustkorböffnung)** verläuft praktisch horizontal (in Ruhelage ist sie nach ventral geneigt). Wegen der größeren Länge der unteren Rippen ist die Zunahme des sagittalen Durchmessers im kaudalen Thorax größer als im kranialen. Der **Angulus infrasternalis** (der Winkel zwischen den beiden Rippenbögen, die am kaudalen Ende des Sternums zusammentreffen) wird größer und ist bei starker Inspiration nahe 90°. Das Zwerchfell kontrahiert sich, die Zwerchfellkuppel wandert nach kaudal und steht bei normaler Inspiration in der Mittellinie etwa auf der Höhe der Spitze des Proc. xiphoideus).

Bei der **Expiration** sinkt das Brustbein zusammen mit den Rippenknorpeln und ventralen Rippen nach kaudal; der Verlauf der Rippen wird steiler. Die Apertura thoracis superior ist nicht mehr horizontal, sondern vorn nach kaudal geneigt. Der Angulus infrasternalis ist deutlich kleiner als 90°. Durch Erschlaffung des Zwerchfells stehen die Zwerchfellkuppen deutlich weiter kranial als bei der Einatmung, die rechte etwa in Höhe des vierten Zwischenrippenraums, die linke etwa in Höhe der fünften Rippe. In der Medianlinie steht das Zwerchfell (**Centrum tendineum**) nun in der Höhe der Grenze zwischen Corpus sterni und Proc. xiphoideus.

? Aus welchen Teilen besteht das Zwerchfell? Wie wird es innerviert?

Das Zwerchfell ist eine kuppelförmige, muskulös-sehnige Platte, die die Brusthöhle von der Bauchhöhle trennt. Sie besteht aus **drei Teilen**, die nach ihren Ursprüngen benannt werden (Abb. 4.6). Die **gemeinsame Sehne** ist das **Centrum tendineum**.

- **Pars sternalis:** Dies ist ein schmales Muskelbündel, das von der Dorsalseite des Sternums entspringt und fast sagittal nach dorsal verläuft.
- **Pars costalis:** Dieser Teil entspringt von der Innenseite des Rippenbogens der 7.–12. Rippe und alterniert dabei mit den Muskelzacken des M. transversus abdominis; er ist der ausgedehnteste Teil.

- **Pars lumbalis:** Die Pars lumbalis, die von der Wirbelsäule und der dorsalen Bauchwand entspringt, besteht aus zwei Anteilen: dem **Crus sinistrum** und dem **Crus dextrum**, jeweils seitlich der Mittellinie. Diese Crura werden noch jeweils in zwei Schenkel unterteilt: **Crus mediale** und **Crus laterale**. Das Crus mediale entspringt mit den Ursprungszacken vom dritten Lumbalwirbelkörper, während das Crus laterale (der laterale Schenkel des Crus sinistrum oder dextrum) von **Sehnenbögen** entspringt, die über die Muskeln der dorsalen Bauchwand ziehen: Das **Lig. arcuatum mediale** läuft von der Seitenfläche des ersten und zweiten Lendenwirbelkörpers über den M. psoas zum Proc. costalis (transversus) derselben Wirbelkörper (Psoasarkade). Das **Lig. arcuatum laterale** entspringt an dieser Stelle und zieht über den M. quadratus lumborum zur zwölften Rippe (Quadratusarkade).

Das Zwerchfell wird vom **N. phrenicus** motorisch und sensibel innerviert. Der Ursprung des Nervs liegt hauptsächlich im **Segment C4**; das Zwerchfell hat während der Entwicklung einen Deszensus aus der Halsregion in die spätere Lage mitgemacht und dabei den N. phrenicus mitgenommen. Funktionell wichtig ist der N. oder **Ramus phrenicoabdominalis**, der als Fortsetzung des N. phrenicus das Zwerchfell durchtritt und auf der rechten Seite die peritoneale Bedeckung des Zwerchfells und der Leber versorgt, auf der linken Seite das Peritoneum des Zwerchfells und des Magens. Durch Reizung dieser sensiblen Äste – z. B. bei pathologischen Veränderungen der Leber oder des Magens – kann es zu motorischen Reflexen im Zwerchfell kommen (**Schluckauf**).

? * An welchen Stellen treten funktionell wichtige Strukturen durch das Zwerchfell?

Die wichtigsten Durchtrittsstellen durch das Zwerchfell sind:

- Im **Centrum tendineum:** Das **Foramen venae cavae** für den Durchtritt der V. cava inferior und des Ramus phrenicoabdominalis des rechten N. phrenicus.
- In der **Pars sternalis:** Das **Trigonum sternocostale** (Larrey-Spalte) für den Durchtritt von der A. und V. thoracica interna (ihre Endäste sind die A. und V. epigastrica superior).
- In der **Pars lumbalis:**
 - **Hiatus aorticus** für den Durchtritt der Aorta und des Ductus thoracicus.
 - **Hiatus oesophageus** für den Durchtritt vom Ösophagus, von den Trunci vagales sowie (manchmal) dem Ramus phrenicoabdominalis des linken N. phrenicus.
 - Im **Crus mediale:** V. azygos, V. hemiazygos, Nervi splanchnici.
 - Öffnungen zwischen dem Crus laterale und mediale beidseits im Crus sinistrum bzw. dextrum: **Truncus sympathicus**.



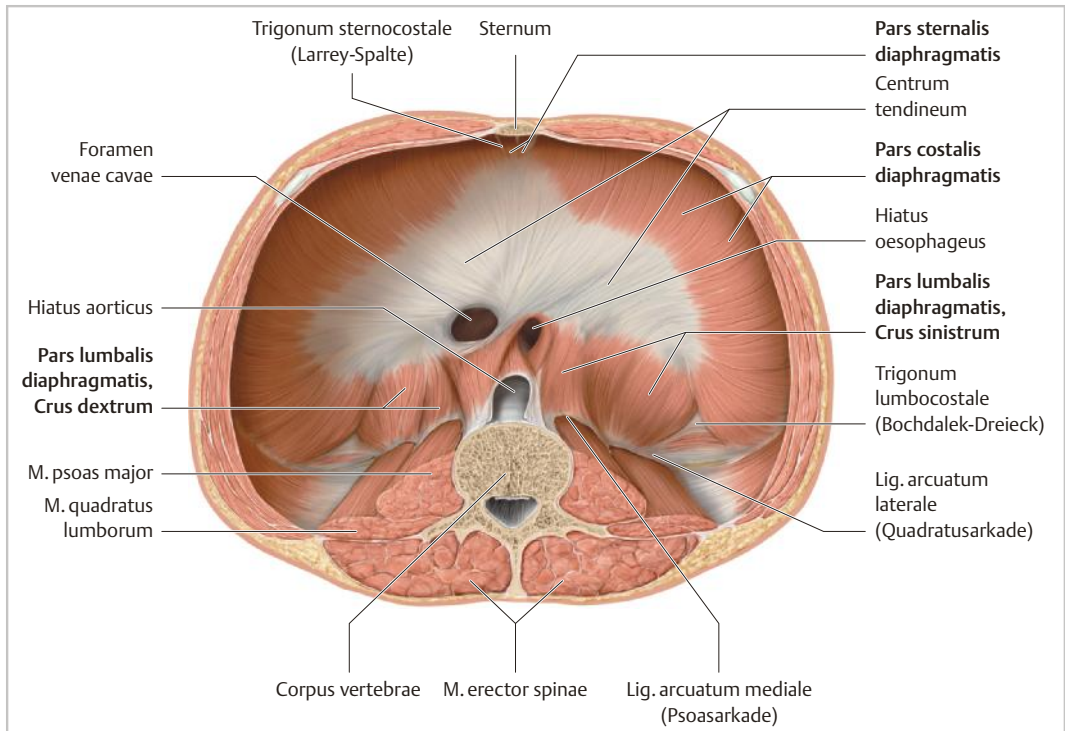


Abb. 4.6 Zwerchfell von kaudal. Dargestellt sind die drei Teile des Diaphragmas, Pars sternalis, costalis und lumbalis. Es bildet den Übergangsmuskel zwischen Brust- und Bauchhöhle und hat Öffnungen für den Ösophagus, die V. cava inferior und die Aorta (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

4.1.3 Bauchwand

? Welche Schichten hat die Bauchwand?

Von außen nach innen hat die Bauchwand folgende Schichten:

- äußere Haut
- oberflächliche Körperfazie
- subkutanes Fettgewebe
- Muskelfazie
- Bauchmuskeln
- Fascia transversalis (der Name kommt daher, dass die Faszie den M. transversus abdominis von innen bedeckt)
- Peritoneum

Die Verlaufsrichtungen der Fasern der verschiedenen Bauchmuskeln sind um jeweils 45° gegeneinander versetzt. Eine vertikale Verlaufsrichtung haben der M. rectus abdominis und der M. quadratus lumborum.

? Benennen Sie die Bauchmuskeln.

Der **M. rectus abdominis** verläuft zwischen der Außenfläche des kaudalen Sternums und der Rippen 5–7 zum Schambein. Er ist durch Intersectiones tendineae gekennzeichnet, die den entwicklungsgeschichtlichen Rest einer segmentalen Anordnung (wie bei den Interkostalmuskeln) darstellen. Die unterste Intersectio tendinea verläuft in Höhe des Nabels. Die Haut ist mit den Intersectiones verwachsen und weist daher an diesen Stellen Einziehungen auf.

Der **M. quadratus lumborum** zieht vom Darmbeinkamm zu den Proc. costales der Lendenwirbel und zur 12. Rippe. Er liegt ventral vom (innen auf dem) Ursprung des M. transversus abdominis und kann als dorsales Pendant zum M. rectus abdominis angesehen werden.

Der **M. transversus abdominis** hat eine Verlaufsrichtung vorwiegend in der Horizontalebene, also rechtwinklig zum M. rectus abdominis. Der quere Bauchmuskel entspringt von den Innenflächen der kaudalen Rippen, den Proc. costales der Lumbalwirbel, dem Darmbeinkamm

und lateralen Teilen des Leistenbands. Er strahlt in den lateralen Rand der Rektusscheide ein.

Die Fasern des **M. obliquus externus abdominis** verlaufen von kranial-dorsal-lateral nach kaudal-ventral-medial und halbieren auf diese Weise den rechten Winkel, der vom Rectus abdominis und Transversus abdominis gebildet wird. Der M. obliquus externus abdominis entspringt von der Außenfläche der kaudalen Rippen und inseriert am Leistenband, das eine Verstärkung seiner Aponeurose darstellt, sowie am lateralen Rand der Rektusscheide. Der kaudale Rand seiner Muskelmasse erreicht das Leistenband jedoch nicht, sondern bildet etwa in Höhe der Spina iliaca anterior superior eine Muskelzacke.

Der **M. obliquus internus abdominis** hat besonders in seinen kranialen Anteilen eine Verlaufsrichtung, die den M. obliquus externus abdominis fast rechtwinklig kreuzt. Er entspringt vom Leistenband und vom Darmbeinkamm und inseriert im lateralen Rand der Rektusscheide. Vom kaudalen Rand dieses Muskels spalten sich Fasern ab und bilden den Hauptteil des **M. cremaster**.

? Welche Strukturen verlaufen bei Mann und Frau durch den Leistenkanal?

Der **Canalis inguinalis** durchsetzt von dorsal-lateral-kranial nach ventral-medial-kaudal (in „Hosentaschenrichtung“) die vordere Bauchwand. Er ähnelt einer abgeflachten Röhre und enthält bei beiden Geschlechtern den **N. ilioinguinalis**, den **Ramus genitalis des N. genitofemoralis** und **Vasa lymphatica**.

Bei der **Frau** befindet sich zusätzlich im Leistenkanal:

- Das **Lig. teres uteri**, das vom Tubenwinkel des Uterus nach ventral durch den Leistenkanal zieht und in den Labia majora endet.
- Die **A. ligamenti teretis uteri**.

Beim **Mann** befindet sich der **Samenstrang** mit den folgenden Teilen im Leistenkanal:

- **Ductus deferens** mit A. ductus deferentis.
- **M. cremaster**, eine Abspaltung des M. obliquus internus abdominis (und/oder des M. transversus abdominis), mit der A. cremasterica.
- **A. und V. testicularis**.
- **Plexus pampiniformis** (venöses Rankengeflecht).

? Wie ist die Rektusscheide oberhalb und unterhalb der Linea arcuata aufgebaut?

Die aponeurotische **Rektusscheide** ist eine Hülle um den **M. rectus abdominis**, die durch die Sehnenplatten und Faszien des schrägen und queren Bauchmuskels gebildet wird. Sie besteht aus einer Vorderwand und einer Hinterwand, wobei die Hinterwand nur oberhalb der Linea arcuata vorhanden ist. Unterhalb dieser Line, die sich etwa fünf Zentimeter unterhalb des Nabels befindet, besteht

kein hinteres Blatt mehr und der M. rectus abdominis wird dorsal lediglich von der **Fascia transversalis** und dem **Peritoneum** bedeckt.

Oberhalb der Linea arcuata ist die Rektusscheide symmetrisch zum M. rectus aufgebaut: Die Aponeurose des M. obliquus externus abdominis zieht ventral vom M. rectus zur Linea alba, die des Transversus abdominis dorsal vom Muskel. Die Sehnenplatte des M. obliquus internus abdominis teilt sich am lateralen Rand des M. rectus abdominis und geht teils in das vordere, teils in das hintere Blatt der Rektusscheide über.

Unterhalb der Linea arcuata strahlen die Aponeurosen aller Muskeln in die vordere Rektusscheide ein. Die Dorsalfläche des M. rectus abdominis ist an dieser Stelle nur noch von der Fascia transversalis und dem Peritoneum bedeckt. Das Fehlen des dorsalen Blatts der Rektusscheide kaudal der Linea arcuata wird durch Entwicklungsvorgänge im Zusammenhang mit dem Umbau der Harnblase und der Ausbildung des Proc. vaginalis peritonei erklärt.

4.1.4 Becken, Beckenwände

? Wie sind die gelenkigen Verbindungen des Beckenrings aufgebaut?

Zu den Gelenkverbindungen des Beckens gehören:

- die Symphyse und
- das Iliosakralgelenk

Die **Symphyse** ist **kein** echtes Gelenk, sondern eine Verbindung aus Knorpel und Bindegewebe, die im Aufbau einer Bandscheibe ähnelt. Im Inneren der Symphyse befindet sich eine faserknorpelige Platte, der **Discus interpubicus**. Die Symphyse dient nicht der Erleichterung von Bewegungen, sondern der Federung beim Gehen.

Das **Iliosakralgelenk (Art. sacroiliaca)** ist ein **echtes Gelenk**, enthält also überknorpelte Gelenkflächen und einen Gelenkspalt, ist jedoch durch starke Bänder zwischen Os sacrum und Os ilium in der Beweglichkeit stark eingeschränkt (straffes Gelenk, **Amphiarthrose**). Die Gelenkflächen des Os ilium und Os sacrum heißen wegen der ohrmuschelähnlichen Form **Facies auriculares**. Durch die Form der Gelenkflächen und die vielfältigen Bandverbindungen mit dem Os ilium wird die durch das Rumpfgewicht bedingte Druckbelastung des Os sacrum in eine Zugbelastung der Ossa ilia umgesetzt.

? Durch welche Merkmale unterscheiden sich das weibliche und männliche Becken voneinander?

Die Geschlechtsunterschiede manifestieren sich hauptsächlich an zwei Stellen:

- **Eingang zum kleinen Becken:** Bei der Aufsicht auf das Becken von kranial ist der Eingang zum kleinen Becken bei der Frau queroval, während er beim Mann die Form



eines Kartenherzens hat, also – im Vergleich zum weiblichen Becken – von lateral zusammengedrückt erscheint.

- **Angulus pubis:** Das zweite Merkmal ist der Winkel zwischen den unteren Schambeinästen. Bei der Frau ist dieser Winkel eher bogenförmig (Arcus pubicus) und deutlich größer (90°–100°), während der Winkel beim Mann spitzer und kleiner ist (Angulus pubis, 70°–75°).

? Welche Öffnungen hat das kleine Becken in vivo zusätzlich zum Geburtskanal?

Das kleine Becken hat folgende Öffnungen:

- **Canalis obturatorius:** Er wird dadurch ermöglicht, dass die Membrana (oder Fascia) obturatoria das Foramen obturatum ventral nicht vollständig verschließt; dadurch ergibt sich eine Öffnung an der Dorsalfäche des oberen Schambeinasts (Abb. 4.7a).
- **Foramen ischiadicum majus:** Sein Unterrand wird vom Lig. sacrospinale gebildet; das Foramen wird durch den M. piriformis in einen **supra- und infrapiriformen Teil** (Foramen suprapiriforme, Foramen infrapiriforme) gegliedert (Abb. 4.7b).
- **Foramen ischiadicum minus:** Seine kraniale Grenze ist das Lig. sacrospinale, die kaudale Grenze das Lig. sacrotuberale (Abb. 4.7b).

? Welche Muskeln werden zur inneren Beckenmuskulatur gerechnet?

Die **innere Beckenmuskulatur** wird üblicherweise von der **Beckenbodenmuskulatur** unterschieden. Bei den inneren Beckenmuskeln liegt nur der **Ursprung im kleinen Becken**, während sich der **Ansatz am Oberschenkel** befindet. Zu diesen Muskeln werden gerechnet:

- **M. piriformis:** Er wandert während der Entwicklung von der Spitze des Trochanter major durch das Foramen ischiadicum majus in das kleine Becken ein, um seinen Ursprung an der Ventralfläche des Os sacrum zu erreichen (Abb. 4.7b). Er ist ein Außenrotator.
- **M. iliacus:** Er hat seinen Ursprung in der Fossa iliaca und verläuft zusammen mit dem M. psoas durch die Lacuna musculorum zum Trochanter minor am Oberschenkel.
- **M. obturatorius internus:** Er ist während der Entwicklung durch das Foramen ischiadicum minus in das kleine Becken von dorsal eingewandert und entspringt von der Membrana obturatoria. Sein Ansatz befindet sich in der Fossa trochanterica des Oberschenkels (ventral vom Trochanter major).

? * Was wissen Sie von der Topografie und Zusammensetzung des Plexus sacralis?

Der **Plexus sacralis** ist ein kräftiges Nervengeflecht mit **vier Hauptästen** (Abb. 4.8). Er liegt auf der Ventralfläche des Os sacrum auf dem M. piriformis. Seine Zuflüsse erhält er aus den **Rückenmarksegmenten L4–S3**. Seine Hauptäste sind:

- N. gluteus superior
- N. gluteus inferior
- N. cutaneus femoris posterior
- N. ischiadicus (der dickste Nerv des menschlichen Körpers)

Der Plexus gibt direkte Rami musculares zu M. levator ani, M. piriformis, M. coccygeus und einigen tiefen Oberschenkelmuskeln ab.

Der Hauptteil der Nervenfasern des Plexus sacralis verlässt das kleine Becken durch das **Foramen suprapiriforme** (u. a. N. gluteus superior zum M. gluteus medius und das **Foramen infrapiriforme** (u. a. N. gluteus inferior zum M. gluteus maximus; N. ischiadicus).

? Welchen Verlauf und welches Versorgungsgebiet hat der N. cutaneus femoris lateralis?

Der **N. cutaneus femoris lateralis** ist ein Teil des **Plexus lumbalis**, der wiederum von Ästen der **Segmente Th12–L4** gebildet wird. Der Nerv erhält Zuflüsse vorwiegend aus L2 und L3; er verläuft von dorsal nach lateral und ventral über den M. iliacus zur vorderen Bauchwand. Typisch für den Nerv ist sein Austritt aus dem Beckenraum: Er zieht zur **Spina iliaca anterior superior** und tritt direkt medial von ihr unterhalb des Leistenbands durch die **Lacuna musculorum**. Er versorgt die Haut des seitlichen Oberschenkels unterhalb der Spina.

? Wie verläuft der N. ischiadicus am Oberschenkel?

Der **N. ischiadicus** erhält seine wichtigsten Zuflüsse aus den **Segmenten L4–S3**, d. h. aus **allen Anteilen des Plexus sacralis**. Er zieht durch das Foramen infrapiriforme nach dorsal und kaudal. Im Gesäßbereich liegt er auf dem M. obturatorius internus, den Musculi gemelli und dem M. quadratus femoris. Er zieht etwa in der Mitte zwischen Trochanter major und Tuber ischiadicum auf die Dorsalseite des Oberschenkels. Am Oberschenkel wird er durch die kaudalen Fasern des M. gluteus maximus und durch das Caput longum des M. biceps femoris bedeckt. Meist teilt er sich ventral vom M. biceps femoris in seine beiden Hauptäste, den **N. tibialis** und den **N. fibularis (peroneus)**. Die Teilungsstelle ist jedoch sehr variabel und kann sich manchmal bereits im Beckenbereich befinden.

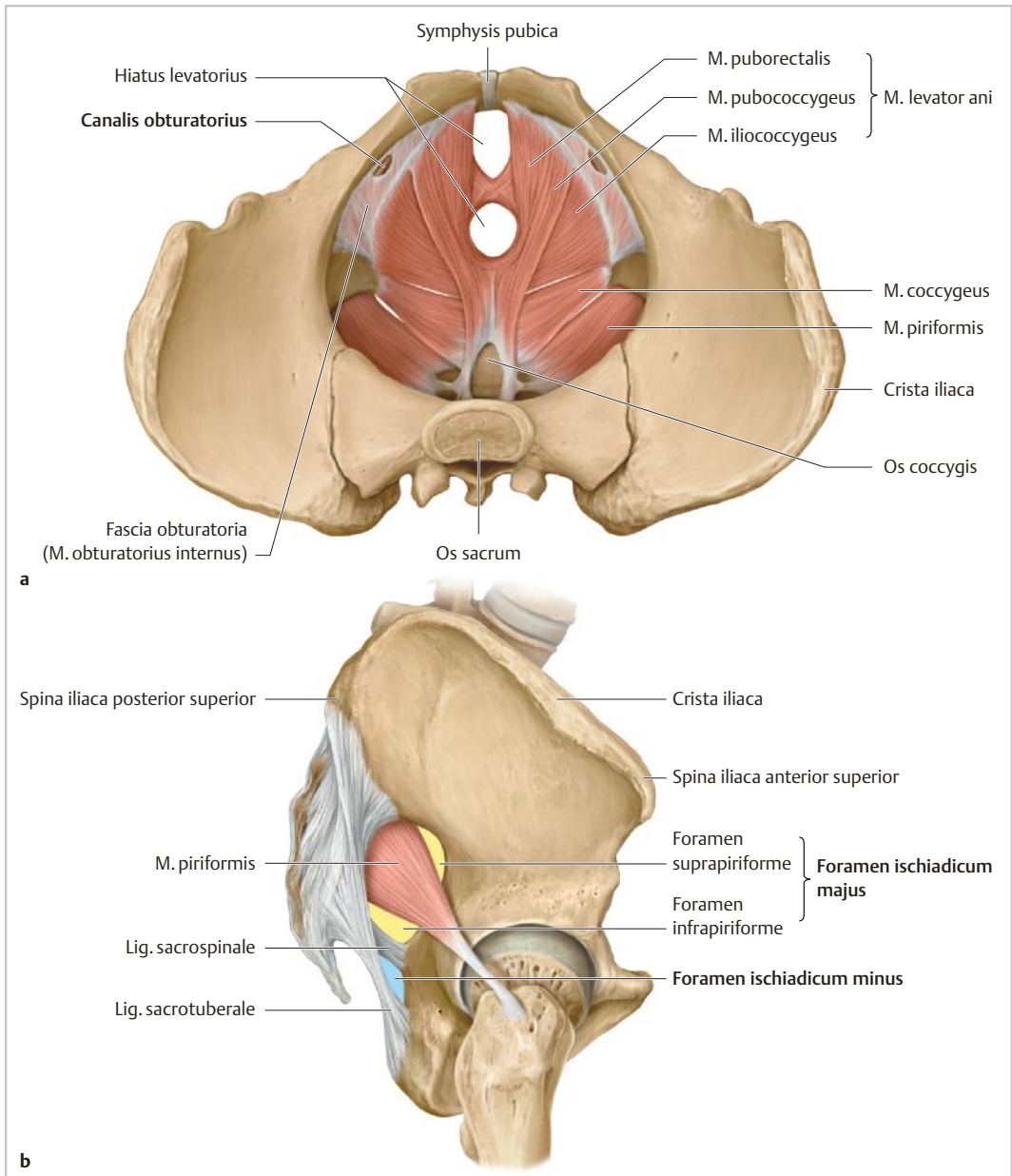


Abb. 4.7 Becken (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

a Weibliches Becken in der Ansicht von kranial. Dargestellt ist der M. levator ani mit seinen drei Teilen: Mm. puborectalis, pubococcygeus und iliococcygeus. Angrenzend an den M. levator ani liegt die Fascia obturatoria, die das Foramen obturatum verschließt. Die einzige Öffnung in der Fascia obturatoria liegt an der Dorsalfäche des oberen Schambeinastes, der Canalis obturatorius.

b Rechtes Hüftbein in der Ansicht von lateral. Über die Foramina ischiadica steht der subgluteale Bindegewebsraum mit den Bindegewebsräumen des kleinen Beckens und der Fossa ischioanalis in Verbindung. Durch sie ziehen viele wichtige Strukturen wie die A. und V. glutea superior et inferior, der N. gluteus superior et inferior, der N. pudendus, der N. ischiadicus sowie A. und V. pudenda interna.

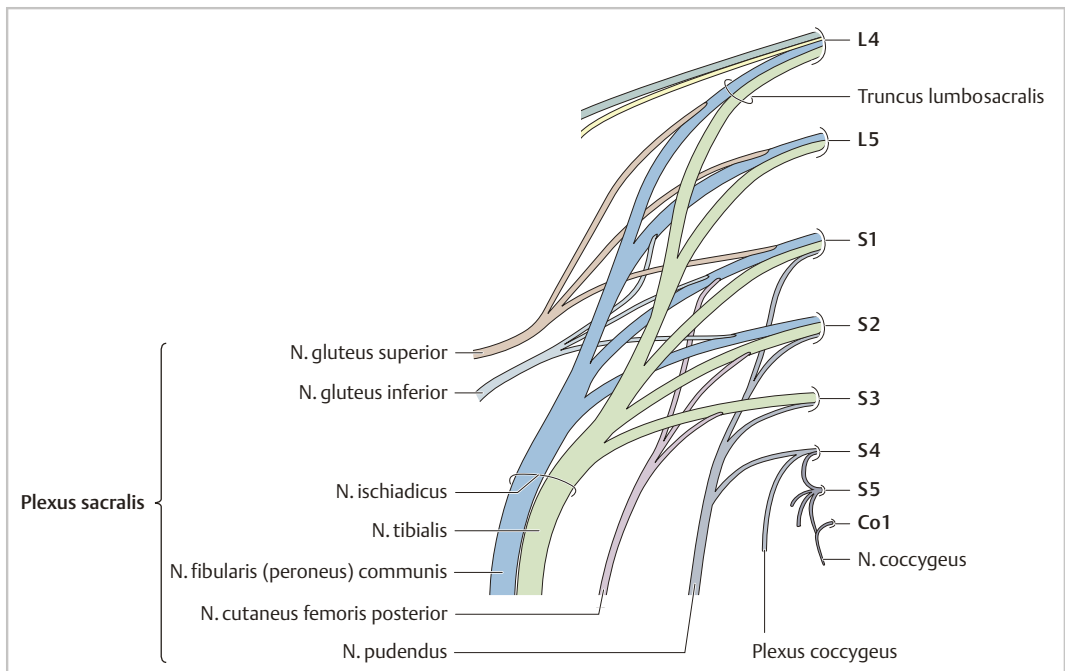


Abb. 4.8 Schematischer Aufbau des Plexus sacralis. (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

4.2 Klinische und topografische Anatomie

? Welche Vorgänge laufen bei einem Diskusprolaps (Ncl.-pulposus-Prolaps) ab?

Die **Disci intervertebrales** oder Bandscheiben bestehen aus zwei Anteilen:

- **Anulus fibrosus** (äußerer Faserring der Bandscheibe) und
- **Ncl. pulposus** (Gallertkern im Zentrum der Bandscheibe)

Die Disci intervertebrales haben keine Blutgefäße; die Ernährung muss daher durch Diffusion erfolgen. Mit zunehmendem Alter kommt es zu einem Wasserverlust im Ncl. pulposus und folglich zu einer Verschmälerung des Bandscheibenraumes. Dies führt zu erhöhten mechanischen Belastungen in dem betroffenen Wirbelsäulenabschnitt, in deren Folge der Anulus fibrosus reißen kann. Bei Druckbelastungen der Wirbelsäule (zum Beispiel beim Heben schwerer Lasten) kann die zähflüssige Masse des Ncl. pulposus durch einen Riss im Anulus fibrosus hindurchgepresst werden: Es entsteht ein **Bandscheibenprolaps**. Dies geschieht vorwiegend im Bereich der **unteren**

Lendenwirbelsäule, wobei der Ncl. pulposus nach dorsal oder dorsolateral austritt. Er gelangt damit in den Wirbelkanal oder in die Gegend der Foramina intervertebralia.

Prolaps nach dorsal (median): Der Prolaps nach dorsal (median) tritt selten auf. Der Wirbelkanal wird durch die Bandscheibe mit der hier verlaufenden **Cauda equina** komprimiert (Abb. 4.9b). (Das Rückenmark endet beim Erwachsenen etwa in Höhe von L1/L2.) Es kann zu symmetrischen sensorischen und motorischen Ausfällen kommen z.B. mit akuten Störungen der Blasen- und Mastdarmfunktion (OP-Indikation).

Prolaps nach dorsolateral: Häufig tritt ein Prolaps nach dorsolateral auf. Dabei wird diejenige **Nervenwurzel** komprimiert, die ein Segment kaudal vom Prolaps austritt (Abb. 4.9a). Die Folgen sind Schmerzen, die in das Versorgungsgebiet der komprimierten Nerven projiziert werden. Da die komprimierten Fasern meist zum N. ischiadicus gehören, werden Schmerzen im Bereich des Fußes, des Unterschenkels und der Rückseite des Oberschenkels angegeben.

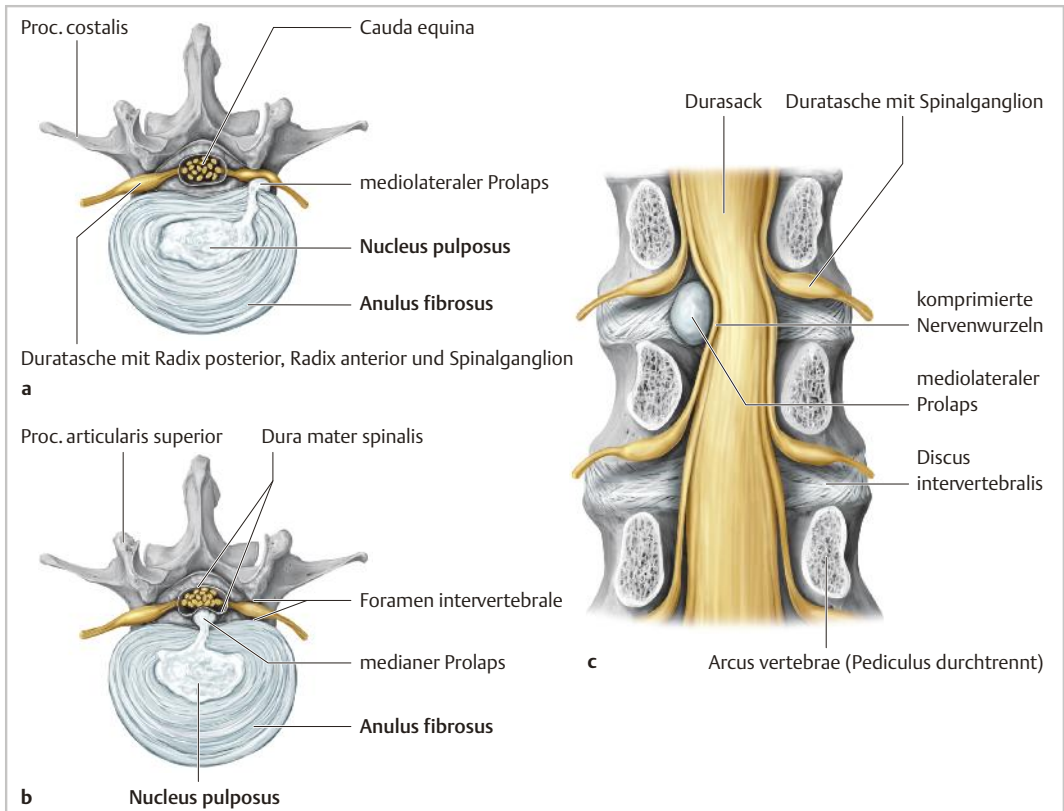


Abb. 4.9 Lumbaler Diskusprolaps. Im Alter werden die Bandscheiben dünner (geringerer Wassergehalt des Ncl. pulposus) und die Hülle der Bandscheiben (Anulus fibrosus) wird anfälliger für Risse und Auffaserungen. Bildet sich eine Schwachstelle im Anulus fibrosus, verlagert sich zunächst der Gallertkern (Ncl. pulposus) dorthin und kann, wenn es zu einem Riss kommt, durch diesen austreten (Diskusprolaps) (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

- a** Mediolateraler Diskusprolaps; Ansicht von kranial.
b Medianer (dorsaler) Diskusprolaps; Ansicht von kranial.
c Mediolateraler Prolaps; Ansicht von dorsal.

KLINIK. Der volkstümliche Begriff „Hexenschuss“ bezeichnet einen akut einschießenden Schmerz der unteren Wirbelsäule mit erschwerten Aufrichten aus gebückter Haltung. Er wird in der Laienätiologie gelegentlich mit einem Bandscheibenprolaps verwechselt. Das medizinische Analogon ist die „akute Lumbalgie“, d. h. der akute Rückenschmerz, der allerdings nur das Symptom und nicht die Ursache beschreibt. Eine Lumbalgie kann durch verschiedenste Faktoren entstehen, meist handelt es sich um **Blockaden im Iliosakralgelenk** oder in den **Facettengelenken mit Nervenirritationen** und **reflektorischer Muskelanspannung**. Nur in seltenen Fällen ist tatsächlich ein Bandscheibenvorfall die Ursache für einen sog. Hexenschuss.

? Welche Fehlstellungen der Wirbelsäule kennen Sie?

Normalerweise besteht im Hals- und Lumbalbereich eine Lordose und im Brustbereich eine Kyphose. Die meisten Fehlstellungen bestehen aus einer **Verstärkung dieser physiologischen Krümmungen**:

- **Hohlrunder Rücken:** Hier sind die Brustkyphose und die Lendenlordose stärker als normal ausgeprägt. Im Volksmund wird von Hohlkreuz gesprochen.
- **Rundrücken:** Hier ist eine verstärkte Brustkyphose mit einer verminderten Lendenlordose kombiniert.
- **Gibbus oder Buckel:** Hierunter wird eine plötzliche Änderung des Krümmungsradius (Knick) der Wirbelsäule verstanden. Eine häufige Ursache für eine Gibbusbildung ist neben dem angeborenen Gibbus der Zusammen-

menbruch von Wirbelkörpern, zum Beispiel verursacht von Entzündungen oder Tumoren.

- **Flachrücken:** Hier ist die Brustkyphose weniger stark ausgeprägt als normal.
- **Skoliose:** Hier liegt eine Verkrümmung der Wirbelsäule in der Frontalebene vor. Eine häufige Ursache ist ein Beinlängenunterschied. So kommt es bei einer Verkürzung des linken Beines zu einem Beckenhochstand rechts, der durch eine Skoliose der Beckenwirbelsäule mit Konvexität nach links ausgeglichen wird. Auch diese Fehlstellung ist oft mit einem Buckel verbunden.

? An welcher Stelle des Zwerchfells treten erworbene Zwerchfellbrüche (Hiatushernien) am häufigsten auf?

Die mit Abstand **häufigste Bruchpforte** ist der **Hiatus oesophageus**. Der Grund dafür ist in der lockeren Befestigung des Ösophagus im Hiatus zu suchen. Eine feste Verbindung des Ösophagus mit dem Zwerchfell wie die der V. cava inferior im Centrum tendineum ist mit der Funktion des Ösophagus nicht zu vereinbaren, da er in seiner Weite entsprechend der Größe der Speisebrocken nachgeben muss. Die Zwerchfellbrüche an dieser Stelle kommen hauptsächlich in zwei Formen vor:

- als **Gleitbruch**, d. h., die Pars abdominalis des Ösophagus gleitet zusammen mit der Kardia und eventuell dem Fundus des Magens in den Thorax hinein
- als **paraösophageale Hiatushernie**, d. h., der Ösophagus behält seine normale Lage bei, aber durch das lockere Bindegewebe um den Ösophagus herum verlagern sich Teile des Magens oder der Baueingeweide in den Thorax. Im Extremfall kann der gesamte Magen im Thorax liegen (Thoraxmagen). Da auch bei dieser Hernie der Ösophagus seine normale Lage weitgehend beibehält, spricht man auch von Upside-down-Stomach.

Verschiedene Formen der Hiatushernien sind in Abb. 4.10 dargestellt.

? Welche topografischen Merkmale der Körperoberfläche können Sie verwenden, um Sensibilitätsstörungen der Brust- und Bauchwandhaut bestimmten Rückenmarksegmenten zuzuordnen?

Bei Schädigung einer **Nervenwurzel** eines Rückenmarksegments entstehen Sensibilitätsausfälle oder -defizite entsprechend ihrem Dermatome. Als grobe Anhaltspunkte für die Lokalisation von **Dermatomen im Brust- und Bauchwandbereich** können gelten:

- Die **Klavikula** erstreckt sich entlang des Segments **C4**,
- die **Brustwarzen** liegen an der Grenze von **Th4/Th5** und
- der **Nabel** im Segment **Th10**.

Bei Schädigung eines **peripheren Nervs** hingegen treten andere Muster der Sensibilitätsstörung auf.

? An welcher Stelle nehmen Sie eine Pleurapunktion vor?

Die Interkostalnerven und -gefäße verlaufen von der Wirbelsäule bis etwa zur **mittleren Axillarlinie** gut geschützt im **Sulcus costae**. Weiter ventral liegen die Interkostalnerven und -gefäße im Interkostalraum am kaudalen Rand der zugehörigen Rippe. Die geringste Verletzungsgefahr für die **Vasa und Nervi intercostales** besteht bei einer Punktion in der hinteren Axillarlinie **im 5.–7. Interkostalraum** jeweils am **oberen Rand einer Rippe**.

? Welche Funktionen zusätzlich zu Rumpfbewegungen haben die Bauchmuskeln?

Die **Bauchmuskeln** sind an folgenden Funktionen beteiligt:

- Rumpfbewegungen
- Bauchpresse und
- Atmung

Die **Bauchpresse** wird am häufigsten während des **Stuhlgangs** eingesetzt. Durch Kontraktion der Bauchmuskeln,

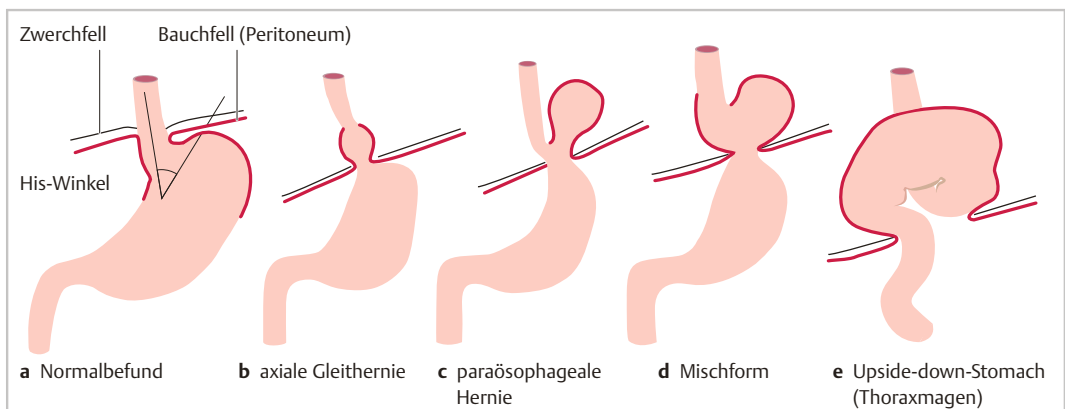


Abb. 4.10 Schemazeichnung der verschiedenen Hiatushernien. (nach I care Krankheitslehre. Stuttgart; Thieme 2015).

besonders des **M. transversus abdominis**, wird der Druck im Bauchraum erhöht. Damit die Baueingeweide dadurch nicht in den Thoraxraum gepresst werden, kommt es gleichzeitig zu einer Kontraktion des Diaphragmas. Beim **Erbrechen** wird gleichfalls die Bauchpresse eingesetzt; hierbei wird durch Öffnung des sehr komplizierten Verschlussmechanismus zwischen Ösophagus und Magen der Weg für den Mageninhalt nach kranial freigegeben. Während der **Austreibungsphase der Entbindung** unterstützt die Bauchpresse die Kontraktionen der Gebärmutter.

Bei der **Bauchatmung** sind die Bauchmuskeln folgendermaßen beteiligt: Bei reiner Bauchatmung wird die Inspiration dadurch bewerkstelligt, dass sich das Zwerchfell kontrahiert und die Eingeweide des Oberbauchs nach kaudal verlagert. Die Bauchwand wölbt sich deswegen nach außen; die Bauchmuskeln müssen also erschlaffen. Die Expirationsphase der Bauchatmung ist demgegenüber durch eine Kontraktion der Bauchmuskeln und eine Erschlaffung des Zwerchfells gekennzeichnet. Auch bei der forcierten Brustatmung sind die Bauchmuskeln als expiratorische Atemhilfsmuskeln beteiligt.

? Was verstehen Sie unter der Corona mortis?

Eine **Corona mortis** ergibt sich dann, wenn die **A. obturatoria** aus der **A. epigastrica inferior** entspringt und nicht wie normalerweise von der **A. iliaca interna** (Abb. 4.11). Die A. obturatoria zieht dabei nach medial-dorsal über den oberen Rand des Os pubis hinweg zum Canalis obturatorius. An dieser Stelle kann sie bei Schenkelhernienoperationen leicht verletzt werden. Die Barbiere vergangener Jahrhunderte, die solche Operationen durchführten, verursachten dabei oft **starke (manchmal tödliche)**

arterielle Blutungen. Daher hat diese Varietät den Namen Corona mortis erhalten.

? Welche Formen von Leistenbrüchen kennen Sie?

Bei Leistenbrüchen handelt es sich um Hernien im Bereich des Leistenkanals. Es werden zwei Formen unterschieden:

- der direkte Leistenbruch (Abb. 4.12a) und
- der indirekte Leistenbruch (Abb. 4.12b)

Sie unterscheiden sich durch ihre innere Bruchpforte und die Bruchhüllen. Gemeinsam ist beiden Formen die äußere Bruchpforte: der äußere Leistenring (Anulus inguinalis superficialis).

Die **indirekten Leistenbrüche** folgen in ihrem Verlauf dem Leistenkanal, d. h., sie treten am **inneren Leistenring** lateral der Vasa epigastrica ein und wie die direkten Hernien am **äußeren Leistenring** aus. Der Bruchsack kann sich beim Mann bis zu den Hoden erstrecken. Ihre Bruchhüllen sind: **Peritoneum, Fascia transversalis und M. cremaster**. Indirekte Leistenbrüche sind entweder erworben oder angeboren. Im letzteren Fall ist der **Proc. vaginalis peritonei** nach dem Hodenabstieg ins Skrotum (Descensus testis) nicht obliteriert, sondern als offene Verbindung zwischen dem Bauchraum und der Tunica vaginalis testis (seröse Haut, die den Hoden umhüllt) erhalten geblieben.

Der Name der **direkten Leistenhernie** deutet darauf hin, dass der Bruchsack den direkten Weg durch die vordere Bauchwand nimmt, ohne den Umweg über den Leistenkanal zu benutzen. Die **innere Bruchpforte** befindet sich im **Hesselbach-Dreieck** (Fossa inguinalis medialis) medial von den Vasa epigastrica inferiora. Der Bruchsack gelangt über die äußere Bruchpforte, den **Anulus inguinalis superficialis**, ins Skrotum. Direkte Leistenbrüche sind immer

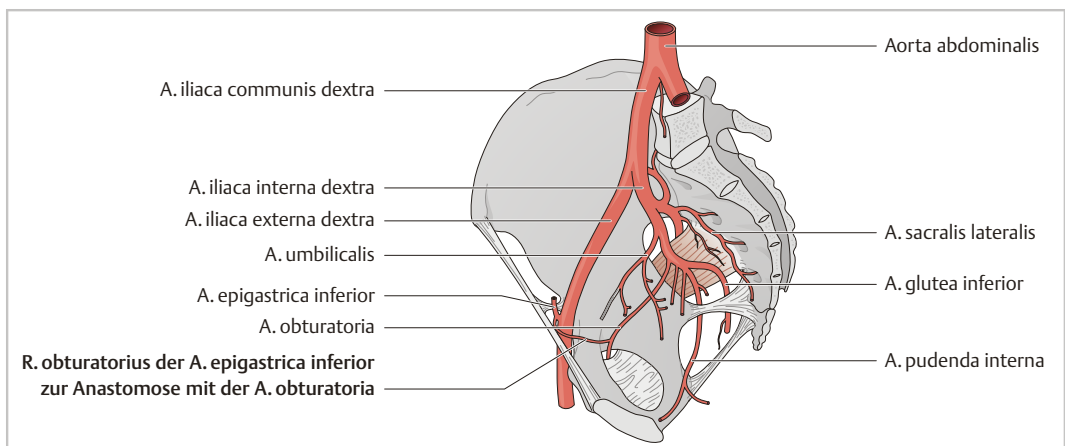


Abb. 4.11 Schemazeichnung der Äste der A. iliaca interna. Dargestellt ist eine Anastomose zwischen der A. epigastrica inferior und der A. obturatoria. Bei einer Corona mortis entspringt die A. obturatoria ausschließlich an dieser Stelle und ist dort entsprechend großlumiger (nach Aumüller et al. Duale Reihe Anatomie. Thieme; 2017).

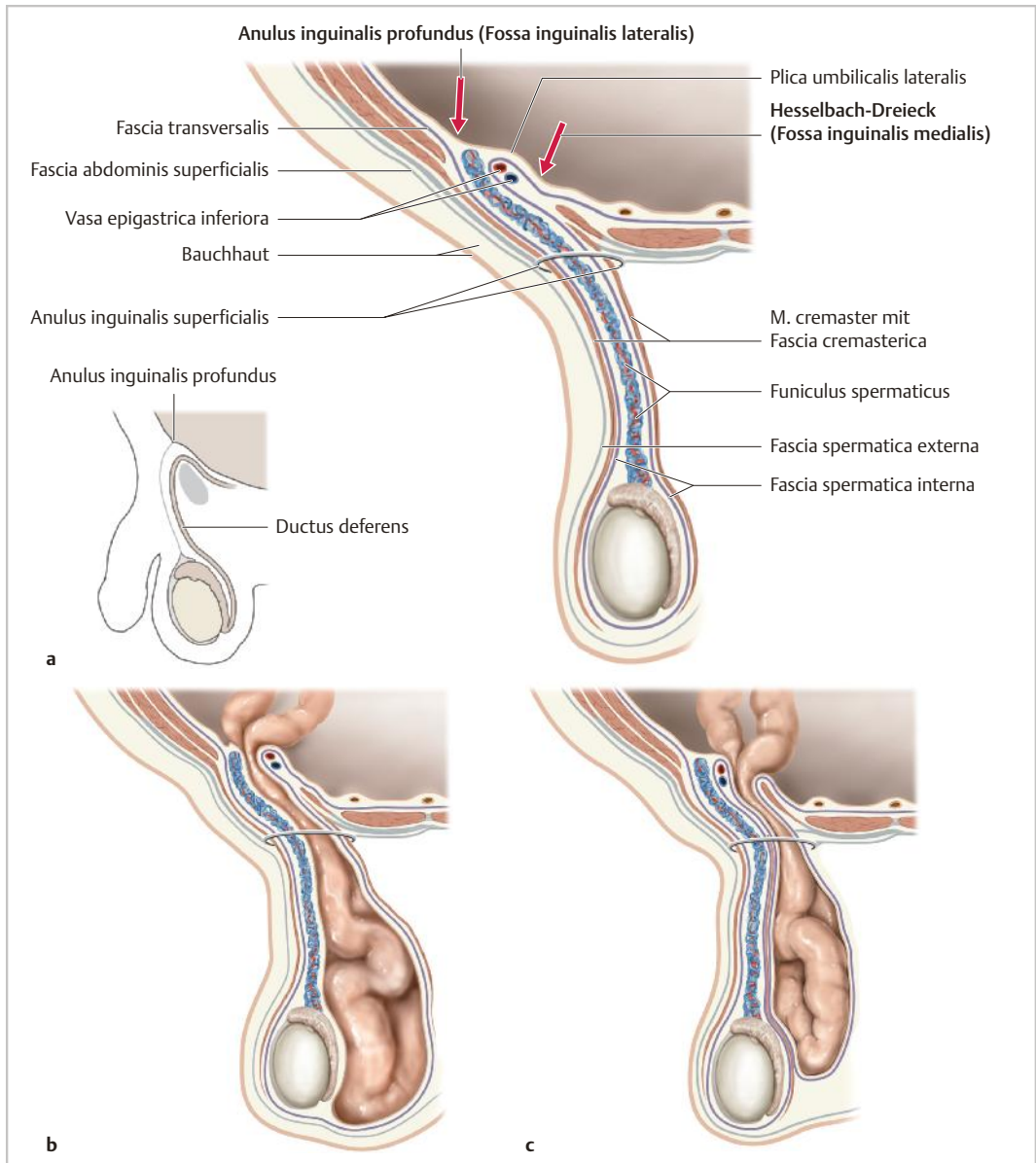


Abb. 4.12 Topografie der Leistenhernien (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

a Schematische Darstellung des Leistenkanals, der Bauchwandschichten und ihrer Fortsetzung in die Hodenhüllen. Ansicht von ventral. Die beiden Pfeile weisen auf die Fossa inguinalis lateralis (= Anulus inguinalis profundus) und die Fossa inguinalis medialis (Hesselbach-Dreieck). Die Fossa inguinalis lateralis ist die innere Bruchpforte für indirekte Leistenhernien (siehe b), die Fossa inguinalis medialis für direkte Leistenhernien (siehe c).

b Indirekte Leistenhernie (angeboren oder erworben). Die innere Bruchpforte (Fossa inguinalis lateralis) liegt lateral der Vasa epigastrica inferiora. Die Bruchhüllen sind: Peritoneum parietale, Fascia transversalis und M. cremaster.

c Direkte Leistenhernie (immer erworben). Die innere Bruchpforte (Fossa inguinalis medialis) liegt medial der Vasa epigastrica inferiora. Die Bruchhüllen bestehen im Gegensatz zur indirekten Leistenhernie nur aus Peritoneum parietale und Fascia transversalis.

erworben. Ihre Bruchhüllen bestehen nur aus **Peritoneum und Fascia transversalis**.

? Welche anatomischen Strukturen bilden die Michaelis-Raute?

Die **Michaelis-Raute** befindet sich am Übergang der Lendenwirbelsäule zum Os sacrum. Die Raute entsteht durch die gedachte Verbindung von vier Punkten auf der Oberfläche der Lenden- und Kreuzregion, die durch **Einziehungen der Haut** entstehen.

- **Laterale Punkte:** rechte und linke Spina iliaca posterior superior. Mit diesen Spinae ist die Epidermis fest verbunden und daher grubchenförmig eingezogen.
- **Untere Spitze** der Raute: Kranialer Beginn der Gesäßspalte.
- **Obere Spitze** der Raute: Die Haut über dem Dornfortsatz des 4. Lendenwirbels ist eingezogen.

Die Form der Raute erlaubt Schlüsse auf die Breite des weiblichen Beckens und damit indirekt auf den Geburtskanal.

? An welcher Stelle wird eine Lumbalpunktion durchgeführt? Welche Gründe gibt es für die Wahl des Einstichorts?

Die **Lumbalpunktion** dient der Entnahme von **Liquor cerebrospinalis**, der sich im Cavum subarachnoideale, also zwischen der Arachnoidea und der Pia mater, befindet. Das Rückenmark selbst reicht beim Erwachsenen bis etwa zum Wirbelkörper L1 oder L2 nach kaudal, der **Subarachnoidalraum** erstreckt sich jedoch bis weit in das Os sacrum hinein.

Die Lumbalpunktion wird zwischen den **Wirbeln L3 und L4** oder **L4 und L5** durchgeführt. Die hier befindliche Cauda equina weicht der Punktionsnadel aus, eine Verletzungsgefahr für Rückenmark oder Nervenwurzeln besteht daher nicht. Am Patienten kann der Dornfortsatz des Wirbels L4 leicht aufgesucht werden, indem man eine Verbindungslinie zwischen den höchsten Punkten der Crista iliaca zieht. Der Dornfortsatz des 4. Lumbalwirbels liegt direkt oberhalb dieser Hilfslinie.

Folgende Strukturen werden bei Einstich in der Medianlinie von der Punktionsnadel durchbohrt, bevor sie den Liquorraum erreicht (Abb. 4.13):

- Lig. supraspinale
- Lig. interspinale (evtl.)
- Lig. flavum
- äußeres Blatt der Dura mater (es dient hier als Periost des Wirbelkanals)
- innerer Wirbelvenenplexus
- inneres Blatt der Dura mater spinalis (eigentliche Dura mater)
- Arachnoidea

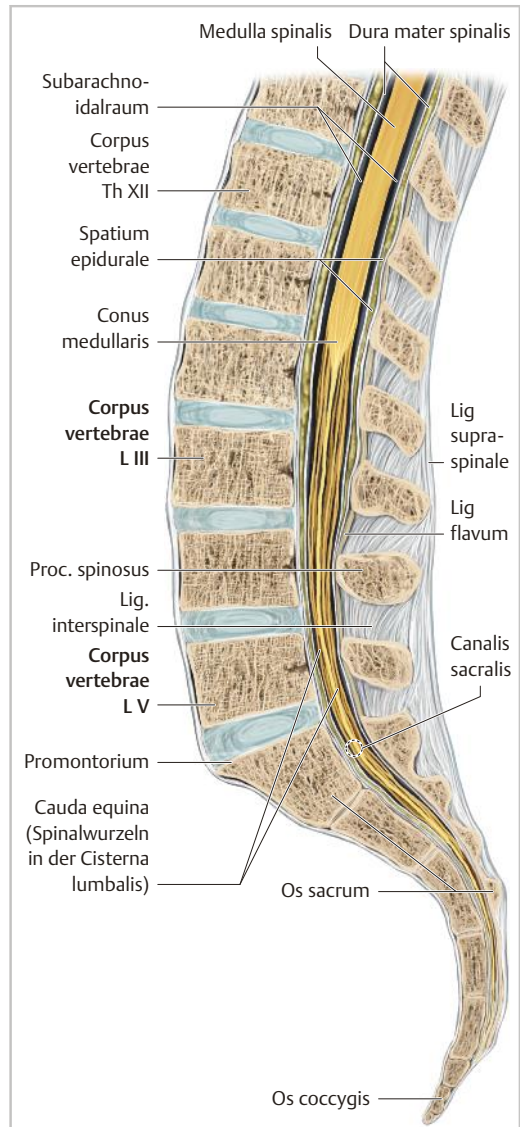


Abb. 4.13 Schnittbild der Lendenwirbelsäule. Median-Sagittal-Schnitt durch den unteren Abschnitt der Wirbelsäule. Ansicht von links-lateral (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

? Über welche Anastomosen kann bei einem Verschluss einer A. iliaca communis die Versorgung der unteren Extremität sichergestellt werden?

Als Umgehungskreislauf bei Verschluss einer Beckenarterie oder der Aorta selbst (zum Beispiel bei Aortenisthmusstenose) kann das Blut aus dem **Arcus aortae** über die **A. subclavia** in die **A. thoracica interna** gelangen. Es erreicht über die Larrey-Spalte im Zwerchfell die **A. epigastrica superior**, dann die **A. epigastrica inferior** und strömt schließlich in die **A. iliaca externa**.

? In welchem Bereich der vorderen Bauchwand liegen die Projektionsstellen des Anulus inguinalis profundus und superficialis?

Da das Leistenband den Boden des Leistenkanals darstellt, befinden sich die Projektionsstellen der Leistenringe kranial vom Lig. inguinale, und zwar projiziert sich der **innere Leistenring** auf die Haut des Unterbauchs, etwa einen Zentimeter oberhalb der Mitte des Leistenbandes. Der **äußere Leistenring** projiziert sich auf die Haut direkt kranial vom Tuberculum pubicum etwa zwei Zentimeter lateral von der Symphyse.

? Von welchen Strukturen wird der Beckenkanal begrenzt?

Als **Beckenkanal** wird üblicherweise der **Geburtsweg des Kindes** durch das **kleine Becken** bezeichnet.

Der **Eingang zum Beckenkanal** wird gebildet:

- dorsal vom Promontorium
- lateral von der Linea terminalis zwischen großem und kleinem Becken und
- ventral vom kranialen Rand der Symphyse

Der **Ausgang des Beckenkanals** hat etwa die Form einer horizontalen Raute.

- Die vordere Spitze entspricht dem Unterrand der Symphyse.
- Die Tubera ischiadica auf beiden Seiten markieren den Querdurchmesser der Raute.
- Die dorsale Spitze entspricht dem Ende des Steißbeins.
- Die seitliche Begrenzung der Raute wird gebildet: ventral durch die unteren Schambeinäste, dorsal durch die Ligamenta sacrotuberalia.

Die **Vorderwand des Beckenkanals** ist sehr kurz, denn sie besteht nur aus der Rückwand der Symphyse und den anliegenden Teilen des Os pubis. Die **Dorsalwand** wird von der Ventralfäche des Os sacrum gebildet. Die Form des Os sacrum bedingt die nach dorsal konvexe Form des Beckenkanals.

? Wie ist das Diaphragma pelvis aufgebaut?

Der Beckenboden wird in drei Etagen eingeteilt, die aus Muskel- und Bindegewebsplatten bestehen:

- obere Etage: Diaphragma pelvis
- mittlere Etage: Diaphragma urogenitale
- untere Etage: Schließ- und Schwellkörpermuskeln des Urogenital- und Darmtraktes

Das trichterförmige **Diaphragma pelvis** bildet die **oberste Etage** und stellt den wichtigsten Abschluss des Beckenraumes nach kaudal dar. Es fängt einen Teil des Drucks auf, der von dem Gewicht der Baueingeweide ausgeübt wird. Während der Bauchpresse wird es nach kaudal gewölbt. Der Hauptmuskel des Diaphragma pelvis ist der **M. levator ani** mit seinen Faszien auf jeder Seite. Er entspringt mit einer Pars pubica (**M. pubococcygeus**) von der Innenfläche des unteren Schambeinasts und mit einer Pars iliaca (**M. iliococcygeus**) vom Arcus tendineus musculi levatoris ani. Dieser Sehnenbogen ist eine Verdickung der Faszia des **M. obturatorius internus**. Die Fasern des **M. levator ani** konvergieren in Richtung auf den Anus; der **M. sphincter ani externus** ist eine Abspaltung der Pars pubica des **M. levator ani**. Der **M. levator ani** lässt unterhalb und dorsal von der Symphyse das sog. **Levator-Tor** frei, in dem sich die Öffnungen des Urogenitalsystems befinden. Dieses Tor wird vom **Diaphragma urogenitale** verschlossen. Der **M. coccygeus**, der oft mit dem Lig. sacrospinale verschmolzen ist, setzt die Fasern des **M. levator ani** nach dorsal-kranial fort.

? Welche Strukturen liegen im Bereich des Diaphragmas urogenitale?

Das **Diaphragma urogenitale** bildet die **mittlere Etage des Beckenbodens** und verschließt das Levator-Tor von kaudal (Abb. 4.14). Es handelt sich um eine bindegewebig-muskulöse Platte, die sich zwischen den unteren Schambeinästen ausspannt. Das Diaphragma wird **beim Mann** nur von der **Urethra** durchsetzt, **bei der Frau** von der **Urethra** und der **Vagina**.

Hauptbestandteil des Diaphragmas urogenitale ist der **M. transversus perinei profundus** mit seinen Faszien auf jeder Seite. Seine Fasern verlaufen quer von einem Schambeinast zum anderen und lassen ventral, dicht an der Symphyse, beim Mann einen dreieckigen Bereich für den Durchtritt von **V. und A. dorsalis penis** frei. Innerhalb des **M. transversus perinei profundus** liegen dorsolateral von der Urethra bzw. dem Scheidenvorhof zwei Schleimdrüsen. Beim Mann werden sie **Glandulae bulbourethrales** (Cowper) genannt, bei der Frau **Glandulae vestibulares majores** (Bartholin).

Als **M. transversus perinei superficialis** wird eine Verdickung am Dorsalrand des Diaphragma urogenitale bezeichnet. Die Verdickung besteht meist nur aus Bindegewebe.

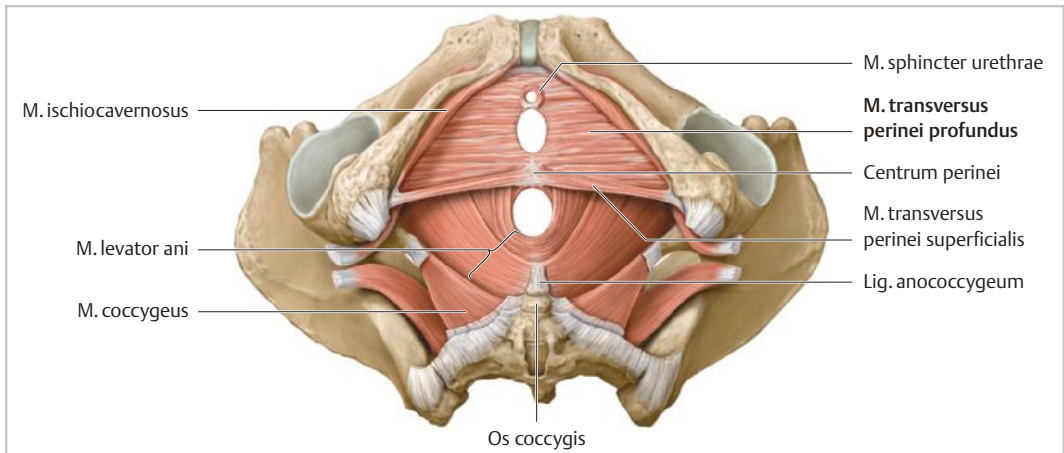


Abb. 4.14 Beckenboden. Muskulatur eines weiblichen Beckenbodens nach Entfernung der Schließmuskeln. Ansicht von kaudal (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Auflage 2014. Grafiker: Karl Wesker).

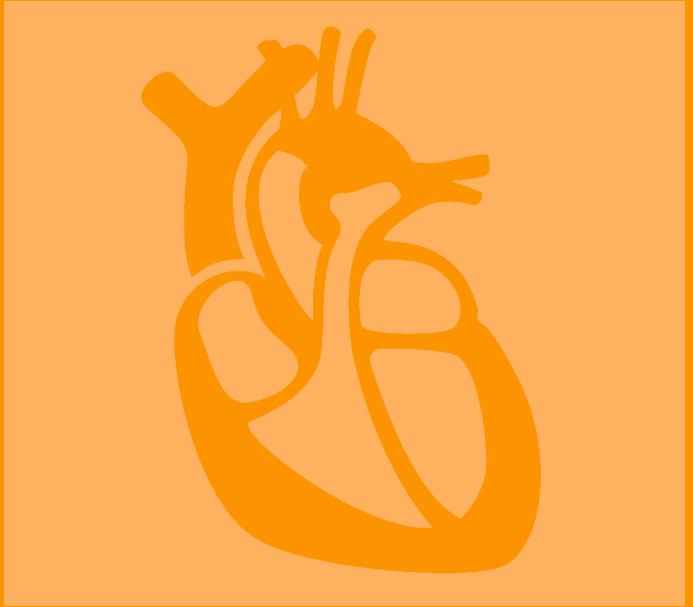
? Was verstehen Sie unter dem Alcock-Kanal? Welche Strukturen verlaufen in ihm?

Der **Alcock-Kanal (Canalis pudendalis)** besteht aus einer Duplikatur der Faszie des **M. obturatorius internus**; der Kanal befindet sich somit an der lateralen Wand der Fossa ischiorectalis. Seine **Verlaufsrichtung** ist dorso-ventral, in ihm befinden sich:

- der N. pudendus und
- die Vasa pudenda interna

Diese Gefäße und Nerven verlassen das Becken nach dorsal durch das Foramen infrapiriforme, sie beschreiben dann einen scharfen Bogen nach kaudal um das Lig. sacrospinale, um dann von dorsal in den Alcock-Kanal einzutreten. Sie verlaufen danach im Kanal nach ventral und versorgen die Strukturen der Dammgegend und die Genitalregion.





Brusteingeweide

- 5.1 Makroskopische Anatomie
- 5.2 Klinische und topografische Anatomie

5 Brusteingeweide

5.1 Makroskopische Anatomie

5.1.1 Lunge

? Wie wird das Mediastinum unterteilt? Welche Organe liegen in den einzelnen Teilen?

Üblicherweise wird das Mediastinum in zwei große Bereiche unterteilt (superius und inferius), von denen das Mediastinum inferius weiter aufgeteilt wird:

- Mediastinum superius oberhalb des Herzens und
- Mediastinum inferius, in dem unter anderem das Herz liegt

Das **Mediastinum superius** enthält:

- Thymus
- Speiseröhre
- Luftröhre
- herznahe große Gefäße (u. a. Aortenbogen, V. cava superior)
- Nerven (u. a. N. vagus, N. phrenicus, N. laryngeus recurrens)
- Lymphknoten und Ductus thoracicus

Das **Mediastinum inferius** hat drei Abschnitte:

- **Mediastinum anterius** mit Vasa thoracica interna.

- **Mediastinum medium** mit Herzbeutel samt Herz, V. cava inferior, Vasa pericardiacophrenica und N. phrenicus.
- **Mediastinum posterius** mit Bifurcatio tracheae, Ösophagus, Aorta thoracica mit ihren Ästen, V. azygos und hemiazygos, Truncus sympathicus, Nervi vagi, Ductus thoracicus und Lymphknoten.

? Wie ist die Trachea aufgebaut?

Die **Trachea** ist eine elastische Röhre, die den Kehlkopf mit dem Bronchialsystem der Lunge verbindet. Sie besteht aus **16–20 Knorpelspangen**, die im Querschnitt hufeisenförmig sind. Die dorsal gelegene Öffnung des Hufeisens wird durch eine Hinterwand aus Bindegewebe und glatter Muskulatur (**Paries membranaceus**) überbrückt. Die Knorpelspangen sind in Längsrichtung durch elastische Ringbänder (**Ligamenta anularia**) miteinander verbunden. Die Elastizität ist insbesondere beim Schluckakt für die reversible Längenänderung der Trachea und der damit verbundenen Aufwärtsbewegung des Kehlkopfes wichtig. Das Innere der Luftröhre ist von mehrreihigem **respiratorischem Epithel mit Flimmerhaarbesatz** ausgekleidet.

? Welche räumliche Anordnung haben die im Lungenhilus ein- und austretenden Strukturen?

Der Lungenhilus ist die **Ein- und Austrittsstelle für Blutgefäße und Bronchien** der Lunge (Abb. 5.1). Generell liegen:

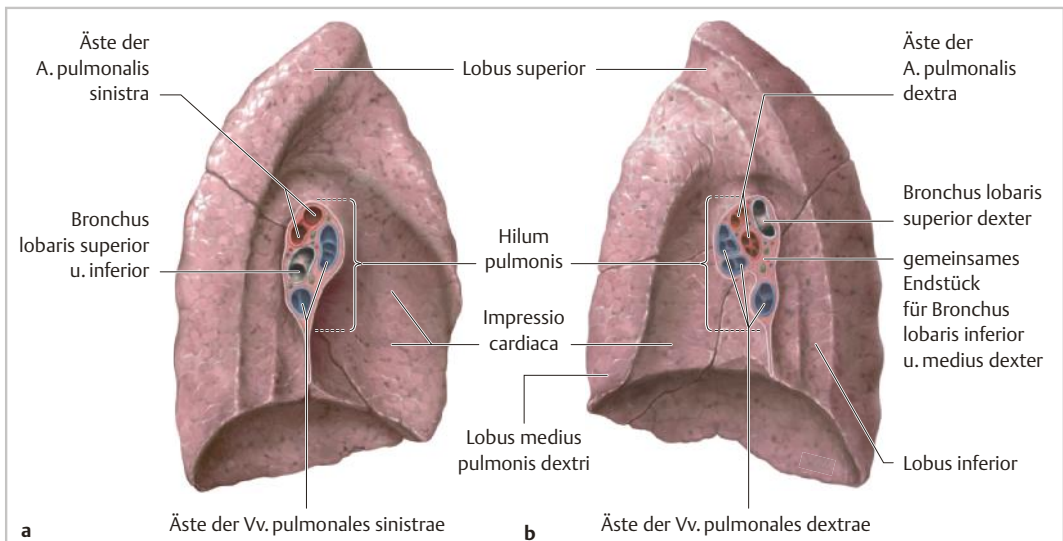


Abb. 5.1 Lungenhilus. Ansicht der rechten und linken Lunge von medial. Zur Beschreibung der Lage von Bronchien und Gefäßen im Hilus s. Fragentext.

a Rechte Lunge.

b Linke Lunge (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

- die Bronchien bei beiden Lungen am weitesten dorsal
- die Pulmonalvenen relativ dazu ventral und kaudal
- die Pulmonalarterienäste eher kranial

Auf der **linken Seite** liegt die **A. pulmonalis** allerdings kranial auf dem Hauptbronchus, auf der **rechten Seite** liegt die **A. pulmonalis** vor dem (ventral vom) Hauptbronchus, wenn dessen Teilung in die Lappenbronchien noch nicht erfolgt ist. Wenn sich der Hauptbronchus bereits vor dem Eintritt in den Lungenhilus in die Lappenbronchien geteilt hat, liegt die A. pulmonalis zwischen dem Oberlappenbronchus und dem Bronchus für Mittel- und Unterlappen.

? Wie viele Lappen und Segmente haben die rechte und linke Lunge?

- Die **rechte Lunge hat 3 Lappen**:
 - **Lobus superior** mit 3 Segmenten
 - **Lobus medius** mit 2 Segmenten
 - **Lobus inferior** mit 5 Segmenten
- Die **linke Lunge hat 2 Lappen**:
 - **Lobus superior** mit 5 Segmenten, wobei die Segmente 1 und 2 oft zu einem Segment verschmolzen sind
 - **Lobus inferior** mit wiederum 5 Segmenten, wobei jedoch häufig das Segmentum basale mediale (Segment 7) fehlt.

Prinzipiell sind also in beiden Lungen zweimal 5 Segmente für Ober- und Unterlappen angelegt (der rechte Lobus medius wird hierbei als Teil des Oberlappens angesehen).

KLINIK. Bei der **Auskultation der Lunge** wird der Patient gebeten, mit geöffnetem Mund tief ein- und auszuatmen. Mit dem Stethoskop wird ventral und dorsal am Thorax die Lunge im Seitenvergleich abgehört. Zusätzlich sollte auf der **rechten Seite** in der **mittleren Axillarlinie** der **Mittellappen** der rechten Lunge auskultiert werden.

? Welchen Ursprung und Verlauf haben die Vasa privata der Lunge?

Innerhalb der Lungen befinden sich **zwei Gefäßsysteme**:

- Vasa publica (Lungenarterien und -venen) und
- Vasa privata (Bronchialarterien und -venen)

Die **Vasa publica** gehören zu den Arbeitsgefäßen und transportieren über die A. pulmonalis das sauerstoffarme Blut zu den Alveolen. Nach dem Gasaustausch wird das sauerstoffreiche Blut über die Vv. pulmonales in das Herz zurückgeführt.

Die **Vasa privata** zählen zu den ernährenden Gefäßen der Lunge und werden benötigt für **die Versorgung** der:

- Bronchien
- Wände der großen Gefäße
- Lymphknoten und
- Pleura pulmonalis

Die Bronchialarterien (**Rami bronchiales aortae**) entspringen auf der linken Seite der Brustaorta, auf der rechten Seite meist der 3. oder 4. A. intercostalis posterior. Die Rami bronchiales laufen mit den Bronchien in die Lunge hinein und können im histologischen Schnitt an ihrer Lage nahe an den Bronchien und Bronchioli erkannt werden. Im Gegensatz zu den Pulmonalarterien herrscht in den Arterien der Bronchien der hohe intravaskuläre Druck des großen Kreislaufs. Dies wird histologisch auch im Wandaufbau sichtbar (dickere Tunica media und fast runder Querschnitt).

Die **Vv. bronchiales** aus der Peripherie der Lunge münden in die Lungenvenen; die Vv. bronchiales aus dem Bereich des Hilus in die V. azygos oder hemiazygos accessoria.

? * Was wissen Sie von der vegetativen Innervation der Lunge?

Die vegetative Innervation der Lunge erfolgt über parasympathische und sympathische Fasern (Abb. 5.2):

- **Parasympathisch:** Die Nervi vagi ziehen zum Plexus pulmonalis, der Gefäße erweitert und in Schleimdrüsen vermehrte Sekretion auslöst. Die Vagusfasern haben eine kontrahierende Wirkung auf die glatten Muskeln der Bronchiolen und können bei starker Aktivierung ein Asthma bronchiale mit Atemnot erzeugen.
- **Sympathisch:** In den Plexus pulmonalis strahlen zusätzlich Fasern aus dem Grenzstrang des Sympathikus ein. Der Sympathikus erweitert die Bronchiolen durch Senkung des Tonus der glatten Muskulatur. Dieser Mechanismus vermindert bei körperlicher Arbeit den Strömungswiderstand im Bronchialbaum. Bei einem Asthmaanfall kann die Kontraktion der Bronchialmuskeln durch ein Dosieraerosol mit einem Sympathomimetikum gelöst werden.

KLINIK. Das Lungengewebe selbst scheint keine sensible Innervation zu haben; die Pleura parietalis ist jedoch sensibel versorgt und kann bei Reizung Schmerzen verursachen. Die Schmerzen bei einer Lungenentzündung treten wahrscheinlich erst dann auf, wenn die Entzündung die Pleura erreicht hat.

? Welche Teile der Pleura parietalis kennen Sie?

Die **Pleura parietalis** hat drei Hauptabschnitte:

- **Pleura costalis**, das sogenannte Brustfell, das Rippen, Wirbelkörper und Rückfläche des Brustbeins überzieht
- **Pleura diaphragmatica** als Bedeckung der kranialen Zwerchfellfläche
- **Pleura mediastinalis** als Grenze zum Mediastinum

Pleura costalis und mediastinalis gehen neben oder hinter dem Sternum ineinander über und bilden hier den **Recessus costomediastinalis**. Der entsprechende **Recessus costodiaphragmaticus** befindet sich an der Umschlagstelle



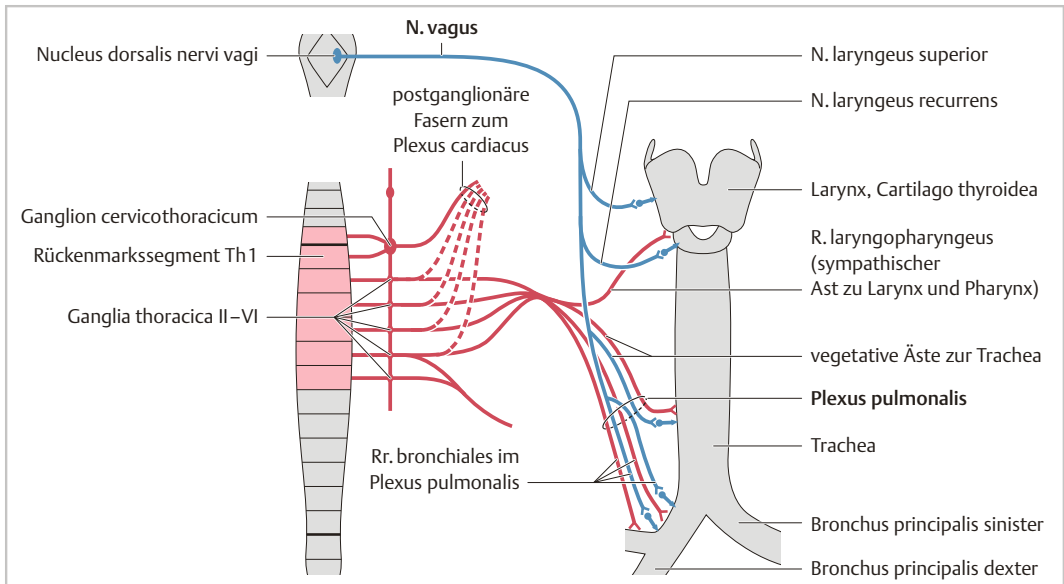


Abb. 5.2 Vegetative Innervation von Trachea und Bronchialbaum (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

zwischen Pleura costalis und Pleura diaphragmatica. Am Lungenhilus und am Lig. pulmonale, das sich vom Hilus nach kaudal zum Zwerchfell erstreckt, geht die Pleura parietalis in die **Pleura visceralis** über, die die Lungenoberfläche bedeckt und sich in die Fissurae interlobares fortsetzt.

KLINIK. Die **Zwerchfellkuppel (Cupula pleurae)** ist Teil der Pleura costalis. Sie reicht kranial über die erste Rippe in die Halsregion hinein und enthält die Lungenspitze. Vorsicht ist daher bei Punktion der V. subclavia geboten, da durch Anstich der Cupula pleurae ein Pneumothorax entsteht.

5.1.2 Ösophagus

? Wodurch werden die Engen des Ösophagus verursacht?

Es gibt **drei Engstellen** des Ösophagus (Abb. 5.3):

- Die erste oder obere Enge ist ca. 15 cm von der Zahnreihe entfernt, sie wird auch als **Ösophagusmund** bezeichnet. Sie wird von Ringmuskelfasern gebildet, deren Kontraktionszustand die tatsächliche Weite dieser Enge bestimmt.
- Die zweite Enge ist die sog. **Aortenenge**. Sie wird zum einen vom Aortenbogen bewirkt, der sich von links an den Ösophagus anlegt, und zum anderen vom linken Hauptbronchus verursacht, der von ventral den Ösophagus eindehlt.

- Die dritte Enge wird auch als **Zwerchfelle** bezeichnet, obwohl sie nicht durch die Muskelfasern des Zwerchfells verursacht wird. Die Enge wird von kräftigen ring- und spiralförmigen Muskelfasern des Ösophagus gebildet und ist in Ruhe geschlossen. Nur bei sehr tiefer Einatmung können die Muskelfasern des Zwerchfells den Verschluss an dieser Stelle verstärken. Prinzipiell jedoch ist der Ösophagus im Hiatus oesophageus nur durch lockeres Bindegewebe fixiert, sodass sich die Lage der sog. Zwerchfelle des Ösophagus relativ zum Zwerchfell stark verschieben kann.

? * Was wissen Sie von der Gefäßversorgung des Ösophagus?

Die **arterielle Versorgung** des Ösophagus ist sehr variabel. Sie erfolgt aus den Arterien, die in der Nachbarschaft des Ösophagus verlaufen:

- Im **oberen Abschnitt** des Ösophagus sind dies die **A. subclavia** oder Äste des **Truncus thyrocervicalis**.
- Der **mittlere Abschnitt** wird versorgt über die Aorta: entweder direkt über **Rami oesophagei** oder indirekt aus den **posterioren Interkostalarterien** rechts.
- Der **untere Abschnitt** erhält die arterielle Versorgung über die **A. gastrica sinistra** oder die A. phrenica inferior.

Auch für die **venöse Entsorgung** lässt sich der Ösophagus in **drei Abschnitte** teilen:

- Das venöse Blut des oberen Drittels fließt zu den **Vv. thyroideae inferiores**,

5.1.3 Thymus

? Mit welchen Nachbarorganen hat der Thymus direkten Kontakt?

Der **Thymus** liegt im oberen Mediastinum dorsal vom Sternum, mit dem er durch lockeres Bindegewebe verbunden ist. Seine **Dorsalfäche** grenzt kaudal an den **Herzbeutel**, kranial berührt sie die großen Gefäße: **V. cava superior**, **Vv. brachiocephalicae** und den **Aortenbogen**. Auf beiden Seiten legt sich dem Thymus die **Pleura mediastinalis** an, die auch noch auf seine ventrale Seite übergreifen kann. Üblicherweise überragt der Thymus kranial das Manubrium sterni nicht, in Ausnahmefällen kann er sich bis zur Schilddrüse erstrecken.

? Welche Altersveränderungen macht der Thymus im Laufe des Lebens durch?

Die **größte Ausdehnung** hat der Thymus beim **Kleinkind**. Er behält seine absolute Größe bis zur Pubertät, d. h., nur durch das Längenwachstum des Gesamtorganismus im Schulkindalter wird seine relative Ausdehnung im Thorax geringer. Nach der Pubertät bis ins hohe Alter wird das Thymusgewebe durch **Fettzellen** ersetzt (**Altersinvolution**), sodass beim Greis anstelle des Thymus oft nur eine ähnlich geformte Ansammlung von Fettgewebe gefunden wird (**retrosternaler Fettkörper**). **Nebenbemerkung:** „Involution“ ist ein physiologischer Prozess (im Gegensatz zur „Degeneration“, die einen pathologischen Vorgang bezeichnet).

KLINIK. Im histologischen Präparat kann eine ungefähre Altersdiagnose anhand des Verfettungsgrades gestellt werden: Der Thymus eines Kleinkinds enthält kaum Fettzellen, während der Thymus eines alten Menschen nur noch kleine Reste von Thymusgewebe (Lymphozyten und wenige Hassall-Körperchen) enthält, die in Fettgewebe eingelagert sind.

5.1.4 Herz

? Wie ist das Herzskelett aufgebaut?

Das **Herzskelett** liegt in der **Ventilebene**, d. h. auf Höhe der Herzklappen und ist eine Schicht aus straffem, teils fettgewebhaltigem Bindegewebe. Es trennt die Vorhöfe von den Herzkammern. **Hauptbestandteile** des Herzskeletts sind **vier Faserringe**:

- zwei Faserringe (Anuli fibrosi) um die Segelklappen (Mitralklappe und Trikuspidalklappe)
- Aortenring um die Aortenklappe
- Pulmonalisring um die Pulmonalklappe

Das Herzskelett hat mehrere Funktionen. Es stabilisiert nicht nur mechanisch das Herz, sondern stellt auch eine elektrische Isolationsschicht dar: Elektrische Erregungen

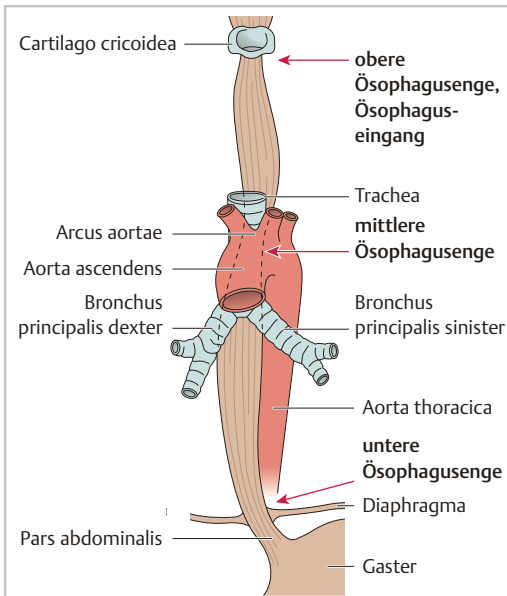


Abb. 5.3 Ösophagusengen. Ansicht von ventral. Der Ösophagus hat drei Engen. Ursachen sind die Nachbarschaft zu Strukturen, die ihn von außen einengen (Aorta thoracica – mittlere Enge), sowie funktionelle Verschlussmechanismen durch die Muskulatur des Ösophagus (obere und untere Enge) (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

- das des mittleren Abschnitts zu den **Vv. azygos** und **hemiazygos** und
- das des unteren Abschnitts durch den Hiatus oesophagus zur **V. gastrica sinistra**.

An dieser Stelle ergibt sich ein sehr wichtiger Kollateralkreislauf, der bei erhöhtem Strömungswiderstand in der Leber (zum Beispiel bei Leberzirrhose) von der V. portae über die V. gastrica sinistra und die Ösophagusvenen zur V. azygos und hemiazygos führt.

KLINIK. Bei starker Volumenbelastung des venösen Kollateralkreislaufs (d. h. bei stark erhöhtem Widerstand im Leberkreislauf) kommt es zur Ausbildung von **Ösophagusvarizen**, die eine gefährdete Komplikation bei Leberzirrhose darstellen. Es können lebensbedrohliche Blutungen aus den Varizen entstehen, die nur schwer zu stillen sind.



der Herzmuskelzellen aus dem Vorhof können über das Herzskelett nicht auf die Kammer übertragen werden. Dies gelingt lediglich über das **His-Bündel**, einen Bestandteil des Reizleitungssystems, das durch das Trigonum fibrosum dextrum tritt.

? Welche Bewegungen vollführen die Herzklappen während der Herzaktion?

Üblicherweise werden **vier Phasen** der Herzarbeit unterschieden:

- **Anspannungsphase:** Sämtliche Klappen sind geschlossen, der Herzmuskel kontrahiert sich isovolumetrisch, d. h., der Druck in den Ventrikeln steigt bei unverändertem Volumen.
- **Austreibungsphase:** Sie beginnt mit dem Öffnen der Taschenklappen. Dies geschieht in dem Moment, wo der Druck in den Ventrikeln den Arteriendruck übersteigt. Blut strömt in die Aorta und A. pulmonalis. Die Atrioventrikularklappen bleiben geschlossen. Die Phase endet mit dem Schluss der Taschenklappen, sobald nach Beendigung der Kammerkontraktion der intraventrikuläre Druck unter den Druck in der Aorta und der A. pulmonalis fällt.
- **Erschlaffungsphase:** In dieser Phase sind sämtliche Klappen geschlossen, sie beginnt mit dem Schluss der Taschenklappen. Die Ventrikel entspannen sich, ohne dass Volumenverschiebungen stattfinden. Unterschreitet der Ventrikellinnendruck den Druck in den Vorhöfen, so öffnen sich die Segelklappen.
- **Füllungsphase:** Beginn mit der Öffnung der Segelklappen. Das Blut strömt aus den Vorhöfen in die Kammern ein. Für die Füllung der Kammern ist der sog. **Ventilebenenmechanismus** von Bedeutung, eventuell von größerer Bedeutung als die Kontraktion der Vorhofmuskulatur. Der Ventilebenenmechanismus bewirkt, dass die Ventrikel über das sich in den Vorhöfen befindende Blutvolumen gestülpt werden. Der Vorgang spart Zeit, die sonst für das Einstromen des Blutes aus dem Vorhof in die Kammer benötigt würde.

? * Was für eine Funktion haben die Chordae tendineae?

Die **Chordae tendineae** sind bindegewebige Fäden, die die freien Ränder der **Segelklappen** an den **Papillarmuskeln** befestigen. Sie verhindern ein Durchschlagen der Segelklappen in die Vorhöfe bei der **Ventrikelkontraktion**. Bei den Taschenklappen besteht diese Gefahr wegen der breitflächigen Befestigung der Klappen an den Gefäßwänden nicht.

? Welche Teile des Herzens werden von den verschiedenen Koronararterien versorgt?

Die Blutversorgung des Herzens erfolgt über die beiden Koronararterien:

- A. coronaria dextra und
- A. coronaria sinistra

Sie entspringen aus der Aorta kurz oberhalb der Aortenklappe und versorgen den Herzmuskel mit Blut. Daher gehören sie zu den **Vasa privata**.

Die Versorgungsgebiete des Herzmuskels entstehen durch den Verlauf der Koronararterien und ihrer Äste:

- **Ramus interventricularis anterior** (aus der linken Koronararterie) und
- **Ramus interventricularis posterior** (aus der rechten Koronararterie)

Von diesen Rami gehen kleine Äste in das **Septum interventriculare** ab und versorgen auch die benachbarten Gebiete der Ventrikel. Auf diese Weise ergibt sich eine gewisse Verschiebung in den Versorgungsgebieten der Koronararterien:

Die **linke A. coronaria** versorgt (ausgeglichener Versorgungstyp):

- den linken Vorhof
- die linke Kammer und
- den vorderen Teil des Septum interventriculare mit dem anliegenden Teil des rechten Ventrikels

Die **rechte A. coronaria** versorgt (ausgeglichener Versorgungstyp):

- den rechten Vorhof
- den Sinus- und AV-Knoten
- den rechten Ventrikel (mit Ausnahme der Anteile dicht an der vorderen Kammerseidewand) und
- über den Ramus interventricularis posterior auch den dorsalen Anteil des Kammerseptums und
- die anliegenden Teile des linken Ventrikels

? Welche Versorgungstypen am Herzen kennen Sie?

Man unterscheidet verschiedene Versorgungstypen. Es gibt den:

- ausgeglichenen Versorgungstyp (70%)
- Rechtsversorgungstyp (15%) und
- Linksversorgungstyp (15%)

Alle Versorgungstypen sind normal, d. h., keiner ist pathologisch. Daher sollte der ausgeglichene Versorgungstyp auch nicht normal genannt werden. Die Versorgungstypen unterscheiden sich vor allem durch die Versorgung der Kammerhinterwand. Hierfür ist das Gebiet um den **Sulcus interventricularis posterior** und die **Herzspitze** wichtig.

Beim sog. **Linksversorgungstyp** (Abb. 5.4a) dominiert der Ramus interventricularis posterior aus der linken Koronararterie; damit versorgt die A. coronaria sinistra das gesamte Kammerseptum. Meist wird unter diesen Umständen auch die Herzspitze nur aus der linken Koronararterie versorgt.

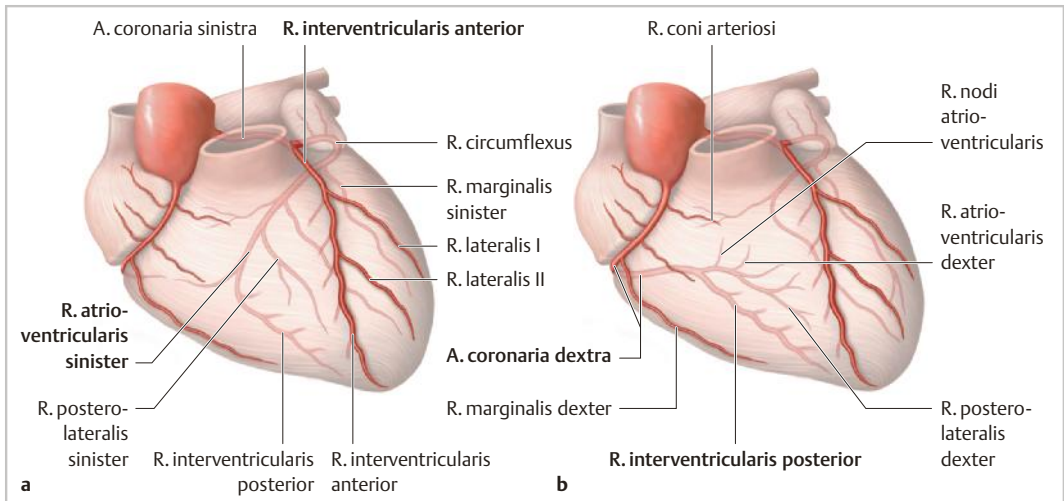


Abb. 5.4 Versorgungstypen des Herzens. Beide Versorgungstypen (Links- und Rechtsversorgungstyp) kommen zu ca. 15% in der Bevölkerung vor. Sie unterscheiden sich vor allem bei der Versorgung der Herz hinterwand. Die restlichen 70% entfallen auf den ausgeglichenen Versorgungstyp (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

a Linksversorgungstyp.

b Rechtsversorgungstyp.

Bei dem sog. **Rechtsversorgungstyp** (Abb. 5.4b) greift die Versorgung durch die A. coronaria dextra über den Sulcus hinaus auf das linke Herz über und versorgt damit einen größeren Anteil der dorsalen linken Kammerwand. Gleichzeitig kann auch die Herzspitze ausschließlich vom rechten Ramus interventricularis versorgt werden.

KLINIK. Zum Versorgungsgebiet der rechten Herzkranzarterie gehört der gesamte rechte Vorhof mit dem Sinusknoten und dem AV-Knoten. Infarkte der rechten Koronararterie führen deshalb besonders leicht zu Herzrhythmusstörungen (z. B. AV-Rhythmus, Überleitungsstörungen).

? Aus welchen Teilen besteht das Reizbildungs- und Erregungsleitungssystem des Herzens?

Das **Reizbildungssystem** besteht aus vier Abschnitten:

- Sinusknoten (Nodus sinuatrialis)
- Atrioventrikularknoten (AV-Knoten)
- Atrioventrikulärbündel (auch His-Bündel genannt)
- zwei Kammerschenkel

Der **Sinusknoten** hat etwa eine Größe von einem Zentimeter und befindet sich an der Einmündung der V. cava superior in den rechten Vorhof im Bereich des Sinus venarum cavarum (Name!). Die hier gelegenen **spezialisierten Herzmuskelzellen** weisen eine spontane Depolarisation bis zur Schwelle auf; dies führt zur rhythmischen Bil-

dung von Aktionspotenzialen mit einer **Frequenz** von **70 pro Minute**. Die Erregung breitet sich über die Arbeitsmuskulatur des rechten Vorhofs aus. Schon seit vielen Jahren wird die Existenz eines speziellen Reizleitungssystems im rechten Vorhof diskutiert, bisher ohne klares Ergebnis. Die Aktionspotenziale erreichen kurz vor der Vorhof-Kammergrenze den **Atrioventrikularknoten**, der sich zwischen der Öffnung des Sinus coronarius und der Trikuspidalklappe befindet.

Der **AV-Knoten** hat ebenfalls einen Eigenrhythmus von ca. 40 pro Minute; normalerweise ist dieser Rhythmus ohne Wirkung auf die Herzfrequenz, da die beginnende Depolarisation in den Zellen des AV-Knotens durch die vom Sinusknoten kommende Erregung ausgelöscht wird. Im AV-Knoten beginnt das eigentliche **Erregungsleitungssystem** des Herzens, das aus spezialisierten Muskelzellen mit höherer Leitungsgeschwindigkeit besteht.

Auf den AV-Knoten folgt das **His-Bündel (Fasciculus atrio-ventricularis)**, das durch das **Trigonum fibrosum dextrum** zieht und die einzige elektrisch leitende Verbindung zwischen Vorhöfen und Kammern darstellt.

Das His-Bündel teilt sich in die beiden **Kammerschenkel**, die zu beiden Seiten des Septum interventriculare zur Herzspitze verlaufen. Hier teilen sich die Schenkel in die dünnen **Purkinje-Fasern**, die in den Papillarmuskeln enden.



? Wie ist der Herzbeutel aufgebaut? Benennen Sie die Umschlagfalten.

Der Herzbeutel ist eine bindegewebige Hülle. Er besteht aus zwei Teilen:

- **Epikard** (liegt der Herzoberfläche direkt auf)
- **Perikard** (sehr straff gebauter, äußerer Teil des Herzbeutels, teils mit dem Zwerchfell verwachsen)

Im Bereich der großen Gefäße gibt es Umschlagstellen, bei denen das Perikard in das Epikard umschlägt.

Man unterscheidet zwei separate Umschlagfalten für die Arterien und Venen: **Porta arteriosa** und **Porta venosa** (mit Sinus obliquus pericardii und Sinus transversus pericardii).

- **Porta arteriosa:** Die Umschlagfalte vom Epikard in das Perikard umfasst **Aorta und Aa. pulmonales** gemeinsam.
- **Porta venosa:** Die Umschlagstelle an den Venen umfasst **V. cava superior und inferior** sowie die **vier Lungenvenen** gemeinsam. Zwischen den rechten und linken Lun-

genvenen bildet das Perikard einen Blindsack; ein von kaudal in den Blindsack eingeführter Finger stößt an der Umschlagstelle an (**Sinus obliquus pericardii**). Zwischen der Umschlagstelle an den Arterien auf der einen Seite und den Venen auf der anderen Seite befindet sich der **Sinus transversus**. An dieser Stelle gibt es keinen Blindsack, daher kann hier ein Finger hindurchgesteckt werden.

5.1.5 Herznahe Gefäße

? Welchen Verlauf hat der Anfangsteil der Aorta im Thorax?

Die **Aorta ascendens** entspringt dem linken Ventrikel. Oberhalb der Aortenklappe finden sich die beiden Abgänge der rechten und linken Koronararterie. Die Aorta ascendens verläuft im Thorax von links dorsal-kaudal nach rechts ventral-kranial, d. h., sie nähert sich dem rechten Rand des Sternums. An ihrem Ursprung aus dem linken Ventrikel ist sie etwa sechs Zentimeter vom Sternum entfernt, am Übergang zum Arcus aortae nur noch zwei Zentimeter. Die Wand der Aorta ascendens hat rechts Kontakt

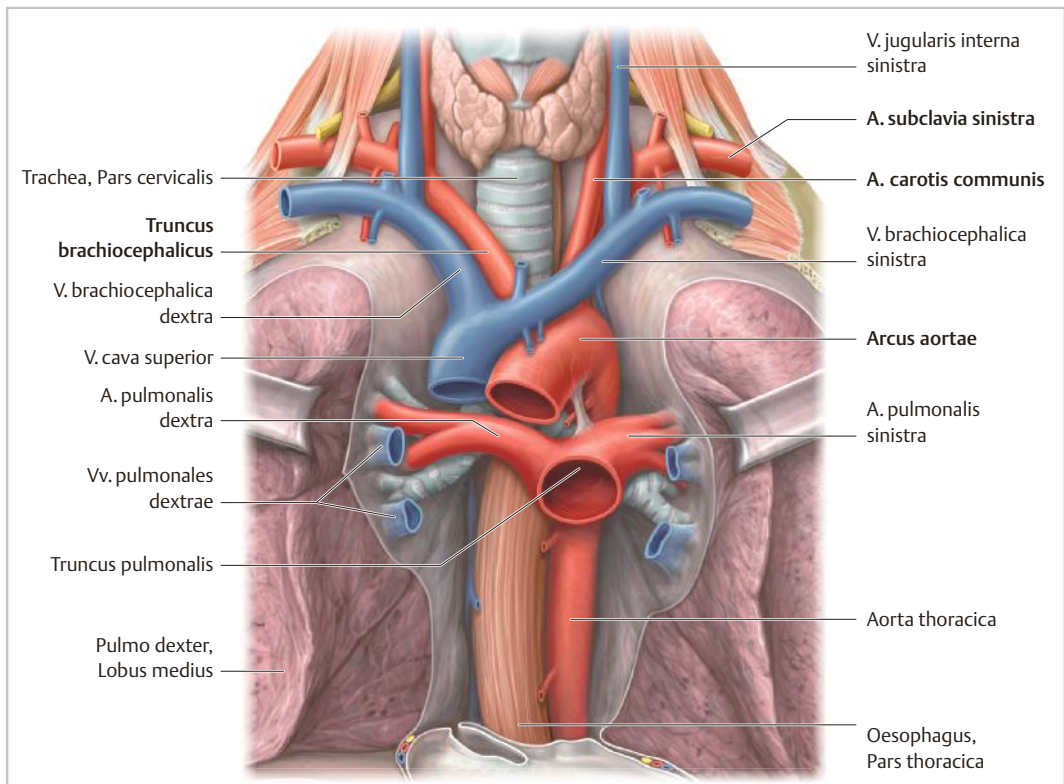


Abb. 5.5 Umgebende Gefäße der Aorta. Sicht von ventral in den eröffneten Thorax. Herz und Herzbeutel wurden entnommen und die Gefäße herznah abgetrennt (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

mit der **V. cava superior** und links mit dem **Truncus pulmonalis** (Abb. 5.5).

Der Übergang der Aorta ascendens in den **Arcus aortae** erfolgt an der Abgangsstelle des Truncus brachiocephalicus; der Arcus aortae endet etwa in Höhe des 4. Brustwirbelkörpers. Der Aortenbogen verläuft nicht in der Frontalebene, sondern fast in der **Sagittalebene**. **Truncus brachiocephalicus**, **A. carotis communis sinistra** und **A. subclavia sinistra** entspringen nicht nebeneinander, sondern fast hintereinander dem Aortenbogen. Der Arcus aortae überkreuzt die **rechte A. pulmonalis** und gelangt dann an die linke Seite der Trachea kurz vor der Bifurcatio tracheae. Hier „reitet“ der Arcus auf dem linken Hauptbronchus; danach wird er zur **Aorta descendens** und legt sich dann an die linke Seite des Ösophagus.

? Welche Äste gibt die Aorta thoracica im Thorax ab?

Die Brustaorta (**Aorta thoracica**, ein Teil der **Aorta descendens**) erstreckt sich vom Isthmus aortae (beim Erwachsenen markiert durch das Lig. arteriosum) bis zum Durchtritt in das Abdomen durch den **Hiatus aorticus** im Zwerchfell. Der Anfangsteil legt sich in Fortsetzung des Aortenbogens an die linke Seite der Wirbelsäule an, um sich dann bei der Annäherung an das Zwerchfell immer mehr in die **Medianebene** zu verlagern.

Die Äste der Aorta thoracica sind:

- **Aa. intercostales posteriores** III–XI
- **A. subcostalis** (entspricht der Interkostalarterie XII)
- kleinere Äste zur Versorgung sämtlicher Brustkorborgane (Rami bronchiales, Rami pericardiaci, Rami oesophageales, Rami mediastinales)

? Über welche Gefäße kann das venöse Blut aus der dorsalen Brustwand abfließen?

Der venöse Abfluss aus der dorsalen Brustwand erfolgt überwiegend über das Azygos-System:

- **V. azygos** (verläuft rechts der Wirbelsäule)
- **V. hemiazygos** (links der Wirbelsäule)

Sie stammen aus den beiden **Vv. lumbales ascendentes** (aus den Vv. iliacae communes), die kranial durch den medialen Zwerchfellschenkel in den Brustkorb gelangen.

Auf der linken Seite kreuzt die V. hemiazygos etwa auf der Höhe des 7. Brustwirbelkörpers nach rechts und mündet in die V. azygos. Die V. hemiazygos nimmt die kaudalen Vv. intercostales der linken Seite auf. Die Interkostalvenen der kranialen Hälfte des linken Thorax münden entweder in die V. azygos oder in die (inkonstante) **V. hemiazygos accessoria**. Sie ist die kraniale Fortsetzung der V. hemiazygos. Die V. azygos nimmt in ihrem Verlauf die Vv. intercostales der rechten Brustkorbhälfte auf. Sie verlässt etwa in Höhe des 4. Brustwirbelkörpers die dorsale Brustkorbbwand und mündet in einem fast sagittal stehenden Bogen von dorsal in die **V. cava superior** ein.

? Welche größeren Lymphgefäße im Bereich des Thorax kennen Sie?

Der **größte Lymphstrang** im Bereich des Thorax ist der **Ductus thoracicus**. Er bildet sich aus der **Cisterna chyli** kaudal des Zwerchfells, tritt durch den Hiatus aorticus in den Thorax ein und läuft hier vorwiegend dorsal von der Aorta liegend nach kranial. Er mündet von dorsal kommend in den **linken Venenwinkel** (Zusammenfluss der linken V. jugularis interna und linken V. subclavia). Üblicherweise nimmt der Ductus thoracicus vor seiner Mündung in den Venenwinkel **drei größere Lymphstämme** auf:

- **Truncus bronchomediastinalis sinister**, über den die Lymphe aus der linken Lunge und der linken Brustwand abfließt.
- **Truncus jugularis sinister** für den Abfluss der Lymphe aus der linken Kopf- und Halshälfte.
- **Truncus subclavius sinister** für den Lymphabfluss des linken Arms.

Über den Ductus thoracicus und die in ihn mündenden Lymphstämme fließt somit die Lymphe aus etwa drei Viertel des Gesamtorganismus ab (aus der unteren Hälfte und dem linken oberen Viertel).

Die Lymphe aus dem rechten oberen Viertel des Körpers wird über den **Ductus lymphaticus dexter** in den rechten Venenwinkel geführt. Er entsteht aus dem Zusammenfluss der entsprechenden drei rechten Lymphstämme:

- Truncus bronchomediastinalis dexter
- Truncus jugularis dexter
- Truncus subclavius dexter

5.1.6 Nerven

? Welche topografischen Beziehungen haben die Nervi vagi im Thorax?

Die **beiden Nervi vagi** haben eine enge Beziehung zu den großen Thorakalgefäßen. Da diese Gefäße nicht symmetrisch angeordnet sind, haben auch die beiden Nervi vagi rechts und links im Thorax einen unterschiedlichen Verlauf (Abb. 5.6).

- Der **rechte N. vagus** tritt zwischen A. und V. subclavia durch die obere Thoraxapertur in den Thorax ein. Direkt kaudal der A. subclavia gibt er den **N. laryngeus recurrens dexter** ab, weitere Äste in diesem Gebiet sind die Rami cardiaci zum Herzen und die Rami bronchiales zur Lunge. Er verläuft dann dorsal der Hauptbronchien, um sich an den Ösophagus anzulegen.
- Der **linke N. vagus** erreicht zusammen mit der A. carotis communis den Aortenbogen, den er ventral kreuzt. Direkt kaudal des Aortenbogens gibt er in der Nähe des Lig. arteriosum den **N. laryngeus recurrens sinister** ab, der hier eine Schlinge um die Aorta bildet. Wie der rechte Vagus entsendet der linke Vagus Rami cardiaci zum Herzen und Rami bronchiales zur Lunge. Er legt



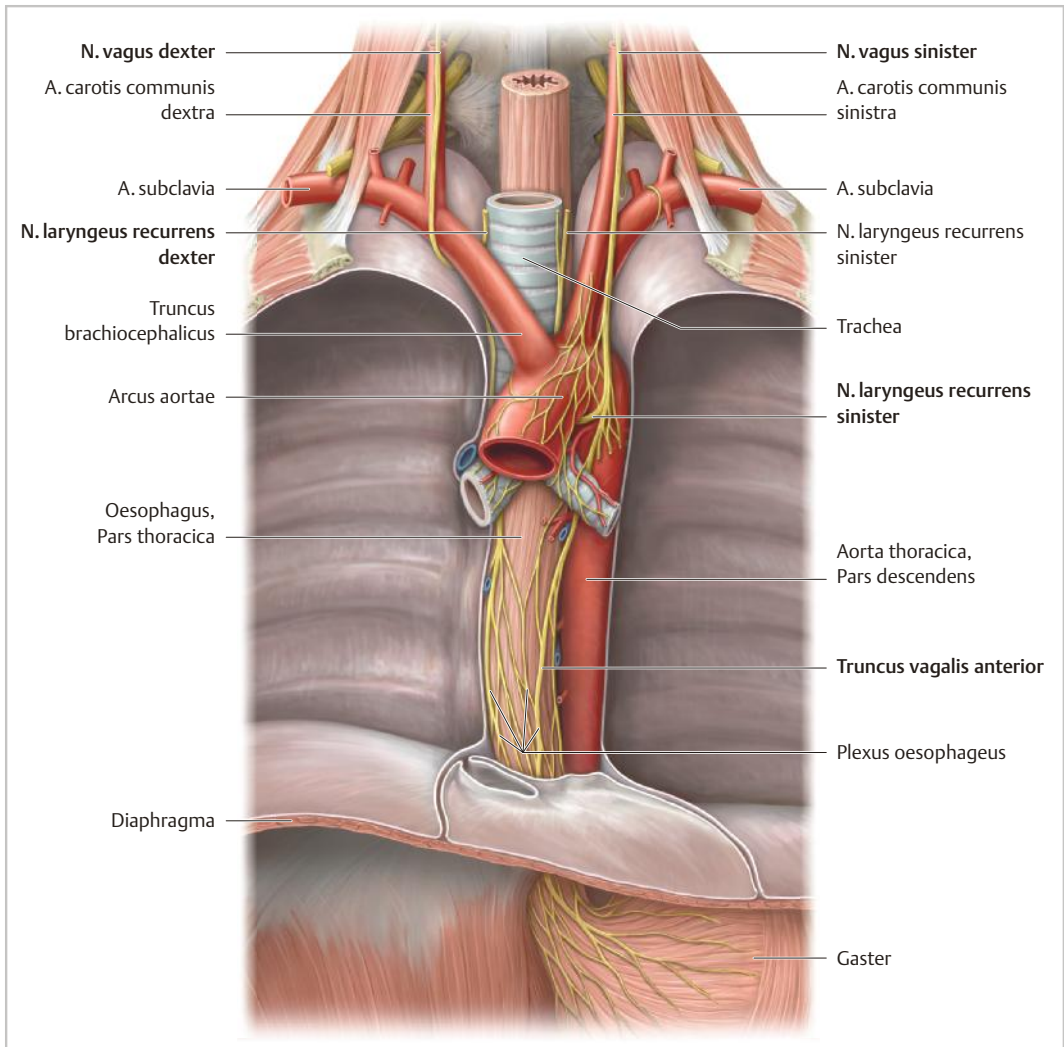


Abb. 5.6 N. vagus dexter et sinister. Sicht von ventral in den eröffneten Thorax. Der linke und der rechte N. vagus geben Äste zum Oesophagus ab, die den sog. Plexus oesophagus bilden. Dieser setzt sich mit den an Ösophagusvorder- und rückwand liegenden Nervenfaserbündeln als Truncus vagalis anterior und posterior bis in das Abdomen fort. Fasern des Truncus sympathicus strahlen für die sympathische Versorgung des Oesophagus ebenfalls in den Plexus oesophageus aus (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

sich dann an die linke Seite des Ösophagus an und gibt Fasern in den Plexus oesophagus ab.

Die Nervi vagi beider Seiten bilden um den Ösophagus den **Plexus oesophagus**, aus dem die **Trunci vagales** hervorgehen, die daher Fasern aus den Nervi vagi beider Seiten enthalten können. Die Verlaufsrichtung des **rechten N. vagus** wird hauptsächlich durch den **Truncus vagalis posterior** fortgesetzt, der dorsal vom Ösophagus durch den Hiatus oesophageus in die Bauchhöhle zieht. Die Verlaufs-

richtung des **linken N. vagus** setzt sich in den **Truncus vagalis anterior** fort, der mit dem Ösophagus zusammen durch das Zwerchfell tritt.

Die **parasymphatische Innervation** der Verdauungsorgane erfolgt über die beiden Trunci vagales:

- Der Truncus vagalis anterior endet am Magen und versorgt ein sehr viel kleineres Gebiet als der Truncus va-

galis posterior, nämlich nur die Vorderfläche des Magens und die Leber.

- Der Truncus vagalis posterior hingegen versorgt zusätzlich noch große Teile des Darms, und zwar Dünn- und Dickdarm bis zum Cannon-Böhm-Punkt am distalen Drittel des Colon transversum.

5.2 Klinische und topografische Anatomie

? Welche Besonderheiten bietet die Teilungsstelle der Trachea in die beiden Hauptbronchien?

Die **Bifurcatio tracheae** ist die Teilungsstelle der Trachea in den **Bronchus principalis dexter** und **sinister**. Sie liegt ventral vom 4. Brustwirbelkörper. Die Teilung ist nicht symmetrisch: Der rechte Hauptbronchus ist kürzer und großkalibriger als der linke, sein Verlauf ist deutlich steiler; er setzt praktisch die Richtung der Trachea fort. Der größere Durchmesser und der steilere Verlauf des rechten Hauptbronchus sind die Gründe dafür, dass **aspirierte Fremdkörper** vorwiegend in den **rechten Bronchus principalis** gelangen.

? * Nennen Sie die häufigsten Ursachen und Folgen einer Lungenembolie.

Eine **Lungenembolie** entsteht durch ein verschlepptes Blutgerinnsel (**Thrombus**), meist aus den Bein- oder Beckenvenen. Es gelangt über das rechte Herz in die Pulmonalarterien und kann sie verstopfen. Da die rechte A. pulmonalis eher in der Fortsetzung des Truncus pulmonalis liegt, enden die Thromben häufiger in der rechten Lunge.

Die **Folgen einer Lungenembolie** sind abhängig vom Durchmesser des verschlossenen Gefäßes. Am gefährlichsten ist der Verschluss eines großen Astes einer A. pulmonalis oder der rechten A. pulmonalis selbst. Die Gefahr für den Patienten besteht weniger im Ausfall der betroffenen Lunge für den Gasaustausch als in der durch den Verschluss einer A. pulmonalis entstehenden Kreislaufsituation: Das rechte Herz muss das gesamte Schlagvolumen durch die verbleibende Pulmonalarterie auswerfen. Der dadurch stark erhöhte Strömungswiderstand führt zu einer Überlastung des rechten Herzens. Gegen den erhöhten Strömungswiderstand kann der rechte Ventrikel nur eine verkleinerte Blutmenge pro Zeiteinheit zum linken Ventrikel pumpen. Es kann zum **Kreislaufschock** kommen.

? Was wissen Sie von der Entstehung eines Asthmaanfalls?

Unter einem **Asthmaanfall** versteht man eine **plötzlich auftretende Atemnot**, gekennzeichnet durch eine Verengung der Atemwege. Die Lumeneinengung der intrapulmonalen Atemwege wird verursacht durch drei Mechanismen:

- spastische **Kontraktion** der glatten Muskulatur der Bronchiolen und
- vermehrte **Schleimsekretion** der Bronchialschleimhaut sowie
- **Ödeme** der Bronchialschleimhaut

Die Bronchien sind von der Kontraktion der Muskulatur kaum betroffen. Sie haben zwar ebenfalls eine Muskularis, haben jedoch in ihrer Wandung Knorpelstücke oder -spangen und können sich daher nicht so stark verengen wie die knorpelfreien Bronchiolen. Die Folge für den Patienten ist eine expiratorische Dyspnoe mit Erstickungsangst. Das Asthma bronchiale gehört zu den obstruktiven, chronischen Atemwegserkrankungen mit einem hyperreagiblen Bronchialsystem. Auslöser für einen Asthmaanfall können unter anderem Allergien oder Atemwegsinfekte sein.

? Über welchen Mechanismus kann ein Aortenaneurysma zu Heiserkeit führen?

Unter einem **Aortenaneurysma** versteht man eine pathologische **Ausweitung der Aorta**, meist am Übergang des Arcus aortae zur Aorta descendens. An dieser Stelle bildet der linke **N. laryngeus recurrens** in engem Kontakt mit der Aorta nach dorsal verlaufend eine Schlinge um das Gefäß, um dann nach kranial zum Kehlkopf zu ziehen. Der N. laryngeus recurrens versorgt die **innere Kehlkopfmuskulatur motorisch** und ist daher für die **Phonation** von entscheidender Bedeutung. Der Druck der ausgeweiteten Aorta auf den N. laryngeus recurrens führt zu einem zunehmenden Ausfall motorischer Fasern in diesem Nerv. Eine Rekurrenslähmung äußert sich in einer hartnäckigen **Heiserkeit**, da das Lig. vocale der befallenen Seite nicht mehr die normalen Bewegungen und Spannungsänderungen durchführen kann.

? Was geschieht pathologisch anatomisch gesehen bei einem Herzinfarkt? Nennen Sie mögliche Folgen eines Herzinfarkts.

Ein **Herzinfarkt** entsteht entweder:

- plötzlich durch Einschwemmen eines größeren Thrombus oder
- protrahiert durch endgültigen Verschluss eines arteriosklerotisch verengten Herzkranzgefäßes

Da die Koronararterien und ihre Äste funktionelle Endarterien sind, stirbt das vom verschlossenen Ast versorgte Myokard ab (Abb. 5.7). In der Akutsituation kann es von Herzrhythmusstörungen über Herzwandrupturen bis hin zum kardiogenen Schock kommen.

Der Krankheitsverlauf und die Prognose sind abhängig von der Schwere, Dauer und Lokalisation der Ischämie. Kleinere Infarkte können überlebt werden; das abgestorbene Herzmuskelgewebe wird durch Narbengewebe ersetzt. Da die bindegewebige Narbe gegen Innendruck weniger widerstandsfähig ist als die Muskulatur und bei



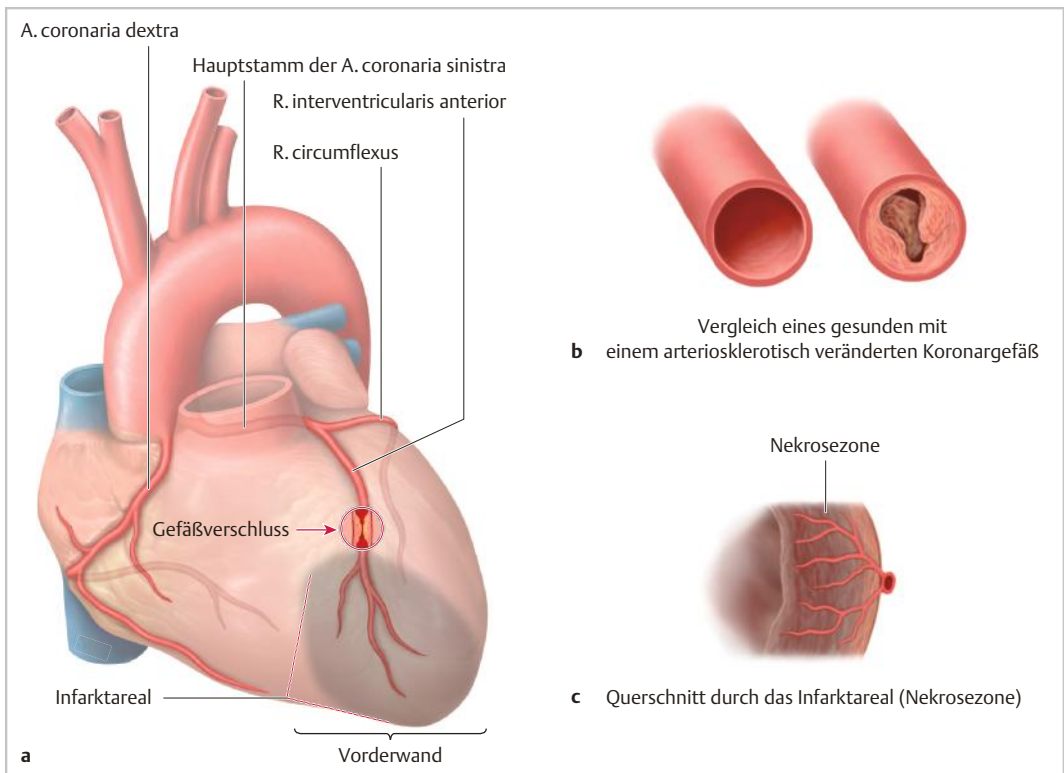


Abb. 5.7 Akuter Myokardinfarkt. Darunter versteht man den Untergang (Nekrose) von Herzmuskelgewebe bei unzureichender Koronardurchblutung. Meist entsteht zunächst eine arteriosklerotische Veränderung der Koronargefäße (siehe oben rechts). Zu einer akuten Myokardnekrose kommt es in der Regel, wenn ein solcher arteriosklerotischer Plaque einreißt und sich daraufhin ein gefäßverschießender Thrombus in einem oder mehreren Koronarästen bildet (siehe links) (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

jeder Systole ausgebuchtet wird, besteht die Gefahr der Bildung eines **Herzwandaneurysmas**. Ein Aneurysma ist ein häufiger Entstehungsort für Thromben; im Extremfall kann das Aneurysma rupturieren und über eine Herzbeutelamponade zum Tod führen. Ein **Infarkt der Papillarmuskeln** kann zur **Klappeninsuffizienz** führen, wenn entweder eine Chorda tendinea abreißt oder sich ein M. papillaris wegen narbiger Veränderungen nicht mehr verkürzen kann.

? Welche Bedeutung hat das Perikard für die mechanische Herzaktion?

Das **Perikard** besteht aus **straffem kollagenfaserigem Bindegewebe** und ist somit praktisch undehnbar. Es verhindert auch beim Gesunden eine Überdehnung des Herzens in der Diastole. Wird der Herzbeutel operativ eröffnet, so wölbt sich das Herz in der Diastole aus der Perikardöffnung hervor. Ohne intaktes Perikard kann die Dehnung des Herzens in der Diastole so stark sein, dass die Segelklappen (besonders die Trikuspidalklappe) insuffizient

werden. Bei einer Blutung in den serösen Spaltraum des Herzbeutels kommt es aufgrund der **Undehnbarkeit des Perikards** zu einer Kompression des Herzens; hiervon ist wegen der geringeren Wanddicke besonders das rechte Herz betroffen. Dies führt zu einer Verminderung des venösen Zustroms zum Herzen und damit zur Gefahr eines lebensbedrohlichen Blutdruckabfalls.

? Wodurch wird der Herzspitzenstoß verursacht? An welcher Stelle ist er palpabel?

Der **Herzspitzenstoß** wird dadurch verursacht, dass bei der Systole durch den hohen intravaskulären Druck der Aortenbogen gestreckt wird und dadurch das am Aortenbogen befestigte Herz nach ventral an die Thoraxwand gedrückt wird. Der Herzspitzenstoß ist am besten im **5. ICR links** etwa in der **Medioklavikularlinie** zu tasten. Er fällt **nicht** mit der **anatomischen Herzspitze** zusammen, die noch ein bis zwei Zentimeter lateral vom palpablen Herzspitzenstoß liegt.

? Wie entstehen die mit dem Stethoskop auskultierbaren physiologischen Herzöne? Wo liegen die Auskultationsstellen der Herzklappen?

Die mit dem Stethoskop auskultierbaren physiologischen Herzöne sind physikalische Schwingungen, die während der Herzaktion entstehen.

- Der **erste Herzton** ist zu Beginn der Systole hörbar. Er wird auch als **Muskelanspannungston** bezeichnet, da er durch die Kontraktion der Herzkammern zustande kommt. Er ist am lautesten über der Herzspitze zu hören.
- Der **zweite Herzton**, auch **Klappenschlusston** genannt, wird durch den Verschluss der Taschenklappen (Pulmonal- und Aortenklappe) zu Beginn der Diastole verursacht. Er ist am lautesten über der Herzbasis auskultierbar.

Bei der Auskultation der vier Herzklappen sind ihre anatomischen Projektionen auf die Thoraxwand hilfreich (Abb. 5.8). Generell zu beachten ist, dass sich die Töne der Taschenklappen in Richtung des Blutstroms ausbreiten (Tab. 5.1). Daher liegt der Auskultationspunkt für die **Aortenklappe** im **2. ICR rechts** am Sternalrand und der für die **Pulmonalklappe** im **2. ICR links** am Sternalrand. Die Auskultationsstellen der Segelklappen verlagern sich von den Klappen divergierend nach kaudal. Die **Mitralklappe** lässt sich am besten in der Gegend des Herzspitzenstoßes (**5. ICR links** etwa in der Medioklavikularlinie) auskultieren, die **Trikuspidalklappe** am Ansatz der **6. Rippe rechts**.

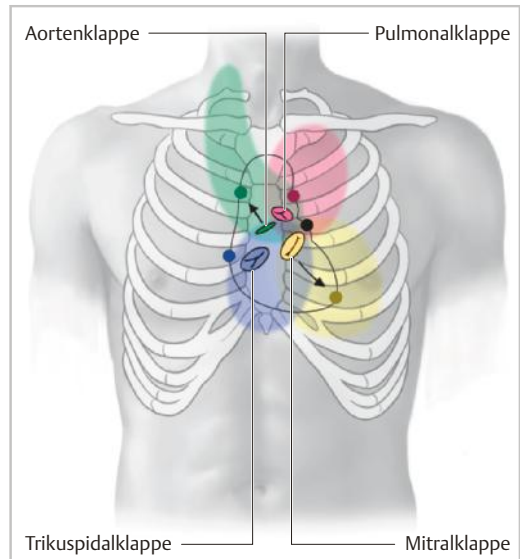
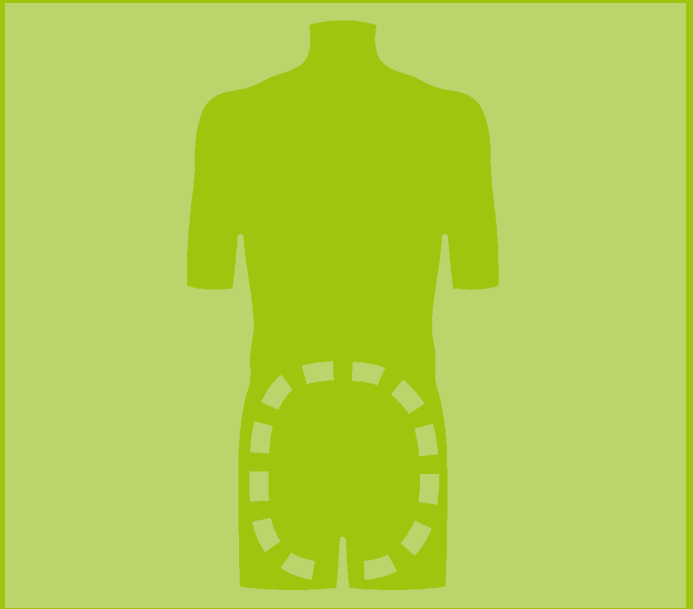


Abb. 5.8 Auskultationspunkte der Herzklappen. Am gesunden Herzen erzeugt das an den Klappen vorbeiströmende Blut keine wahrnehmbaren Geräusche. Erst bei Funktionsstörungen bildet das Blut Wirbel an den Klappen, die hörbare Strömungsgeräusche erzeugen. Durch die Dicke der Herzwand werden diese Geräusche gedämpft und sind nicht an der anatomischen Projektion der Klappen auf dem Thorax hörbar, sondern an einem klappenentfernten Punkt in Richtung der Blutströmung (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus Lern-Atlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

Tab. 5.1 Projektions- und Auskultationsstellen der Herzklappen. (Aumüller et al. Duale Reihe Anatomie. Thieme; 2017)

Herzklappe	Projektionsstelle	Auskultationsstelle*
Taschenklappen (Gefäßklappen)		
Pulmonalklappe (Valva trunci pulmonalis)	Sternalansatz 3. Rippe, 2 cm parasternal links	2. Interkostalraum (ICR), parasternal links
Aortenklappe (Valva aortae)	Sternalansatz 4. Rippe (bis angrenzende Rückfläche Sternum)	2. ICR, parasternal rechts
Segelklappen (AV-Klappen)		
Trikuspidalklappe (Valva atrioventricularis dextra)	Sternalansatz 6. Rippe, parasternal rechts	5. ICR, parasternal rechts
Mitralklappe (Valva atrioventricularis sinistra)	Sternalansatz 4. Rippe, 1 cm parasternal links	5. ICR, 2 cm medial der linken Medioklavikularlinie

* Über dem Erb-Punkt, der sich im 3. ICR parasternal links befindet, können alle Herzklappen auskultiert werden.



Bauch-Becken- Eingeweide

- 6.1 Makroskopische Anatomie
- 6.2 Klinische und topografische Anatomie

6 Bauch-Becken-Eingeweide

6.1 Makroskopische Anatomie

6.1.1 Organe des Magen-Darm-Kanals

? Welche Abschnitte des Magens lassen sich makroskopisch unterscheiden? Benennen Sie die durch Buchstaben gekennzeichneten Teile in Abb. 6.1.

Der Magen hat folgende Abschnitte (Tab. 6.1):

- Pars cardiaca (A)
- Fundus gastricus (B)
- Corpus gastricum (C)
- Curvatura gastrica minor (E)
- Pars pylorica (D) mit Canalis pyloricus (F)

KLINIK. Der Fundus gastricus ist beim Lebenden an der Magenblase im Röntgenbild (unter der linken Zwerchfellkuppel) erkennbar.

Die Form des Magens ist nicht nur vom Füllungszustand abhängig, sondern auch vom Kontraktionszustand der Muskulatur und von der Körperhaltung. In seltenen Fällen kann die große Kurvatur bis in das kleine Becken reichen, ohne dass dies zu klinischen Symptomen führt.

? Welche Nerven sind für die Funktion des Magens von Bedeutung?

An der Innervation des Magens sind folgende Nerven beteiligt:

- N. vagus
- N. splanchnicus major und minor

Der N. vagus, als Vertreter des **Parasympathikus**, aktiviert sowohl die Magenmuskulatur als auch die Magendrüsen.

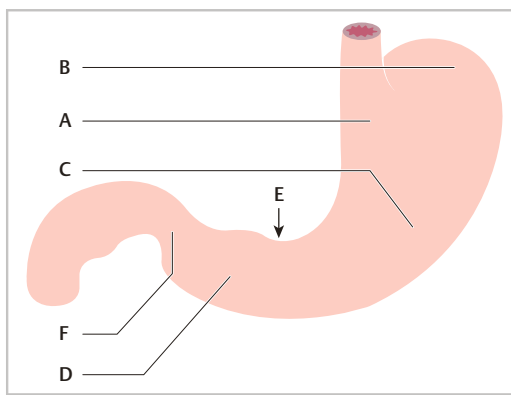


Abb. 6.1 Magenabschnitte.

Die beiden Nn. vagi verlaufen mit dem Ösophagus durch den Hiatus oesophageus in den Bauchraum. Der N. vagus sinister setzt seine Verlaufsrichtung hauptsächlich im Truncus vagalis anterior fort, der rechte im Truncus vagalis posterior. Der Letztere versorgt die Hinterwand des Magens. **Nebenbemerkung:** Die in beiden Truncus verlaufenden Nervenfasern sind vorher im Plexus oesophageus durchmischt worden.

Sympathisch wird der Magen durch den N. splanchnicus major und minor innerviert. Diese enthalten präganglionäre Fasern, die im Plexus coeliacus auf postganglionäre sympathische Fasern umgeschaltet werden. Dies ist für die Funktion des M. sphincter pylori besonders wichtig sind. Der Pylorus hat praktisch keine parasympathische motorische Innervation; einige Äste des Vagus ziehen allerdings direkt zum Pylorus (Rami pylorici) für die Aktivierung der Pylorusdrüsen.

? Welche Arterien versorgen den Magen?

Die kleine Kurvatur und nahe gelegene Abschnitte des Magens werden von der A. gastrica sinistra aus dem Truncus coeliacus und der A. gastrica dextra aus der A. hepatica propria versorgt (Abb. 6.2).

Die große Kurvatur wird von der A. gastroepiploica sinistra aus der A. splenica und der A. gastroepiploica dextra aus A. gastroduodenalis bzw. A. hepatica communis versorgt.

Zusätzlich sind noch Äste der A. splenica vorhanden wie z. B. die A. gastrica posterior, die große Teile der Rückwand versorgt.

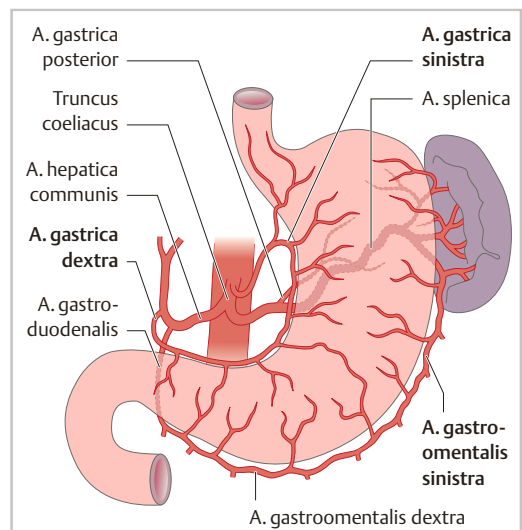


Abb. 6.2 Arterien des Magens (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

? Beschreiben Sie die Lage des Duodenums und seine Abschnitte.

Das Duodenum hat die Form des Buchstabens C und projiziert sich auf die **Wirbelkörper L1–L3**. Das Duodenum wird in **vier Abschnitte** unterteilt (Tab. 6.1):

- **Pars superior duodeni** (mit erweitertem Anfangsteil: Ampulla duodeni)
- **Pars descendens duodeni**
- **Pars horizontalis (bzw. inferior) duodeni**
- **Pars ascendens duodeni**

Nur die Pars superior duodeni (mit Ampulla duodeni) liegt **intraoperitoneal**, während die anderen Abschnitte **sekundär retroperitoneal** liegen. Die Pars descendens wird vom Mesocolon transversum überkreuzt. Das Duodenum endet an der Flexura duodenojejunalis mit dem Übergang in das Jejunum.

KLINIK.

- Die Pars descendens/horizontalis/ascendens duodeni sind aufgrund ihrer sekundär retroperitonealen Lage für chirurgische Eingriffe nur schlecht zugänglich.
- Die Ampulla duodeni wird im klinischen Sprachgebrauch auch Bulbus duodeni genannt.

? Welche baulichen Unterschiede weisen Jejunum und Ileum auf?

Jejunum und Ileum zusammen haben beim Erwachsenen eine Länge von 4–5 Meter; davon werden $\frac{2}{3}$ zum Jejunum und $\frac{1}{3}$ zum Ileum gerechnet. Eine scharfe makroskopische Grenze zwischen diesen Darmabschnitten besteht nicht. Zwei Merkmale dienen der Unterscheidung:

- **Plicae circulares (Kerckring-Falten):** Makroskopisch gut sichtbar stehen sie im proximalen Jejunum hoch und dicht quer zur Längsrichtung des Dünndarms. Höhe und Anzahl der Falten nehmen nach distal hin ab; im distalen Ileum sind sie nicht mehr vorhanden. Die Plicae sind stationär, d. h., sie bewegen sich nicht mit der Peristaltik. Sie vergrößern die innere Oberfläche des Darms.
- **Folliculi lymphatici aggregati (Peyer-Plaques):** Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal sind die Folliculi lymphatici aggregati (Peyer-Plaques). Während im Jejunum bereits vereinzelt lymphatische Solitärfollikel vorkommen, finden sich im Ileum dicht gepackte Ansammlungen von Lymphfollikeln in Mukosa und Submukosa. Diese Peyer-Plaques liegen an der dem Mesenterium gegenüberliegenden Seite und kommen nur im Ileum vor.

? Beschreiben Sie Form und Funktion der Valva ileocaecalis (Bauhin-Klappe).

Die **Valva ileocaecalis** befindet sich an der Einmündungsstelle des Ileums in den Dickdarm, und zwar am Übergang vom Colon ascendens zum Zökum (Caecum). Die Valva wird durch eine Verstärkung der inneren Ringmuskulatur des distalen Ileums gebildet; ihre Form ist mundförmig, d. h., sie hat eine längliche Form quer zur Längsrichtung des Kolons und wulstet sich in das Lumen des Dickdarms vor. Die Funktion der Valva ileocaecalis besteht darin, einen Reflux von bakterienhaltigem Dickdarminhalt in das keimarme Ileum zu verhindern. Dies ist besonders wichtig bei der Defäkation, wenn der Druck im Bauchraum und damit auch im Kolon erhöht wird (Abb. 6.3).

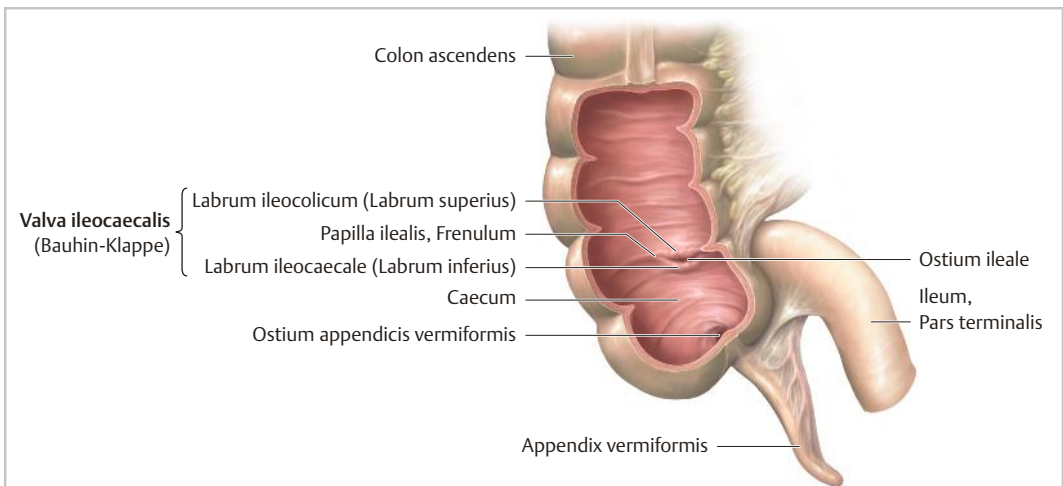


Abb. 6.3 Ileozökaler Übergang. Die Valva ileocaecalis besteht aus zwei gegenüberliegenden Schleimhautfalten (Labrum superius und inferius) (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

KLINIK. Klinisch wird die Ileozäkalklappe auch als Bauhin-Klappe bezeichnet.

? Schildern Sie den allgemeinen Aufbau der Darmwandschichten.

Die Schichten der Darmwand sind von außen nach innen:

- **Tunica serosa (Serosa):** Sie ist nur bei intraperitonealen Darmabschnitten vorhanden.
- **Tela subserosa (Subserosa):** lockeres Bindegewebe zwischen Peritoneum und Muskelschicht.
- Ist der entsprechende Abschnitt des Rumpfdarms nicht von Peritoneum bedeckt (bei sekundär retroperitonealen und extraperitonealen Organen) wird die äußerste Schicht der Darmwand **Tunica adventitia (Adventitia)** genannt.
- **Tunica muscularis (Muskularis):** Sie besteht aus zwei Schichten, einer äußeren Längsmuskelschicht und einer inneren Ringmuskelschicht. Zwischen beiden Schichten befindet sich der **Plexus myentericus (Auerbach-Plexus)**, Teil des enterischen Nervensystems).
- **Tela submucosa (Submukosa):** In dieser lockeren Bindegewebsschicht befinden sich Gefäße und der Plexus submucosus (**Meissner-Plexus**, Teil des enterischen Nervensystems).
- **Tunica mucosa (Mucosa):** Sie hat eine **Lamina epithelialis** aus einschichtigem Zylinderepithel, eine **Lamina propria** aus lockerem Bindegewebe und eine **Lamina muscularis mucosae**, die aus einer dünnen Schicht glatter Muskelzellen besteht.

In den einzelnen Abschnitten des Dün- und Dickdarms bestehen charakteristische Abweichungen von diesem Bauschema, was bei der histologischen Organdiagnose von entscheidender Bedeutung ist.

? Beschreiben Sie die Baumerkmale des Wurmfortsatzes (Appendix vermiformis).

Die Öffnung des Wurmfortsatzes (Ostium appendicis vermiformis) befindet sich in der Nähe der Valva ileocaecalis an der **dorsomedialen Fläche des Zäkums**. Die Appendix vermiformis hat eine eigene Bauchfellduplikatur (**Mesoappendix**) zur Anheftung an der dorsalen Bauchwand bzw. am terminalen Ileum.

Im Gegensatz zum Kolon hat die Appendix eine geschlossene Längsmuskelschicht, da hier die **drei Tänien des Kolons** zu einer Muskellage zusammenlaufen. Bei Appendixoperationen macht man sich dies zunutze: Verfolgt man die Tänien des Kolons in Richtung auf das Zäkum, stößt man auf den Wurmfortsatz.

In der Schleimhaut der Appendix liegen besonders viele Lymphfollikel; sie trägt daher auch den Namen „**Darmtonzille**“.

KLINIK. Das Lumen der Appendix stellt eine Sackgasse dar. Daher entwickeln sich hier bei Verlegung durch Kotsteine oder auch Fremdkörper, wie z. B. abgebrochene Borsten von Zahnbürsten, oft Entzündungen („**Appendizitis**“).

? Welche Abschnitte hat das Kolon und wie ist seine Lage relativ zum Peritoneum?

Das Kolon beginnt am kranialen Ende des Zäkums und endet am Beginn des Rektums. Es hat **vier** Abschnitte (Abb. 6.4 und Tab. 6.1):

- **Colon ascendens** (zwischen Zäkum und Flexura coli dextra): Dieser Abschnitt liegt sekundär retroperitoneal, d. h., das ursprünglich angelegte Mesokolon ist mit dem parietalen Peritoneum verschmolzen.
- **Colon transversum** (zwischen Flexura coli dextra und sinistra): Es ist intraperitoneal gelegen. Das Mesocolon transversum bildet den Boden der Bursa omentalis.
- **Colon descendens** (zwischen Flexura coli sinistra und kranialem Ende des Sigmoids): Es liegt sekundär retroperitoneal.
- **Colon sigmoideum** (zwischen kaudalem Ende des Colon descendens und Rektum): Dieser Abschnitt liegt intraperitoneal. Entsprechend dem stark gekrümmten Verlauf des Sigmoids hat auch das Mesocolon sigmoideum eine etwa S-förmige Wurzel.

? Welche makroskopischen Merkmale unterscheiden das Kolon vom Dünndarm?

Das Kolon hat folgende makroskopische Merkmale, die dem Dünndarm fehlen (Abb. 6.4):

- **Plicae semilunares:** Es handelt sich um Kontraktionszustände der Ringmuskulatur, die von außen gesehen als Einschnürungen imponieren. Sie sind im Gegensatz zu den Plicae circulares des Duodenums und Ileum nicht ortsständig, sondern bewegen sich mit den Kontraktionen der Darmmuskulatur über das Kolon.
- **Haustren:** Dies sind Erweiterungen der Kolonwand zwischen den Plicae semilunares. Sie werden gebildet durch Kolonbereiche mit erschlaffter Wandmuskulatur.
- **Tänien:** Sie bestehen aus etwa einen Zentimeter breiten Streifen von **Längsmuskulatur**, die außerhalb der Tänien nur sehr schwach entwickelt ist. Das Kolon hat 3 Tänien: Taenia mesocolica am Ansatz des Mesocolons; Taenia omentalis am Ansatz des Omentum majus; Taenia libera, die von einer Reihe Appendices epiploicae begleitet wird.
- **Appendices epiploicae:** Es handelt sich um unregelmäßig geformte, meist finger- oder läppchenförmige Fettanhängsel in der Subserosa des Peritoneums. Je nach Ernährungszustand der betreffenden Person können die Appendices unterschiedlich groß sein.

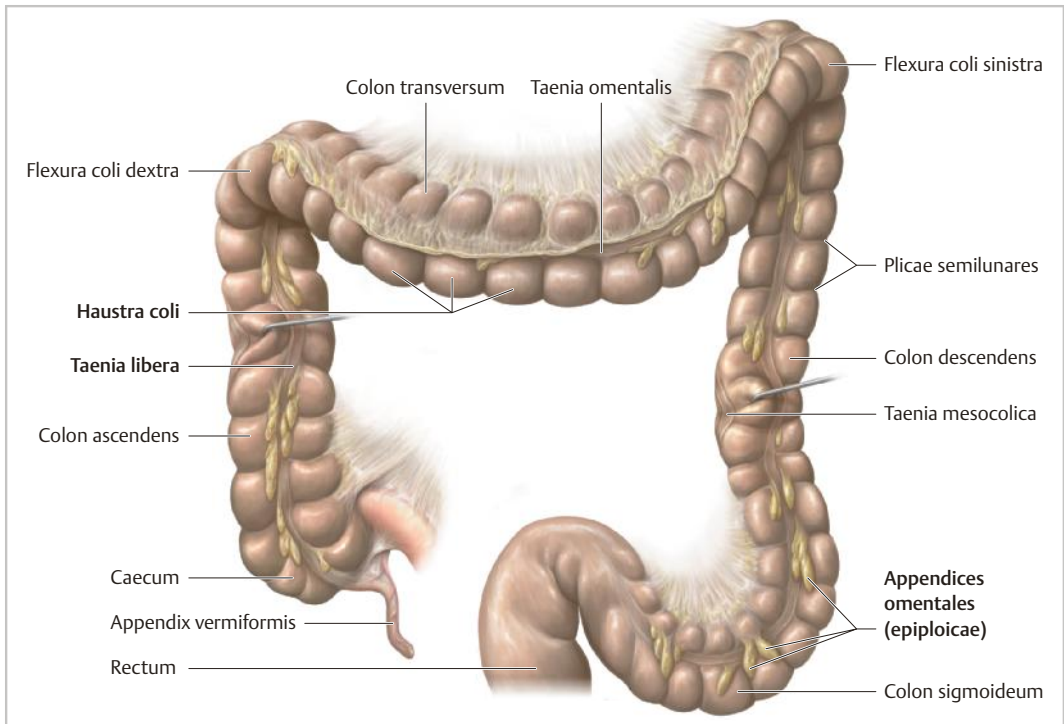


Abb. 6.4 Abschnitte und Besonderheiten des Colons. Sicht von ventral. Zu sehen sind die einzelnen Abschnitte des Colons (Colon ascendens, transversum und descendens) sowie alle morphologischen Besonderheiten (Haustran, Täten, Appendices epiploicae). Am sigmoideorektalen Übergang verschwinden diese typischerweise. Die Täten gehen in der kontinuierlichen Längsmuskulatur des Rektums auf. Anstelle der Haustran weist das Rektum drei konstante Einschnürungen auf, die durch innenliegende, ebenfalls konstante Plicae transversae recti hervorgerufen werden (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

? Beschreiben Sie die Lage des Rektums. Welche funktionellen Abschnitte hat es?

Das Rektum schließt sich unmittelbar dem Colon sigmoideum an und ist entgegen der Namensgebung nicht gerade, sondern weist in der Sagittalebene zwei Krümmungen auf:

- Die Flexura sacralis ist nach dorsal konvex und entsteht durch die Anlagerung des Rektums an die Ventralfläche des Kreuzbeins.
- Die Flexura perinealis ist nach ventral konvex; sie entsteht durch den fast rechtwinkligen Knick des Rektums in seinem Verlauf um die Steißbeinspitze in Richtung auf den Anus.

KLINIK. Das etwa 12–18 cm lange Rektum hat eine Reihe von Querfalten (**Plicae transversae rectae**) der Mukosa, von denen die größte (etwa sieben Zentimeter oral vom Anus) als **Plica transversa media (Kohlrausch-Falte)** bezeichnet wird. Sie ragt von rechts in das Lumen des Rektums hinein. Aboral der Kohlrausch-Falte liegt die **Ampulla recti** als Speicherteil des Rektums. Ihr folgt am Ende der Flexura perinealis der Canalis analis, der den muskulären Beckenboden durchzieht und mit dem Anus endet.



Tab. 6.1 Einteilung des Verdauungskanal (Aumüller et al. Duale Reihe Anatomie.Thieme; 2017)

Abschnitte	Anteile	Funktion
Mundhöhle (Cavitas oris)	Vestibulum oris (Mundvorhof)	Durchmischung mit Speichel durch Mündung der kleinen Speicheldrüsen der Wangen- und Lippen-schleimhaut sowie des Ductus parotideus
	Cavitas oris proprii (Mundhaupthöhle)	Nahrungsaufnahme, Zerkleinerung der Nahrung, Durchmischung mit Speichel durch Mündung der Gll. sublingualis und submandibularis
	Fauces (Gaumenbögen und -segel)	Abschluss der Mundhöhle gegen den Nasopharynx
Rachen (Pharynx)	Pars nasalis pharyngis (Epipharynx)	Luftleitung
	Pars oralis pharyngis (Oropharynx)	Schluckvorgang
	Pars laryngea pharyngis (Hypopharynx)	Transportstrecke
Rumpfdarm		
Speiseröhre (Ösophagus)	Pars cervicalis Pars thoracalis Pars abdominalis	Transportstrecke, geringfügige Schleimproduktion
Magen (Gaster, Ventriculus)	Pars cardiaca	
	Fundus gastricus	Beginn des enzymatischen Nahrungsaufschlusses
	Corpus gastricum	Reservoir
	Pars pylorica mit Antrum gastricum und Canalis pyloricus	Portionierung des Chymus
Dünndarm (Intestinum tenue)	Duodenum (Zwölffingerdarm) mit Pars superior (mit erweitertem Anfangsteil: Ampulla duodeni)	Neutralisierung des sauren Chymus
	Pars descendens	
	Pars horizontalis	enzymatischer Nahrungsaufschluss
	Pars ascendens	Resorption von Nährstoffen
	Jejunum (Leerdarm)	
	Ileum (Krummdarm)	
Dickdarm (Intestinum crassum)	Caecum (Blinddarm) mit Appendix vermiformis (Wurmfortsatz)	Rückresorption von Wasser Produktion von Schleim
	Colon (Grimmdarm) mit Colon ascendens Colon transversum Colon descendens Colon sigmoideum	
	Rectum (Mastdarm)	Reservoir und Rückresorption von Wasser
	Canalis analis (Analkanal)	Transportstrecke und Kontinenzorgan



6.1.2 Leber, Gallenblase, Pankreas

? Wie ist die Leber im rechten Oberbauch befestigt?

Die Leber weist folgende Befestigungen im Oberbauch auf:

- **Area nuda:** An ihrem kranialen Ende ist die Leber mit dem Zwerchfell verwachsen.
- **Lig. falciforme hepatis:** Hierbei handelt es sich um die Verbindung von der Ventralfläche der Leber zur vorderen Bauchwand.
- **Lig. coronarium:** Das Lig. falciforme hepatis läuft kranial in das Lig. coronarium der Leber aus, das auf der Kranialfläche des linken Leberlappens eine dreieckförmige Umschlagsfalte hat (**Lig. triangulare sinistrum**) und auf dem rechten Leberlappen ein ähnlich gestaltetes **Lig. triangulare dextrum**.

Auch der flüssigkeitsgefüllte Spalt zwischen der Facies diaphragmatica der Leber und der Unterfläche des Zwerchfells trägt zur Fixierung der Leber am Zwerchfell bei.

? Beschreiben Sie den Aufbau des Pfortaderkreislaufs.

Beim Pfortaderkreislauf handelt es sich um zwei Kapillarbetten, die hintereinandergeschaltet sind (Abb. 6.5).

Das **erste Kapillarnetz**, das von Blut durchströmt wurde, befindet sich in der **Darmwand**. Das venöse Blut fließt in die V. mesenterica superior und inferior. Die **Pfortader** entsteht aus dem Zusammenfluss von **V. mesenterica superior** und **V. splenica** (lienalis), die zuvor die **V. mesenterica inferior** aufnimmt. Somit sammelt die V. portae das venöse Blut aus den sog. **unpaaren Bauchorganen**. Die Äste der V. portae verzweigen sich in der Leber zusammen mit den Ästen der A. hepatica propria und des Gallengangssystems (**Glisson-Trias**). Äste der Vv. hepaticae verlaufen dagegen isoliert.

Das venöse Blut der V. portae tritt zusammen mit dem arterialisierten Blut der A. hepatica in die **Lebersinusoiden** ein und durchströmt hier das **zweite Kapillarnetz**. Das Blut fließt in den Leberläppchen von der Peripherie zum Zentrum und verlässt das Leberläppchen durch die V. centralis. Diese hat Anschluss an die Vv. hepaticae, die in die V. cava inferior münden.

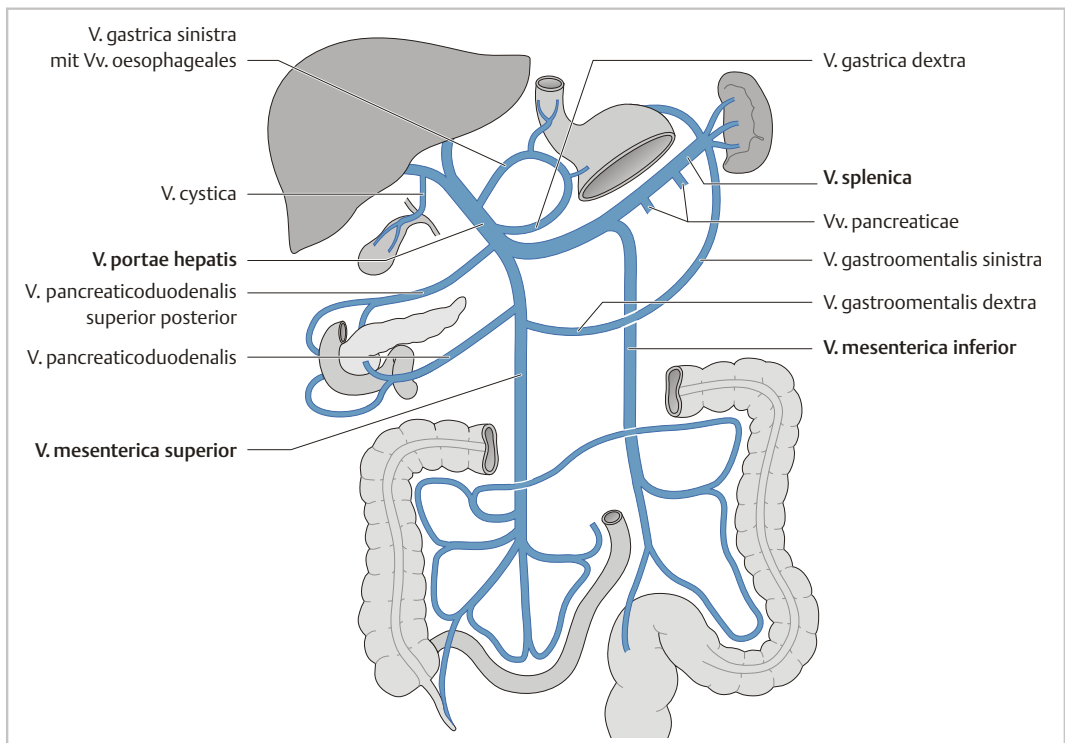


Abb. 6.5 Der Pfortaderkreislauf. Im Pfortaderkreislauf fließt das Blut aus den Hohlorganen des Magen-Darm-Traktes (ausgenommen des unteren Rektumabschnitts) sowie aus Pankreas, Gallenblase und Milz. Teilweise fließt es direkt aus den jeweiligen Organvenen, teilweise indirekt über die Vv. mesenterica oder die V. splenica. Letztlich münden diese Gefäße in die V. portae hepatis, ein kurzes (6–12 cm), aber großkalibriges Gefäß, das sich beim Eintritt in die Leber in zwei große Äste aufteilt (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

? Schildern Sie den Aufbau der Gallenblase und ihre Nachbarschaftsbeziehungen.

Die Gallenblase ist birnenförmig und fasst etwa 50–100 ml. Sie lässt sich in folgende Abschnitte gliedern:

- **Fundus vesicae biliaris:** Er überragt den kaudalen Rand der Leber um wenige Zentimeter. Diese Stelle projiziert sich auf die vordere Bauchwand etwa in **Höhe der 9. Rippe**.
- **Corpus vesicae biliaris:** Dieses ist mit der Leberunterseite an ihrer Facies visceralis verwachsen (**Fossa vesicae biliaris**), hier fehlt der sonst überall vorhandene Peritonealüberzug. Fundus und Corpus haben oft Kontakt zur **Flexura coli dextra**.
- **Collum vesicae biliaris:** Der dünne Hals leitet in den Ductus cysticus über. Am Übergang befindet sich eine spiralförmige Schleimhautfalte, die Ventilfunktion hat (**Plica spiralis Heisteri**). Der Gallenblasenhals liegt meist ventral der **Pars superior duodeni**.

? Welche anatomischen Verhältnisse liegen an der Einmündung des Ductus choledochus in das Duodenum vor?

Normalerweise unterkreuzt der **Ductus choledochus** die Pars superior duodeni, steigt dorsal vom Pankreaskopf nach kaudal ab, verbindet sich hier mit dem **Ductus pancreaticus** (Wirsungi oder Wirsungiani) und mündet dann gemeinsam mit dem Letzteren über eine erweiterte Endstrecke (**Ampulla hepatopancreatica**) auf der **Papilla duodeni major** (Vateri) in das Duodenum. An der Einmündungsstelle in das Duodenum befindet sich an der Ampulle ein Schließmuskel (**M. sphincter ampullae hepatopancreaticae**, **Sphincter Oddi**).

Die Einmündung von Ductus choledochus und Ductus pancreaticus kann sehr variabel sein. So kann die **Ampulla hepatopancreatica** völlig fehlen oder beide Gänge münden getrennt in das Duodenum.

? Beschreiben Sie die Lage des Pankreas im Oberbauch und seine arterielle Versorgung.

Das Pankreas liegt **sekundär retroperitoneal**. Der Kopf des Pankreas (**Caput pancreatis**) liegt rechts der Wirbelsäule und füllt hier die nach links offene Schlinge des Duodenum praktisch vollständig aus. Sein hakenförmiger Fortsatz (**Proc. uncinatus**) zieht nach links und umgreift die Vasa mesenterica superiora. Der Körper des Pankreas (**Corpus pancreatis**) verläuft auf Höhe von LWK I–II quer über die Wirbelsäule und bildet mit seiner ventralen Seite einen Teil der dorsalen Wand der **Bursa omentalis**. Der Pankreasschwanz (**Cauda pancreatis**) reicht bis zum Milzhilus. Von der Ventralfläche des Korpus und des Schwanzes entspringt das Mesocolon transversum.

Die arterielle Versorgung des Pankreas erfolgt über folgende Gefäße:

- **A. splenica** (lienalis): Sie verläuft am oberen Rand von Korpus und Kauda und gibt hier viele kleine Äste (**Rami pancreatici**) sowie die **A. pancreatica dorsalis** und die **A. pancreatica magna** in das Pankreasgewebe ab.
- **A. pancreaticoduodenalis superior** (aus der A. gastroduodenalis): Sie umgreift mit einem R. anterior und posterior den Pankreaskopf und anastomosiert mit der
- **A. pancreaticoduodenalis inferior** (aus der A. mesenterica superior): Auch diese teilt sich in einen Ramus anterior und posterior für die Anastomose mit der A. pancreaticoduodenalis superior.

? Wie ist das Gangsystem des Pankreas aufgebaut. Kennen Sie Varietäten?

Das Gangsystem des exokrinen Pankreas besteht normalerweise aus zwei Gängen, dem **Ductus pancreaticus** (Ductus Wirsungianus) und dem **Ductus pancreaticus accessorius** (Ductus Santorini) (Abb. 6.6). Der Ductus pancreaticus bildet meist mit dem Ductus choledochus die Ampulla hepatopancreatica und mündet auf der **Papilla duodeni major** (Vateri) in die Pars descendens des Duodenum. Der Ductus pancreaticus accessorius spaltet sich am Übergang des Pankreaskopfs zum Korpus vom Ductus pancreaticus ab, verläuft kranial von Letzterem und mündet auf der **Papilla duodeni minor** (ca. zwei Zentimeter oral der Papilla duodeni major) in das Duodenum. Von dieser normalen Anordnung des Gangsystems gibt es viele Varianten:

- Es kann nur ein Pankreasgang vorhanden sein: Sein Verlauf entspricht entweder dem Ductus pancreaticus oder dem Ductus pancreaticus accessorius. Im letzteren Fall mündet dann der Ductus choledochus allein auf der Papilla duodeni major.
- In seltenen Fällen kann auch der Ductus choledochus zusammen mit dem Ductus pancreaticus accessorius auf der Papilla duodeni minor münden.
- Beide Gänge bleiben im gesamten Pankreas getrennt und münden auf zwei Papillen (**Pancreas divisum**).

KLINIK. Das Mündungsverhalten der Ausführungsgänge ist entscheidend für den Verlauf von Pankreaserkrankungen. So kann ein Gallenstein, der die Papilla duodeni major verlegt, einen Rückstau von Pankreassekret verursachen und damit eine **akute Pankreatitis** (Bauchspeicheldrüsenentzündung) auslösen. Dieses Risiko ist geringer, wenn ein akzessorischer Pankreasgang vorhanden ist oder der Ductus choledochus getrennt vom Ductus pancreaticus mündet.

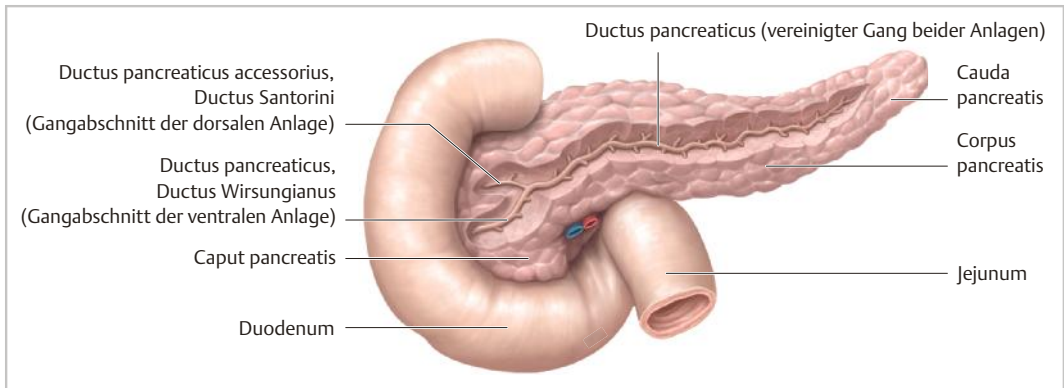


Abb. 6.6 Pankreas. Ansicht von ventral, Pankreas vorn aufgeschnitten. Gezeigt ist der häufigste Fall der Anordnung der Pankreasgänge. Ein Hauptgang (Ductus pancreaticus) durchzieht das Pankreas auf ganzer Länge und mündet in die Papilla duodeni major. Der kurze Ductus pancreaticus accessorium geht von diesem ab und mündet oberhalb in die Papilla duodeni minor (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

6.1.3 Milz

? Schildern Sie die äußere Form und die Nachbarschaftsbeziehungen der Milz.

Die Milz liegt **intraperitoneal** in der linken Regio hypochondriaca. Die Längsachse des Organs verläuft etwa in **Höhe der 10. Rippe**. Man unterscheidet eine konvexe Facies diaphragmatica und eine konkave Facies visceralis. Der obere Rand ist meist scharf und eingekerbt, der untere stumpf und glatt. Der hintere Pol (Extremitas posterior) erreicht fast den Querfortsatz des 10. Brustwirbels, der vordere Pol liegt auf dem **Lig. phrenicocolicum** („**Milznische**“). Bei Sicht von ventral befindet sich die Milz fast vollständig hinter dem Magen. Eine normal große Milz überragt den Rippenrand nicht und ist auch **nicht palpabel**. Vom Milzhilus auf der Facies visceralis gehen **zwei Bänder** aus, nämlich das **Lig. gastrosplenicum** zur großen Kurvatur des Magens und das **Lig. phrenicosplenicum** (**Lig. splenorenale**), das die Milzgefäße enthält, nach dorsal zum Zwerchfell.

KLINIK. Aufgrund ihrer topografischen Nähe zum Magen kann die Milz bei Erkrankungen und Operationen des Magens in Mitleidenschaft gezogen werden. Die Milzkapsel ist für die Größe des Organs sehr dünn; daher kommt es bei stumpfen Traumen oft zu **Milzrupturen**, die wegen der intraperitonealen Lage des Organs mit Blutungen in die Bauchhöhle verbunden sind.

6.1.4 Endokrine Organe

? In welche Schichten lässt sich die Nebennierenrinde aufgliedern und welche Hormone werden dort produziert?

Die Nebennierenrinde weist von außen nach innen folgende **drei Zonen** auf:

- **Zona glomerulosa:** Produktion von Mineralokortikoiden
- **Zona fasciculata:** vorwiegend Produktion von Glukokortikoiden, daneben auch wenig Androgene
- **Zona reticularis:** vorwiegend Produktion von Androgenen, daneben auch geringe Mengen an Glukokortikoiden.

? Welche Hormone werden im Nebennierenmark gebildet und wie wird ihre Freisetzung gesteuert?

Das Nebennierenmark entwickelt sich völlig separat von der Nebennierenrinde aus Zellmaterial der **Neuralleiste**. Es weist in seiner Entwicklung Parallelen zu einem sympathischen Ganglion auf (im histologischen Präparat sind oft Ganglienzellen zu erkennen). Dementsprechend werden im Nebennierenmark **Adrenalin** und **Noradrenalin** als Hormone gebildet und in den Zellen des Nebennierenmarks gespeichert. Die Freisetzung erfolgt über eine gesteigerte **Aktivität in präganglionären sympathischen Nervenfasern**; zu einer solchen gesteigerten Sympathikusaktivität kommt es beispielsweise in psychischen oder physischen Stresssituationen.



? Was verstehen Sie unter dem Inselorgan des Pankreas?

Das Inselorgan des Pankreas ist der **endokrine Teil** (ca. 2% der Organmasse) der Bauchspeicheldrüse und besteht aus ca. 0,5 Mio. **Langerhans-Inseln**. Diese Inseln sind besonders zahlreich im Korpus- und Schwanzbereich und können im Kopf des Organs völlig fehlen.

Zu den Hormonen des endokrinen Pankreas gehören:

- **Insulin:** Es wird von den beta-Zellen (80% der Inselzellen) freigesetzt und senkt den Blutzuckerspiegel.
- **Glukagon:** Es wird von den alpha-Zellen (20% der Inselzellen) freigesetzt und steigert den Blutzuckerspiegel.
- **Somatostatin:** Es wird von den delta-Zellen sezerniert und reguliert die Insulinabgabe inhibitorisch.
- **Pankreatisches Polypeptid:** Es wird von den PP-Zellen sezerniert und steigert die Dünndarmmotilität.
- **Ghrelin:** Es wird von den epsilon-Zellen sezerniert und ist an der Steuerung der Nahrungsaufnahme und der Produktion von Wachstumshormonen beteiligt.

6.1.5 Harnorgane

? Beschreiben Sie die Lage und die makroskopischen Merkmale der Nieren.

Die Nieren liegen **primär retroperitoneal** zu beiden Seiten der Wirbelsäule in Höhe des 12. Brustwirbels bis zum 3. Lendenwirbel. Sie haben einen konvexen lateralen und

einen konkaven medialen Rand, in dem sich der **Hilus** (auf Höhe des 2. LWK) befindet, der seinerseits in den **Sinus renalis** führt. Die Niere lässt sich makroskopisch gliedern in eine äußere **Rindenschicht (Cortex renalis)**, in der sich die Glomerula befinden, und in eine innere **Markschicht (Medulla renalis)**, die aus zehn bis 15 **Nierenpyramiden (Pyramides renales)** besteht (Abb. 6.7). Das Nierenmark bildet keine durchgehende Schicht, da sich die Nierenrinde in Form der **Columnae renales** zwischen die Markpyramiden schiebt. Jede Markpyramide (oder Markkegel) bildet mit der zugehörigen Rindenschicht einen Nierenlappen (**Lobus renalis**); jede Niere besteht somit ursprünglich aus zehn bis 15 Lappen (**Renculi**). Beim Neugeborenen ist die Renculi-Struktur der Niere an der Oberfläche noch in Form von deutlichen Einkerbungen zu erkennen.

? Grenzen Sie die Begriffe Nierenhilus, Nierensinus und Nierenbecken voneinander ab.

- **Hilum renale** (Nierenhilus): Damit wird die Ein- und Austrittsstelle der Nierengefäße und des Ureters an der Margo medialis der Niere bezeichnet.
- **Sinus renalis** (Nierenbucht): Der Nierenhilus setzt sich in Form des Sinus renalis (Nierenbucht) in das Innere der Niere fort. Im Sinus renalis befindet sich lockeres Fettgewebe, in das die Aufzweigungen der Nierengefäße und das Nierenbecken eingelagert sind.

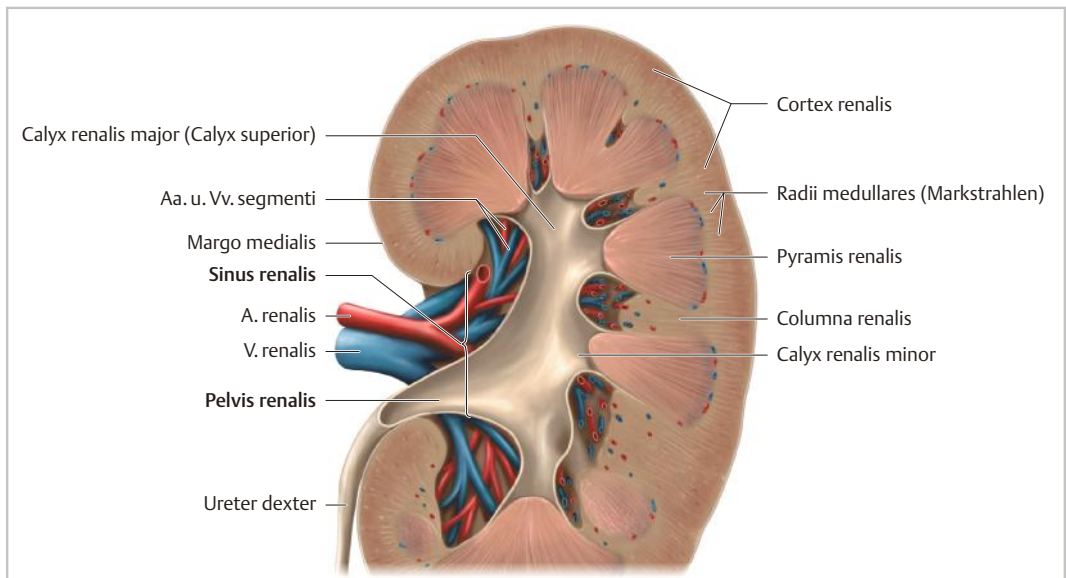


Abb. 6.7 **Aufbau der Niere.** Sicht von dorsal auf eine rechte frontal halbierte Niere. Am Nierenhilum treten die Nierengefäße (A. und V. renalis) und der Ureter in die Niere ein bzw. aus. Der Ureter ist die Fortsetzung des sog. Nierenbeckens (Pelvis renalis), des Zusammenschlusses von 7–12 Nierenkelchen (Calices renales) (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

- **Pelvis renalis** (Nierenbecken): Es entsteht aus der Vereinigung der 7–12 **Nierenkelche** (**Calices renales**) und geht in den Anfangsteil des Ureters über (Abb. 6.7).

? Wie sind Ureter und Gefäße im Nierenhilus angeordnet?

Üblicherweise wird die Reihenfolge **von dorsal nach ventral** folgendermaßen angegeben (Abb. 6.7):

- **Ureter** (am weitesten dorsal)
- **A. renalis** (in der Mitte)
- **V. renalis** (am weitesten ventral)

Abweichungen von dieser Anordnung können dadurch entstehen, dass sich die A. renalis bereits vor dem Nierenhilus aufteilt. In diesem Fall kann ein Ast der A. renalis ventral der V. renalis liegen.

? Beschreiben Sie den makroskopischen Aufbau der arteriellen Nierenversorgung.

Die **A. renalis** teilt sich im Hilus in zwei Hauptäste, die zur dorsalen (**R. posterior**) und ventralen (**R. anterior**) Hälfte der Niere ziehen. Von diesen ausgehend verzweigt sich die arterielle Versorgung der Niere in:

- **Segmentarterien (Aa. segmenti)**: Die (5–7) Segmentarterien sind funktionelle Endarterien, ein Verschluss führt daher zum Untergang des abhängigen Gebiets.
- **Aa. interlobares**: Sie verlaufen zwischen den Lobi zur Mark-Rinden-Grenze.
- **Aa. arcuatae**: Sie gehen an der Mark-Rinden-Grenze aus den Aa. interlobares hervor und verlaufen parallel zur Nierenoberfläche.
- **Aa. interlobulares (Aa. corticales radiatae)**: Den Aa. arcuatae entspringen die Aa. interlobulares, die radiär zur Nierenoberfläche ziehen. Von diesen entspringen die
- **Arteriolae afferentes**: Sie gehen in das Kapillarnetz der Glomerula über.
- **Arteriolae efferentes**: Diese gehen aus den Glomerula hervor. Aus den Arteriolae efferentes entspringt ein zweites Kapillarnetz, das der eigentlichen Versorgung der Nierenzellen dient:
- **Arteriolae rectae**: Sie entspringen meist den Arteriolae efferentes der **marknahen** Glomerula, ziehen in das Mark und bilden hier lang gestreckte Kapillaren.

Die Arteriolae efferentes der **oberflächennahen** Glomerula dienen der Versorgung der Rinde (Aa. corticales radiatae). Zu beachten ist, dass die **Arteriolae efferentes** keine venösen Gefäße sind, sondern **sauerstoffreiches** Blut enthalten. Im Glomerulum wird vorwiegend Flüssigkeit abfiltriert, die Sauerstoffausschöpfung ist jedoch gering.

? Beschreiben Sie die Abschnitte und den Verlauf des Ureters.

Der Ureter stellt als Teil der harnableitenden Wege die Verbindung zwischen dem Nierenbecken und der Harnblase her. Er ist ca. **30–35cm lang** und liegt **retroperitoneal**. Er wird in folgende Abschnitte eingeteilt:

- **Pars abdominalis**: Sie erstreckt sich vom Nierenbecken bis zur Linea terminalis des knöchernen Beckens. Er verläuft **vor** dem **N. genitofemoralis**, **hinter** den **Vasa testicularia/ovarica**. Zudem hat der **rechte** Ureter Kontakt zum **Duodenum**, zur **A. colica dextra** und zur **Radix mesenterii**. Der **linke** Ureter verläuft **hinter** der **A. mesenterica inferior**.
- Am Übergang ins kleine Becken **überkreuzt** der Ureter rechts die **A. iliaca externa**, links die **A. iliaca communis**.
- **Pars pelvica**: Sie reicht von der Linea terminalis bis zur Einmündung in die Harnblase. Im kleinen Becken **unterkreuzt** der Ureter beim Mann den **Ductus deferens** bzw. bei der Frau die **A. uterina**.
- **Pars intramuralis**: Sie durchquert die Harnblasenwand.

? Schildern Sie die Abschnitte und die Peritonealverhältnisse der Harnblase.

Am kranialen Pol der Harnblase liegt der Blasenseitel (**Apex vesicae**), der in das **Lig. umbilicale medianum** (obliterierter Rest des Urachus) übergeht. Nach kaudal schließt sich der Körper (**Corpus vesicae**) an, der größte Teil der Harnblase. Der kaudale Abschnitt der Harnblase ist der Blasengrund (**Fundus vesicae**), er geht mit dem Harnblasenhals (**Collum vesicae**, **Cervix vesicae**) in die Harnröhre (**Urethra**) über. An der Dorsalfäche des Fundus befindet sich das **Trigonum vesicae**, ein auf die Spitze gestelltes Dreieck, an dessen kranialen Ecken die Ureteren einmünden.

Die Harnblase liegt **subperitoneal**. Das Bauchfell (**Peritoneum**) überzieht die Apex vesicae und den dorsalen und lateralen Teil des Korpus. Beim Mann sind auch die Kuppen der Samenbläschen von Peritoneum bedeckt. Das Peritoneum bildet bei leerer Harnblase eine quer verlaufende Reservefalte, die **Plica vesicalis transversa**. Hinter der Harnblase ist die Peritonealhöhle zu einem Recessus nach kaudal gezogen: **Excavatio vesicouterina** bei der Frau und die **Excavatio rectovesicalis** beim Mann.

? Durch welche Arterien wird die Harnblase versorgt?

Folgende Arterien versorgen die Harnblase:

- **Aa. vesicales superiores**: Sie versorgen die kranialen Abschnitte der Harnblase und entspringen den nicht obliterierten Abschnitten der Aa. umbilicales.
- **Aa. vesicales inferiores**: Sie versorgen als direkte Äste der Aa. iliaca internae den Blasengrund und Blasen-



? Welche Nerven sind an der Innervation der Harnblase beteiligt?

Die Kontraktion der Harnblasenmuskulatur wird vom **Parasympathikus** gefördert und vom **Sympathikus** gehemmt. Die parasympathischen Fasern erreichen die Harnblase über die **Nn. splanchnici pelvici**; sie stammen aus den sakralen Segmenten **S2–S4** (Umschaltung im Plexus hypogastricus inferior oder direkt in der Harnblasenwand). Die sympathischen Anteile der Harnblaseninnervation stammen aus den weiter kranial gelegenen Segmenten **Th12–L2** und werden im Plexus hypogastricus inferior umgeschaltet. Die vegetativen Fasern bilden ein **Nervengeflecht** auf der Oberfläche der Harnblase, den **Plexus vesicalis** (Abb. 6.8).

? Schildern Sie den Verlauf der weiblichen Harnröhre und die anatomischen Gegebenheiten ihrer einzelnen Abschnitte.

Die weibliche Harnröhre (**Urethra feminina**) ist mit einer **Länge von 3–5 cm** relativ kurz. Die Harnröhre beginnt am Ostium urethrae internum in der Harnblase, zieht in einem nach ventral leicht konkaven Bogen zum Scheidenvorhof (**Vestibulum vaginae**), wo sie mit dem **Ostium urethrae externum** endet. Man unterscheidet **zwei Abschnitte**:

- **Pars intramuralis**: in der Harnblasenwand gelegen
- **Pars cavernosa**: Sie zieht unter dem Os pubis zwischen den Crura clitoridis hindurch und mündet schließlich im **Vestibulum vaginae**.

Die Harnröhre ist in das Bindegewebe des **Septum urethrovaginales** fest eingebaut und daher wenig verschieblich. Der **M. sphincter urethrae externus** am kaudalen Ende der Harnröhre hat keine Ringform wie beim Mann, sondern umgreift von dorsal-kranial nach ventral-kaudal mit Faserbündeln die Harnröhre. Der **M. sphincter urethrae externus** ist eine Abspaltung des **M. transversus perinei profundus**.

KLINIK. Da die weibliche Urethra im Vergleich zu der des Mannes sehr kurz ist, kommt es häufiger zur Harnblasenentzündung (**Zystitis**) durch aufsteigende Keime.

6.1.6 Weibliche Geschlechtsorgane

? Beschreiben Sie die Lage und die Peritonealverhältnisse des Ovars.

Das Ovar liegt **intraperitoneal** im **kleinen Becken** in der **Fossa ovarica** unterhalb der Aufteilung der **Vasa iliaca**. Als intraperitoneales Organ hat das Ovar ein „Meso“ (**Mesovarium**), über das es mit der dorsalen Wand des **Lig. latum uteri** verbunden ist. Das so formierte **Mesovarium** ist nur wenige Millimeter breit und erlaubt dem Ovar nur eine begrenzte Beweglichkeit relativ zum Lig. latum uteri. Dorsal vom Ovar verlaufen der **Ureter** und der **N. obturatorius**.

Das Ovar hat eine **Facies medialis**, die zum Beckeninneren gerichtet ist, eine **Facies lateralis**, die der Beckenwand an-

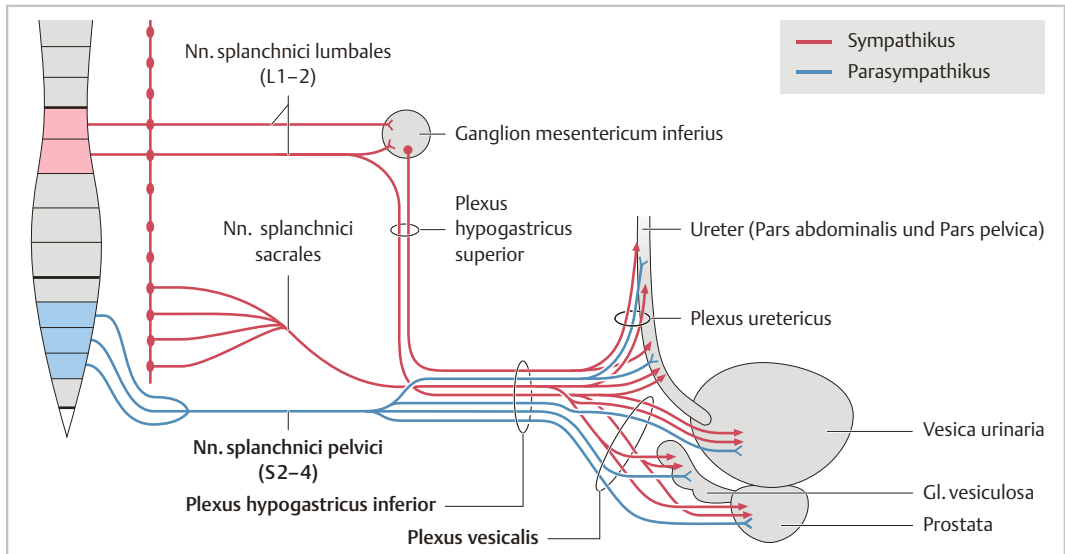


Abb. 6.8 Vegetative Innervation von Harnblase und Ureter. Die parasympathischen Fasern ziehen von den Sakralsegmenten S2–S4 über den Plexus hypogastricus inferior zur Harnblase. Auch die sympathischen Fasern ziehen über den Plexus hypogastricus inferior zur Harnblase, entspringen allerdings aus den Segmenten Th12–L2 (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

liegt, einen freien Rand (**Margo liber**), der nach dorsal gerichtet ist und einen ventralen Rand (**Margo mesovaricus**), an dem das **Mesovar** befestigt ist. Der kraniale Pol wird als **Extremitas tubaria** bezeichnet, der kaudale als **Extremitas uterina**.

? Durch welche Strukturen ist das Ovar im kleinen Becken befestigt?

An der Befestigung des Ovars im kleinen Becken sind **drei Strukturen** beteiligt:

- **Mesovar:** Es befestigt das Ovar an die Dorsalseite des Lig. latum uteri.
- **Lig. suspensorium ovarii:** Es verläuft von der lateralen Beckenwand zur Extremitas tubaria (kranialer Pol des Ovars). In ihm befinden sich die **Vasa ovarica**.
- **Lig. ovarii proprium:** Es zieht von der Extremitas uterina zum Tubenwinkel.

? Durch welche Gefäße wird das Ovar versorgt?

Die arterielle Versorgung des Ovars erfolgt durch zwei Gefäße (Abb. 6.9):

- **A. ovarica:** Die Hauptarterie für die Versorgung des Ovars entspringt der Aorta abdominalis kurz unterhalb des Abgangs der A. renalis. Sie zieht im **Lig. suspensorium ovarii** zum Ovar, gibt hier einen R. tubarius ab und bildet eine Anastomose mit dem
- **R. ovaricus der A. uterina:** Die A. uterina entspringt der A. iliaca interna, steigt am lateralen Rand des Uterus nach kranial auf und gibt neben dem R. ovaricus einen R. tubarius zur Versorgung der Tube ab.

KLINIK. Die Versorgung des Ovars durch die A. ovarica scheint für eine uneingeschränkte Funktion nicht ausreichend zu sein. Wenn bei einer Unterbindung der Tuben zum Zweck der Empfängnisverhütung der R. tubarius der A. uterina mit unterbunden wird, kommt es häufig zu einer Einschränkung der Ovarienfunktion, die auf eine Minderdurchblutung zurückgeführt wird.

? Beschreiben Sie Lage und Verlauf der Tuba uterina.

Die Tuba uterina liegt **intraperitoneal** und reicht vom Ovar bis zum Uterus (Übergang Corpus/ Fundus). Sie verläuft in der freien oberen Kante des **Lig. latum uteri**. Der angrenzende Teil dieses Bandes wird als **Mesosalpinx** bezeichnet. Die Tuba uterina verläuft vom Tubenwinkel zunächst nach lateral zur Wand des kleinen Beckens, um dann nach kranial umzubiegen. Sie zieht ventral am Ovar vorbei und legt sich mit ihren Fimbrien auf die **Extremitas tubaria** des Ovars. Da der Eisprung an unterschiedlichen Stellen des Ovars erfolgen kann, haben die Fimbrien eine gewisse Beweglichkeit, um die Eizelle aufzufangen. Die Tuba uterina hat **vier Abschnitte**:

- **Infundibulum tubae uterinae (Tubentrichter, ca. 1,5cm lang):** Hierbei handelt es sich um den dem Ovar benachbarten Abschnitt des Eileiters, der sich mit seinem offenen Ende (**Ostium abdominale tubae uterinae**) frei in die Peritonealhöhle öffnet. Sein Rand trägt **Fimbrien** (Fransen).
- **Ampulla tubae uterinae (ca. 7–8cm lang):** Sie ist gekennzeichnet durch sehr lange längs verlaufende und verzweigte Schleimhautfalten. Die Ampulle läuft bogenförmig um das Ovar herum. Hier findet normalerweise die Befruchtung der Eizelle statt.
- **Isthmus tubae uterinae (ca. 4cm lang):** Es handelt sich um einen verengten Abschnitt direkt vor der Einmün-

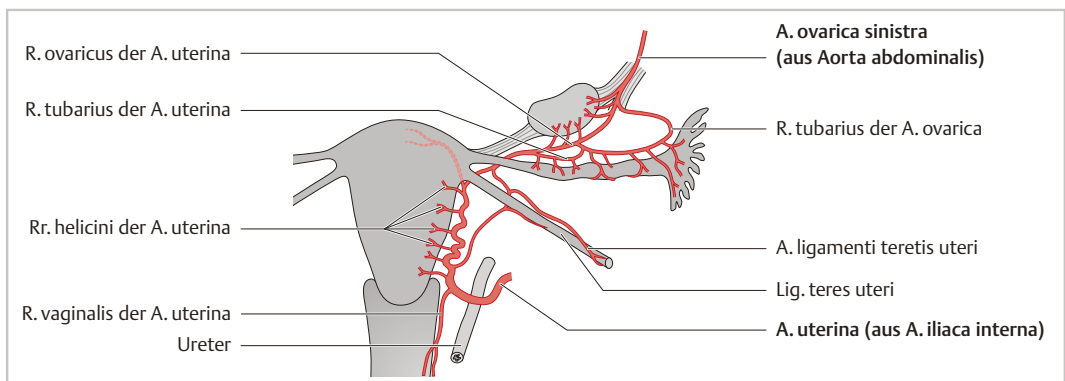


Abb. 6.9 Arterielle Versorgung des weiblichen inneren Genitale. Das Ovar erhält zwei arterielle Zuflüsse v.a. aus der A. ovarica sowie aus dem R. ovaricus der A. uterina. Die A. ovarica entspringt aus der Aorta abdominalis und die A. uterina aus der A. iliaca interna (viszeraler Ast) (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).



dung in den Uterus. Er hat nur gering ausgeprägte Schleimhautfalten.

- **Pars uterina tubae:** Dieser Abschnitt liegt in der Uteruswand und mündet mit dem **Ostium uterinum tubae uterinae** in das Cavum uteri.

KLINIK. Durch eine Entzündung der Eileiter (sog. **Salpingitis** bzw. **Adnexitis** bei Beteiligung des Ovars) kann es zu einer Verklebung der Tuben mit nachfolgender Störung des Eitransports kommen. Dies führt oft zu **Unfruchtbarkeit** (durch fehlende Durchgängigkeit der Tuben für Eizelle und Spermien). Dieses Prinzip macht man sich auch bei der **Sterilisation** zunutze, indem durch Koagulation und Ligatur der Tuben deren Durchgängigkeit gezielt unterbrochen wird.

? Welche Abschnitte hat der Uterus?

Der Uterus lässt sich in folgende **Abschnitte** unterteilen:

- **Corpus uteri (Gebärmutterkörper):** Es umfasst die oberen zwei Drittel des Uterus. Der Bereich des Uterus kranial der Einmündungen der Tuben (sog. **Tubenwinkel**) wird als **Fundus uteri** bezeichnet. Die Längsachse des Uterus bildet mit den Tuben einen fast rechten Winkel.
- **Cervix uteri (Gebärmutterhals):** Hierbei handelt es sich um das distale Drittel des Uterus. Die Zervix hat zwei Teile, die **Portio vaginalis uteri**, die in die Vagina hineinragt, und die **Portio supravaginalis uteri** (= der oberhalb der Vagina gelegene Abschnitt der Cervix uteri). Die Zervix umgibt den Zervikalkanal (**Canalis cervicis**), der auf der Portio vaginalis mit einer Öffnung endet: Dies ist der äußere Muttermund (**Ostium uteri ex-**

ternum). In Richtung Korpus endet der Zervikalkanal am Übergang zum Isthmus als **Ostium anatomicum uteri internum** (innerer Muttermund).

- **Isthmus uteri:** Zwischen der Zervix und dem Korpus befindet sich der Isthmus uteri. Er wird noch zur Zervix gerechnet.

KLINIK. Der Isthmus wird ab dem dritten Schwangerschaftsmonat in die Fruchthöhle mit einbezogen. Daher wird er in der Geburtshilfe auch als sog. **unteres Uterinsegment** bezeichnet.

Die Untersuchung und der Abstrich der Zervix gehören zur **Routine-Vorsorgeuntersuchung** bei Frauen ab dem 20. Lebensjahr. Sie sollten mindestens einmal jährlich durchgeführt werden, um Vorstufen von Entartungen im Bereich der Zervix (**Zervixkarzinom**) frühzeitig zu erkennen.

? Was verstehen Sie unter den Begriffen Positio, Versio und Flexio im Zusammenhang mit dem Uterus?

- **Positio:** Hierunter versteht man die **Lage** des Uterus im kleinen Becken relativ zur Medianebene, z. B. Dextro- oder Sinistropositio als Beschreibung einer Rechts- oder Linkslage.
- **Versio:** Sie beschreibt die Stellung (den Winkel) des Uterus relativ zur Längsachse der Vagina. Normal ist ein Winkel von circa 90°, wobei der Fundus des Uterus **nach ventral** gerichtet ist (**Anteversio**).
- **Flexio:** Dieser Begriff bezieht sich auf den Knick zwischen Corpus und Cervix uteri in der Gegend des Isthmus. Normal ist eine **Anteflexio**, d. h. der Winkel zwischen Zervix und Korpus ist kleiner als 180° (Abb. 6.10).

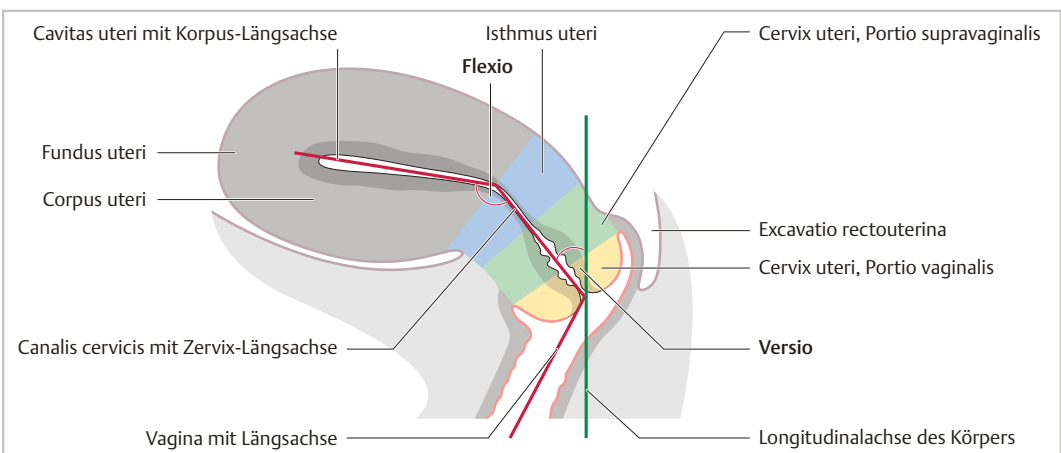


Abb. 6.10 Lage des Uterus. Mediansagittalschnitt durch Uterus und Vagina. Ansicht von links (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

? Durch welche Bänder ist der Uterus im kleinen Becken fixiert?

Der Uterus liegt **intraperitoneal** in einer quergestellten Bauchfeldduplikatur, dem **Lig. latum**. Der Bindegewebsraum zwischen den beiden Blättern des Lig. latum wird als **Parametrium** bezeichnet. Im oberen freien Rand des Lig. latum verlaufen ventral das **Lig. teres uteri**, das vom Tubenwinkel über den Leistenkanal zu den großen Schamlippen zieht, sowie die Tuba uterina und das **Lig. ovarii proprium**.

Die Hauptfixierung des Uterus erfolgt im **Zervixbereich** durch den sogenannten **parametranen Halteapparat (Parazervix)**, zu dem verschiedene Bindegewebszüge und glatte Muskeln gehören, die von der Cervix uteri zur Beckenwand ausstrahlen. Die Bezeichnungen für diese Haltebänder sind nicht einheitlich geregelt, die folgenden Namen werden daher nicht von allen Autoren verwendet. Als Hauptbestandteil des parametranen Halteapparates ist das **Lig. cardinale uteri** zu nennen, das im Boden des Lig. latum zur seitlichen Beckenwand läuft. Zusätzlich ziehen von der Zervix Haltebänder nach dorsal zu beiden Seiten des Rektums (**Ligamenta sacrouterina**) und nach ventral zu beiden Seiten der Harnblase zum Schambein (**Ligamenta pubouterina**).

? Beschreiben Sie die arterielle Versorgung des Uterus.

Das **Hauptgefäß** für die Versorgung des Uterus ist die **A. uterina**, die der A. iliaca interna entspringt. Sie zieht auf der Oberfläche des M. obturatorius internus zum lateralen Rand des **Lig. cardinale uteri** und erreicht mit ihm den **Gebärmutterhals**. Auf diesem Weg **überkreuzt** sie den **Ureter**. Nach Erreichen der Zervix steigt sie stark geschlängelt am **lateralen Rand des Uteruskörpers** nach kranial auf und versorgt mit vielen Ästen (**Aa. helicinae**, ebenfalls stark geschlängelt) den Uterus.

KLINIK. Die topografische Nähe der A. uterina zum Ureter ist bei Operationen von großer Bedeutung: Der Ureter muss bei Abklemmen und Abbinden der A. uterina unbedingt geschont werden.

? Beschreiben Sie die topografischen Nachbarschaftsbeziehungen der Vagina.

Die Vagina ist ein vom Vestibulum vaginae nach **kranio-dorsal** ausgerichteter Muskelschlauch, in dessen oberes Ende die **Portio vaginalis uteri** hineinragt. Auf diese Weise wird ein kleines **ventrales Scheidengewölbe (Fornix vaginae, Pars anterior)** vor der Portio vaginalis gebildet und ein größeres **dorsales Scheidengewölbe (Fornix vaginae, Pars posterior)**. Entsprechend finden sich **lateral** von der Portio vaginalis **seitliche Scheidengewölbe (Fornix vaginae, Pars lateralis)**. Das dorsale Scheidengewölbe grenzt mit seiner Kuppel direkt an den kaudalsten Teil der **Excavatio rectouterina**.

Ventral grenzt die Vagina an **Urethra** und **Harnblase**, dorsal an das **Rektum**. Die kaudalen Teile der Vagina werden seitlich von den Schenkeln des **M. levator ani** umfasst. Die Vorder- und Rückwand der Vagina sind durch eine Vielzahl querverlaufender Schleimhautfalten (**Rugae vaginales**) gekennzeichnet.

Distal endet die Vagina am **Ostium vaginae**, das bei der Jungfrau unvollständig durch das Jungfernhäutchen (**Hymen**) verschlossen ist.

KLINIK. Durch das hintere Scheidengewölbe sind Punctionen der **Excavatio rectouterina (Douglas-Raum)** möglich.

? Was verstehen Sie unter den Bartholin-Drüsen?

Die Bartholin-Drüsen werden auch als **Glandulae vestibulares majores** bezeichnet. Es handelt sich um etwa erbsengroße Schleimdrüsen, die lateral des **Ostium vaginae** in der Wand des Vestibulum vaginae liegen. Ihre **Ausführungsgänge** münden an der Innenseite der kleinen Schamlippen in der Nähe des **Ostium vaginae**.

KLINIK. Die Bartholin-Drüsen können durch Entzündungen schmerzhaft anschwellen (**Bartholinitis**). Bei der Inspektion fallen eine deutliche Rötung und Schwellung der Vulva im Bereich der kleinen Schamlippen auf.

6.1.7 Männliche Geschlechtsorgane

? Schildern Sie die Anordnung von Hoden, Nebenhoden und Ductus deferens.

Die Hoden sind mediolateral abgeplattete eiförmige Körper, auf deren dorsalen Rändern die Nebenhoden befestigt sind. Der Kopf des Nebenhodens (**Caput epididymidis**) befindet sich nahe dem **oberen Pol** des Hodens, der Schwanz des Nebenhodens (**Cauda epididymidis**) nahe dem **unteren Pol**. Der Schwanz des Nebenhodens geht in den **Ductus deferens** über, der zuerst parallel zum Nebenhoden am dorsalen Rand des Hodens nach kranial verläuft, um dann in den Samenstrang einzutreten. Der Nebenhoden ist über das **Rete testis** mit dem Hoden verbunden. Durch das Rete testis ziehen die **Ductuli efferentes** aus dem Hoden zum Nebenhoden (Abb. 6.11).

? Auf welchem Weg erreicht die A. testicularis den Hoden?

Die **A. testicularis** entspringt der **Aorta abdominalis** spitzwinklig direkt unterhalb des Abgangs der Nierenarterien. Sie **überkreuzt** den **Ureter** und zieht dann mit den Beckengefäßen zur ventralen Bauchwand. Hier tritt sie durch den **Leistenkanal** und erreicht im Samenstrang (**Funiculus spermaticus**) den Hoden. Am Mediastinum testis tritt sie in den Hoden ein. Kleinere Äste versorgen auch den Nebenhoden.



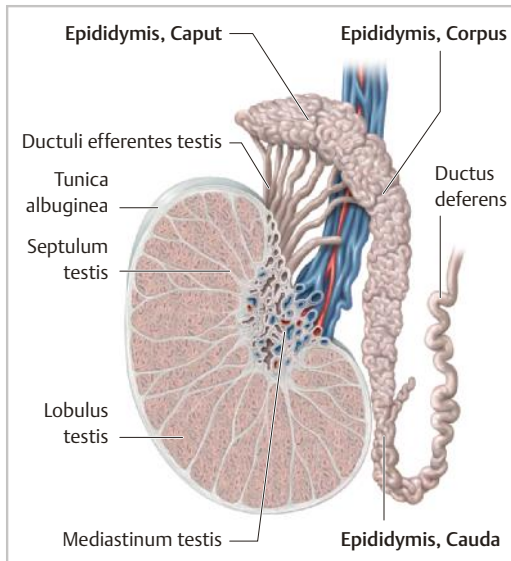


Abb. 6.11 Aufbau von Hoden und Nebenhoden. Sicht von links auf den linken Hoden und Nebenhoden. Die im Hoden gelegenen keilförmigen Lobuli testis enthalten die Hoden- und Samenkanälchen (Tubuli seminiferi contorti), in denen die Spermatogenese stattfindet. Der Nebenhoden liegt dem Hoden dorsal auf und ist das Speicher- und Reifungsorgan für Samenzellen (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

? Beschreiben Sie den Verlauf und die Mündung des Ductus deferens.

Der **Ductus deferens** (Samenleiter) verbindet den Nebenhoden mit der Harnröhre und hat eine Gesamtlänge von ca. 35–40 cm. Er beginnt am Nebenhodenschwanz (**Cauda epididymidis**), der seinerseits dem kaudalen Pol des Hodens anliegt. Der Samenleiter steigt am **Margo posterior** des Hodens parallel zum Nebenhoden auf und zieht dann im **Samenstrang** (**Funiculus spermaticus**) nach kranial und durch den **Leistenkanal** in den Bauchraum. Er **überkreuzt** die Vasa epigastrica inferiora und zieht in das kleine Becken zur Dorsalfläche der **Harnblase**, wo er sich zur **Ampulla ductus deferentis** erweitert und die **Ureteren überkreuzt**. Danach tritt er in den dorsokraniellen Teil der **Prostata** ein, wo er sich mit dem Ausführungsgang der **Bläschendrüse** (**Ductus excretorius**) zum **Ductus ejaculatorius** vereinigt. Dieser verläuft innerhalb der Prostata nach kaudal und ventral und mündet auf dem **Colliculus seminalis** in der dorsalen Wand der **Pars prostatica der Urethra**.

? * Was wissen Sie von der Topografie der Bläschendrüse?

Die **paarige Bläschendrüse** (**Glandula vesiculosa**, früher „Samenblase“) befindet sich an der dorsolateralen Wand der **Harnblase**. Sie liegt lateral vom Endteil des Ductus deferens (**Ampulla ductus deferentis**). Beide verlaufen von kranial-lateral nach kaudal-medial und münden gemeinsam über die Prostata in die Urethra. Das kraniale blinde Ende der Glandula vesiculosa wird von **Peritoneum** überzogen; beim Mann ist dies meistens die tiefste Stelle der **Excavatio rectovesicalis**. Dorsal hat die Bläschendrüse Kontakt zum Rektum.

KLINIK. Durch die topografische Lage zum Rektum können bei der rektalen Untersuchung die Konsistenz und die Größe der Bläschendrüse palpiert werden.

? Schildern Sie den Aufbau der Prostata.

Die Prostata befindet sich direkt an der Basis der Harnblase und umfasst die Harnröhre von dorsal. Die Prostata hat einen **Lobus sinister** und **dexter** seitlich der Urethra, der Bereich dorsal der Urethra bis zu den Ductus ejaculatorii wird als **Isthmus prostaticae** oder **Lobus medius** bezeichnet. Die Prostata besteht aus mehreren Dutzend **Einzeldrüsen**, die mit kurzen Ausführungsgängen in die Urethra (seitlich des Colliculus seminalis) münden.

Das Drüsengewebe wird in **folgende Zonen** eingeteilt (Abb. 6.12):

- **Periurethrale Zone:** schmaler Drüsenbereich, der die Harnröhre umgibt.
- **Anteriore Zone:** drüsenfreier Bereich.
- **Innenzone (zentrale Zone):** Sie ist trichterförmig und umschließt die Ductus ejaculatorii.
- **Transitionszone (Übergangszone):** Sie liegt zwischen der Innenzone und der periurethralen Zone.
- **Außenzone (periphere Zone):** Sie macht den Hauptteil des Drüsengewebes aus.

KLINIK. Die Zonengliederung hat klinische Bedeutung: Gutartige Tumoren (**Prostataadenome**) entstehen bevorzugt in der **Transitionszone** in der Nähe der Urethra und können daher frühzeitig Beschwerden beim Wasserlassen verursachen. Das bösartige **Prostatakarzinom** entsteht vermehrt in der **Außenzone**, wird somit später symptomatisch, kann aber bei der **rektalen Untersuchung** ertastet werden.

? Aus welchen Teilen besteht das Schwellkörpersystem des Penis?

Der Penis besteht aus den **paarigen Corpora cavernosa** (Penisschwellkörper), die an der Unterseite der Schambeinäste befestigt sind. An sie lagert sich von unten das **Corpus spongiosum penis** (Harnröhrenschwellkörper) an. Es

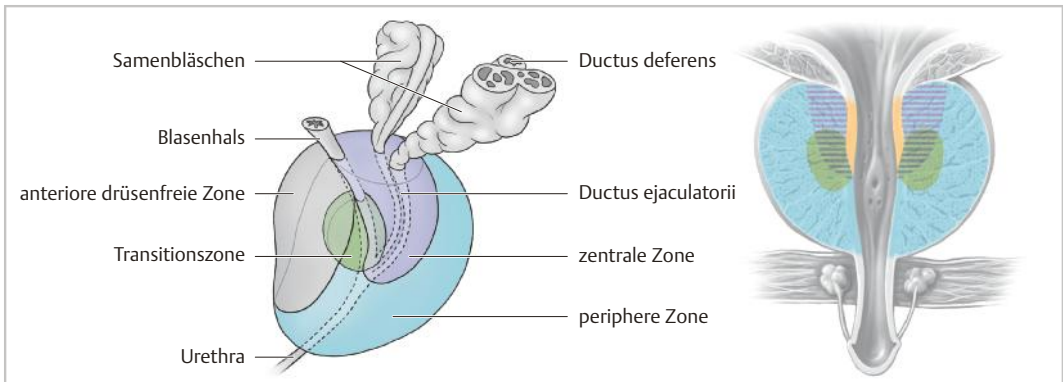


Abb. 6.12 Klinisch-histologische Unterteilung der Prostata in Zonen (nach McNeal). Schematische Darstellung der Prostata (links) und Frontalschnitt (rechts). Die dargestellte Gliederung ist die in der Klinik am häufigsten verwendete: Als anatomischer Orientierungspunkt dient die Pars prostatica der Urethra, die sich in ein proximales und ein distales Segment gliedert. Um das proximale Urethrasegment liegt manschettenförmig die Periurethralzone. Beidseits von ihr liegt die Transitionszone bestehend aus zwei paraurethralen Drüsenlappen. Dahinter liegt ein nach kranial reichender, keilförmiger Bereich, die zentrale Zone. Nach hinten, seitlich und kaudal schließt sich die periphere Zone an (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

beginnt dorsal mit dem **Bulbus penis** direkt unterhalb des Diaphragma urogenitale und endet an der Spitze des Penis mit der **Glans penis**, die die beiden Corpora cavernosa kappenförmig bedeckt.

Die Corpora cavernosa bestehen aus einem Netzwerk endothelausgekleideter **Hohlräume** (Kavernen). In den Balken dieses Netzwerks befinden sich glatte Muskelfasern und Bindegewebe. Begrenzt werden diese Hohlräume nach außen durch eine Lage von straffem Bindegewebe, die **Tunica albuginea**. Das straffe Bindegewebe setzt sich im ventralen Teil des Penis als **Septum penis** zwischen den beiden Corpora cavernosa fort und bildet so die mittlere Trennwand zwischen beiden Schwellkörpern. Innerhalb des Corpus spongiosum penis verläuft die **Urethra**. Der Harnröhrenschwellkörper enthält kleinere Hohlräume und weniger glatte Muskulatur als die Corpora cavernosa. Bei der Erektion schwillt das Corpus spongiosum nur gering an, um die Passage des Ejakulats durch die Urethra nicht zu behindern. Das Schwammwerk des Corpus spongiosum penis leitet sich von einem Venenplexus ab.

? Durch welche Arterien wird der Penis versorgt?

Die Arterien des Penis stammen aus der **A. pudenda interna**. Sie entsendet **drei paarige Äste** zum Penis:

- **A. profunda penis:** Sie dringt beidseits in das jeweilige Corpus cavernosum penis ein und speist mit den **Aa. helicinae** die Corpora cavernosa. Sie verläuft bis zur Penisspitze.
- **A. dorsalis penis:** Sie zieht kranial des Diaphragmas urogenitale nach ventral und gelangt so auf die Dorsal-seite des Penis. Sie verläuft subfaszial auf der Oberflä-

che des Penis bis zur Glans penis, wo sie mit Ästen der **A. profunda penis** anastomosiert.

- **A. bulbi penis:** Sie erreicht den Bulbus penis und verläuft weiter als **A. urethralis** zur Versorgung des Corpus spongiosum.

6.1.8 Arterien

? Welche Äste gibt die Aorta abdominalis ab?

Die **Aorta abdominalis** gibt von **kranial nach kaudal** folgende Äste ab:

- **Aa. phrenicae inferiores:** Sie entspringen in der Höhe des Truncus coeliacus und versorgen die Kaudalfläche des Zwerchfells.
- **Truncus coeliacus (unpaar):** Er geht meist noch innerhalb des Hiatus aorticus des Zwerchfells aus der Aorta ab und versorgt die Organe des Oberbauchs.
- **Aa. suprarenales mediae:** Sie entspringen knapp unterhalb des Truncus coeliacus und dienen der Versorgung der Nebennieren (zusammen mit zwei weiteren Nebennierenarterien).
- **Aa. renales:** Sie verlassen die Aorta in Höhe des Wirbelkörpers L1–L2. Die rechte A. renalis verläuft dorsal der V. cava und des Pankreaskopfs zur Niere, die linke A. renalis dorsal des Pankreaskörpers. Die Nierenarterien können auch multipel angelegt sein.
- **Aa. testiculares/ovaricae:** Dicht unterhalb der Nierenarterien entspringen spitzwinklig die Aa. testiculares. Sie ziehen über den M. psoas nach kaudal, überkreuzen den Ureter und gelangen durch den Leistenkanal zum Hoden. Die **Aa. ovaricae** haben den gleichen Ursprung wie die Aa. testiculares, sie sind jedoch kürzer, weil sie



nach kurzem Verlauf auf dem M. psoas durch das Lig. suspensorium ovarii zum Ovar ziehen.

- **A. mesenterica superior:** Sie entspringt **unpaar** unterhalb des Truncus coeliacus hinter dem Pankreas. Sie versorgt das distale Duodenum sowie den Dünn- und Dickdarm bis zur linken Kolonflexur.
- **Aa. lumbales:** Sie entspringen dorsal der Aorta und ziehen hinter dem M. psoas nach lateral. Meist sind 4 paarige Aa. lumbales angelegt. Sie versorgen die Rückenmuskeln mit kurzen Ästen und die Bauchwandmuskeln mit langen Rr. ventrales.
- **A. mesenterica inferior:** Sie entspringt **unpaar** vor der Aortenbifurkation und versorgt das Kolon ab der linken Kolonflexur.

Die Aorta abdominalis endet vor dem 4. Lendenwirbelkörper mit der **Aortenbifurkation**. Hier teilt sie sich hier in ihre **Endäste**:

- **A. sacralis mediana:** Sie setzt als dünner Ast den ursprünglichen Verlauf der Aorta abdominalis fort.
- **Aa. iliacae communes:** Sie dient der Versorgung des Beckens und teilt sich in die **A. iliaca externa und interna**.

? Beschreiben Sie den Verlauf der Arterien des Truncus coeliacus.

Der Truncus coeliacus hat **drei Hauptäste**:

- **A. splenica (lienalis):** Sie verläuft am kranialen Rand und oft etwas dorsal des Pankreasschwanzes zur Milz.
- **A. hepatica communis:** Sie gibt nach kurzem horizontalem Verlauf nach rechts die **A. gastroduodenalis** ab, die nach kaudal zieht, und heißt danach **A. hepatica propria**. Diese verläuft im Lig. hepatoduodenale.
- **A. gastrica sinistra:** Sie zieht bogenförmig von rechts an den Kardiabereich des Magens heran und anastomosiert entlang der kleinen Kurvatur mit der **A. gastrica dextra**, die meist der A. hepatica propria entspringt (als Varietät auch der A. hepatica communis). Die Magenarterien treten an die relativ stark fixierten Teile des Magens heran (Pylorus- und Kardiabereich). Diese Anordnung verhindert eine Zerrung der Gefäße bei den ausgeprägten Form- und Lageveränderungen des Magens.

? Über welche Äste erreicht die A. mesenterica superior ihre Versorgungsgebiete?

Die **A. mesenterica superior** entspringt meist etwa einen Zentimeter kaudal des Truncus coeliacus der Aorta, sie kann aber auch mit dem Truncus einen gemeinsamen Stamm bilden. Sie versorgt über folgende Arterien den gesamten Darmkanal vom **distalen Duodenum bis zur Flexura coli sinistra**:

- **A. pancreaticoduodenalis inferior**
- **Aa. jejunales**
- **Aa. ileales**

- **A. ileocolica**
- **A. colica dextra**
- **A. colica media**

Wichtige **Anastomosen** bestehen an zwei Stellen:

- Über die **A. pancreaticoduodenalis inferior** mit der **A. pancreaticoduodenalis superior** aus dem Versorgungsgebiet des Truncus coeliacus.
- Zwischen der **A. colica media** und der **A. colica sinistra** aus der A. mesenterica inferior (**Riolan-Anastomose**).

? Welches Versorgungsgebiet hat die A. mesenterica inferior?

Die A. mesenterica inferior versorgt das Colon descendens, das Sigmoid und den kranialen Teil des Rektums über folgende Gefäße:

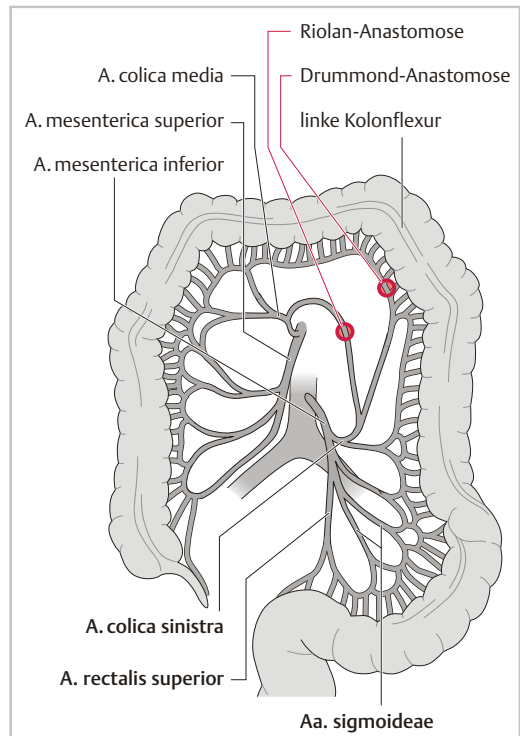


Abb. 6.13 Anastomosen der A. mesenterica inferior.

Die A. mesenterica inferior teilt sich in die A. colica sinistra, die Aa. sigmoideae und die A. rectalis superior. Mit diesen Ästen versorgt sie das Colon descendens, das Sigmoid und den kranialen Teil des Rektums. Dargestellt sind zwei Anastomosen, zum einen die Riolan-Anastomose zwischen der A. colica sinistra und der A. colica media, zum anderen die Drummond-Anastomose die näher am Colon verläuft (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

- **A. colica sinistra**
- **Aa. sigmoideae**
- **A. rectalis superior**

Wichtige **Anastomosen** bestehen an zwei Stellen (Abb. 6.13):

- Zwischen der **A. colica sinistra** und der **A. colica media** aus der A. mesenterica superior (**Riolan-Anastomose**). Ungefähr parallel zur Riolan-Anastomose (näher am Colon) verläuft die Drummond-Anastomose, die ebenfalls eine Verbindung zwischen der A. colica sinistra und media herstellt.
- Zwischen der **A. rectalis superior** und der **A. rectalis media** aus der A. iliaca interna. Die A. rectalis media steht wiederum mit der **A. rectalis inferior** aus der A. pudenda interna in Verbindung.

6.1.9 Venen

? Schildern Sie die Anordnung der Venen im kleinen Becken.

Die Venen des kleinen Beckens sind hauptsächlich in Form von Geflechten (**Plexus**) organisiert. Beim Mann gibt es zwei große Plexus (**Plexus venosus vesicalis und prostaticus**) die sich ventral und beidseits der Harnblase und Prostata befinden. Diese Plexus nehmen über die **V. dorsalis profunda penis** das Blut aus dem Penis auf. Der Abfluss der Plexus erfolgt über die **V. iliaca interna**. Im weiblichen Becken gibt es ähnliche Venengeflechte mit entsprechenden Bezeichnungen (**Plexus venosus vesicalis, uterinus, vaginalis**). Bei beiden Geschlechtern bestehen Anastomosen mit der **V. obturatoria** und über die **V. rectalis media** zum **Plexus venosus rectalis**, der um den kaudalen Teil des Rektums besonders stark ausgeprägt ist. Dieser Plexus ist für die Ausbildung **portokavaler Anastomosen** von Bedeutung.

? Beschreiben Sie den Verlauf der V. portae hepatis. Welche Zuflüsse hat die V. portae?

Die **V. portae hepatis** entsteht in Höhe des **LWK II** aus dem Zusammenfluss der **V. splenica** und der **V. mesenterica superior**, wobei die V. splenica vorher die **V. mesenterica inferior** aufgenommen hat.

Der Zusammenfluss liegt dorsal der Bauchspeicheldrüse. Die V. portae nimmt zusätzlich **direkte** Zuflüsse auf:

- **Vv. gastrica dextra und sinistra**. Die Letztere hat Verbindungen zu den Ösophagusvenen.
- **V. cystica**
- **Vv. paraumbilicales**
- **V. pancreaticoduodenalis superior posterior**

Die **V. portae** zieht im **Lig. hepatoduodenale** zur Leber. Innerhalb der Leber verlaufen die Äste der V. portae zusammen mit den Ästen der **A. hepatica propria** und des **Ductus hepaticus** (**Glisson-Trias**).

6.1.10 Lymphgefäße und Lymphknoten

? Schildern Sie die Organisation der Lymphbahnen im Bauchraum.

Die **gesamte Lymphe der unteren Körperhälfte** wird vom **Ductus thoracicus** in den Thoraxraum geleitet. Der Ductus thoracicus entsteht aus der Vereinigung von **drei** großen Lymphstämmen:

- **Zwei Trunci lumbales**: Sie ziehen zu beiden Seiten der Aorta abdominalis nach kranial und führen die Lymphe aus den unteren Extremitäten und dem Becken.
- **Truncus intestinalis**: Er führt die Lymphe aus den Baueingeweiden.

An der Vereinigungsstelle der Trunci zum Ductus thoracicus etwa in Höhe der Nierengefäße befindet sich oft eine Erweiterung, die **Cisterna chyli**.

Die Nomenklatur für die Lymphknotenstationen des Bauchraums ist uneinheitlich. Als grober Anhalt kann folgende **Systematik** dienen: Die **regionären Lymphknoten** der einzelnen Bauchorgane befinden sich meist an der **Eintrittsstelle der Gefäße in das Organ**, sie werden als **viszerale Lymphknoten** der Bauchorgane bezeichnet (z. B. Nodi lymphoidei pancreatici oder Nodi lymphoidei hepatici). Die **nächste Station** der viszeralen Lymphknoten befindet sich an den **großen unpaaren Ästen der Bauch-aorta**:

- **Nodi lymphoidei coeliaci** (am Truncus coeliacus)
- **Nodi lymphoidei mesenterici superiores** (an der A. mesenterica superior)
- **Nodi lymphoidei mesenterici inferiores** (an der A. mesenterica inferior)

Neben diesen viszeralen Lymphknotenstationen gibt es **parietale Lymphknotengruppen** an der hinteren Bauchwand:

- **Nodi lymphoidei lumbales** der linken Seite: Sie befinden sich vor, hinter und neben der Aorta abdominalis
- **Nodi lymphoidei lumbales** der rechten Seite: Sie begleiten in entsprechender Lage die V. cava inferior.

6.1.11 Vegetative Nerven

? Was verstehen Sie unter den prävertebralen Ganglien?

Die prävertebralen Ganglien gehören zum **sympathischen Nervensystem**. Hier werden **präganglionäre** sympathische Nervenfasern synaptisch **umgeschaltet**, die die Grenzstrangganglien ohne Umschaltung durchlaufen haben. Im Gegensatz zu den Ganglien des Grenzstrangs sind die prävertebralen Ganglien **unpaar** angelegt. Sie befinden sich vorwiegend an den **Abgangsstellen der großen Baucharterien**. Die Hauptvertreter sind:

- **Ganglia coeliaca**: Sie sind meist beidseitig um den Truncus coeliacus angeordnet.



- **Ganglion mesentericum superius:** am Abgang der A. mesenterica superior
- **Ganglion mesentericum inferius:** am Abgang der A. mesenterica inferior
- **Ganglia aorticorenalia:** Auch am Abgang der Aa. renales können sich sympathische Ganglien befinden, die zu den prävertebralen Ganglien gerechnet werden; diese sind paarig angelegt.

? Welche makroskopisch erkennbaren Nerven des Bauchraumes werden zum sympathischen Nervensystem gerechnet?

Neben dem **lumbalen Grenzstrang** (*Truncus sympathicus*) bildet der Sympathikus ein dichtes **Nervengeflecht um die Bauchaorta**, das allerdings auch parasympathische Fasern enthält. Dieses Geflecht setzt sich etwa in Höhe der Bifurkation der Bauchaorta in die **Nn. splanchnici lumbales** fort, die in den **Plexus hypogastricus superior** übergehen. Die letzteren Strukturen führen sympathische Fasern zu den Nervenplexus der Organe im kleinen Becken. Auch

von den **vier lumbalen Grenzstrangganglien** können sympathische Nerven ausgehen, die die Eingeweide versorgen und in die Nn. splanchnici lumbales einstrahlen. Auch die **Nn. splanchnici thoracici (major und minor)** gehören zum sympathischen Nervensystem. Sie enthalten präganglionäre Fasern und ziehen nach ihrem Durchtritt durch das Zwerchfell zu den Ganglia coeliaca bzw. zum Ganglion mesentericum superius (Abb. 6.14).

6.1.12 Peritoneum

? Aus welchen Teilen besteht das Omentum minus und welche funktionelle Bedeutung hat es?

Das **Omentum minus** erstreckt sich von der Leberpforte und der Fissura lig. venosi auf der kranialen Seite zur kleinen Kurvatur des Magens und zum Anfangsteil des Duodenums auf der kaudalen Seite (Abb. 6.15). Es besteht aus:

- **Lig. hepatogastricum:** Es ist recht locker gebaut und enthält nur wenige Gefäße.

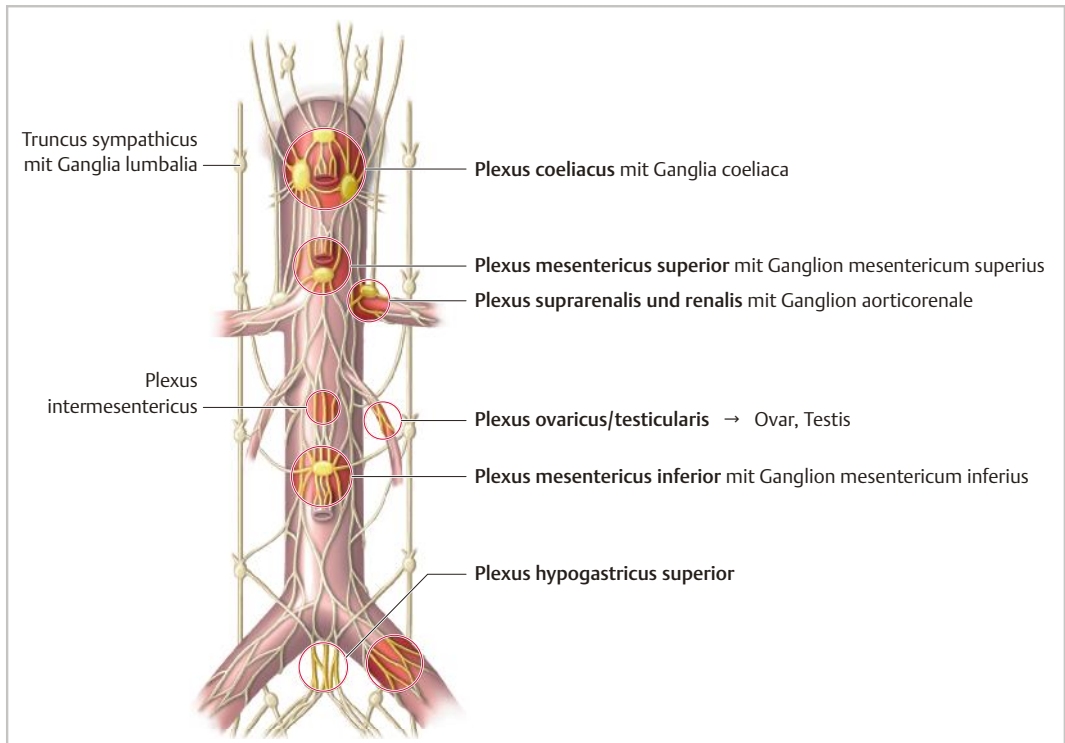


Abb. 6.14 Organisation der vegetativen Ganglien und Plexus in Abdomen und Becken. Die Benennung der Ganglien und Plexus des vegetativen Nervensystems erfolgt nach der Arterie, um die herum sie lokalisiert sind bzw. mit der sie verlaufen. Sympathische Nervenfasern werden in „organfernen“ Ganglien umgeschaltet, während parasympathische Fasern in „organnahen“ Ganglien (direkt am Erfolgsorgan oder in dessen Wand) verschaltet werden (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

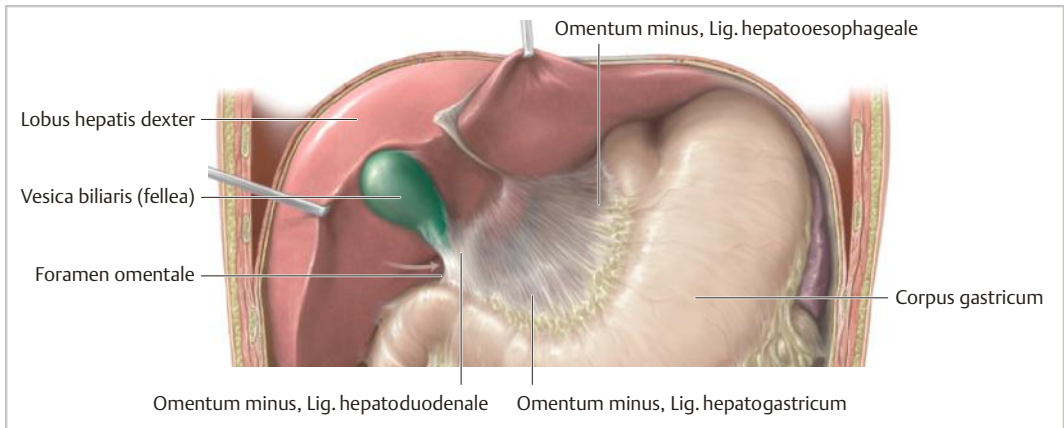


Abb. 6.15 Omentum minus. Man erkennt gut die Unterteilung des Omentum minus in ein dichteres Lig. hepatoduodenale (mit Leitungsbahnen zur Leberpforte) und ein dünneres Lig. hepatogastricum zur kleinen Magenkurvatur (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

- **Lig. hepatoduodenale:** Es zieht von der Leberpforte zum Anfangsteil des Duodenums. Es bildet den rechten freien Rand des Omentum minus und damit gleichzeitig die vordere Begrenzung des **Foramen omentale**.

Im **Lig. hepatoduodenale** verlaufen von ventral nach dorsal:

- **Ductus choledochus**
- **A. hepatica propria**
- **V. portae**

Die funktionelle Bedeutung des Omentum minus besteht darin, dass es einen großen Teil der **Vorderwand der Bursa omentalis** bildet und somit die Ausbreitung von Entzündungen und den Abfluss von Flüssigkeiten aus der Bursa omentalis nach ventral verhindert.

KLINIK. Da das Lig. hepatogastricum nur wenige Gefäße enthält, kann es chirurgisch zur Schaffung eines Zugangs zur Bursa omentalis durchtrennt werden.

- Kontraktion von steil verlaufenden, schraubenförmigen Muskelfasern in der Muskularis (Tunica muscularis) des Ösophagus, die das Ösophaguslumen mit einer Wringbewegung verschließen
- Kompression des distalen Ösophagus durch die Muskelfasern des Zwerchfells, die den Hiatus oesophageus begrenzen
- Bildung eines Ventilmechanismus durch den **spitzen Winkel** (Incisura cardiaca = His-Winkel) zwischen distalem Ösophagus und Fundus ventriculi
- Der generelle Druckunterschied zwischen Thorax und Abdomen (Druck Abdomen > Druck Thorax) führt zu einer Kompression der Pars abdominalis gegenüber der Pars thoracica und verstärkt damit den Verschluss.

? Was verstehen Sie unter dem Intrinsic factor?

Der **Intrinsic factor** ist ein Glykoprotein, das von den Belegzellen der Magenschleimhaut gebildet wird und für die Resorption des **Vitamins B₁₂ (Cobalamin, Extrinsic factor)** erforderlich ist. Beide Faktoren verbinden sich im Duodenum zu einem Komplex; die Komplexbildung ist für die Resorption des Vitamins B₁₂ im Ileum entscheidend. Das Vitamin ist für die Blutbildung und Nervenfunktion von essenzieller Bedeutung.

KLINIK. Bei Fehlen des Intrinsic factor (z. B. bei einer Atrophie der Magenschleimhaut) wird Vitamin B₁₂ nicht resorbiert. Dadurch kann es zu ausgeprägten Blutbildungsstörungen (**Perniziöse Anämie**) kommen.

6.2 Klinische und topografische Anatomie

? * **Durch welchen Mechanismus wird normalerweise ein Rückfluss von Magensaft in die Speiseröhre verhindert?**

Am Übergang vom Ösophagus zum Magen ist laut der meisten Autoren **kein** ausgeprägter **Schließmuskel (Sphinkter)** vorhanden. Den Verschluss zwischen Ösophagus und Magen bewirken unterschiedliche Mechanismen, die in ihrer Gesamtheit ein **funktionelles Sphinktersystem** darstellen:

? Welche physiologischen Lagevariabilitäten des Wurmfortsatzes (Appendix vermiformis) kennen Sie?

Da der Wurmfortsatz am Zäkum befestigt ist, ist er in seiner Lage von der Lokalisation des Zäkums abhängig (Abb. 6.16). Die normale Lage des Wurmfortsatzes relativ zum Zäkum ist retrozäkal, d. h., die Appendix befindet sich hinter dem Zäkum (in etwa zwei Drittel der Fälle). In etwa einem Drittel der Fälle weist der Wurmfortsatz nach kaudal in das kleine Becken. Im Rahmen einer **Schwangerschaft** kann die Appendix nach kranial verdrängt sein. Hierbei würden bei einer (in der Schwangerschaft nicht selten vorkommenden) Appendizitis Schmerzen im rechten Oberbauch (ähnlich einer Gallenblasenentzündung) auftreten.

? Welche topografischen Punkte der Bauchwand werden zur Lagebeschreibung des Wurmfortsatzes herangezogen?

Wegen der großen Lagevariabilitäten des Wurmfortsatzes können die üblichen Projektionspunkte auf die vordere Bauchwand nur als grober Anhalt dienen (Abb. 6.16):

- **McBurney-Punkt:** Er befindet sich auf dem lateralen Drittpunkt einer Linie, die den Nabel mit der Spina iliaca ant. sup. verbindet. Er entspricht der Projektion des Abgangs der Appendix aus dem Zäkum.
- **Lanz-Punkt:** Er befindet sich auf dem rechten Drittpunkt der Linie, die beide Spinae iliaca ant. sup. miteinander verbindet. Auf den Lanz-Punkt projiziert sich die Spitze des Wurmfortsatzes bei absteigender Lage ins kleine Becken.

? Welche Bewegungen kann die Darmmuskulatur ausführen?

Die beiden Hauptbewegungen der Darmmuskulatur sind **Pendel- und Peristaltikbewegungen**.

- **Pendelbewegungen** sind durch abwechselnde Kontraktion und Erschlaffung benachbarter Darmabschnitte gekennzeichnet; dies führt zu einer Hin-und-her-Bewegung und somit zu einer Durchmischung des Darminhalts.
- Bei den **peristaltischen Bewegungen** läuft eine Kontraktion der Ringmuskulatur über längere Abschnitte des Darms in distaler (aboraler) Richtung. Sie dienen dem Weitertransport des Darminhalts zum Dickdarm und Anus. Im Dickdarm kommen auch antiperistaltische Bewegungen vor, die den Darminhalt in Richtung auf das Zäkum zurücktransportieren. Die Valva ileocaecalis verhindert dabei den Übertritt des Dickdarminhalts in den Dünndarm.

? Welche Vorgänge laufen bei der Defäkation ab?

Der Stuhldrang wird durch die Dehnung der Ampulla recti ausgelöst. Diese Dehnung entsteht, wenn ein bestimmtes

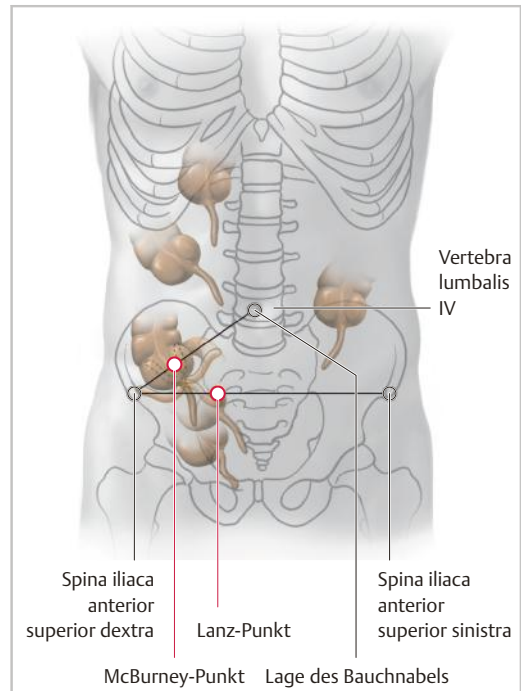


Abb. 6.16 Lagevarianten der Appendix vermiformis.

Durch Störungen bei der embryonalen Darmdrehung um die Nabelschleife können zahlreiche Lagevarianten von Zäkum und Appendix auftreten. Der McBurney-Punkt und der Lanz-Punkt können deshalb nur als grober Anhaltspunkt für die Lage der Appendix herangezogen werden (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus Lern-Atlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

Kotvolumen aus dem Sigmoid ins Rektum einwandert. Durch diesen Vorgang kommt es zur Aktivierung der Dehnungsrezeptoren in der Rektumwand, was über das Sakralmark zu einer Aktivierung des Parasympathikus führt. Zusätzlich kommt es über ein hemmendes intramurales Neuron zur Relaxation des vom Sympathikus **unwillkürlich innervierten M. sphincter ani internus**. Parallel dazu kommt es über einen **spinalen Reflex** zu einer Erschlaffung des **willkürlich innervierten M. sphincter ani ext.** sowie des **M. levator ani** (M. puborectalis). Die Erschlaffung des M. levator ani reduziert die nach vorn konvexe Biegung des Analkanals, wodurch das Rektum einen geraderen Verlauf annimmt. Durch die Relaxation der beiden Sphinkteren wird der Analkanal geöffnet, und der Inhalt des Rektums kann durch peristaltische Bewegungen des Kolons und den Einsatz der Bauchpresse ausgetrieben werden.

? * In wie viele Segmente wird die Leber gegliedert?

Die Leber hat 2 Lappen mit je 2 Haupt- und mehreren Subsegmenten (Abb. 6.17). Insgesamt lässt sich die Leber in **acht Segmente** gliedern. Als Einteilungskriterium für die Segmente dient das Verzweigungsmuster der Blutgefäße (Äste der V. portae und A. hepatica propria) und der Gallengänge (Leitungsbahn-„Trias“). Die **funktionelle** Grenze zwischen linkem und rechtem Leberlappen (entsprechend dem Versorgungsgebiet des R. sin. und dext. der A. hepatica propria) folgt **nicht den äußeren Lappengrenzen**, sondern verläuft auf der Viszeralfläche durch die **Fossa vesicae biliaris** und durch die Mitte der Längsachse der V. cava (Cava-Gallenblasen-Linie).

? Welche Funktion haben Gallenblase und Gallenflüssigkeit?

Die Hauptfunktion der Gallenblase (Vesica biliaris) besteht in der **Eindickung der Gallenflüssigkeit**, die von der Leber gebildet wird und über den Ductus cysticus die Gallenblase erreicht. Die Lebergalle wird dabei durch Wasserentzug auf etwa ein Zehntel eingedickt.

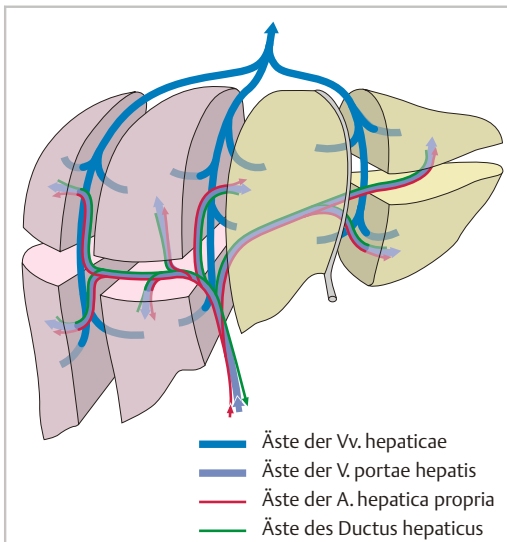


Abb. 6.17 Unterteilung der Leber in Segmente. Ansicht von ventral (Pars hepatis sinistra = gelb; Pars hepatis dextra = violett). An der Porta hepatis ziehen A. hepatica propria, V. portae hepatis und Ductus hepaticus communis als „portale Trias“ in die Leber hinein. Der zentrale Ast verzweigt sich zunächst in zwei größere Äste und unterteilt die Leber funktionell in eine Pars hepatis sinistra und eine Pars hepatis dextra. Im weiteren Verlauf teilt sich die portale Trias weiter auf, sodass mehrere Segmente entstehen (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

Die Galle (Fel, Bilis) ist von besonderer Wichtigkeit für die **Fettverdauung**. Sie emulgiert Fette und aktiviert die Pankreaslipase, die die Fette in Fettsäuren und Glycerin spaltet. Die Gallensäuren binden sich an die Fettsäuren und erleichtern dadurch ihre **Resorption** durch die Darmwand. Nach der Resorption trennen sich die Gallensäuren wieder von den Fettsäuren und gelangen über die V. portae und die Leber wieder in die Galle; es besteht somit ein **Kreislauf der Gallensäuren (enterohepatischer Kreislauf)**. Zu beachten ist, dass die Gallenflüssigkeit zwar noch Cholesterin, Lecithin und Gallenfarbstoffe enthält, aber keine Fermente.

KLINIK. Durch den Wasserentzug aus der Gallenflüssigkeit in der Gallenblase kann es vorkommen, dass bestimmte gelöste Substanzen (z. B. Cholesterin) auskristallisieren. Hierdurch können sich Gallensteinen bilden (**Cholezystolithiasis**). Diese sind meist asymptomatisch, können aber durch eine Reizung der Gallenblasenwand zur Entzündung der Gallenblase (**Cholezystitis**) führen. Ab einer bestimmten Größe können Gallensteine auch die Ausführungsgänge (Ductus cysticus/Ductus choledochus) verlegen (**Cholangiolithiasis**), was der Patient als akut auftretende, kolikartige Schmerzen empfindet (**Gallenkolik**).

? Welche klinischen Symptome erwarten Sie als Folge von Verdrängungsprozessen durch ein Pankreaskopfkarzinom?

Dorsal vom Pankreaskopf befinden sich:

- **Ductus choledochus**
- Zusammenfluss von V. lienalis und V. mesenterica sup. zur **V. portae**
- **V. cava inferior**

Bei einem Pankreaskopfkarzinom kann es durch die Kompression dieser Strukturen zu folgenden Symptomen kommen:

- Der Verschluss des Ductus choledochus führt durch Rückstau der Gallenflüssigkeit zur Gelbsucht (**Verschlussikterus**).
- Die Behinderung des Blutflusses in der V. portae kann zu **Aszites** und die Kompression der V. cava inf. zur **Ödembildung** in den unteren Extremitäten führen.

? Welche Enzyme werden vom exokrinen Teil des Pankreas gebildet?

Das exokrine Pankreas bildet Enzyme für die Verdauung aller Nahrungsstoffe:

- **Trypsin und Chymotrypsin** spalten Eiweiße; sie werden als inaktive Vorstufen (Trypsinogen und Chymotrypsinogen) in das Duodenum abgegeben und hier durch die Enterokinase aktiviert. Die Pankreas-Elastase gehört ebenfalls zu dieser Gruppe, sie spaltet Peptidbindungen.



- Die **Pankreaslipase** spaltet Fette in Fettsäuren und Glycerin; sie wird durch die Galle aktiviert.
- Hinzu kommen **Maltase, Laktase und Amylase** zur Spaltung von Kohlenhydraten. Auch die Ribonukleasen werden zu dieser Gruppe gerechnet; sie sind Hydrolasen.

? Wodurch wird die Enzymproduktion des exokrinen Pankreas gesteuert?

Die Sekretion von Pankreasenzymen unterliegt der Steuerung u. a. durch folgende Faktoren:

- **Parasympathikus:** regt Produktion und Sekretion von enzymreichem Sekret an
- **Cholezystokinin (Enterohormon):** regt Produktion und Sekretion von enzymreichem Sekret an
- **Sekretin (Enterohormon):** fördert die Bildung von bikarbonatreichem Pankreassaft zur Neutralisierung des sauren Magensafts

? Beschreiben Sie die verschiedenen Hüllen der Niere.

Die Niere umgeben folgende Hüllen (Abb. 6.18):

- **Capsula fibrosa** (innerste Schicht der Nierenhüllen): Sie liegt der Nierenrinde direkt auf und besteht aus straffem Bindegewebe, das sich bei der gesunden Niere abziehen lässt.
- **Capsula adiposa:** Sie umgibt die Niere (mit den Nebennieren) als Ganzes, sie besteht aus lockerem Fettgewebe, das sich auch in den Sinus renalis fortsetzt.
- **Fascia renalis:** Diese befindet sich außen um die Capsula adiposa herum. Hierbei handelt es sich um eine bindegewebige Hülle, die aus einem prä- und einem retrorenalen Blatt besteht. Diese Hülle ist nach medial und

kaudal offen, was für die Ausbreitung von Entzündungen und für Lageveränderungen der Nieren von Bedeutung ist. Das retrorenale Blatt der Fascia renalis ist mit der Faszie des M. psoas verwachsen; das prärenale Blatt wird von Peritoneum bedeckt.

KLINIK. Es handelt sich um **Baufett**, das der Körper erst bei extremer Abmagerung abzubauen beginnt (z. B. bei Anorexia nervosa).

? An welchen Stellen im Verlauf des Ureters bleiben Harnsteine bevorzugt stecken?

Der Ureter hat **drei Engen**, in denen Harnsteine stecken bleiben können:

- am Übergang des Nierenbeckens in den Ureter
- in der Pars abdominalis, wo der Ureter die Vasa iliaca überkreuzt
- an der Einmündung des Ureters in die Harnblase

? Welche Strukturen bewirken den vesico-ureteralen Verschluss?

Am Übergang zwischen Ureter und Harnblase besteht **kein Ventil** im engeren Sinne. Der Verschluss wird primär durch den **schrägen Verlauf** des Ureters in der dorsalen **Wand der Harnblase** sichergestellt. Durch den normalerweise **höheren Druck im Inneren der Harnblase** und in der Muskulatur der Blasenwand wird der intramurale Teil des Ureters verschlossen. Nur wenn eine peristaltische Welle über den Ureter verläuft und die Harnblase erreicht, wird für kurze Zeit der Ureter entfaltet und eine kleine Menge Harn in die Blase gespritzt.

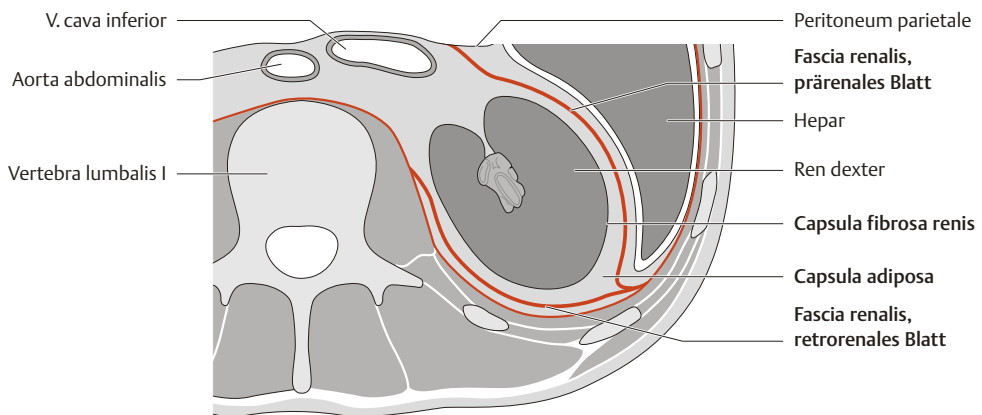


Abb. 6.18 Nierenlager und Nierenhüllen. Horizontalschnitt durch das Abdomen ca. in Höhe von LWK I/II, Ansicht von kranial. Die Nieren sind zunächst von einer dünnen Organkapsel umgeben (Capsula fibrosa). Zusammen mit den Nebennieren wird sie von der Nierenfettkapsel (Capsula adiposa) umschlossen, welche dorsal der Nieren stärker ausgepägt ist als ventral. Die Capsula adiposa wird von der Nierenfaszie (Fascie renalis) eingefasst (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

? Welche Vorgänge laufen bei der Miktion ab?

Ab einer bestimmten **Füllung der Harnblase** (meist ab 200 ml) tritt Harndrang auf: Über Dehnungsrezeptoren der Harnblasenwand wird ein **vegetativer Reflexbogen** im sakralen **Parasympathikus** (S2–S4) aktiviert. Dieser steigert den Muskeltonus des (parasymphatisch innervierten) **M. detrusor vesicae**. Zusätzlich werden durch das übergeordnete **Miktionszentrum** im Hirnstamm folgende Mechanismen eingeleitet:

- Erschlaffung des **M. sphincter urethrae internus** (Hemmung des Sympathikus)
- Erschlaffung des **Beckenbodens**, wodurch die Harnblase tiefer tritt
- Erschlaffung des willkürlich innervierten **M. sphincter urethrae externus**
- Ein besonderer Teil der Blasenmuskulatur zieht als **M. retractor uvulae** die **Uvula vesicae** aus dem Harnröhreneingang zurück und erleichtert so die Entleerung. Zudem verkleinert sich durch die Kontraktion der Harnblasenwand der Querdurchmesser der Harnblase, und der Harnblasenscheitel steigt nach kranial auf. Dadurch werden die Venen im parazytischen Raum nicht mehr komprimiert und die Venengeflechte, die am Verschluss des Harnblasenausgangs beteiligt sind, entleeren sich.

? Wie ändert sich die Lage des Uterus im Tagesablauf?

Der Uterus ist durch seinen Halteapparat nur locker fixiert, daher kann es während des normalen Tagesablaufs zu erheblichen Lageveränderungen kommen. So führt die zunehmende **Füllung der Harnblase** zu einer Verminderung der Anteversio und Anteflexio des Uterus. Füllen

sich Harnblase und Rektum gleichzeitig, kann der gesamte Uterus nach kranial aufsteigen. Auch die **Körperlage** beeinflusst den Uterus. Im Stehen drücken die Eingeweide ihn nach unten, beim Liegen auf der Seite verlagert sich die Längsachse des Uterus aus der Medianebene im Sinne einer Dextro- oder Sinistropositio.

? Welche Größenveränderungen macht der Uterus im Laufe einer Schwangerschaft durch?

Der **Fundus** der Gebärmutter überschreitet bis zum **3. Schwangerschaftsmonat** den kranialen Rand der **Symphyse** nicht, im Verlauf des **6. Monats** erreicht er den **Nabel**, im **9. Monat** den **Rippenbogen**. Mit Beginn des **10. Monats** senkt sich der Fundus uteri wieder etwas.

? Von welchen Strukturen wird der Douglas-Raum bei der Frau begrenzt?

Der Douglas-Raum der Frau (**Excavatio rectouterina**) ist eine Bauchfelltasche **zwischen** dem **Uterus** als ventraler Begrenzung und der Vorderseite des **Rektums** als dorsaler Begrenzung. Da der Douglas-Raum weit nach kaudal reicht, ist auch das **hintere Scheidengewölbe** an der Bildung der ventralen Grenze beteiligt. Die seitliche Grenze gegenüber dem restlichen Peritonealraum des kleinen Beckens wird **beidseitig** durch die **Plica rectouterina** gebildet. Dies sind schräg angeordnete Peritonealfalten, die vom Rektum zum Isthmusbereich des Uterus ziehen.

Bei der stehenden Frau ist der tiefste Punkt der Excavatio rectouterina (und gleichzeitig auch ihre dünnste Stelle) der Bereich, der dem hinteren Scheidengewölbe anliegt (Abb. 6.19).

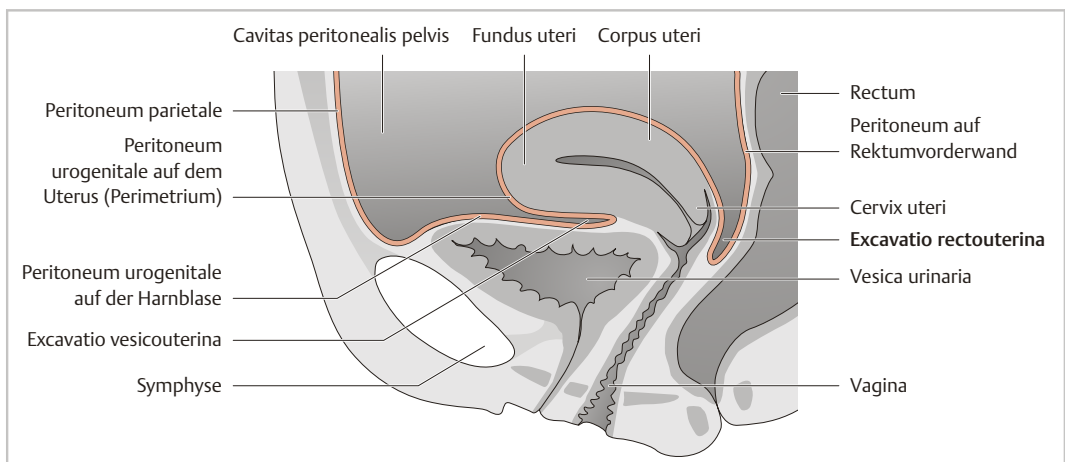


Abb. 6.19 Sagittalschnitt durch das weibliche Becken. Ansicht von links. Das Peritoneum ist farbig markiert. Zwischen Uterus und Rectum ist die Excavatio rectouterina gut zu erkennen (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus Lern-Atlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

KLINIK. Vom hinteren Scheidengewölbe aus kann der **Douglas-Raum** leicht punktiert werden. Zudem kann aufgrund der engen Lagebeziehung über eine **Vaginalsonografie** beurteilt werden, ob sich Flüssigkeit (Blut oder Sekret im Rahmen einer Entzündung) im Douglas-Raum befindet.

? * Über welche Lymphbahnen können sich beim Hodenkarzinom Metastasen bilden?

Die Lymphe des Hodens gelangt über die Lymphbahnen des Samenstrangs und die Nodi lymphoidei iliaci zu den **Nodi lymphoidei lumbales**. Die Nodi lymphoidei inguinales hingegen gehören **nicht** zu den normalen Metastasierungswegen eines Hodenkarzinoms.

KLINIK. Durch den Hodendeszenus bedingt, stammen alle Leitungsbahnen des Hodens aus der **Lumbalregion**. Die ersten **Metastasen** bei Hodentumoren finden sich dementsprechend im **Retroperitonealraum**. Bei Verdacht auf einen Hodentumor darf **keine transskrotale Biopsie** entnommen werden, da sonst entartete Zellen über das Skrotum (Hodensack), dessen Lymphe in die Leistenlymphknoten drainiert, zusätzlich in die Leistenregion verschleppt werden können.

? Nennen Sie die einzelnen Bestandteile des Samenstrangs.

Der Samenstrang (**Funiculus spermaticus**) verbindet den Hoden mit der Bauchhöhle (Abb. 6.20). Seine Hüllen von außen nach innen sind:

- **Fascia spermatica externa**
- **M. cremaster**
- **Fascia spermatica interna**

Im Samenstrang verlaufen folgende Strukturen (Abb. 6.20):

- **Ductus deferens** (Samenleiter)
- **M. cremaster:** Abspaltung des M. obliquus internus abdominis und des M. transversus abdominis
- **Arterien:** A. testicularis aus der Aorta abdominalis, A. ductus deferentis aus der A. iliaca interna, A. cremasterica aus der A. epigastrica inferior
- **Venen:** Das venöse Blut aus Hoden und Nebenhoden fließt über den Plexus pampiniformis (rankenförmiges Venengeflecht) in Richtung Bauchhöhle. Aus diesem geht die V. testicularis hervor. Diese mündet rechts direkt in die V. cava inferior, links in die V. renalis sinistra. Die Funktion des Plexus pampiniformis besteht wahrscheinlich darin, das in Richtung Hoden fließende arterielle Blut vorzukühlen. Die Spermienreifung erfordert eine Temperatur, die unter der Körperkerntemperatur liegt.

- **Nerven:** R. genitalis des N. genitofemoralis, N. ilioinguinalis (im proximalen Teil), Pl. testicularis (vegetatives Nervengeflecht), das mit der A. testicularis zum Hoden und Nebenhoden verläuft
- **Lymphbahnen:** Sie ziehen zu den lumbalen Lymphknoten.

KLINIK. Eine krampfaderartige Erweiterung des Plexus pampiniformis (**Varikozele**) sollte diagnostisch abgeklärt werden. Sie kann (v.a. links) durch einen (in die V. renalis) einwachsenden **Nierentumor** bedingt sein und damit zu einer venösen Abflussstörung führen (Abfluss der V. testicularis sinistra in die V. renalis sinistra!), die sich als Varikozele links äußert. NB: Die V. testicularis dextra hingegen mündet direkt in die V. cava inferior. Zum anderen kann eine durch die Varikozele bedingte veränderte Blutzirkulation zu einer reduzierten Spermienbildung und damit zu **Unfruchtbarkeit** führen.

? Worin besteht die Funktion der Bläschendrüse?

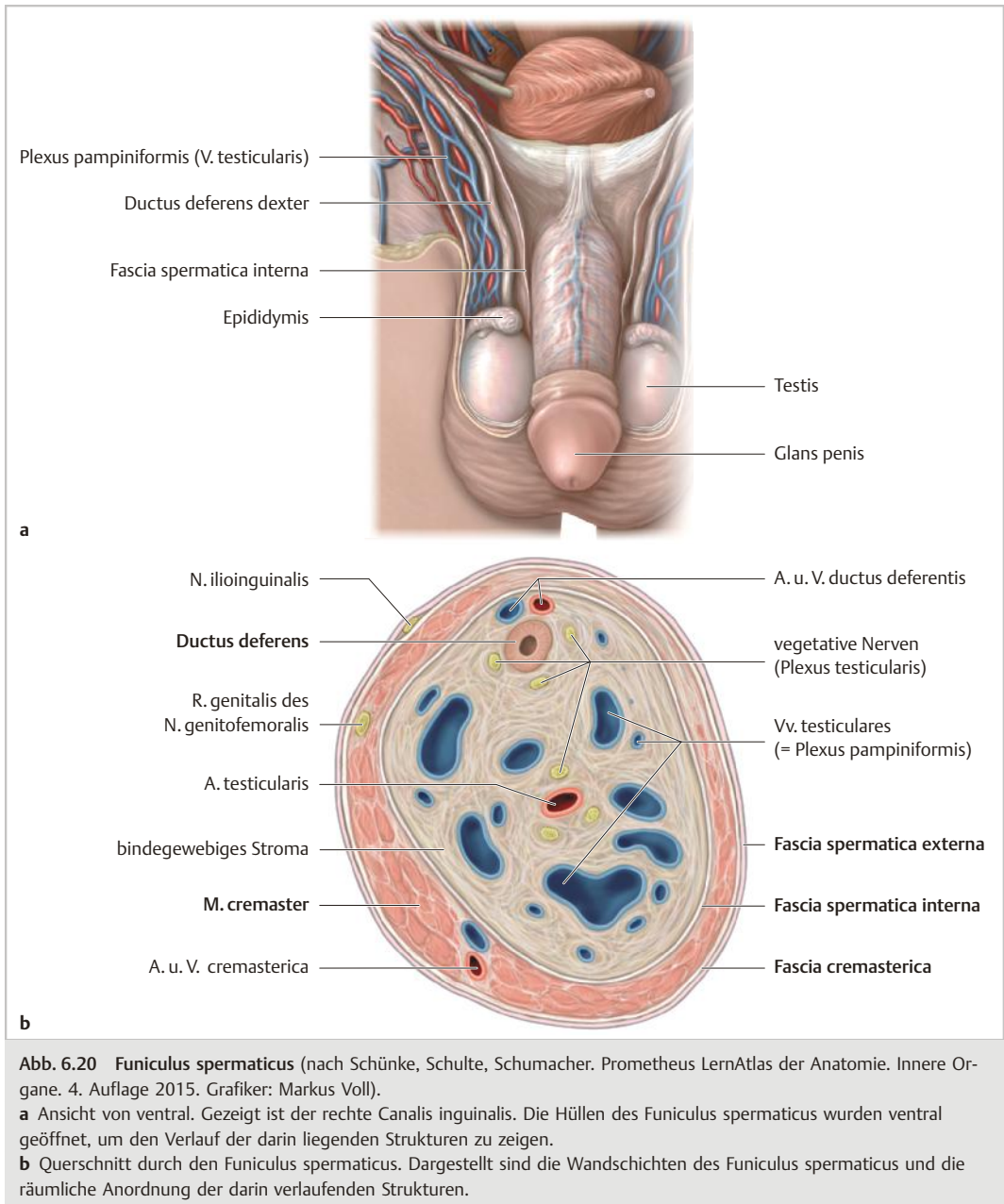
Die **paarige** Bläschendrüse (**Glandula vesiculosa**) produziert ein **alkalisches visköses Sekret**, das die Hauptmasse (ca. **70%**) des Ejakulats ausmacht. Ein wichtiger Bestandteil des Sekrets ist **Fruktose**, die von den Spermien als Energielieferant verwendet wird. Jede Bläschendrüse besteht aus einer einzelnen aufgewundenen Drüse (ca. 15 cm lang).

Bei der Ejakulation wird durch Aktivierung des Sympathikus die Muskulatur in der Wand der Bläschendrüse zur Kontraktion gebracht und damit das Sekret in die Urethra gespritzt. Der veraltete Begriff „**Samenblase**“ ist irreführend, da im Inneren der Samenblase nur wenige Spermien zu finden sind, die wahrscheinlich über den Ductus deferens dorthin gelangt sind. Die Samenblase ist also **kein Speicherorgan** für Spermien; dies ist eine Funktion des Nebenhodens.

? Welche Engstellen sind im Verlauf der Urethra masculina beim Katheterisieren zu beachten?

Die **Urethra masculina** hat folgende Engstellen (Abb. 6.21):

- **Ostium urethrae externum:** Dies ist die erste Engstelle; sie befindet sich an der äußeren Öffnung der Harnröhre an der Spitze der Glans penis.
- **Pars membranacea:** Dies ist die **engste Stelle** der männlichen Harnröhre; sie befindet sich am Durchtritt durch den Beckenboden. Hier liegt der **M. sphincter urethrae externus**, der willkürlich relaxiert werden kann.
- **Ostium urethrae internum:** Dies stellt die letzte Engstelle dar. Hier mündet die Urethra in die Harnblase (**Pars intramuralis**).
- **Curvatura praepubica:** Hierbei handelt es sich um eine **Biegung** innerhalb der Pars spongiosa. Sie ist nach ventral und kranial konvex. Sie stellt **keine eigentliche Eng-**



stelle dar, muss aber beim Katheterisieren dennoch berücksichtigt werden: Sie kann durch Anheben des Penis ausgeglichen werden.

- **Curvatura infrapubica:** Auch hierbei handelt es sich um eine **Biegung** der männlichen Harnröhre am Übergang der Pars membranacea in die Pars spongiosa. Zum Aus-

gleich der Biegung wird der Penis nach Überwinden der Curvatura praepubica vorsichtig nach unten zwischen die Beine des Patienten gezogen.

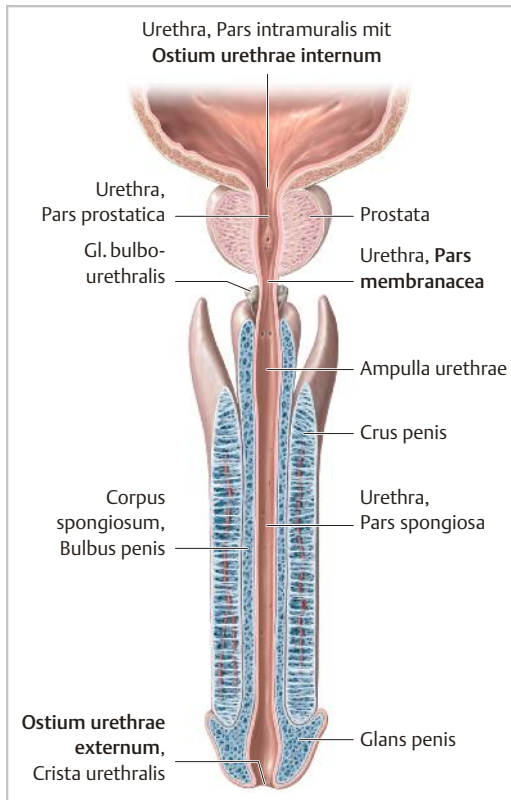


Abb. 6.21 Verlauf der Urethra masculina. Urethra in ganzer Länge aufgeschnitten und ohne Krümmungen dargestellt (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

? Welche Mechanismen laufen bei der Erektion ab?

Bei der Erektion füllen sich die Schwellkörper des Penis unter dem Einfluss des **Parasympathikus** mit Blut, während die Ejakulation unter sympathischem Einfluss steht. Die Erektion läuft in den Corpora cavernosa und im Corpus spongiosum unterschiedlich ab:

- In den **Corpora cavernosa** kommt es durch die Aktivierung parasympathischer Fasern zu einer **Vasodilatation** der **Aa. helicinae**. Dadurch fließt vermehrt Blut aus der A. profunda penis in die Kavernen des Schwellkörpers hinein. Gleichzeitig erschlafft die glatte Muskulatur in den Trabekeln und Trennwänden der kavernen Hohlräume. Dadurch kommt es zu einer Ausweitung der Kavernen. Die **Drucksteigerung in den Corpora cavernosa** führt zu einer **Spannung der Tunica albuginea** und der **tiefen Penisfaszie**. Dadurch werden **Venen abgekllemmt**, die diese bindegewebigen Hüllen schräg durchsetzen. Die Erektion der Corpora cavernosa ist

demnach durch eine **Kombination** der Öffnung des **arteriellen Zustroms** und des Verschlusses des **venösen Abflusses** gekennzeichnet.

- Im **Corpus spongiosum** fehlt die Öffnung des arteriellen Zustroms, die geringe Schwellung ist primär durch eine venöse Stauung bedingt. Eine stärkere Schwellung des Corpus spongiosum würde die Urethra abklemmen und so die Ejakulation behindern.

? Da es eine A. pudenda int. gibt, wird auch eine A. pudenda externa vorhanden sein. Wo befindet sich die letztere Arterie?

Die **A. pudenda externa** entspringt aus der **A. femoralis** direkt distal vom Leistenband auf der Höhe des Abgangs der A. epigastrica superficialis. Die Arterie zieht nach medial und versorgt die **Haut** im Bereich der ventralen **äußeren Geschlechtsorgane** (Mons pubis, Labia majora, Skrotum, Peniswurzel).

? Welche praktische Bedeutung hat der unterschiedliche Verlauf der linken und rechten V. testicularis beim Mann?

Die beiden **Vv. testiculares** sind die Fortsetzung des **Plexus pampiniformis**. Die **rechte V. testicularis** durchsetzt den Leistenkanal, **überkreuzt** die **A. iliaca externa** und den **Ureter** und mündet **spitzwinklig** in die **V. cava inferior** direkt kaudal der rechten V. renalis. Die **linke V. testicularis** unterscheidet sich in ihrem Verlauf in zwei Punkten vom Verlauf der rechten V. testicularis (Abb. 6.22):

- Sie **unterkreuzt** das Sigmoid.
- Sie mündet nicht in die V. cava inferior, sondern **rechtswinklig** in die **linke Nierenvene**.

Insgesamt ist der **Abfluss** über die **linke V. testicularis** im Vergleich zur rechten Seite **erschwert**. Dabei spielen die größere Länge, die Kompression durch das Sigmoid und die rechtwinklige Einmündung in die V. renalis eine Rolle, die hämodynamisch ungünstiger ist.

Diese Faktoren werden als eine der Ursachen dafür angesehen, dass auf der **linken Seite** eine Erweiterung des Plexus pampiniformis (**Varikozele**) **häufiger** ist als rechts.

? Nennen Sie einige kavokavale Anastomosen.

Kavokavale Anastomosen sind dann funktionell von Bedeutung, wenn die V. cava inferior oder superior verschlossen ist. Über die Anastomose kann das venöse Blut durch die nicht blockierte V. cava zum Herzen zurückfließen. Folgende Anastomosen sind **von Bedeutung**:

- V. cava inf. – Vv. lumbales – V. lumbalis asc. – **V. azygos (rechts) oder hemiazygos (links)** – V. cava sup.
- V. cava inf. – V. iliaca ext. – **V. epigastrica inf. (in der Rektusscheide)** – **V. epigastrica sup.** – V. thoracica int. – V. brachiocephalica – V. cava sup.

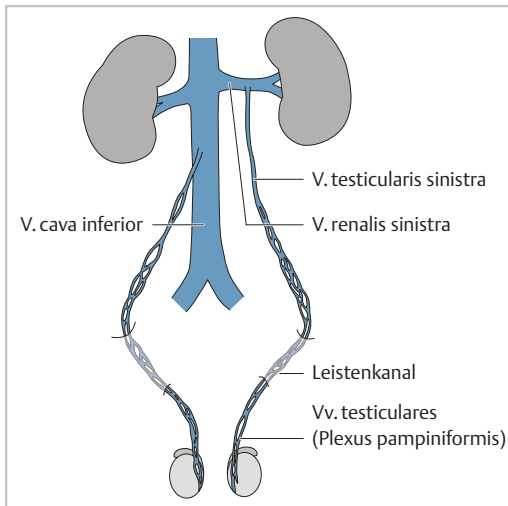


Abb. 6.22 Unterschiedlicher venöser Abfluss des rechten und linken Hodens. Das venöse Blut aus Hoden und Nebenhoden fließt im Bereich des Mediastinum testis in die Vv. testiculares. Die rechte V. testicularis mündet in die V. cava inferior, während die linke in die V. renalis sinistra mündet (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

- V. cava inf. – V. iliaca ext. – V. femoralis – **V. epigastrica superficialis** – **V. thoracoepigastrica** – V. axillaris – V. brachiocephalica – V. cava sup.
- V. cava inf. – V. iliaca int. – Plexus venosus sacralis – **Plexus venosus vertebralis ext. und int.** – V. azygos oder hemiazygos – V. cava sup.

? Worauf ist die Ausbildung portokavaler Anastomosen ursächlich zurückzuführen und welche Verbindungen kennen Sie?

Portokavale Anastomosen sind teils präformiert, teils bilden sie sich erst unter dem Einfluss einer **Abflussstörung in der Leber**. Häufige Ursache für eine Störung des Abflusses des portalen Venenbluts in die Lebervenen ist eine **Leberzirrhose**. Wichtige Anastomosen sind (Abb. 6.23):

- V. portae – V. gastrica sin. – **Vv. oesophageales** – V. azygos/hemiazygos – V. cava sup.
- V. portae – Vv. paraumbilicales (begleiten das Lig. teres hepatis) – **V. epigastrica sup.** – **V. thoracica int.** – V. subclavia – V. cava superior **oder** V. portae – Vv. paraumbilicales (begleiten das Lig. teres hepatis) – V. epigastrica inf. – V. iliaca ext. – V. cava inf.
- V. portae – V. mesenterica sup. und inf. – Vv. colicae – **Vv. lumbales ascendentes** – V. azygos/hemiazygos – V. cava sup. **oder** von den **Vv. lumbales ascendentes** über Kurzschlüsse zur V. cava inf.

- V. portae – V. mesenterica inf. – **V. rectalis sup.** – **Vv. rectales media/inf.** – V. iliaca int. – V. cava inf.
- Bei starken Druckerhöhungen in den parumbilicalen Venen können Verbindungen zu den Venen der **vorderen Bauchhaut geöffnet** werden; der Abfluss erfolgt dann über die **V. epigastrica superficialis** in die V. iliaca ext. und V. cava inf. **oder** über die **V. thoracoepigastrica** in die V. axillaris und V. cava superior. (Nicht in der Abbildung dargestellt.)

KLINIK.

1. Durch Druckerhöhung in den Vv. oesophageales können **Ösophagusvarizen** mit der Gefahr lebensgefährlicher Blutungen entstehen.
2. Bei starker **Erweiterung der parumbilicalen und der Hautvenen** spricht man vom sogenannten **Medusenhaupt (Caput medusae)**. Die Venen der Bauchhaut laufen dann extrem erweitert und geschlängelt etwa radiär auf den Nabel zu.

? Über welche Mechanismen kann es bei einer Leberzirrhose zu einer Bauchwassersucht (Aszites) kommen?

Die wichtigste hämodynamische Auswirkung der Leberzirrhose ist eine **Erhöhung des Strömungswiderstandes** für das Portalvenenblut. Das Blut aus den unpaaren Bauchorganen staut sich vor der Leber, es entwickelt sich eine **portale Hypertension**. Durch Rückstau in die V. mesenterica sup. und inf. **steigt der intravasale Druck** in den venösen Schenkeln der Kapillaren des Darmbereichs. Deswegen wird ein **geringerer Teil der Flüssigkeit**, die aus dem arteriellen Schenkel der Kapillaren abfiltriert wird, in den venösen Kapillarschenkel **reabsorbiert**. Diese vermehrte Flüssigkeit im Peritonealraum kann nur bis zu einer gewissen Maximalmenge über die Lymphgefäße abtransportiert werden. Ist diese Maximalmenge überschritten, so sammelt sich die **Flüssigkeit frei im Peritonealraum** an und es entwickelt sich ein **Aszites**. Hinzu kommt, dass bei Leberzirrhose oft die **Bluteiweiße vermindert** sind. Dies steigert über die **Verminderung des onkotischen (kolloidosmotischen) Druckes** im Blut die Aszitesneigung.

? Welche Vorstellungen verbinden Sie mit dem Begriff „Meso“?

Unter einem Meso versteht man eine **Bauchfeldduplikatur**, die sich von der Wand der Leibeshöhle auf ein inneres Organ umschlägt. In einer frühen Entwicklungsphase besaßen die Organe des Magen-Darm-Trakts ein **Mesenterium dorsale** und ein **Mesenterium (oder Mesogastrium) ventrale**. Später ist das Mesenterium ventrale zurückgebildet worden, sodass der Darmtrakt an den Stellen, wo er intraperitoneal liegt, nur noch eine Meso-Verbindung mit der **dorsalen Bauchwand** hat. Das Meso stellt die **Verbindung zwischen dem parietalen und dem viszeralen Peritoneum** her; in ihm verlaufen die **Gefäße, Nerven und**



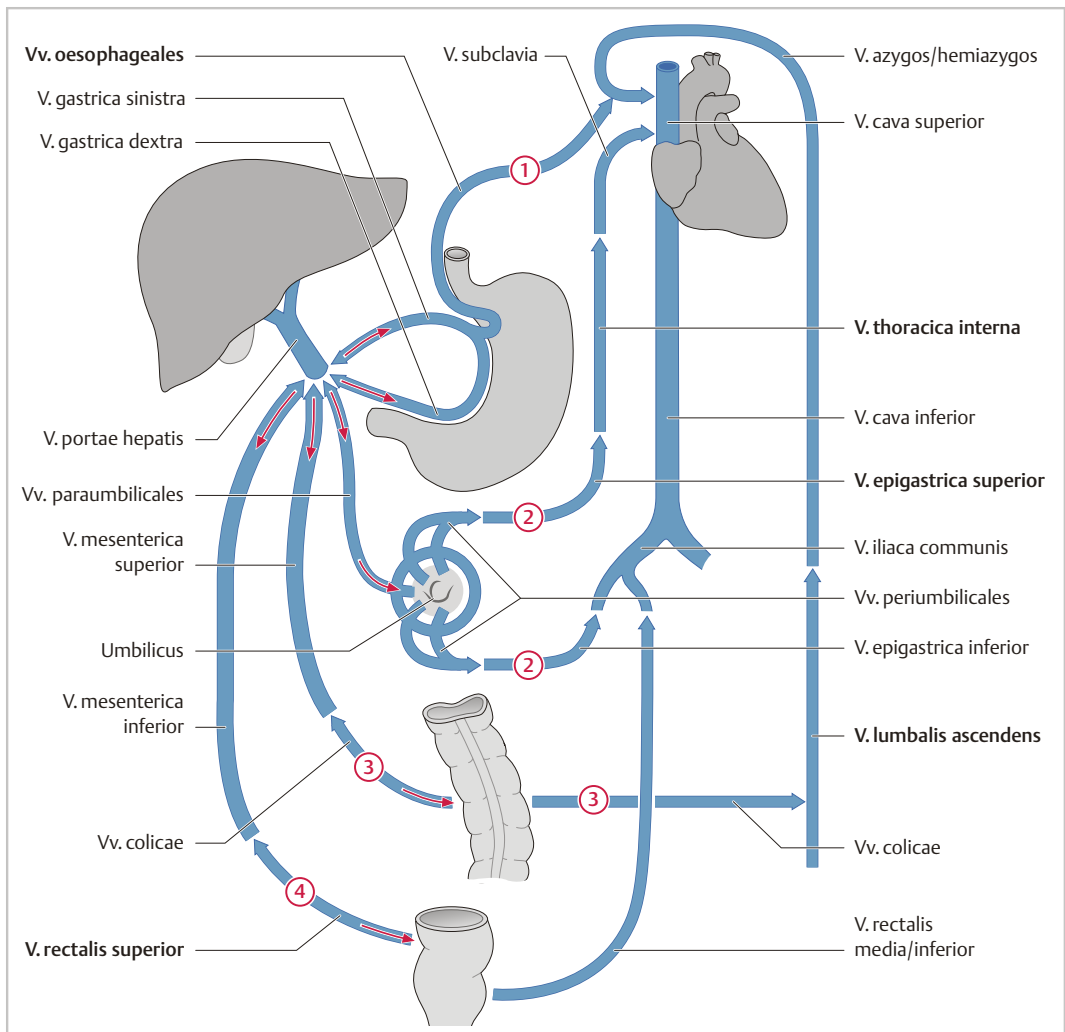


Abb. 6.23 Mögliche portokavale Anastomosen. Die Beschreibungen der Anastomosen 1–4 finden sich im Text (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

Lymphbahnen zu den inneren Organen. Das Meso hat daher nicht nur eine **Haltefunktion**, sondern dient auch als **Versorgungsstraße**.

? Welche Funktionen hat das Omentum majus?

Das Omentum majus ist eine **Bauchfeldduplikatur**, die wie eine Schürze von der großen Magenkurvatur ausgehend vor den Baueingeweiden hängt. Das große Netz ist stark **vaskularisiert** und hat eine Vielzahl von **Lymphgefäßen**. Aus diesen Merkmalen resultieren seine **Hauptaufgaben**:

- **Regulierung des Flüssigkeitsgehalts** im Peritonealspalt. Hierbei sind Resorptions-, Filtrations- und Sekretionsvorgänge von Bedeutung, die das Omentum majus

wegen seiner großen Oberfläche sehr effektiv erfüllen kann.

- **Bekämpfung von Entzündungsprozessen.** Das große Netz enthält viele Lymphozyten und Makrophagen, die bei der Abwehr von bakteriellen Infektionen im Bauchraum eingesetzt werden. Am Ort der Infektion kann es zu makroskopisch sichtbaren Ansammlungen von Lymphozyten kommen (sogenannte **Milchflecken**). Die Serosa des Omentum majus verklebt oft mit den entzündeten Eingeweidebereichen.
- **Speicherung von Fett.** Neben dem Unterhautfettgewebe ist das Omentum majus eines der größten Depots für die Anlage von Speicherfett. Es hat dann nicht mehr das Aussehen eines Netzes, sondern das einer massiven

Schicht von Fettgewebe. Dadurch dient es auch als **mechanischer Schutz und thermische Isolation**.

KLINIK. Im Rahmen von **Entzündungsprozessen** im Bauchraum kann es zu **Verklebungen** des Omentum majus mit einzelnen Darmabschnitten kommen. Diese Verklebungen werden später bindegewebig organisiert und führen so zur Ausbildung von bindegewebigen Strängen. Dies kann die Ursache für einen **Darmverschluss** sein (**Bridenileus**). Gelangen Bakterien in die Bauchhöhle (z. B. durch eine Perforation der Appendix oder anderer Darmabschnitte), so kann es durch die Ausbreitung der Bakterien zu einer Entzündung des Bauchfells (**Peritonitis**) kommen, die zu einer lebensbedrohlichen **Sepsis** („Blutvergiftung“) führen kann (das Omentum majus nimmt dabei durch seine **große Resorptionsfläche** große Mengen an Bakterien und Bakterientoxinen auf, die so in die Blutbahn gelangen).

? Welche Strukturen verlaufen in den Plicae umbilicales der vorderen Bauchwand?

Man unterscheidet folgende **Plicae umbilicales** (Abb. 6.24):

- Eine **unpaare Plica umbilicalis mediana**, die vom Apex der Harnblase zum Nabel zieht. Sie enthält den obliterierten Urachusgang, der im Embryonalzustand eine Verbindung zwischen Nabel und Allantois (einem Teil der embryonalen Kloake) herstellt.
- Die zwei **Plicae umbilicales mediales** liegen lateral der Plica umbilicalis mediana. Sie enthalten die **obliterierten Aa. umbilicales**, von denen kurz vor dem Eintritt in die Plica die Aa. vesicales superiores abgehen.

- Die zwei **Plicae umbilicales laterales** erreichen den Nabel nicht. In ihnen verlaufen die **Vasa epigastrica inferiora**, die unterhalb des Nabels in der Rektusscheide verschwinden, wo sie **dorsal vom M. rectus abdominis** nach kranial ziehen.

? Wie ist die segmentale Innervation der ventralen Bauchwand angeordnet?

Die sensible Innervation der Haut der vorderen Bauchwand erfolgt hauptsächlich über **Rr. ventrales der Spinalnerven der unteren Thorakalsegmente**:

- Der **Nabel** als markanter Orientierungspunkt an der vorderen Bauchwand befindet sich ungefähr an der Grenze der **Segmente Th9 und Th10 oder im Segment Th10 selbst**.
- Das Segment **Th12** versorgt einen streifenförmigen Bereich **oberhalb** und etwa **parallel** zur **Leistengegend**.
- Das **Leistenband** selbst mit der umgebenden Haut wird bereits vom **Spinalnerv L1** versorgt.

KLINIK. Beim isolierten Ausfall eines Rückenmarksegments kommt es **nicht** zu einer **Anästhesie** des entsprechenden Dermatoms, sondern **nur** zu einer **Hypästhesie**. Der Grund dafür ist, dass jedes Dermatom überlappend von den beiden benachbarten Segmenten mitversorgt wird.

? Was verstehen Sie unter einer Head-Zone?

Eine **Head-Zone** ist ein spontan schmerzhaftes oder bei Berührung überempfindliches Areal der äußeren Haut bei Erkrankung innerer Organe. Head-Zonen sind **Aus-**

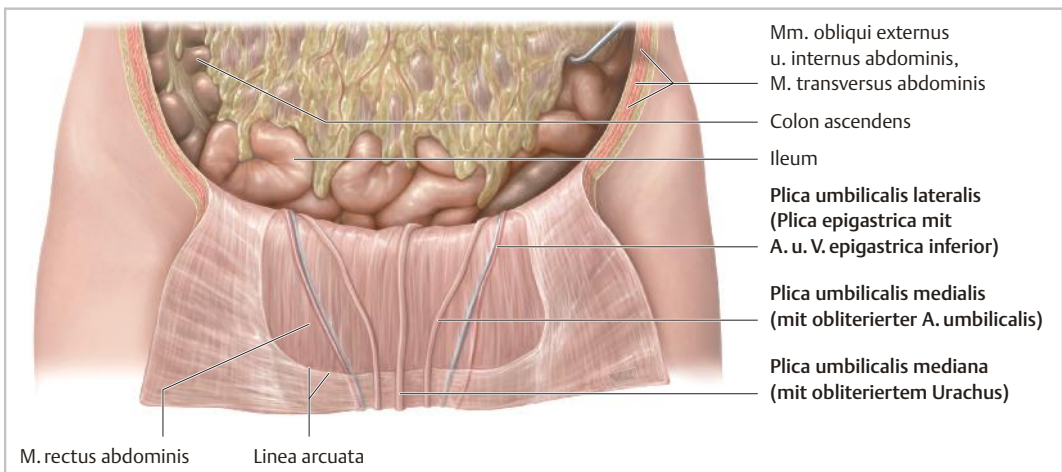


Abb. 6.24 Plicae umbilicales. Zu sehen ist die unpaare Plica umbilicalis mediana, lateral davon die paarigen Plicae mediales und noch weiter lateral die Plicae umbilicales laterales (nach Schönke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).



druck einer Schmerzübertragung aus den Eingeweiden in die Haut. Aus der Lokalisation des betroffenen Hautgebiets lässt sich mit gewissen Einschränkungen auf das erkrankte innere Organ schließen, da sich die **Head-Zonen oft in dem Dermatome befinden, dessen zugehöriges Rückenmarksegment gleichzeitig Verbindungen mit dem erkrankten inneren Organ hat.** So kommt es bei Erkrankungen des Zwerchfells, das durch den Spinalnerv C4 (N. phrenicus) innerviert wird, zu einer Head-Zone in der Haut der Akromiongegend, die sensibel über dasselbe Rückenmarksegment versorgt wird.

? * Welche Schmerzlokalisierung erwarten Sie bei einem Nierenstein im Vergleich zu einem Ureterstein?

Bei einem Nierenstein treten typischerweise relativ **schlecht lokalisierte Schmerzen in der Nierengegend** auf, die als übertragene Schmerzen in den **Unterbauch und den Rücken ausstrahlen** können. Die **Nierenlager** sind **klopfempfindlich**.

Bei einem **Ureterstein** bestehen eher **laterale Bauchschmerzen**, die bei der Frau in die **Labia majora**, beim Mann in das **Skrotum** ausstrahlen.

? Welche Strukturen können bei Mann und Frau mit der rektalen Untersuchung erreicht werden?

Bei beiden Geschlechtern lässt sich durch die rektale Tastuntersuchung der Zustand des **Rektums selbst** (z.B. bei Verdacht auf Rektumkarzinom) und ein großer Teil der **Wandung des kleinen Beckens** untersuchen.

Beim **Mann** lassen sich vom Rektum aus Konsistenz und Größe der **Prostata** beurteilen, zusammen mit den dort einmündenden **Bläschendrüsen** und der dorsalen Wand der **Harnblase**.

Bei der Frau können vom Rektum aus die **dorsale Vaginalwand** und in Grenzen auch die **Cervix uteri** palpiert werden. Darüber hinaus kann beurteilt werden, ob im **Douglas-Raum (Excavatio rectouterina)** palpable Veränderungen zu finden sind.

? Welche Organe überkreuzt die Wurzel des Mesocolon transversum?

Die Wurzel des **Mesocolon transversum überkreuzt** folgende Organe (Abb. 6.25):

- Sie beginnt an der **rechten Niere** in Höhe des Hilus.
- Sie zieht dann über die **Pars descendens duodeni** nach links.
- Anschließend verläuft sie am unteren Rand des **Pankreasschwanzes**.
- Sie überkreuzt die **Vorderfläche der linken Niere**.
- Sie endet etwa in der Höhe des unteren **Milzpols**.

? Welche klinische Bedeutung haben die Recessus der Peritonealhöhle?

Recessus sind **Bauchfelltaschen**, die sich zwischen intraperitoneal gelegenen Organen oder am Übergang des parietalen zum viszerale Peritoneum befinden. Sie haben allgemeine **Bedeutung** als:

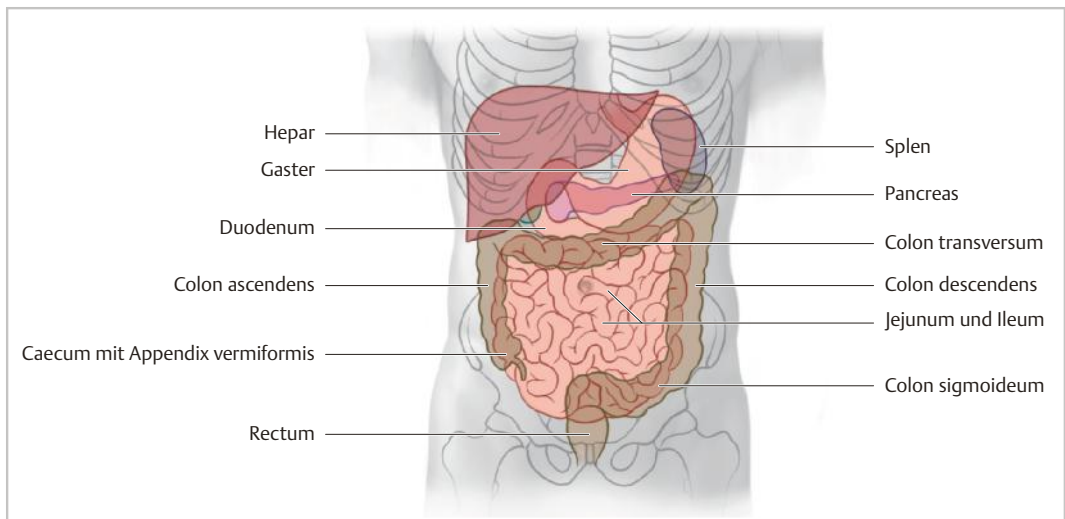


Abb. 6.25 Projektion der Organe auf die ventrale Rumpfwand. Die Projektion von Organen auf die Rumpfwand ist abhängig von Körperlage, Alter, Konstitutionstyp, Geschlecht, Ernährungszustand und Atemlage. Die gezeigte Darstellung dient also nur zur Orientierung. Gut zu erkennen ist der Verlauf des Colon transversum, welches verschiedene Organe überkreuzt (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

- Ausbreitungswege für **Entzündungen** und **Blutungen** und Absiedlungen bösartiger Tumoren (**Metastasen**)
- Sie können die Ursache **innerer Hernien** sein, wenn Dünndarmschlingen in die Recessus hineingleiten und sich dort einklemmen.

? Schildern Sie die Begrenzungen der Bursa omentalis.

Die **Bursa omentalis** ist ein etwa frontal gestellter **Spalt-raum** (Abb. 6.26). Folgende Strukturen sind an ihrer Begrenzung beteiligt:

- **Vorderwand:** Magen, **Omentum minus**, **Lig. gastrocolicum**, **Lobus caudatus** der Leber. Eine der Aufgaben der Bursa omentalis besteht darin, dem Magen die nötige Bewegungsfreiheit bei Volumenänderungen zu erlauben.
- **Hinterwand:** Sie wird im kaudalen Teil durch das **Pankreas** und im kranialen Teil durch die **linke Niere und Nebenniere** sowie die obere **Aorta abdominalis** gebildet.
- Die Abgrenzung **nach links** erfolgt vorwiegend durch das **Lig. gastrophrenicum** und **gastrosplenicum** (gastrolienale).
- **Nach rechts:** **V. cava inferior**
- Im **Dach** der Bursa omentalis befindet sich der **Ösophagus**.
- Der **Boden** ist durch das **Mesocolon transversum** definiert.

? Welche Recessus des Bauchfells kennen Sie im Unterbauch?

Der **Unterbauch** ist definiert als der Bereich der Peritonealhöhle, der **kaudal vom Mesocolon transversum** liegt. Hier befinden sich folgende Recessus (Abb. 6.27):

- **Recessus duodenalis superior und inferior:** Diese Recessus befinden sich an der Flexura duodenojejunalis und bilden Taschen, die nach rechts hinter das Duodenum ziehen.
- **Recessus ileocaecalis superior und inferior:** Diese Bauchfelltaschen befinden sich am Übergang des Ileums in das Zäkum, jeweils kranial und kaudal vom Ileum.
- **Recessus retrocaecalis:** Es handelt sich um eine Tasche zwischen der Dorsalwand des Zäkums und der hinteren Bauchwand.
- **Recessus intersigmoideus:** Diese Tasche befindet sich im Bereich des Mesocolon sigmoideum, und zwar in seinem etwa horizontal verlaufenden Teil. Der Eingang in diesen Recessus ist nach kaudal offen.
- **Recessus paracolic** (auch Sulci paracolic): Beidseits lateral des Colons (ascendens und descendens) liegen die **parietokolischen Spalträume**.
- **Mesenterokolischer Spalt:** Dieser Recessus liegt rechts zwischen Radix mesenterii und Colon ascendens und links zwischen Radix mesenterii und Colon descendens/sigmoideum.

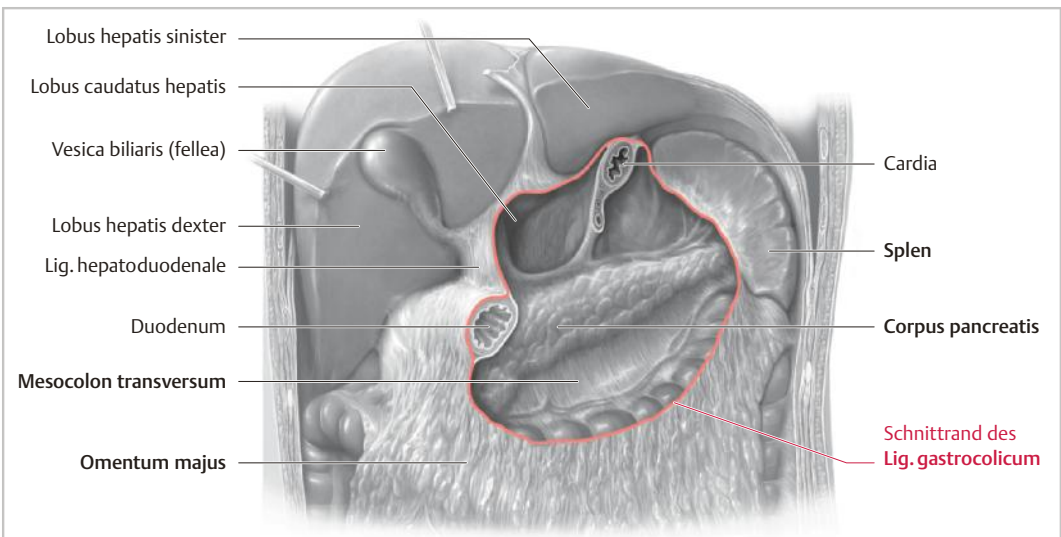


Abb. 6.26 Bursa omentalis im Frontalschnitt. Die Bursa omentalis ist der größte Spalt-raum des Peritonealraums. Sie liegt hinter Omentum minus und Magen (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).



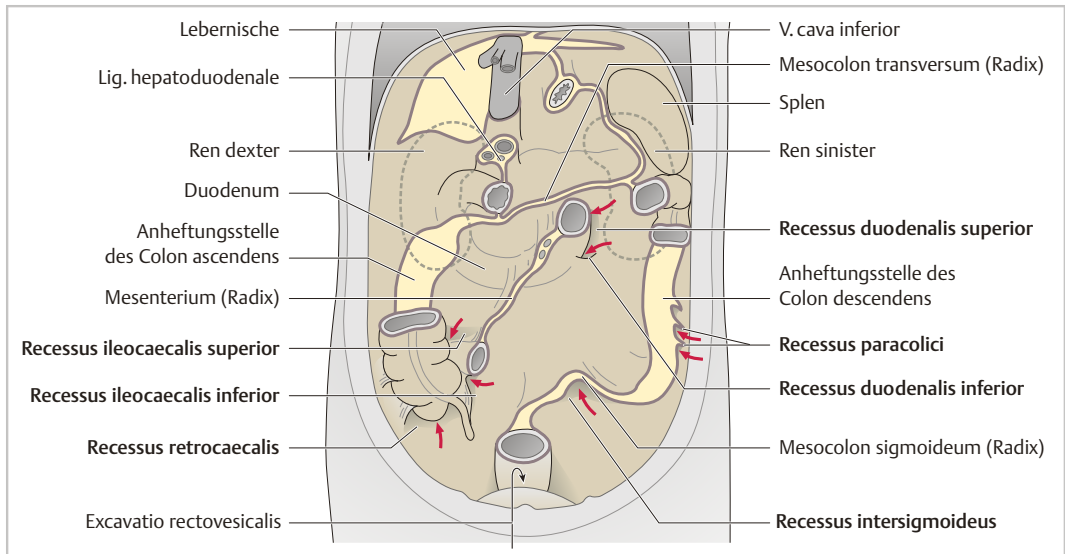


Abb. 6.27 Recessus innerhalb der Peritonealhöhle. Sicht von ventral auf die dorsale Wand der Peritonealhöhle. Durch die Mesenterialwurzeln und die Anheftungsstellen der Organe ergeben sich unvollständig abgegrenzte Räume (Recessus oder Sulci). In diesen Räumen kann die Peritonealflüssigkeit, die vom Peritonealepithel abgegeben wird (Transsudation), frei strömen (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).



? Was verstehen Sie unter dem Extraperitonealraum?

In der Regel wird der Begriff extraperitoneal im Sinne von „außerhalb der Bauchhöhle gelegen“ verwendet: **Spatium extraperitoneale**. Dabei lässt sich der Extraperitonealraum weiter untergliedern:

- Retroperitonealraum (**Spatium retroperitoneale**): Dies bezeichnet den Teil des Extraperitonealraums, der **hinter** dem (dorsal vom) Peritoneum parietale gelegen ist. Organe in diesem Raum sind ventral ganz oder teilweise von Peritoneum parietale überzogen.
- Subperitonealraum (**Spatium subperitoneale**): Dies bezeichnet den Teil des Extraperitonealraums, der **unter** dem (kaudal vom) Peritoneum parietale liegt. Organe in diesem Raum sind auf ihrer Oberseite von Peritoneum parietale überzogen.

Manchmal wird der Begriff extraperitoneal auch in dem Sinne verwendet, dass die Organe im Extraperitonealraum an **keiner Stelle Kontakt mit dem Peritoneum** haben. Organe, die diese Definition erfüllen, wären beispielsweise beim Mann die **Prostata** und bei beiden Geschlechtern der blasennahe **Anfangsteil der Urethra**.

? * Stellen Sie sich einen Frontalschnitt durch das Diaphragma urogenitale vor. Wie ist die Reihenfolge der Weichteilschichten von kaudal nach kranial? Benennen Sie die durch Buchstaben gekennzeichneten Teile in Abb. 6.28.

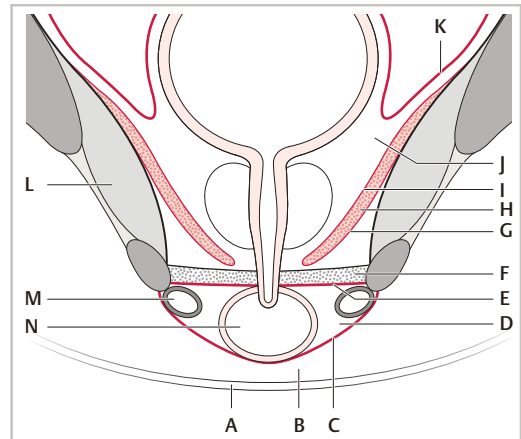


Abb. 6.28 Faszien und Bindegewebsräume des männlichen kleinen Beckens.

Die Reihenfolge der Dammschichten von **kaudal nach kranial** ist:

- A: Kutis
- B: Subkutis
- C: Fascia perinei superficialis: Sie entspricht der äußeren Körperfaszie. Diese fehlt weitgehend in der sich dorsal anschließenden Fossa ischioanal.
- D: Spatium perinei superficiale: Dies ist der Bereich zwischen der Fascia perinei superficialis und der kaudalen Faszie des Diaphragma urogenitale. Es enthält die oberflächlichen Damm-Muskeln (M. transversus perinei superficialis, M. ischiocavernosus und M. bulbocavernosus) sowie Nerven und Gefäße zu den äußeren Geschlechtsorganen.
- E: Membrana perinei: Das ist die kaudale Faszie der Muskeln des Diaphragma urogenitale.
- F: Spatium perinei profundus: Es enthält die tiefen Muskeln des Diaphragma urogenitale (M. transversus perinei profundus) und geht meist ohne begrenzende Faszie in den Bindegewebsraum im Levatortor über.
- G: Fascia diaphragmatis pelvis inferior: kaudale Faszie des M. levator ani
- H: M. levator ani
- I: Fascia diaphragmatis pelvis superior: kraniale Faszie des M. levator ani
- J: Subperitoneales Bindegewebe
- K: Peritoneum
- L: M. obturatorius internus.





Zentralnerven- system

- 7.1 Makroskopische Anatomie
- 7.2 Klinische und topografische Anatomie

7 Zentralnervensystem

7.1 Makroskopische Anatomie

7.1.1 Entwicklung

? Schildern Sie in groben Zügen die Entwicklung des Rückenmarks.

Die Entwicklung des Rückenmarks beginnt mit der Differenzierung des **Hautektoderms** zur **Neuralplatte** dorsal der Chordaplatte (spätere **Chorda dorsalis**). Die Chorda dorsalis induziert die Bildung der Neuralplatte durch Freisetzung der Proteine Chordin und Noggin. Die Neuralplatte senkt sich zur **Neuralrinne** in die Tiefe und schließt sich später zum **Neuralrohr**. An der Grenze zwischen Neuralrinne und Hautektoderm bildet sich die **Neuralleiste**. Diese enthält vorwiegend das Ausgangsmaterial für **Spinalganglien, sensible Kopfganglien und sympathische Ganglien**. Neuere Untersuchungen zeigen, dass aus dem Material der Neuralleiste auch **Schwann-Zellen, die Leptomeninx** und ein Teil des **Kopfmesenchyms** entstehen.

? Zu welchen Abschnitten des ZNS differenzieren sich die fünf sekundären Hirnbläschen?

Am kranialen Ende der Rückenmarkanlage entwickeln sich **zuerst drei primäre Hirnbläschen**, aus denen dann die **fünf sogenannten sekundären Hirnbläschen** hervorgehen. Die Hohlräume der fünf sekundären Hirnbläschen bilden später das Ventrikelsystem des Gehirns. Die verschiedenen Kerngebiete entstehen aus unregelmäßigem Dickenwachstum der Wände der Hirnbläschen. Von **rostral nach kaudal** unterscheidet man folgende **fünf sekundäre Hirnbläschen**:

- **Zwei Endhirnbläschen (Telencephalon)**: Aus deren weiten Hohlräumen entstehen später die Seitenventrikel.
- **Zwischenhirnbläschen (Diencephalon)**: Seine Wand bildet später das Diencephalon und sein Hohlraum den III. Ventrikel.
- **Mittelhirnbläschen (Mesencephalon)**: Aus ihm entwickelt sich das spätere Mesencephalon. Der Hohlraum dieses Bläschens ist sehr eng. Aus ihm geht später der Aqueductus cerebri hervor.
- **Rautenhirnbläschen (Rhombencephalon)**: Es lässt zwei Anteile unterscheiden, ein **rostrales Hinterhirnbläschen (Metencephalon)**, aus dem später Kleinhirn und Pons entstehen, und ein **kaudales Nachhirnbläschen (Myelencephalon)**, aus dessen ventralem Anteil sich die Medulla oblongata entwickelt. Der Hohlraum des Rautenhirnbläschens wird später zum IV. Ventrikel.

7.1.2 Rückenmark

? Welche makroskopischen Merkmale lässt das freigelegte Rückenmark erkennen?

Das freigelegte Rückenmark weist **ventral** die **Fissura mediana anterior** auf, die die weiße Substanz des ventralen Rückenmarks fast vollständig trennt. Lateral von dieser Fissur treten über den kaum sichtbaren **Sulcus anterolateralis** die Vorderwurzeln aus, die motorische Fasern für die Skelettmuskeln und präganglionäre sympathische Fasern enthalten. Auf der **Dorsalseite** befinden sich an entsprechender Stelle die **Sulci posterolaterales** in Form von seichten Einsenkungen parallel zur Längsachse. Direkt **medial** der Sulci treten die Hinterwurzeln ins Rückenmark ein. Sie enthalten sensible Fasern, deren Somata in den Spinalganglien liegen. Anstelle einer Fissur ist in der dorsalen Medianebene ein **Sulcus medianus posterior** vorhanden, der sich in Form eines Septums bis zum Zentralkanal fortsetzt (Abb. 7.1).

? Auf welche Weise ist das Rückenmark im Wirbelkanal aufgehängt?

Die Aufhängung und Fixierung des Rückenmarks im Wirbelkanal erfolgt **hauptsächlich** durch die **Rückenmarkshäute**:

- Die **Dura mater spinalis** ist in diesem Zusammenhang am wichtigsten, sie geht **distal von den Spinalganglien** in das Epineurium der Spinalnerven über. Die Dura teilt sich in ein äußeres Blatt (Periost des Wirbelkanals) und ein inneres Blatt (eigentliche Dura). Zwischen der Dura mater und dem Periost des Wirbelkanals befindet sich das **Cavum epidurale**, das von lockerem Bindegewebe, Fett und einem ausgedehnten Venenplexus ausgefüllt ist.
- Der Dura mater liegt innen die **Arachnoidea mater spinalis** an. Zwischen beiden besteht daher nur ein spaltförmiger Hohlraum, das **Cavum subdurale**.
- Das Rückenmark selbst ist von der **Pia mater spinalis** umgeben, die fest mit der Oberfläche des Marks verbunden ist. Von der Pia mater gehen lateral girlandenartige Stränge aus, die das Rückenmark von innen am Durasack befestigen. Diese Bindegewebsstränge bilden beim stehenden Menschen eine frontal gestellte Platte mit gezähnelten seitlichen Rändern, das **Lig. denticulatum**. Zwischen Arachnoidea und Pia mater spinalis befindet sich das **Cavum subarachnoideale** mit dem **Liquor cerebrospinalis**.

Die schwebende Aufhängung des Rückenmarks und die mehrfache Polsterung durch Venenplexus und Liquor innerhalb des knöchernen Wirbelkanals haben den Zweck, mechanische Reize vom Rückenmark fernzuhalten.

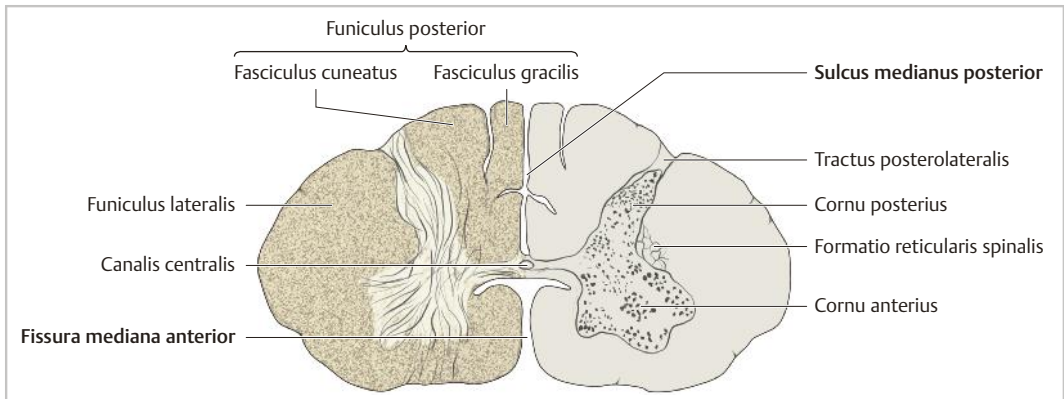


Abb. 7.1 Querschnitt des Rückenmarks. Zervikalmark. In den Rückenmarksbereichen, die Extremitäten versorgen, nimmt die graue Substanz zu, weil die Anzahl von Neuronen zunimmt, die die Muskulatur der Extremitäten motorisch und sensibel versorgen. Das Seitenhorn ist nur im unteren Zervikalmark, im Thorakalmark sowie im oberen Lumbalmark zu finden (Ursprungskerne des Sympathikus). Die weiße Substanz nimmt von kaudal nach kranial zu, da durch das Zervikalmark zusätzlich zu den Bahnen des oberen Rumpfteils auch noch die Bahnen der oberen Extremität verlaufen. In der Abbildung ist beispielhaft das Zervikalmark dargestellt (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Karl Wesker).

? Was ist ein Rückenmarksegment? Wie groß ist ihre Zahl in den einzelnen Rückenmarkabschnitten?

Ein Rückenmarksegment ist **der Teil des Rückenmarks, der zu einem Spinalnerv gehört**. In ein Segment treten die Hinter- und Vorderwurzeln eines Spinalnervs ein bzw. aus.

- Das Halsmark hat **8 Segmente**.
- Das Brustmark hat **12 Segmente**.
- Das Lumbalmark hat **5 Segmente**.
- Das Sakralmark hat **5 Segmente**.
- Das Steißmark hat **1–3 Segmente**, die oft nur rudimentär angelegt sind.

Das kaudale Ende des Rückenmarks wird als **Conus medullaris** bezeichnet. Von hier aus zieht das **Filum terminale** (fädige Fortsetzung des Rückenmarks, hauptsächlich aus Glia-Zellen bestehend) nach kaudal bis zum Kokzygealwirbelkörper 1, an den es sich anheftet.

? Wodurch sind die Intumeszenzen des Rückenmarks bedingt?

Als **Intumeszenzen** werden Anschwellungen des Rückenmarks an den Stellen bezeichnet, an denen besonders **viele Nervenfasern ein- und austreten**. Dies ist an **zwei Stellen** des Rückenmarks der Fall:

- **Intumescentia cervicalis:** Diese befindet sich im Bereich der **Segmente C5 bis Th1**, am Abgang der Nerven für die obere Extremität (**Plexus brachialis**).
- **Intumescentia lumbosacralis:** Diese befindet sich im Bereich der **Segmente L1 bis S3**, am Abgang der Nerven für die untere Extremität (**Plexus lumbosacralis**).

Die Intumeszenzen liegen demnach an den Stellen des Rückenmarks, wo die zahlreichen Nervenfasern für die (sensible und motorische) Innervation der oberen und unteren Extremität in das Rückenmark ziehen bzw. es verlassen. Die Dickenzunahme entsteht durch die größere Anzahl an Neuronen, die sich hier in der grauen Substanz befinden.

Anmerkung: Eigentlich entstehen die Intumeszenzen dadurch, dass an diesen Stellen besonders viele der Neurone mit ihren auswachsenden Axonen Gewebe in der Peripherie finden, die innerviert werden müssen. An anderen Stellen gehen viele im Überschuss gebildete Neurone zugrunde.

? Welche Anteile der grauen Substanz kann man makroskopisch auf einem Querschnitt des Rückenmarks erkennen?

Die graue Substanz des Rückenmarks enthält die **Somata von Nervenzellen** mit ihren somatanahen Fortsätzen (Dendriten und Axone) sowie Zellen der Neuroglia. Makroskopisch zu erkennen sind an einem **Querschnitt** des Rückenmarks das **Hinterhorn (Cornu posterius)**, das **sensible Nervenzellen** enthält, und das **Vorderhorn (Cornu anterius)**, in dem vorwiegend **motorische Nervenzellen** liegen. Im Thorakal- und oberen Lumbalbereich (**C8–L3**) gibt es zusätzlich ein **Seitenhorn (Cornu laterale)**, das von den **Somata der präganglionären sympathischen Neurone** gebildet wird. Die Verbindung zwischen der grauen Substanz beider Rückenmarkshälften wird durch die **Substantia grisea (gelatinosa) centralis** hergestellt.



? Welche funktionellen Typen von Rückenmarkszellen kennen Sie?

Üblicherweise werden folgende funktionelle Typen von Rückenmarkszellen unterschieden:

- **Wurzelzellen:** Die Axone dieser Zellen **verlassen das Rückenmark** und bilden im Fall der Zellen des Vorderhorns die **motorische Vorderwurzel**. Auch die **Somata** der präganglionären **sympathischen Fasern** des Rückenmarks zählen zu den Wurzelzellen.
- **Binnenzellen.** Die Axone dieser Zellen **bleiben innerhalb des ZNS**, man unterscheidet folgende Untertypen:
 - **Strangzellen:** Binnenzellen, deren Axone die **graue Substanz verlassen** und in der weißen Substanz auf- und absteigende Bahnen (Trakte) bilden. Sie ziehen zu höheren Zentren und werden daher auch als **Projektionsneurone** bezeichnet.
 - **Interneurone:** Diese Neurone liegen verteilt in der **grauen Substanz**; ihre **Axone verlassen diese nicht** oder nur für kurze Strecken. Dazu gehören **Schaltzellen**, die eine Verbindung zwischen Nervenzellen desselben Segments auf derselben Seite des Rückenmarks herstellen, **Kommissurenzellen**, die Nervenzellen desselben Segments auf beiden Seiten der Mittellinie verbinden, **Assoziationszellen**, deren Axone wenige Segmente auf- oder absteigen und Zellen derselben Seite auf unterschiedlicher segmentaler Höhe miteinander verbinden, und **Renshaw-Zellen:** Diese werden durch Kollaterale eines exzitatorischen alpha-Motoneurons aktiviert und wirken daraufhin inhibitorisch auf das stimulierte Motoneuron zurück (sog. **Renshaw-Hemmung**).

? In welche Stränge wird die weiße Substanz des Rückenmarks unterteilt?

Als Bestandteile der weißen Substanz des Rückenmarks unterscheidet man **drei Funiculi** (Abb. 7.2):

- **Hinterstrang (Funiculus posterior)** zwischen dem Eintrittsort der Hinterwurzel und der Medianebene
- **Seitenstrang (Funiculus lateralis)** zwischen Eintrittsstelle der Hinterwurzel und Austrittsstelle der Vorderwurzel
- **Vorderstrang (Funiculus anterior)** zwischen Fissura mediana anterior und dem Austrittsort der Vorderwurzel. Seiten- und Vorderstrang werden oft zum **Vorderseitenstrang (Funiculus anterolateralis)** zusammengefasst.

? Wie drückt sich die somatotopische Gliederung des Rückenmarks im Hinterstrang aus?

Unter **Somatotopie** im Zentralnervensystem versteht man eine **Abbildung von Körperregionen auf Neuronenpopulationen**. Im Rückenmark drückt sich die somatotopische Anordnung der Fasern in der weißen Substanz darin aus, dass die Fasern zu Lamellen zusammengefasst sind, wobei eine Lamelle immer eine bestimmte Region der Körper-

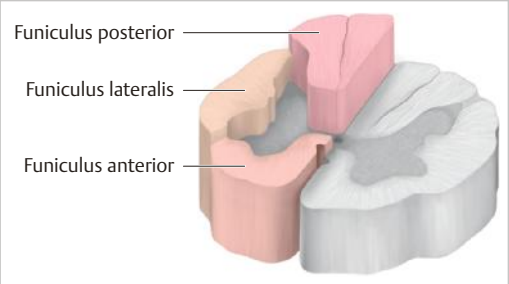


Abb. 7.2 Aufbau der weißen Substanz. Die weiße Substanz besteht aus Bahnen und lässt sich in Stränge gliedern (Hinter-, Vorder- und Seitenstrang). Gelegentlich werden Vorder- und Seitenstrang zu einem Vorderseitenstrang begrifflich zusammengefasst (Funiculus anterolateralis) (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

peripherie versorgt. Im Halsmark sind die Hinterstränge zweigeteilt:

- **Fasciculus gracilis** (Goll-Strang): Er liegt medial und enthält sensible Fasern, die die **untere Körperhälfte** innervieren.
- **Fasciculus cuneatus** (Burdach-Strang): Er liegt lateral des Fasciculus gracilis und besteht aus Fasern, die die **obere Körperhälfte** versorgen.

Innerhalb beider Fasciculi gibt es weitere Unterteilungen, sodass sich **von medial nach lateral** innerhalb des Hinterstrangs Lamellen befinden, die zu **sakralen, lumbalen, thorakalen und zervikalen** Rückenmarksegmenten gehören. Die geschilderte somatotopische Gliederung des Hinterstrangs gilt nur für einen **Querschnitt des Halsmarks**, denn im kaudalen Rückenmark fehlt der Fasciculus cuneatus, der nur Fasern aus der oberen Körperhälfte enthält.

? Welche funktionellen Nervenzelltypen schicken ihre Fortsätze durch die Hinter- bzw. Vorderwurzel?

Es besteht eine funktionelle Aufgabenteilung zwischen Hinter- und Vorderwurzel:

- Über die **Hinterwurzel** ziehen **somato- und viszeroafferente Fasern** ins Rückenmark. Die Somata dieser afferenten Neurone liegen in den **Spinalganglien**. Es handelt sich um **pseudounipolare Nervenzellen**.
- Über die **Vorderwurzel** verlassen **somato- und viszeroefferente Fasern** das Rückenmark. Dazu gehören die **Axone der α - und γ -Motoneurone** und die **präganglionären sympathischen Fasern**. Die Letzteren ziehen über den R. communicans albus zum Grenzstrang. Im **Sakralmark** verlaufen auch **parasympathische präganglionäre Fasern** durch die Vorderwurzel.

? Welche Bahnen unterscheidet man im Leitungsapparat des Rückenmarks und wie sind sie auf einem Rückenmarksquerschnitt angeordnet? Ersetzen Sie die Buchstaben in Abb. 7.3 durch die Bezeichnungen der Trakte.

Grundsätzlich werden innerhalb des Leitungsapparats des Rückenmarks **aufsteigende** und **absteigende** Bahnen unterschieden:

- Die **aufsteigenden** Bahnen leiten die Informationen der verschiedenen Rezeptortypen der Peripherie zu den sensiblen supraspinalen Zentren. Sie liegen in der weißen Substanz des **Hinterstrangs (Funiculus posterior)** und des **Vorderseitenstrangs (Funiculus anterolateralis)**.
- Über die **deszendierenden** Bahnen laufen Informationen von den **motorischen Zentren** des Gehirns zu den α - und γ -Motoneuronen des Rückenmarks. Diese Bahnen sind im **Vorderseitenstrang (Funiculus anterolateralis)** lokalisiert.

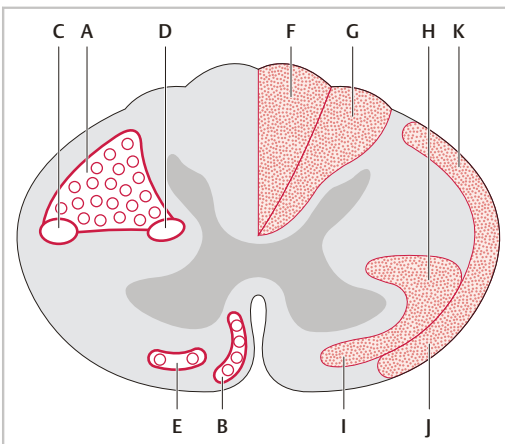


Abb. 7.3 Motorische (links) und sensible (rechts) Trakte des Rückenmarks.

Motorische Trakte: A: Tr. corticospinalis lateralis; B: Tr. corticospinalis anterior; C: Tr. rubrospinalis; D: Tr. reticulospinalis; E: Tr. vestibulospinalis.

Sensible Trakte: F: Fasciculus gracilis (Goll); G: Fasciculus cuneatus (Burdach); H: Tr. spinothalamicus lateralis; I: Tr. spinothalamicus anterior; J: Tr. spinocerebellaris anterior (Gower); K: Tr. spinocerebellaris posterior (Flechsig)

7.1.3 Rhombenzephalon

? Aus welchen Teilen besteht das Rhombenzephalon? Welche Oberflächenstrukturen lässt es erkennen?

Das **Rhombenzephalon** besteht aus drei Teilen (Abb. 7.4 und Abb. 7.5):

- Medulla oblongata:** **Ventral** reicht die Medulla oblongata in rostraler Richtung bis zum Unterrand der Pons. Beidseits der **Fissura mediana anterior** erkennt man die **Pyramiden**, durch die der **Tr. corticospinalis (Pyramidenbahn)** verläuft. Die Kreuzung der Pyramidenbahnfasern ist am kaudalen Ende der Pyramide in Form von schräg verlaufenden Faserbündeln erkennbar, die über die Fissura mediana anterior hinwegziehen (**Decussatio pyramidum**). Lateral der Pyramiden befindet sich eine weitere Vorwölbung am oberen Rand der Medulla oblongata, die **Olive**, die eines der Kerngebiete für **extrapyramidale motorische Bahnen** darstellt. **Dorsal** wird die kraniale Grenze der Medulla oblongata durch die **Striae medullares ventriculi quarti** etwa in der Mitte der Rautengrube gebildet. Das rostrale Ende der Medulla oblongata ist zwiebförmig aufgetrieben, da hier die **Kerne vieler Hirnnerven** liegen. Kaudal-lateral schließen sich weitere längs verlaufende Wülste an, das **Tuberculum cuneatum** und das **Tuberculum gracile**.
- Pons:** **Ventral** wird der Pons zur Medulla oblongata durch ihren quer verlaufenden Wulst und den Austritt des **N. abducens** (VI. Hirnnerv) abgegrenzt. An der Oberfläche des Pons sind quer verlaufende Faserbündel (**Fibrae pontis transversae**) erkennbar. Diese Fasern ziehen von den **Brückenkernen (Ncll. pontis)** zum Kleinhirn. **Dorsal** bildet der Pons den Boden der **Rautengrube (Fossa rhomboidea)** rostral der **Striae medullares**. Hier lassen sich der **Colliculus facialis** (verursacht durch das sog. **innere Fazialisknie**) und die **Eminentia medialis** erkennen.
- Zerebellum:** Das Zerebellum ist mit dem Pons durch den **mittleren Kleinhirnstiel (Pedunculus cerebellaris medius)** verbunden. Der **obere Kleinhirnstiel (Pedunculus cerebellaris superior)** zieht zum Mesenzephalon, der **untere Kleinhirnstiel (Pedunculus cerebellaris inferior)** zur Medulla oblongata.

? An welchen Stellen des Rhombenzephalons befinden sich die Austrittsstellen von Hirnnerven?

Im Bereich des Rhombenzephalons treten **ventral** die Hirnnerven **V–XII aus dem Gehirn aus**. Die Austrittsstellen sind von rostral nach kaudal folgendermaßen angeordnet:

- Der **N. trigeminus (V)** durchbricht an dem Pons als massiver Strang ventrolateral den Pedunculus cerebellaris medius (mittleren Kleinhirnstiel).
- Der **N. abducens (VI)** entspringt ventral direkt zwischen Unterrand der Pons und Oberrand der Pyramiden.
- Der **N. facialis (VII)** tritt zusammen mit dem **N. vestibulocochlearis (VIII)** im sogenannten **Kleinhirnbrücken-**

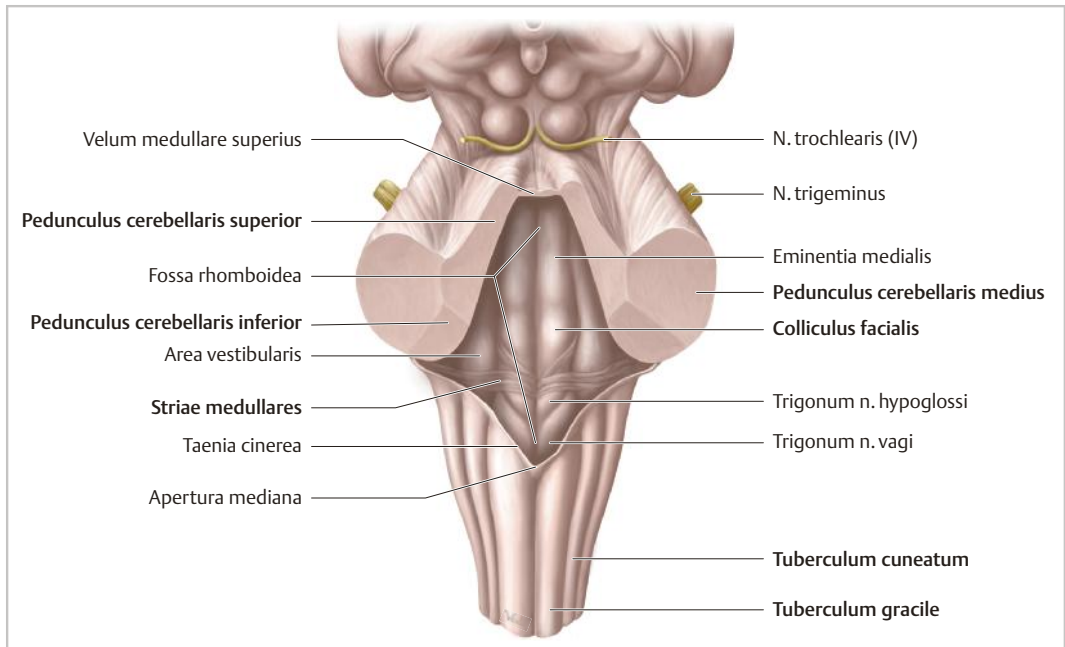


Abb. 7.4 Hirnstamm. Ansicht von dorsal. Kranial des Pons liegen die Hirnschenkel (Crura cerebri), die absteigende motorische Bahnen enthalten. Diese setzen sich in der Medulla oblongata in der Pyramide fort (Pyramidenbahnen). In der Abbildung ist gut der Blick in den rautenförmigen IV-Ventrikel zu sehen. Seitlich des Ventrikels erkennt man jeweils die drei paarigen Kleinhirnstiele als topografische Verbindung zwischen Kleinhirn und Pons bzw. Mesenzephalon/Medulla oblongata (Pedunculus cerebellaris superior, medius und inferior) (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

winkel aus. Dies ist ein Bereich am dorsalen Unterrand der Brücke, an dem Brücke, Kleinhirn und Medulla oblongata zusammentreffen.

- Die **Nerven glossopharyngeus (IX), vagus (X) und accessorius (XI)** verlassen in dieser Reihenfolge die Medulla oblongata direkt **dorsal** der **Olive (Sulcus posterolateralis)**. Dabei erstrecken sich die Austrittsstellen für die Radices spinales des N. accessorius nach kaudal bis zum Zervikalmark.
- Ventral der Olive (Sulcus anterolateralis)** in gleicher Höhe befindet sich der Austrittsort für den **N. hypoglossus (XII)**.

? Welcher Bereich des Rhombenzephalons wird als Tegmentum bezeichnet? Welche Strukturen gehören zu ihm?

Das Tegmentum (die Haube) ist ein **paläoenzephaler** Teil des Hirnstamms und erstreckt sich durch **Medulla oblongata, Pons und Mesenzephalon**.

- In der **Medulla oblongata** wird das Gebiet als Haube bezeichnet, welches direkt unter dem Boden des IV. Ventrikels liegt und **Hirnnervenkerne** sowie die **Formatio reticularis** enthält.

- Im Bereich der **Brücke** wird die Region direkt ventral des IV. Ventrikels als Haube bezeichnet, also das Gebiet zwischen dem IV. Ventrikel und den quer verlaufenden Brückenbahnen.
- Im **Mesenzephalon** entspricht der Haube das Gebiet ventral vom Aquaeductus cerebri ohne die Hirnschenkel (**Crura cerebri**). Im Tegmentum liegen u. a. **Ncl. ruber, Lemniscus medialis** und **Ncl. nervi oculomotorii**.

Funktionell wird das Tegmentum als wichtigstes **Assoziationszentrum** des Hirnstamms angesehen.

? Wie ist die Formatio reticularis des Hirnstamms aufgebaut? Welche Funktionen hat sie?

Die Formatio reticularis befindet sich im **Tegmentum** des Hirnstamms. Sie erstreckt sich vom **Mesenzephalon über Brücke und Medulla oblongata bis zum Rückenmark**. Histologisch besteht die Formatio reticularis aus einer **lockeren Ansammlung von Somata und Nervenfasern**. Dieses netzartige Aussehen hat der Formation den Namen gegeben. Nur an einigen Stellen sind die Somata einander so dicht benachbart, dass man einzelne Kerngebiete abgrenzen kann.

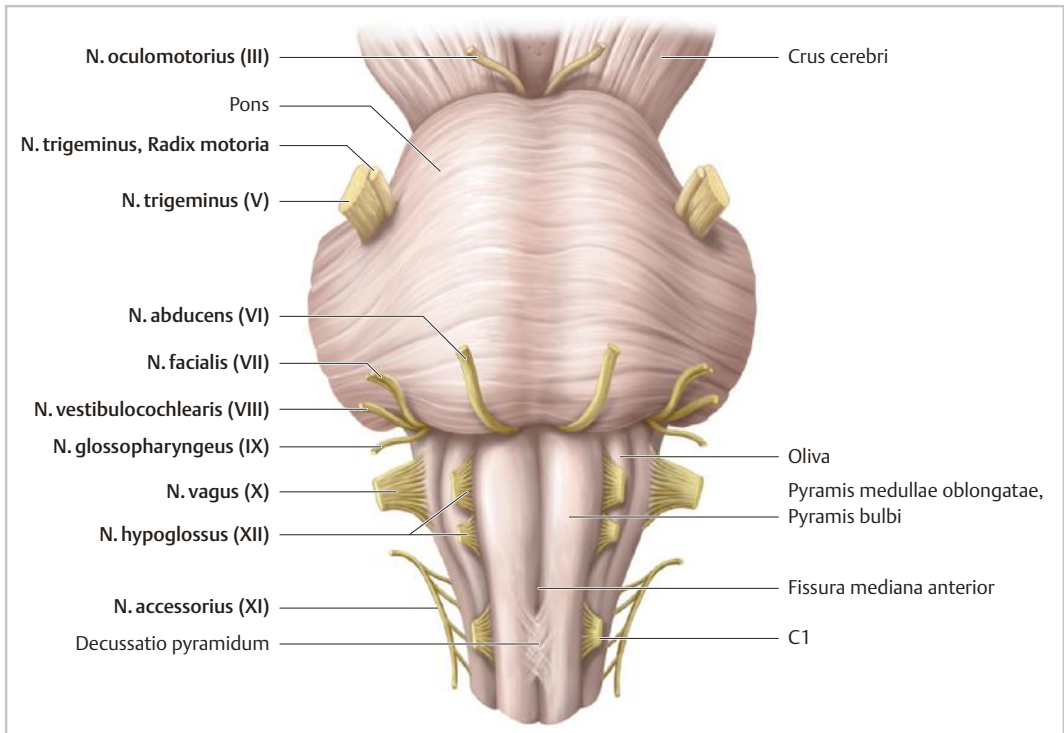


Abb. 7.5 Hirnstamm mit Austrittsstellen der Hirnnerven. Ansicht von ventral. In dieser Ansicht sind die Austrittsstellen der Hirnnerven gut zu erkennen. Rostral des Pons tritt der N. oculomotorius aus (III. Hirnnerv). Direkt aus dem Pons tritt der V-Hirnnerv (N. trigeminus) aus, während die Hirnnerven VI–XII kaudal davon austreten (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

- Die Zellen der **Formatio reticularis** fungieren vorwiegend als **Schaltzellen**, die als Interneurone die **sensiblen** mit den **motorischen Hirnnervenkernen** verbinden. Da die Hirnnerven im Gegensatz zu den Spinalnerven nicht segmental angeordnet sind, wird für Reflexvorgänge ein ausgedehnter Nervenzellapparat benötigt.
- Die **Formatio reticularis** steuert darüber hinaus auch motorische descendierende Bahnen an, die zum **extrapyramidal-motorischen System** gehören (z. B. Tr. reticulospinalis, Tr. rubrospinalis).
- Die dritte wichtige Funktion der **Formatio reticularis** ist die **stimulierende Wirkung auf die Großhirnrinde**. Der Wachzustand des Kortex wird weitgehend von der Aktivität in der **Formatio reticularis** bestimmt.
- Atmung und Kreislauf** werden ebenfalls von der **Formatio reticularis** kontrolliert.

? An welcher Stelle des Rhombenzephalons befinden sich der Ncl. gracilis und Ncl. cuneatus und zu welcher Bahn gehören sie?

Ncl. gracilis und **Ncl. cuneatus** befinden sich unter den gleichnamigen Tubercula am **rostralen Ende der Medulla**

oblongata am kaudalen Rand der Rautengrube. Der Ncl. gracilis liegt direkt neben der Medianlinie, der Ncl. cuneatus schließt sich lateral an den Ncl. gracilis an (Abb. 7.6).

Beide Kerne gehören zur **Hinterstrangbahn** und vermitteln Tast- und Berührungsempfindungen. In den Nuclei befinden sich die **Somata des zweiten Neurons der Hinterstrangbahn**. Die zugehörigen Fasern ziehen zum Ventrobasalkomplex des **Thalamus**. Auch Afferenzen der bewussten Propriozeption werden in den Hinterstrangkernen umgeschaltet.

? Über welche Stationen verläuft die Pyramidenbahn?

Die **Pyramidenbahn (Tr. corticospinalis)** hat ihren Ursprung vorwiegend im **Gyrus praecentralis (Brodmann-Area 4)**, jedoch befinden sich auch in anderen kortikalen Arealen Ursprungszellen. Die Axone verlaufen descendierend durch den hinteren Schenkel der **Capsula interna**. Hier besteht eine **Somatotopie** insofern, als die Fasern für die **obere Extremität** am weitesten **ventral** (dicht am Genu), die Fasern für den Rumpf und die **untere Extremität** zunehmend **dorsal** im hinteren Schenkel der Capsula interna angeordnet sind. Die Fasern ziehen durch das

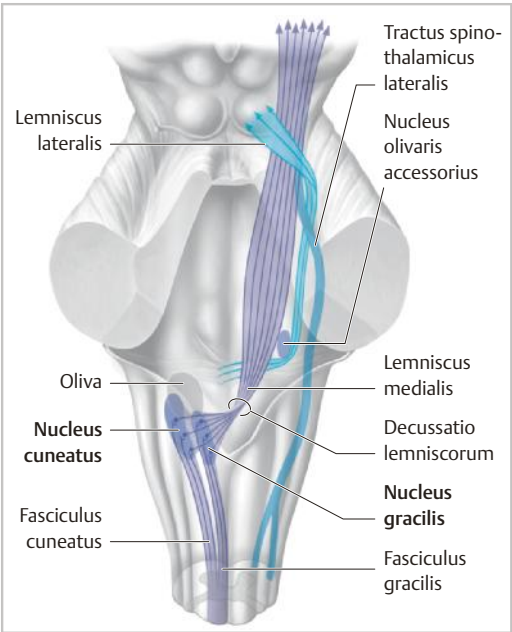


Abb. 7.6 Verlauf der aufsteigenden Bahnen durch den Hirnstamm. Ansicht von dorsal. Im Ncl. gracilis und Ncl. cuneatus liegen die Perikarya der 2. Neurone des Hinterstrangs (Berührung, Druck, Vibration). Im anschließenden Lemniscus medialis verlaufen die zugehörigen Axone (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus Lern-Atlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

Tab. 7.1 Wichtige Kerne der Medulla oblongata – ohne Hirnnervenkerne

Kern	Funktion
Ncl. olivaris superior	Ursprung efferenter Fasern zu den Haarzellen der Kochlea
Ncl. olivaris inferior	Verarbeitung propriozeptiver Information für das Kleinhirn Ursprung der Kletterfasern zum Kleinhirn
Ncl. gracilis	Umschaltung der mechanorezeptiven Axone der Funiculi posteriores (Fasciculus gracilis von der unteren Körperhälfte und Fasciculus cuneatus von der oberen Körperhälfte) auf die Lemnisci mediales (sensorische Information zum Thalamus)
Ncl. cuneatus	

Crus cerebri und die Brücke. Anschließend bilden sie einen massiven Strang am Ventralrand der Medulla oblongata, die **Pyramiden**. In der kaudalen Medulla oblongata **kreuzen 80–90%** der Fasern des Traktes in der sichtbaren **Decussatio pyramidum** auf die Gegenseite, sie bilden hier den **Tr. corticospinalis lateralis**. Die verbleibenden Fasern steigen **ungekreuzt im Tr. corticospinalis anterior** weiter nach kaudal ab. Auch diese zunächst ungekreuzten Fasern kreuzen vor Erreichen ihrer Zielneurone auf die Gegenseite. Der Tr. corticospinalis endet entweder direkt oder über Interneurone an den **α- und γ-Motoneuronen des Vorderhorns**.

7.1.4 Mesenzephalon

? Welche Strukturen kann man makroskopisch auf einem typischen Querschnitt des Mesenzephalons erkennen?

Das Mesenzephalon gliedert sich in (Abb. 7.7):

- **Tectum mesencephali:** Dorsal des Aquaeductus mesencephali gelegen, enthält die **Vierhügelplatte** (Colliculi superiores und inferiores)
- **Tegmentum mesencephali (Haube):** in der Mitte gelegen. An der Grenze zwischen Tectum und Tegmentum befindet sich der quer geschnittene **Aquaeductus cerebri** (Verbindung zwischen III. und IV. Ventikel), der von der **Substantia grisea centralis (periaquäduktales Grau)** umgeben ist. Das Tegmentum enthält die großen Kerne des Mesenzephalons (u.a. **Ncl. ruber**, die rote Farbe entsteht durch hohen Eisengehalt in den Neuronen) sowie den **Lemniscus medialis**, der im Querschnitt dem Ncl. ruber wie ein Stierhorn dorsolateral aufsteht.
- **Cura cerebri (Hirnschenkel):** Diese bilden die ventrale Begrenzung des Mesenzephalons und enthalten die motorischen Bahnen, die vom Kortex nach kaudal ziehen. Zusammen mit dem dorsal liegenden Tegmentum bilden die Cura cerebri die **Pedunculi cerebri (Hirnstiele)**. Zwischen diesen befindet sich die **Fossa interpeduncularis**. Ventral vom Tegmentum an der dorsalen Grenze der Cura cerebri befindet sich die quer geschnittene **Substantia nigra**, deren schwarze Farbe durch Neuromelaninpigmente in den Neuronen entsteht. (Von manchen Autoren wird die Substantia nigra zum Tegmentum gerechnet).

? An welchen Stellen des Mesenzephalons treten Hirnnerven aus?

Im Bereich des Mesenzephalons treten **zwei Hirnnerven** aus:

- **N. oculomotorius:** Seine Austrittsstelle befindet sich ventral in der **Fossa interpeduncularis** nahe der Mittellinie.
- **N. trochlearis:** Er ist der **einzigste Hirnnerv**, der **dorsal** aus dem Hirnstamm (kaudal der Colliculi inferiores) austritt.

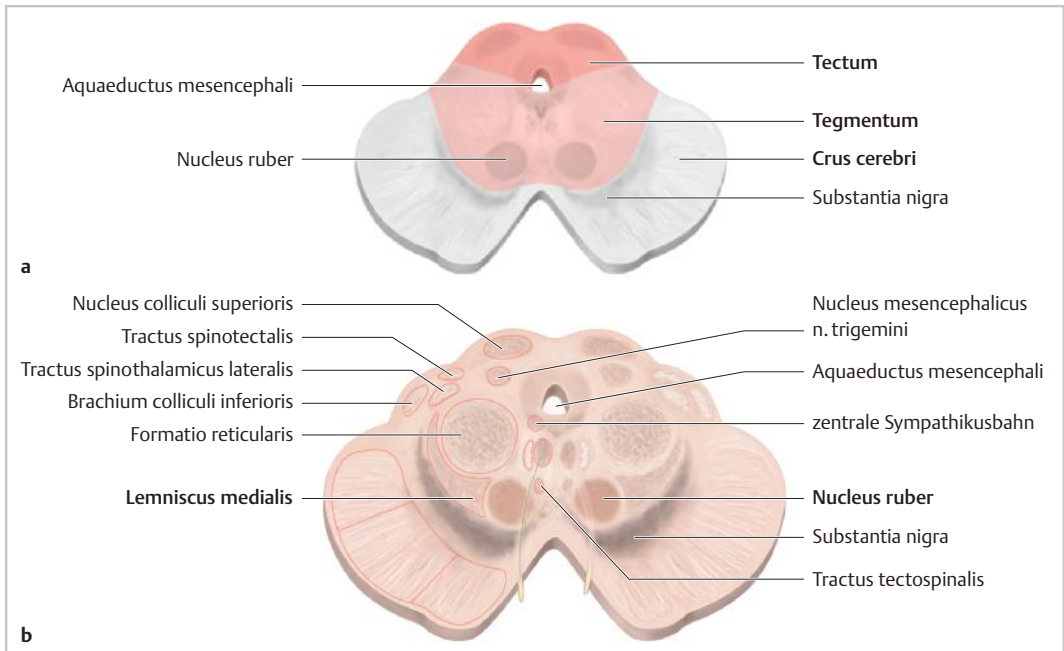


Abb. 7.7 Querschnitte durch das Mesencephalon. Ansicht von kranial (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

a Übersichtszzeichnung. Farblich hervorgehoben ist das Tectum, dorsal des Aquaeductus mesencephali, der die Verbindung zwischen III. und IV. Ventrikel darstellt. Ventral davon schließt sich das Tegmentum an, das den rot erscheinenden Ncl. ruber enthält. Ventral begrenzt wird das Mesencephalon von den Crura cerebri.

b Darstellung einiger wichtiger Strukturen. Abgebildet ist der Lemniscus medialis dorsolateral des Ncl. ruber sowie die weiter dorsal liegende Formatio reticularis. Im Tectum ist der Ncl. colliculi superiores als Teil der Vierhügelplatte eingezeichnet.

? Welche Funktion haben die Kerngebiete der Vierhügelplatte?

Die **Colliculi superiores** werden als **visuelle Integrationszentren** angesehen. Sie erhalten Informationen über den **N. opticus** und aus dem Rückenmark über den **Tr. spinotectalis**. Eine weitere wichtige Informationsquelle sind Impulse, die von den sensiblen Hirnnervenkernen über den **Tr. nucleotectalis** laufen. Eine wichtige Aufgabe besteht in der **Koordination von Augen- und Kopfbewegungen**. Diese Funktion wird über den **Fasciculus longitudinalis medialis** gesteuert, der eine Verbindung zwischen den Augenmuskelnkernen beider Seiten und den α -Motoneuronen der Halsmuskeln herstellt.

Die **Colliculi inferiores** haben eher die Funktion eines **akustischen Reflexzentrams**, das z. B. Hinwendebebewungen des Kopfes zu einer Geräuschquelle steuert. Allerdings erhält auch der obere Teil der Vierhügelplatte akustische Informationen.

? Welche Bahnen befinden sich im ventralen Teil der Pedunculi cerebri (Crura cerebri)?

In den **ventralen Anteilen** der Hirnstiele befinden sich die **motorischen deszendierenden Bahnen** und die Verbindungen des Kortex mit dem Kleinhirn über Zwischenstationen in der Brücke. Auf einem Querschnitt durch das Mesencephalon haben die Bahnen von **lateral nach medial** die folgende Reihenfolge:

- **Tr. parieto- und occipitotemporo-pontinus:** diffuse Verbindungen zwischen okzipitotemporalem Kortex und Brücke und von dort weiter zum Kleinhirn.
- **Tr. corticospinalis:** Verbindung vom Motorkortex zum Rückenmark.
- **Tr. corticonuclearis (Fibrae corticonucleares):** Verbindung vom Motorkortex zu den motorischen Hirnnervenkernen.
- **Tr. frontopontinus:** Verbindung vom Stirnhirn zur Brücke und von hier zum Zerebellum

? Welche funktionelle Bedeutung hat der Ncl. oculomotorius accessorius (Edinger-Westphal)?

- **Verbindungen:** Der Ncl. oculomotorius accessorius (Edinger-Westphal) liegt direkt medial von den Ursprungskernen des N. oculomotorius nahe der Mittellinie des Mesenzephalons. In den Kernen befinden sich die Somata des 1. parasympathischen Neurons, das über das Ganglion ciliare den M. sphincter pupillae und den M. ciliaris versorgt. Die parasympathischen Fasern ziehen mit den Fasern des N. oculomotorius in die Peripherie und verlassen innerhalb der Orbita den N. oculomotorius, um das Ganglion ciliare zu erreichen, das lateral am N. opticus liegt.
- **Funktion:** 1. Bei Lichteinfall auf die Retina wird der Ncl. Edinger-Westphal erregt und löst eine Kontraktion des M. sphincter pupillae aus (**Pupillenreaktion auf Licht**). Nebenbemerkung: Für den Reflex ist kein intakter visueller Kortex erforderlich. 2. Bei unscharfer Abbildung des fixierten Gegenstands auf der Retina werden Neurone des visuellen Kortex aktiviert, die dann den Ncl. oculomotorius accessorius über den Ncl. Perlia erregen. Dadurch wird der M. ciliaris kontrahiert, und die Krüm-

mung der Linse nimmt wegen ihrer Eigenelastizität zu. Die Brechkraft steigt dadurch (**Akkommodationsreflex**).

7.1.5 Zerebellum

? Welche makroskopischen Strukturen lassen sich an einem einer Leiche entnommenen Kleinhirn erkennen?

Die makroskopische Gliederung des Zerebellums ist beim Blick von **kaudal** durch die beiden seitlich angeordneten **Hemisphären (Hemisphaeria cerebelli)** mit dem zentral gelegenen **Wurm (Vermis cerebelli)** gekennzeichnet. Die Oberfläche wird durch eine Vielzahl **horizontal** verlaufender paralleler Windungen unterteilt (**Folia cerebelli**), sie entsprechen den Gyri des Großhirns (Abb. 7.8a).

An der **dorsalen** Oberfläche der Hemisphären befindet sich eine **Furche**, die **Fissura prima**, die einen wichtigen Orientierungspunkt für die funktionelle Gliederung des Kleinhirns darstellt. Die Fissura prima trennt den **Lobus anterior** vom **Lobus posterior**, an dessen kaudalem Ende die **Kleinhirntonsille (Tonsilla cerebelli)** liegt. Besonders deutlich zu erkennen ist meist die **Fissura horizontalis**.

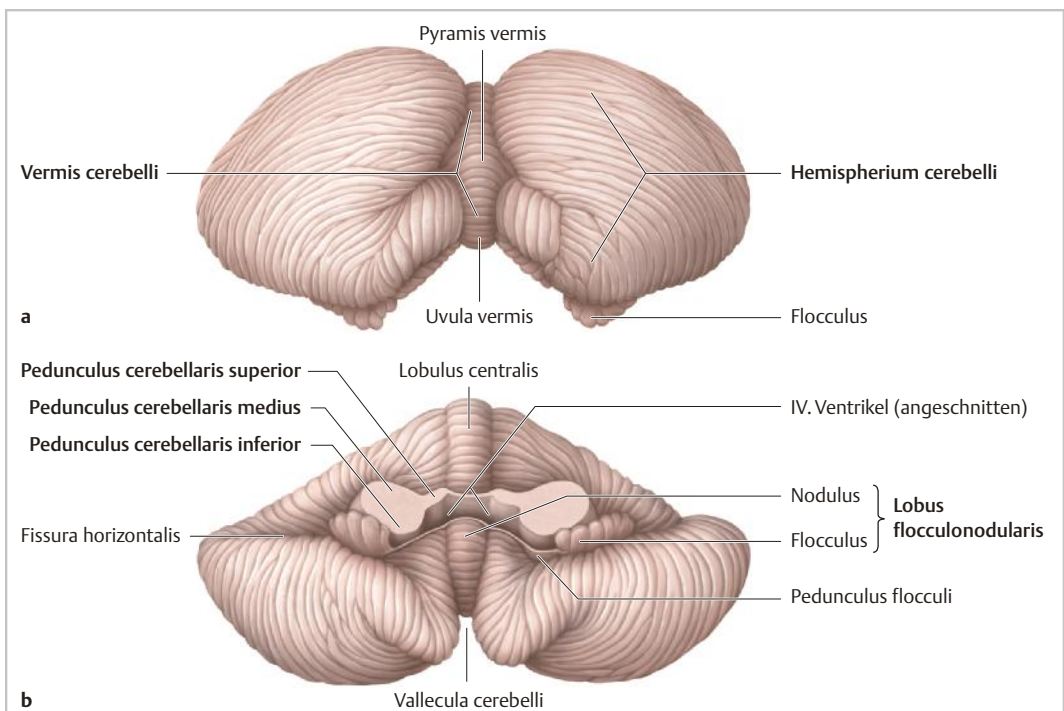


Abb. 7.8 Äußere Form und Gliederung des Kleinhirns (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

a Ansicht von kaudal. Zu sehen sind die beiden Hemisphären des Kleinhirns, verbunden durch den Wurm (Vermis cerebelli).
b Ansicht von ventral. In dieser Ansicht sind die Kleinhirnstiele und der zentral gelegene, angeschnittene IV. Ventrikel sichtbar. Auch der Lobus flocculonodularis, bestehend aus Flocculus und Nodus, ist zu sehen.

Bei Sicht von **ventral** sind die **Kleinhirnstiele** (**Pedunculi cerebellares**) sichtbar (Abb. 7.8b):

- **Pedunculus cerebellaris superior:** Verbindung zum Mesenzephalon
- **Pedunculus cerebellaris medius:** Verbindung zum Pons
- **Pedunculus cerebellaris inferior:** Verbindung zur Medulla oblongata

Kaudal des durchtrennten Pedunculus cerebellaris medius ist der **Lobus flocculonodularis** (bestehend aus Flocculus und Nodus) zu erkennen. Er gehört zum Archizerebellum, dem **phylogenetisch ältesten Teil des Kleinhirns**.

? Schildern Sie die topografischen Nachbarschaftsbeziehungen des Kleinhirns.

Das Kleinhirn liegt im dorsalen Teil der **hinteren Schädelgrube** und wird durch das **Tentorium cerebelli**, eine zeltförmig nach parietal ausgezogene Duraplatte, vom Großhirn getrennt. Von dorsal zieht die **Falx cerebelli** zwischen die Kleinhirnhemisphären. Nach ventral schließt sich der **IV. Ventrikel** an, dessen Dach von Teilen des Kleinhirns gebildet wird. Der am weitesten kaudal gelegene Teil der Hemisphären dicht neben dem **Wurm** (**Vermis cerebelli**) wird als **Tonsilla cerebelli** bezeichnet. Dieser Teil des Zerebellums ragt etwas in das **Foramen occipitale magnum** hinein. Bei der Leiche können die Tonsillen durch ein häufig bestehendes Hirnödem in das Foramen hineingequetscht sein. Dann zeichnet sich der Rand des For. occipitale als deutliche Einschnürung auf der Oberfläche der Tonsillen ab.

KLINIK. Bei Patienten mit stark erhöhtem **Hirndruck** (z. B. infolge einer intrakraniellen Blutung nach einem Schädelhirntrauma) wird die **Tonsilla cerebelli** in das **Foramen occipitale magnum** gedrückt („Einklemmung“). Dadurch erhöht sich der Druck auf die ventral liegende **Medulla oblongata**, was zu Störungen des hier gelegenen **Atem- und Kreislaufzentrums** führen kann.

? Welche Kleinhirnerne gibt es? Wie sind sie im Kleinhirn angeordnet?

Das Innere des Kleinhirns besteht vorwiegend aus weißer Substanz, in der sich mehrere Kerne aus grauer Substanz befinden:

- Der größte dieser Kerne ist der **Ncl. dentatus**, der auf einem Querschnitt das Aussehen eines gefalteten Beutels hat, der nach medial offen ist.
- Direkt vor der Öffnung des Ncl. dentatus liegt der **Ncl. emboliformis**.
- An diesen schließt sich medial der **Ncl. globosus** an. Ncl. emboliformis und Ncl. globosus werden als **Ncl. interpositus zusammengefasst**.
- Dicht am First des IV. Ventrikels, dessen Dach durch Teile des Zerebellums gebildet wird, befindet sich der **Ncl. fastigii** (Fastigium = lat. der First).

? * Über welche Zelltypen erreicht bzw. verlässt die neuronale Information das Kleinhirn?

Das Kleinhirn hat **zwei neuronale Eingänge** und **einen Ausgang**:

- Einer der Eingänge besteht aus den **Kletterfasern**, die aus der **unteren Olive** stammen und sich an den Dendriten der Purkinje-Zellen emporranken.
- Der zweite Eingang wird von den **Moosfasern** gebildet, deren Ursprung in der **Brücke**, in der **Medulla oblongata** und im **Rückenmark** (Tr. spinocerebellaris ant. und post.) liegt. Die Moosfasern enden in Form von Rosetten in der Körnerschicht und bilden hier zahlreiche sogenannte Glomeruli mit den Dendriten der Körnerzellen.
- Der einzige Ausgang des Kleinhirns verläuft über die Axone der **Purkinje-Zellen**, die zu den **Kernen des Kleinhirns** ziehen. Von hier bestehen efferente Verbindungen besonders zu den Kernen der **extrapyramidalmotorischen Bahnen**, wie z. B. den Vestibulariskernen, zur Olive, zum Thalamus, zur Formatio reticularis und zum Ncl. ruber (Abb. 7.9).

7.1.6 Dienzephalon

? Welche Teile des Dienzephalons sind an der Basis des Großhirns sichtbar?

Das Dienzephalon besteht aus **Thalamus, Epithalamus, Metathalamus und Hypothalamus**. Nur vom Hypothalamus sind an der Hirnbasis einige Strukturen sichtbar:

- **Chiasma opticum** mit den Tr. optici
- **Corpora mamillaria** (Teile des limbischen Systems)
- **Hypophysenstiel mit Hypophyse**.

? Nennen Sie einige hypothalamische Kerne und beschreiben Sie ihre Funktion.

Zu den bekanntesten hypothalamischen Kernen gehören (Abb. 7.10):

- **Ncl. paraventricularis:** Er liegt in der seitlichen Wand des III. Ventrikels.
- **Ncl. supraopticus.** Er befindet sich in der Wand des III. Ventrikels direkt oberhalb des Chiasma opticum.

Die Neurone dieser Kerngebiete geben Hormone per **Neurosekretion** über den axonalen Transport im Tr. hypothalamo-hypophysialis an die **Neurohypophyse** weiter: **Oxytocin** aus den magnozellulären Neuronen des **Ncl. paraventricularis** und **ADH** (antidiuretisches Hormon = Vasopressin) aus den Neuronen des **Ncl. supraopticus**, die zusätzlich auch Oxytocin freisetzen. Bedeutend ist, dass für beide Hormone der **Sekretionsort in der Neurohypophyse** nicht mit dem **Ort der Synthese** identisch ist, der sich in den Kernen des kranialen **Hypothalamus** befindet.

Nuclei tuberales und infundibulares: Sie liegen im Boden des III. Ventrikels bzw. des Infundibulum. In ihnen werden



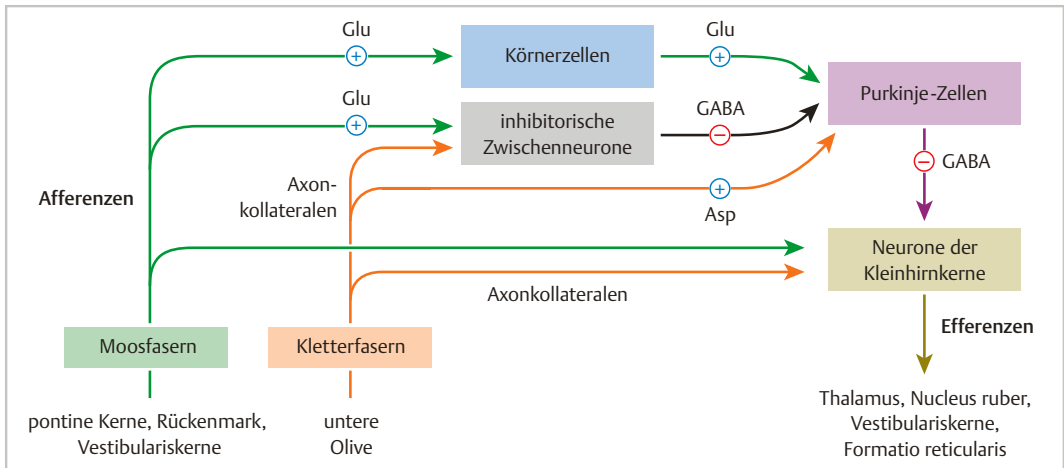


Abb. 7.9 Verschaltung im Kleinhirn (nach Bähr und Frotscher) (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

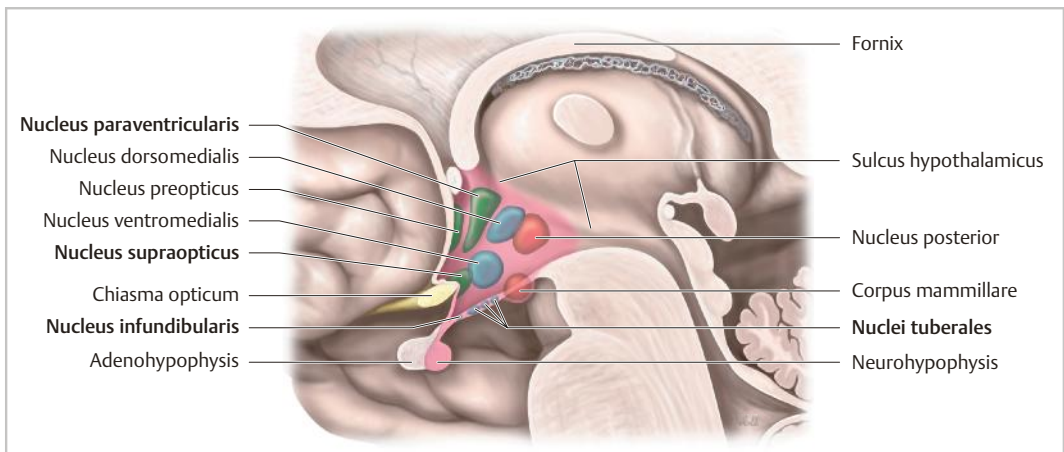


Abb. 7.10 Kerngebiete im rechten Hypothalamus. Mediansagittalschnitt; Ansicht der rechten Hirnhälfte von medial. Die vordere Kerngruppe ist grün dargestellt, die mittlere blau und die hintere Kerngruppe rot (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

Releasing- oder Inhibitinghormone gebildet, welche die Adenohypophyse zur Sekretion von Hormonen anregen oder diese hemmen. Die Freisetzungs- und Hemmungshormone werden nicht direkt in das Blut des Gesamtkreislaufs abgegeben, sondern in die Kapillaren eines speziellen Gefäßnetzes, über das die Hormone zum Hypophysenvorderlappen transportiert werden (Hypophysen-Portadersystem).

? Wie ist die Hypophyse aufgebaut? Welche Funktionen sind den einzelnen Teilen zuzuordnen?

Die Hypophyse besteht aus einem **Vorder- und Hinterlappen**:

- Im **Hypophysenvorderlappen (Adenohypophyse)** wird eine große Zahl von direkt und indirekt wirkenden (**glandotropen und nicht-glandotropen**) Hormonen gebildet. Die Hormonsynthese steht unter dem Einfluss von Releasing- und Inhibitinghormonen aus dem **Hypothalamus**.

Tab. 7.2 Zusammenfassung einiger klinisch wichtiger Verbindungen der spezifischen Thalamuskern

Thalamusafferenz	Kerngebiete im Thalamus (Abkürzung)	Thalamusefferenz
Corpus mammillare (Fasciculus mammillothalamicus)	Ncl. anterior (NA)	Gyrus cinguli (limbisches System)
Cerebellum, Ncl. ruber	Ncl. ventralis lateralis (VL)	prämotorischer Cortex (Area 6aß)
Hinterstrang, Seitenstrang (Somatosensorik, Extremitäten und Rumpf)	Ncl. ventralis posterolateralis (VPL)	Gyrus postcentralis (sensorischer Cortex) = somatosensorischer Cortex
Tr. trigeminothalamicus (Somatosensorik, Kopf)	Ncl. ventralis posteromedialis (VPM)	
Brachium colliculi inferioris (Teil der Hörbahn)	Ncl. (Corpus) geniculatus medialis (CGM)	Gyri temporales transversi (auditorischer Cortex)
Tr. opticus (Teil der Sehbahn)	Ncl. (Corpus) geniculatus lateralis (CGL)	Area striata (Sehrinde)

- Der **Hypophysenhinterlappen** ist identisch mit der **Neurohypophyse**. Hier werden **keine Hormone gebildet**, sondern **nur** solche in das Blut **abgegeben**, die nach ihrer **Synthese** im Ncl. paraventricularis und supraopticus des **Hypothalamus** axonal in den Hinterlappen transportiert worden sind. Zu diesen Hormonen gehören das **Oxytocin** und das **Adiuretin (ADH = Vasopressin)**.

? Schildern Sie den grundsätzlichen Aufbau der Kerngebiete des Thalamus.

Der Thalamus besteht aus einer Vielzahl von Kernen, die üblicherweise in **drei Gruppen** zusammengefasst werden (Abb. 7.10):

- **Vordere Gruppe:** Nuclei anteriores
- **Mediale Gruppe:** Hierzu gehören die Kerne der Mittellinie und der Ncl. medialis.
- **Ventrolaterale Gruppe:** Hierzu gehören die Nuclei laterales, die Nuclei ventrales und die Kerne des Pulvinars.
- Weitere wichtige Kerne ohne Zuordnung zu diesen Gruppen sind der **Ncl. geniculatus medialis und lateralis (Corpus geniculatum mediale und laterale)**, die wichtige Stationen der Hör- bzw. der Sehbahn darstellen, sowie der Ncl. centromedianus und die **Ncl. intralaminar**, die in die Lamina medullaris interna eingelagert sind.

? Welche funktionellen Typen von Thalamuskernen kennen Sie?

Man unterscheidet **drei funktionelle Typen** von Thalamuskernen:

- **Spezifische Kerne:** Sie bekommen Informationen aus **einem bestimmten Sinnesorgan** und sind **somatotopisch** gegliedert. Ein Beispiel ist das **Corpus geniculatum laterale** als Teil der Sehbahn.

- **Unspezifische Kerne:** Sie erhalten Informationen **von unterschiedlichen Sinnesorganen** oder Rezeptortypen. Die Afferenzen laufen über **polysynaptische Bahnen**, die keine Somatotopie aufweisen. Ein Beispiel sind die Kerne der medialen Gruppe.
- **Assoziationskerne:** Sie reagieren nicht direkt auf Sinnesinformationen aus der Peripherie, sondern haben gegenläufige Verbindungen mit den Assoziationsarealen des Cortex. Beispiele: Nuclei laterales und Pulvinar.

7.1.7 Telenzephalon

? Welche makroskopisch erkennbaren Strukturen bilden die Grenze zwischen den Lappen des Großhirns?

Makroskopisch lassen sich am Großhirn folgende Grenzen erkennen (Abb. 7.11):

- **Sulcus centralis (Rolandi):** Er bildet die fast vertikal angeordnete Grenze zwischen **Lobus frontalis** und **Lobus parietalis** und befindet sich etwa in der Mitte der ventrodorsalen Ausdehnung der Hemisphären.
- **Sulcus parietooccipitalis:** Er liegt dorsal am Übergang zwischen **Lobus parietalis** und **Lobus occipitalis** und stellt oft nur eine unvollständige und sehr flache Einsenkung dar.
- **Sulcus lateralis (Sylvii):** Er bildet die fast horizontal angeordnete Grenze zwischen **Lobus temporalis** auf der einen und **Lobus frontalis und parietalis** auf der anderen Seite. Die Fissur reicht ventral mit einem R. posterior in den Lobus parietalis und mit einem R. ascendens und anterior in den Lobus frontalis. Der Lobus frontalis liegt in der vorderen Schädelgrube und der Lobus temporalis in der mittleren Schädelgrube, während der Lobus occipitalis nicht in der hinteren Schädelgrube, sondern auf dem Tentorium cerebelli liegt.



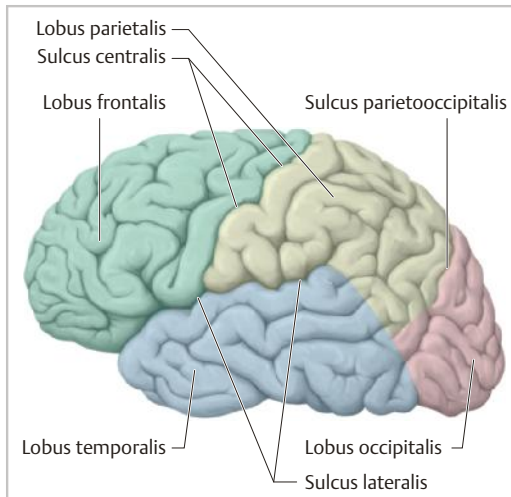


Abb. 7.11 Gliederung der Großhirnhemisphären. Ansicht der linken Hemisphäre von links. Die Großhirnhemisphären (Lobus frontalis, parietalis, temporalis und occipitalis) sind der Übersicht halber unterschiedlich eingefärbt. Dazwischen verlaufen die auch makroskopisch sichtbaren Grenzen der Hemisphären (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

? Was verstehen Sie unter dem Corpus striatum?

Das **Corpus striatum (Streifenkörper)** besteht aus dem **Putamen** und dem **Ncl. caudatus**. Der Name rührt daher, dass sich zwischen Putamen und Caput des Ncl. caudatus **streifenförmige Verbindungen aus grauer Substanz** befinden. Einerseits wird das **Putamen** unter dem Begriff **Streifenkörper** mit dem **Ncl. caudatus** zusammengefasst, andererseits bildet es aber zusammen mit dem **Globus pallidus** den **Linsenkern (Ncl. lentiformis)**.

? Welche Kerne werden zu den Basalkernen gerechnet?

Der Begriff **Basalkerne (Nuclei basales)** ist nicht eindeutig definiert. Bei der am engsten gefassten Definition beschränkt man den Begriff auf die Basalkerne des Endhirns (**Nuclei basales telencephali**). Zu diesen gehören:

- Ncl. caudatus
- Putamen
- Globus pallidus

KLINIK. Im klinischen Kontext (und in älteren Anatomiebüchern) wird häufig der Begriff **Basalganglien** verwendet. Anatomisch gesehen handelt es sich jedoch nicht um Ganglien (= Ansammlung von Nervenzellkörpern im PNS), sondern um Perikaryen im ZNS und somit per definitionem um Kerne (= Ansammlung von Nervenzellkörpern im ZNS). Um dieser Definition gerecht zu werden, spricht man in der aktuellen anatomischen Nomenklatur von **Basalkernen**.

? Beschreiben Sie die Bestandteile und die Funktionen des extrapyramidalmotorischen Systems.

Das **extrapyramidalmotorische System (EPMS)** ist nur unscharf definiert, in letzter Zeit werden die **Gemeinsamkeiten** mit dem Pyramidensystem wieder mehr betont:

- Beide Systeme haben in denselben Neuronen der Hirnrinde ihren Ursprung.
- Pyramidenbahn und EPMS werden gemeinsam aktiviert.

Der Hauptunterschied zwischen dem Pyramidensystem und dem EPMS liegt darin, dass die Bahnen des EPMS auf ihrem Weg zu den Motoneuronen des spinalen Vorderhorns **mehrfach unterbrochen sind und nicht durch die Pyramiden** ziehen (daher der Name). Wichtige Zwischenstationen des EPMS sind die **Basalkerne** im weiteren Sinne, von denen mehrere descendierende Bahnen im Rückenmark nach kaudal projizieren (Abb. 7.12):

- Tr. vestibulospinalis lateralis
- Tr. reticulospinalis
- Tr. rubrospinalis
- Tr. olivospinalis
- Tr. tectospinalis

Im Gegensatz zum Pyramidensystem, in dem die Information vom Motorkortex ohne Unterbrechung und Veränderung bis zu den Motoneuronen läuft, verarbeiten die Kerne des EPMS gleichzeitig vielfältige Informationen von Rezeptoren der Körperperipherie, vom Gleichgewichtsorgan und von anderen Sinnessystemen. Diese Einflüsse **modulieren die Aktivität des EPMS**. Grundfunktionen des EPMS sind **Förderung und Hemmung** von bestimmten Bewegungsformen. Praktisch wird die Aktivität des EPMS bei **affektiven Ausdrucksbewegungen** sichtbar sowie bei **Änderungen des Muskeltonus** und bei Mitbewegungen eigentlich nicht beteiligter Körperteile (z. B. Pendeln der Arme beim Gehen).

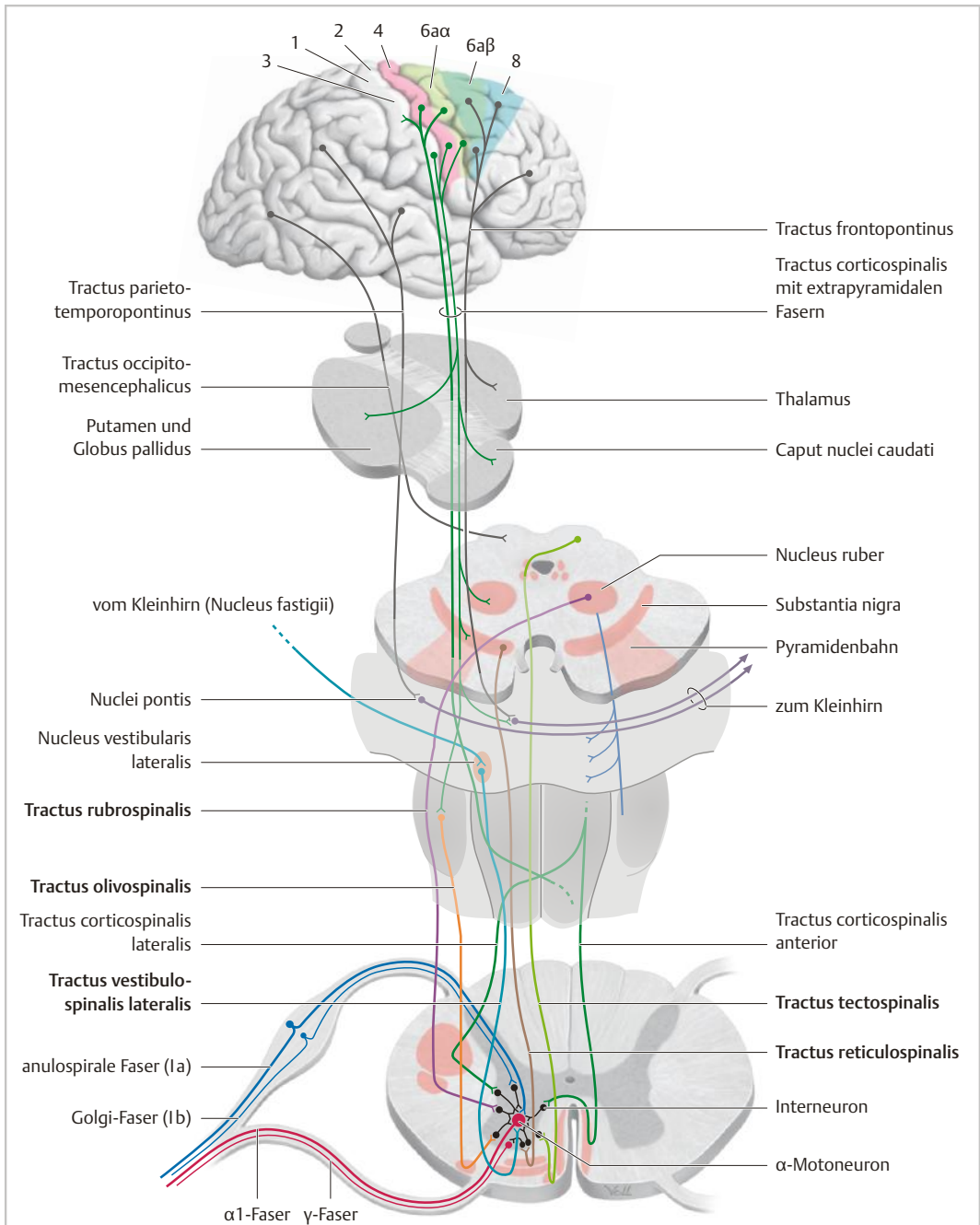


Abb. 7.12 Extrapyramidal-motorisches System. Eingezeichnet sind die Bahnen des extrapyramidal-motorischen Systems. Diese ziehen im Gegensatz zu den Pyramidenbahnen nicht durch die Pyramiden und verlaufen mit einigen Unterbrechungen. Außerdem erhalten sie Eingang von verschiedenen Systemen wie dem Gleichgewichtsorgan oder sensiblen Input, z. B. aus der Körperperipherie (hier blau eingezeichnet). Diese zusätzlichen Informationen modulieren die Aktivität der Bahnen und damit die Muskelkontraktion (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

KLINIK. Klinisch unterscheiden sich Schädigungen der Pyramidenbahn von Läsionen im EPMS, weshalb sich in diesem Kontext die anatomisch fragwürdige Unterteilung in die zwei Systeme eingebürgert hat. Eine Schädigung der Pyramidenbahn führt zu **Lähmungen** der betroffenen Muskulatur, während sich Ausfälle des EPMS durch die **Art, wie Bewegungen durchgeführt und koordiniert** werden, zeigen. Die veränderte Motorik bei **Morbus Parkinson** (Rigor, Akinese und Tremor) macht dies exemplarisch deutlich.

? Welche unterschiedlichen Typen von funktionellen Fasersystemen sind im Großhirnmark vorhanden?

In der weißen Substanz des Großhirns unterscheidet man üblicherweise **drei funktionelle Typen** von Fasersystemen:

- **Assoziationsfasern**, die funktionell zusammengehörende Areale **der gleichen Hemisphäre** verbinden (z. B. Cingulum, Fornix).
- **Kommissurenfasern**, die funktionell gleiche oder ähnliche Kortexareale der **rechten und linken Hemisphäre miteinander verbinden**. Sie kreuzen definitionsgemäß die Mittellinie (z. B. Corpus callosum, Commissura anterior).
- **Projektionsfasern**: Diese verbinden den **Kortex mit subkortikalen Zentren**. Entweder bringen sie als **aufsteigende** Fasern Informationen aus der Peripherie zum

Kortex (z. B. sensible Verbindungen zwischen Ventrobasalkomplex des Thalamus und Gyrus postcentralis) oder sie leiten als **absteigende** Fasern Informationen aus dem Kortex in die Peripherie (z. B. Tr. corticospinalis). Die Projektionsfasern verlaufen zum größten Teil durch die **Capsula interna**.

? Von welchen Kerngebieten wird die Capsula interna begrenzt?

Die **Capsula interna** besteht aus aufsteigenden und absteigenden Systemen von Projektionsfasern, die das Gebiet der Basalkerne durchsetzen. Ein großer Teil der Fasern in der Capsula interna setzt sich nach kaudal in die Crura cerebri (vorderer Teil der Pedunculi cerebri) fort. Auf einem **Horizontalschnitt** durch das Großhirn hat die Capsula interna die **Form** eines nach lateral offenen „V“ (Abb. 7.13):

- Der **vordere Schenkel (Crus anterius)** der Capsula interna wird medial begrenzt vom **Ncl. caudatus** und lateral vom **Ncl. lentiformis**.
- Der **hintere Schenkel (Crus posterius)** der Capsula interna hat den **Thalamus** als mediale und den **Ncl. lentiformis** als laterale Begrenzung.
- Auf einem Horizontalschnitt befindet sich das **Knie (Genu)** der Capsula interna zwischen **Caput Ncl. caudati** ventral und **Thalamus** rostral.

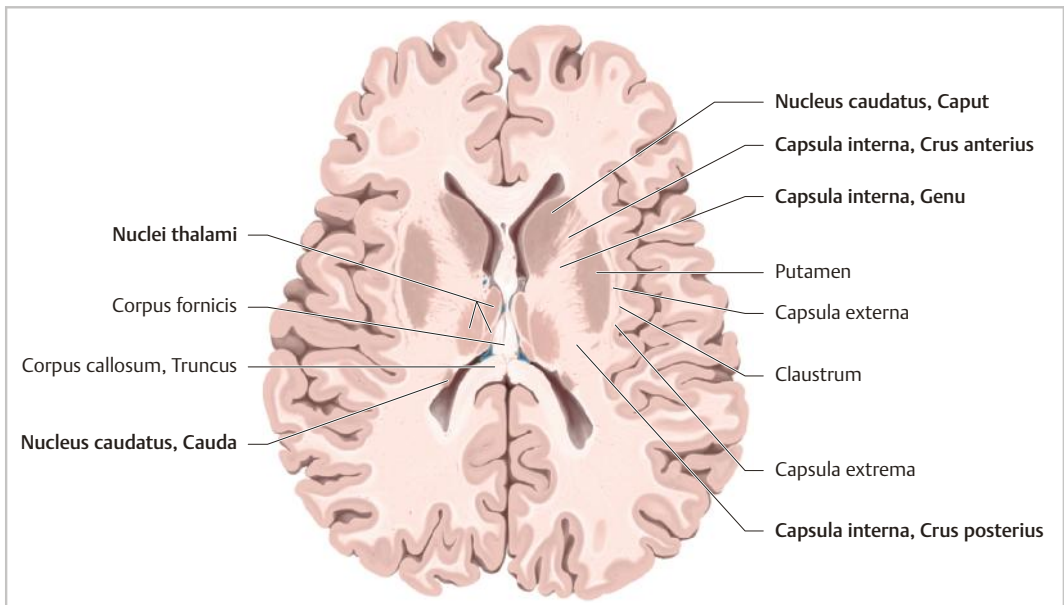


Abb. 7.13 Horizontalschnitt durch das Gehirn. Im Schnittbild zu sehen ist das Vorder- sowie das Hinterhorn (Cornu frontale u. occipitale) des Seitenventrikels, nicht aber sein zentraler Bereich. Gut zu erkennen ist die Capsula interna mit Crus anterius, Genu und Crus posterius (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

? Welche Arterien versorgen die Capsula interna?

Die Capsula interna wird vorwiegend von **zwei Arterien** versorgt:

- **A. cerebri media** über Aa. centrales anterolaterales
- **A. choroidea anterior** über Rr. capsulae internae. Sie entspringt aus der A. carotis interna (am Übergang zur A. cerebri media) und dringt in den Temporallappen ein, um im Plexus choroideus im Unterhorn des Seitenventrikels zu enden.

KLINIK. Kommt es zu einem Verschluss der versorgenden Gefäße der Capsula interna (oder zu Blutungen an diesen Stellen), führt dies zu **Lähmungen** und **sensiblen Ausfällen** auf der kontralateralen Körperhälfte (Bild eines Schlaganfalls).

- **Cornu anterius** (= Cornu frontale, Vorderhorn): Es reicht bis in den Lobus frontalis. Sein Boden wird vom **Caput nuclei caudati** gebildet.
- **Cornu posterius** (= Cornu occipitale, Hinterhorn): Es reicht bis in den Lobus occipitalis und kann fehlen.
- **Cornu inferius** (= Cornu temporale, Unterhorn): Es zieht etwa parallel zur Längsachse des **Lobus temporalis** in Richtung auf dessen vorderen Pol. In seinem Dach befindet sich ein Teil der **Cauda des Ncl. caudatus**. An seiner medialen Wand ist der Hippocampus als weiße Vorwölbung sichtbar.

Die Hörner gehen von der **Pars centralis des Seitenventrikels** aus. Dessen Dach wird vom **Corpus callosum** und der Boden vom **Korpus des Ncl. caudatus** gebildet.

Der Plexus choroideus ist nur in der Pars centralis und im Unterhorn vorhanden, Cornu anterius und posterius sind frei von Plexusgewebe.

7.1.8 Innere Liquorräume

? In welchen Abschnitten des Großhirns befinden sich Teile der Seitenventrikel?

Jeder Seitenventrikel hat **vier Abschnitte**, die sich in die Hemisphären des Telencephalons erstrecken (Abb. 7.14):

? Von welchen Strukturen wird der III. Ventrikel begrenzt?

Der **III. Ventrikel** befindet sich im **Diencephalon**, zwischen den beiden **Hälften von Thalamus und Hypothalamus**. Die Wände des III. Ventrikels werden von folgenden Strukturen begrenzt (Abb. 7.14):

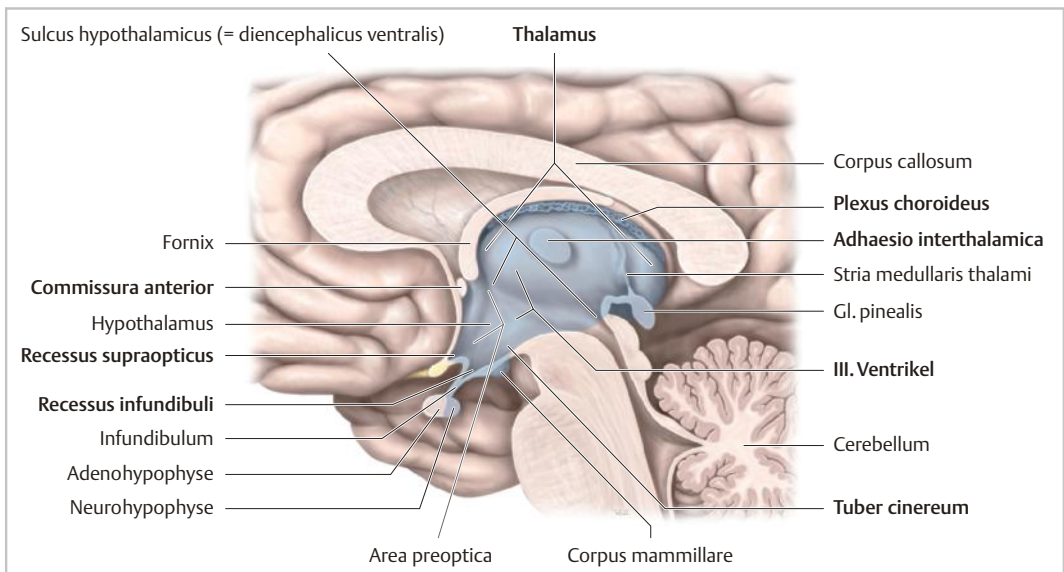


Abb. 7.14 Angrenzende Strukturen des III. Ventrikels. Mediansagittalschnitt. Der III. Ventrikel teilt das Diencephalon in zwei symmetrische Hälften. Die spitz zulaufenden Ausbuchtungen werden als Recessus bezeichnet. Sie entstehen durch die angrenzenden Zwischenhirnabschnitte. Der Thalamus nimmt den größten Teil der Seitenwand des III. Ventrikels ein. Er ist durch eine Furche (Sulcus hypothalamicus) gegen die ebene Wand des Hypothalamus abgetrennt. Oberhalb des Thalamus läuft der Fornix, welcher gelegentlich auch als Dach des III. Ventrikels bezeichnet wird, obwohl dieses eigentlich vom darunterliegenden Plexus choroideus gebildet wird (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

- Das **Dach** des III. Ventrikels besteht vorwiegend aus dem **Plexus choroideus**, der seitlich über die Taenia thalami mit dem Thalamus verwachsen ist.
- Die **seitlichen Wände** bestehen parietal vorwiegend aus dem **Thalamus**, in dessen vorderem Bereich sich die **Adhäsio interthalamica** befindet. Die Adhäsio ist keine Kommissurenbahn, sondern nur eine Aneinanderlagerung von Material beider Thalami ohne durchlaufende Verbindung. Im **kaudalen Teil** des dritten Ventrikels werden die **seitlichen Wände** durch den **Hypothalamus** gebildet. Zwischen Thalamus und Hypothalamus befindet sich der Sulcus hypothalamicus, d. h. an der Seitenwand des III. Ventrikels kann man die Grenze zwischen Thalamus und Hypothalamus deutlich erkennen.
- Im **Boden** des III. Ventrikels liegen der **Recessus supra-opticus** und **Recessus infundibuli**, die dem **Chiasma opticum** benachbart sind. Dorsal des Chiasma opticum begrenzt das **Tuber cinereum** den Boden des III. Ventrikels.
- In der **Vorderwand** des III. Ventrikels, die zum größten Teil von der **Lamina terminalis** gebildet wird, befindet sich die **Commissura anterior**.
- Die Hinterwand des III. Ventrikels bilden die **Commissura posterior** sowie der Recessus pinealis und Recessus suprapinealis.

? Über welche Öffnungen steht der IV. Ventrikel mit benachbarten Liquorräumen in Verbindung?

Der IV. Ventrikel hat **zwei Verbindungen** mit benachbarten **inneren Liquorräumen**:

- Nach rostral über den **Aquaeductus cerebri** mit dem III. Ventrikel
- Nach kaudal mit dem **Canalis centralis** des Rückenmarks

Darüber hinaus bestehen **3 Öffnungen** zum **äußeren Liquorraum**, also dem **Subarachnoidalraum**:

- **Apertura mediana** (Magendie): Sie befindet sich im unteren Teil des Dachs des IV. Ventrikels, also kaudal vom Kleinhirn, und stellt eine Verbindung zur **Cisterna cerebellomedullaris** her.
- **Aperturæ laterales** (Luschka): Diese **paarige** Öffnung geht von den Recessus laterales der Rautengrube in Richtung **Cisterna pontomedullaris**.

Die Verbindungen zwischen inneren und äußeren Liquorräumen sind für den Liquorfluss von Bedeutung. Eine Verklebung oder Verlegung dieser Öffnungen bewirkt eine Drucksteigerung in den inneren Liquorräumen.

KLINIK. Ist die Liquorzirkulation gestört, z. B. aufgrund einer Abflussstörung des Liquors aus den inneren in die äußeren Liquorräume oder aufgrund einer Resorptionsstörung aus den äußeren Liquorräumen, kommt es zur Stauung des Liquors und u.U. zum **Hydrozephalus**. „Hydrozephalus internus oder occlusivus“ bezeichnet eine Drucksteigerung in den inneren Liquorräumen bei Abflussbehinderung aus dem IV. Ventrikel. „Hydrozephalus externus“ entsteht durch eine Resorptionsstörung in den Granulationes arachnoidales und ist meist mit einem internen Hydrozephalus kombiniert.

Die damit verbundene **Drucksteigerung** in den Liquorräumen führt zur **Schädigung** des umliegenden **Hirngewebes**. Eine mögliche Therapie besteht in der Ableitung des Liquors über einen Katheter in den Peritonealraum des Abdomens (**ventrikulo-peritonealer Shunt**) oder in den rechten Ventrikel (**ventrikulo-atrialer shunt**).

? Wo befinden sich Zisternen? Durch welche Strukturen werden Sie begrenzt?

Zisternen sind **Erweiterungen des äußeren Liquorraums**, also des **Spatium subarachnoidale**. Die Pia mater legt sich der Oberfläche des Zentralnervensystems eng an, während die Arachnoidea einen wechselnden Abstand von der Oberfläche haben kann, weil sie Fissuren und Sulci überbrückt. An bestimmten Stellen des Gehirns ergeben sich **Erweiterungen des Subarachnoidalraums** dadurch, dass sich die Arachnoidea weit von der Oberfläche des ZNS entfernt (Abb. 7.15). Zu den großen Zisternen zählen:

- **Cisterna cerebellomedullaris**: Sie füllt den Winkel zwischen Zerebellum und dorsaler Oberfläche der Medulla oblongata aus.
- **Cisterna interpeduncularis**: Sie befindet sich ventral zwischen den Hirnstielen.
- **Cisterna pontomedullaris**: Sie erstreckt sich über die Ventralfläche von Pons und Medulla oblongata. (Die Abb. 7.15 enthält darüberhinaus noch einige weitere Zisternen).

? Schildern Sie den Kreislauf des Liquor cerebrospinalis.

Der **Hauptbildungsort** des Liquor cerebrospinalis befindet sich in den **Plexus choroidei** der Hirnventrikel. **Pro Tag** werden mehr als **500 ml Liquor gebildet**, bei einer normalen Bestandsmenge von ca. 150 ml und gleichbleibendem Liquordruck muss daher die gleiche Menge auch **resorbiert** werden.

Der in den Plexus und damit in den **inneren Liquorräumen** gebildete Liquor verlässt diese Räume im **IV. Ventrikel** über die **Apertura mediana** und die **Aperturæ laterales**. Er gelangt damit in den **äußeren Liquorraum**, und zwar in die **Cisterna cerebellomedullaris** bzw. die **Cisterna pontomedullaris**. Die Liquorströmung geht vorwiegend in Rich-

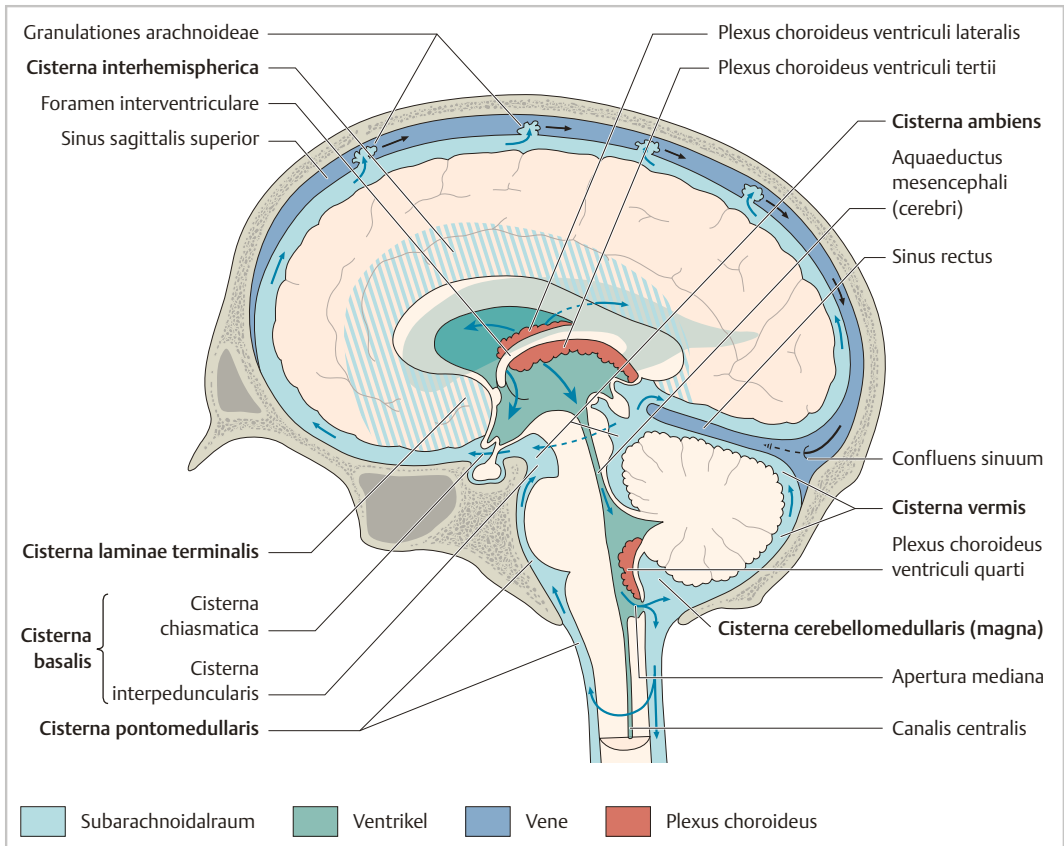


Abb. 7.15 Liquorzirkulation und Zisternen. Der Liquor wird im Plexus choroideus aller vier Hirnventrikel gebildet und gelangt über die Apertura mediana in den Subarachnoidalraum (äußerer Liquorraum). Dieser hat mehrere Erweiterungen, sog. Zisternen. Die Resorption des Liquors erfolgt in den Granulationes arachnoideae und entlang der Abgänge der Spinalnerven in venöse Plexus oder Lymphbahnen (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

tung auf den Sinus sagittalis superior, um den herum eine große Zahl von **Granulationes arachnoideae (Pacchioni)** angeordnet ist. Die Granulationen sind pilzförmige **Ausstülpungen der Arachnoidea**, die sich in den Sinus sagittalis superior oder in den Knochen des Schädeldachs seitlich vom Sinus vorwölben. Auf diese Weise ergibt sich eine enge **Verbindung** zwischen dem Liquorraum und den **Blutgefäßen des Sinussytems** bzw. der Diploe des Schädeldachs (Abb. 7.15).

Die Granulationen werden als **Hauptresorptionsort** für den Liquor cerebrospinalis angesehen, jedoch kommen auch andere Strukturen infrage, wie z.B. die Gefäße der Pia und der Arachnoidea sowie die Venenplexus des Wirbelkanals (Plexus venosus vertebralis). Die Plexus haben Verbindungen zum **Endoneuralraum**, der sich an den **Abgangsstellen der Spinalnerven** befindet.

7.1.9 Hirn- und Rückenmarkshäute

? Wie ist die Dura mater aufgebaut? Welche besonderen Strukturen bildet sie im Bereich des Hirnschädels?

Die **Dura mater (Pachymeninx)** besteht im Bereich des Hirnschädels aus **zwei Blättern**:

- **Stratum periostale** (Lamina externa)
- **Stratum meningeale** (Lamina interna)

Diese Blätter sind im Bereich des Gehirnschädels fest verwachsen. Nur die **Sinus durae matris** bilden erweiterte Spalträume zwischen beiden Blättern. Die Dura mater des Gehirns schickt sichelförmige **Duplikaturen** in den Innenraum des Schädels und bildet somit ein bindegewebiges Stützgerüst für das Hirngewebe. Diese Duplikaturen sind:

- **Falx cerebri:** Sie befindet sich in der Sagittalebene zwischen den Hemisphären.
- **Falx cerebelli:** Sie trennt die Kleinhirnhemisphären.
- **Tentorium cerebelli (Kleinhirnzelt):** Es erstreckt sich annähernd horizontal zwischen Kleinhirn und Lobus occipitalis des Großhirns. Im ventralen Rand des Tentorium cerebelli befindet sich eine große Öffnung für den Durchtritt des Hirnstamms. An den Ursprungsstellen der Sichel bzw. des Tentoriums bildet die Dura Sinus, wie z. B. den **Sinus sagittalis superior** an der Basis der Falx cerebri.
- **Cavum trigeminale:** In ihm befindet sich das Ganglion trigeminale.
- **Diaphragma sellae:** Es überspannt die Fossa hypophysialis.

? Wodurch unterscheidet sich ein Sinus durae matris von einer normalen Vene?

Die Sinus der Dura mater stellen Erweiterungen des Raums zwischen dem inneren und äußeren Blatt der Dura mater dar. Im Gegensatz zu den Venen des übrigen Organismus haben die Sinus **keine muskuläre Wand**, sondern bestehen aus **Duraduplikaturen**, die von **Endothel** ausgekleidet sind. Darüber hinaus haben die Sinus **keine Klappen**, weswegen eine Strömung in beiden Richtungen möglich ist.

KLINIK. Wegen des Fehlens einer muskulären Wand können sich die Sinus bei Verletzungen nicht kontrahieren. Die Folge sind oft lang anhaltende Blutungen aus diesen Gefäßen.

? * Von welchen Nerven wird die Dura mater sensibel innerviert?

Verletzungen des Hirngewebes selbst sind nicht schmerzhaft. Die Dura mater ist jedoch hochempfindlich, besonders in der Nähe von Blutgefäßen. Die sensible Versorgung der Dura erfolgt im frontalen und parietalen Bereich aus den **drei Ästen des Trigeminus**, dorsal sind auch der **N. vagus** und der **N. glossopharyngeus** beteiligt. Viele Formen von Kopfschmerzen haben ihre Ursache wahrscheinlich in einer Reizung der sensiblen Nervenendigungen der Dura.

? Schildern Sie Ursprung und Verlauf der wichtigsten Arterie der Dura.

Das wichtigste Gefäß für die Versorgung der Dura ist die **A. meningea media**. Sie entspringt aus der **A. maxillaris** dicht unterhalb der Schädelbasis, zieht durch das **Foramen spinosum** in die **Fossa cranii media** und verläuft hier zwischen der Dura und dem Schädelknochen (Abb. 7.16). Die Arterie hinterlässt an der Innenfläche des Schädels deutlich sichtbare Rinnen. Das **Versorgungsgebiet** der A. me-

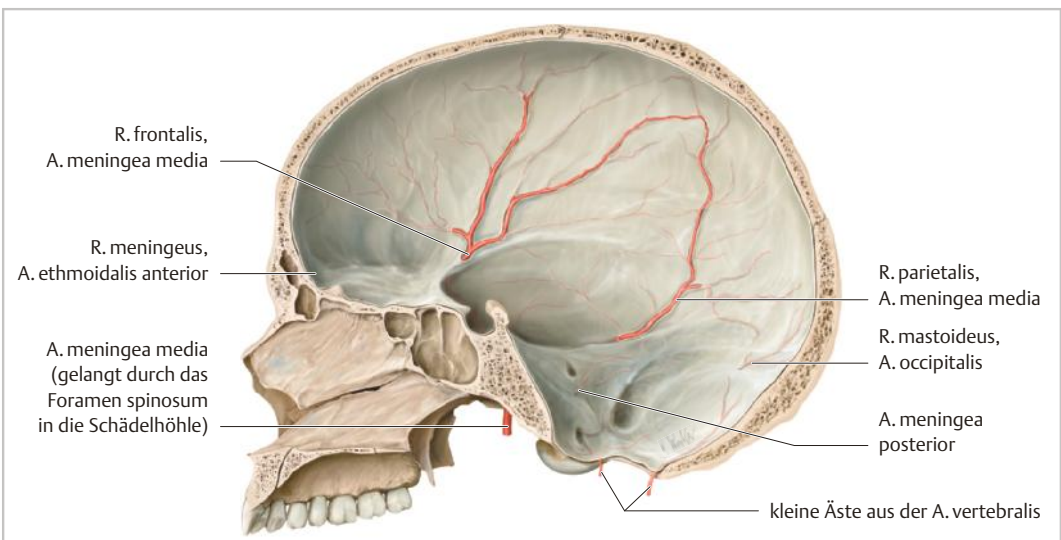


Abb. 7.16 Blutversorgung der Dura mater. Mediansagittalschnitt in der Ansicht von links. Der größte Teil der Dura mater in der Schädelhöhle wird von der A. meningea media, einem Endast der A. maxillaris, versorgt. Eine weitere Funktion der A. meningea media ist die Blutversorgung der Kalotte (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

ningea media erstreckt sich mit mehreren Ästen über große Bereiche der **okzipitalen, temporalen und parietalen Dura**.

Die **A. meningea anterior** aus der A. ethmoidalis anterior und die **A. meningea posterior** aus der A. pharyngea ascendens sind dagegen von geringerer Bedeutung.

7.1.10 Gefäßversorgung

? Welche Versorgungsgebiete haben die drei großen Hirnarterien?

Zu den drei großen Hirnarterien (**Aa. cerebri**) zählen (Abb. 7.17):

- **A. cerebri media:** Sie ist die größte der drei Hirnarterien. Sie setzt die Verlaufsrichtung der **A. carotis interna** annähernd fort, zieht eine längere Strecke durch den **Sulcus lateralis** (Sylvius) und versorgt den größten Teil der **Konvexität des Gehirns** mit Ausnahme eines schmalen Streifens entlang der **Mantelkante** und der **Hirnbasis**.
- **A. cerebri posterior:** Sie hat als Versorgungsgebiet die **medialen Anteile des Lobus temporalis** und **occipitalis** sowie auf der **lateralen Seite Teile des Lobus occipitalis** und einen Streifen des **Lobus temporalis**, der etwa dem **Gyrus inferior** dieses Lappens entspricht.

- **A. cerebri anterior:** Sie versorgt praktisch die gesamten **medialen Anteile der Hemisphäre rostral des Sulcus parietooccipitalis** und reicht etwa **fingerbreit über die Mantelkante** nach lateral.

? Beschreiben Sie die Anordnung der Gefäße im Circulus arteriosus cerebri (Willis).

Der **Circulus arteriosus Willisii** befindet sich auf der **Hirnbasis** und wird aus den **vier großen Arterien** gespeist, die das Großhirn versorgen (Abb. 7.17):

- Aus den beiden **Aa. vertebrales**, die sich zur **A. basilaris** zusammenschließen. Die A. basilaris liegt ventral auf der Brücke und endet in Form der beiden **Aa. cerebri posteriores**, die um den Hirnstamm herumlaufen, um den Lobus occipitalis zu erreichen. Zwischen den Aa. cerebri posteriores und der A. cerebri media (s.u.) besteht eine **Verbindung**, nämlich die **A. communicans posterior**.
- Aus den Ästen der beiden **Aa. carotides internae**: Die Fortsetzung der A. carotis interna ist die **A. cerebri media**, die nach rostral die **A. cerebri anterior** abgibt. Zwischen den beiden Aa. cerebri anteriores befindet sich eine kurze **Verbindung**, die **A. communicans anterior**.

Auf diese Weise ergibt sich eine **ringförmige Verbindung** zwischen den großen Hirnarterien. Die Anastomosen sind

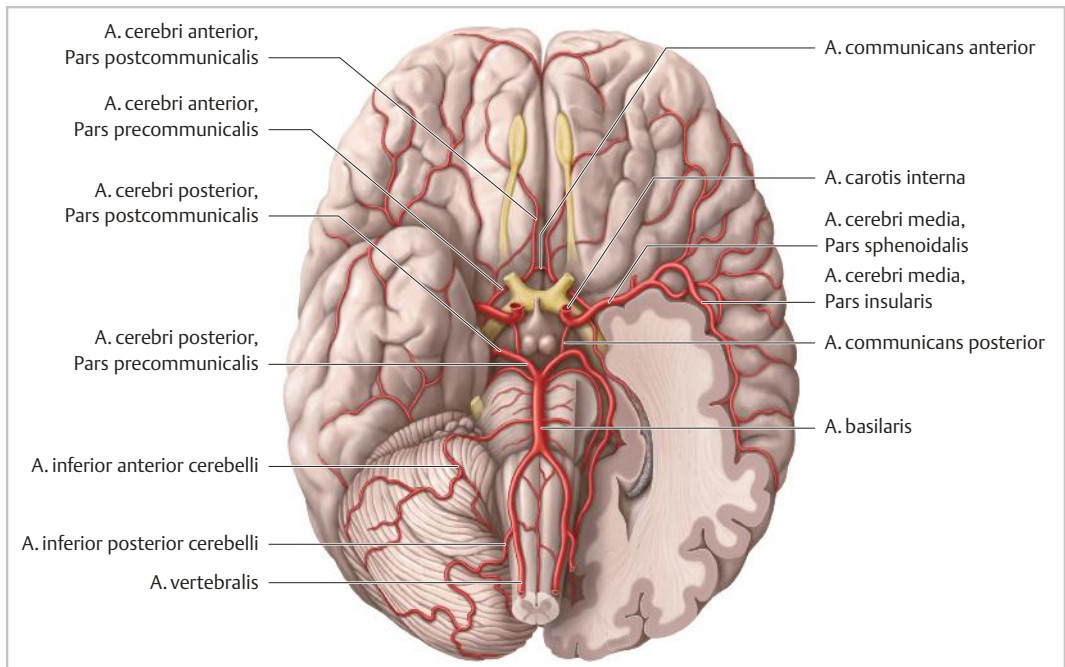


Abb. 7.17 **Circulus arteriosus cerebri (Willis)**. Das Kleinhirn und der Temporallappen wurden auf der linken Seite zur Freilegung des Verlaufs der A. cerebri posterior entfernt (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

Tab. 7.3 Segmente und Ursprung der Aa.cerebri anterior, media und posterior. (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015)

Ursprung	Arterie	Partes	Segmente
A. carotis interna	A. cerebri anterior	Pars precommunicalis	Segmentum A1 = Arterienabschnitt vor der A. communicans anterior
		Pars postcommunicalis	Segmentum A2 = Arterienabschnitt, der an die A. communicans anterior anschließt
	A. cerebri media	Pars sphenoidalis	Segmentum M1 = 1. horizontaler Abschnitt der Arterie (Pars horizontalis)
		Pars insularis	Segmentum M2 = Arterienabschnitt auf der Insel
Aa. vertebrales	A. cerebri posterior	Pars precommunicalis	Segmentum P1 = Arterienabschnitt zwischen Gabelung der A. basilaris und A. communicans posterior
		Pars postcommunicalis	Segmentum P2 = Arterienabschnitt zwischen A. communicans posterior und Rr. temporales anteriores
			Segmentum P3 = A. occipitalis lateralis
			Segmentum P4 = A. occipitalis medialis

jedoch beim Erwachsenen nicht weitlumig genug, um bei akutem Verschluss einer Carotis interna die Versorgung des gesamten Großhirns sicherzustellen.

mark verlagert ist). Die Missbildung tritt meist im Bereich der Lumbal- oder Sakralwirbel auf.

7.2 Klinische und topografische Anatomie

? Was versteht man unter einer Spina bifida?

Wie lässt sich ihre Entstehung entwicklungsgeschichtlich erklären?

Eine Spina bifida ist eine **angeborene Missbildung des Wirbelkanals**, die durch ein unvollständiges Zusammenwachsen der Wirbelbögen gekennzeichnet ist. Im Lauf der Entwicklung wachsen die Wirbelbögen seitlich von den Wirbelkörpern aus und schließen auf diese Weise dorsal den Wirbelkanal.

Bei der Ausbildung einer Spina bifida gibt es **unterschiedliche Schweregrade**:

- **Spina bifida occulta**: In den leichtesten Fällen sind das Rückenmark und die Rückenmarkshäute nicht betroffen. Der Defekt wird von Haut bedeckt und ist oft nur an einer verstärkten Behaarung zu erkennen.
- **Meningozele und Myelozele**: In schweren Fällen können sich Rückenmarkshäute oder Teile des Rückenmarks selbst durch den Defekt nach außen unter die Haut vorwölben und bilden hier flüssigkeitsgefüllte Hohlräume: **Meningozele** (wenn sich nur die Rückenmarkshäute vorwölben) oder **Myelozele** (wenn auch das Rücken-

? Welche Symptome bestehen kaudal einer Halbsseitenläsion des Brustmarks?

Eine spinale Halbsseitenläsion (**Brown-Séquard**) kommt meist durch eine Verletzung oder eine tumorbedingte Kompression des Rückenmarks innerhalb des Wirbelkanals zustande. Die Läsion unterbricht auch Bahnen, die unterhalb der Verletzung auf die Gegenseite kreuzen, daher gibt es **Ausfallerscheinungen auf beiden Seiten kaudal** der Läsion (Abb. 7.18).

Auf der Seite der Läsion (**ipsilateral**) kommt es kaudal der Verletzungsstelle zu folgenden Ausfällen:

- Spastische **Lähmung** sämtlicher Muskeln durch Ausfall des **Tr. corticospinalis lateralis**
- Ausfall der **fein diskriminierenden Tast- und Berührungsempfindung** wegen Unterbrechung der **Hinterstrangbahnen**
- Ausfall der **Tiefensensibilität**, durch Ausfall der **Hinterstränge**

Auf der Gegenseite der Läsion (**kontralateral**) kommt es kaudal der Verletzungsstelle zu folgenden Ausfällen:

- Ausfall der **Temperatur- und Schmerzempfindung** durch Ausfall des gekreuzten Tr. spinothalamicus lateralis bei erhaltener Tast- und Berührungsempfindung (**dissoziierte Empfindungsstörung**)

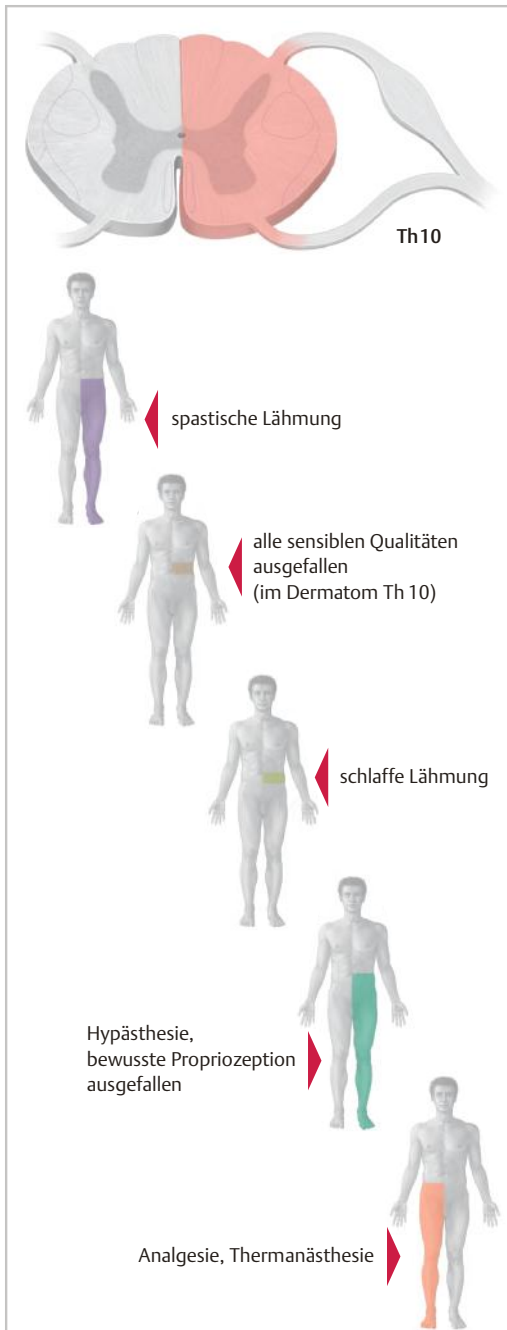


Abb. 7.18 Syndrom der spinalen Halbseitenlähmung (Brown-Séquard-Syndrom). Beispiel einer Läsion in Höhe von Th10 links (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

- Verminderung der **groben Tast- und Berührungsempfindung** besonders für stärkere Reize durch Ausfall des Tr. spinothalamicus anterior (Auf der Seite der Läsion kann über diesen gekreuzten Weg noch ein Rest an Tast- und Berührungsempfindlichkeit erhalten bleiben.)

Zusätzlich bestehen **auf der Höhe der Läsion** ein Ausfall der **Sensibilität** und eine **schlaaffe Muskellähmung** wegen der Zerstörung des Rückenmarks.

? Welche Folgen hat eine vollständige Durchtrennung des Rückenmarks?

Eine vollständige Durchtrennung oder Quetschung des Rückenmarks führt zum Bild der **vollständigen Querschnittlähmung**:

- Es ist gekennzeichnet durch eine **komplette Lähmung aller Muskeln kaudal der Verletzungsstelle**. Im Gegensatz zur halbseitigen Querschnittlähmung sind in diesem Fall auch Blase und Mastdarm betroffen.
- Kaudal der Läsion sind darüber hinaus **sämtliche Sinnesempfindungen** aufgehoben. Mit dem Eintritt der Läsion fallen auch die **Eigenreflexe** des Rückenmarks aus (spinaler Schock).
- Einige Wochen nach der Rückenmarkverletzung erholen sich die **spinalen Reflexe** der Blase und des Mastdarms, was eine gewisse Erleichterung der Entleerung mit sich bringt. Parallel dazu kehren auch die **muskulären Eigenreflexe** wieder, später kommt es zu einer verstärkten Reflexbildung (Hyperreflexie).
- Zusätzlich können **Schmerzen** auftreten, die oft in Gebieten kaudal der Läsion empfunden werden, obwohl hier eine völlige Anästhesie vorliegt.

KLINIK. Die Folge einer Unterbrechung des Rückenmarks in Höhe des Thorax wird als **Paraplegie** (= Lähmung beider Beine) bezeichnet. Eine Unterbrechung des Rückenmarks im Halsbereich führt zum Bild der **Tetraplegie**, d. h. zur Lähmung aller Gliedmaßen.

? Was verstehen Sie unter einem Kleinhirnbrückenwinkeltumor? Und welche Symptome kann man aus dem Ausfall der betroffenen Nerven ableiten?

Ein Kleinhirnbrückenwinkeltumor ist primär durch seine Lokalisation an gleichnamiger Stelle am dorsokaudalen Rand der Brücke gekennzeichnet. Raumfordernde Prozesse an dieser Stelle verursachen sehr früh klinische Symptome, da hier die **Hirnnerven VII und VIII** austreten. Durch Druck auf die Hirnnerven kommt es zu entsprechenden **Ausfallsymptomen**:

- **Schwindel und Hörstörungen:** Läsion des N. vestibulocochlearis.
- **Periphere Fazialislähmung:** Läsion des N. facialis.
- **Ausfall der Geschmacksempfindung der vorderen zwei Drittel der Zunge:** Läsion des N. facialis (Chorda tympani).

- **Ausfall der Speicheldrüsen:** Gaumen-, Nasen-, und Tränenndrüse: Läsion des N. facialis (Chorda tympani und N. petrosus major). Die Gl. parotis ist nicht betroffen.
- **Hyperakusis:** Läsion des N. facialis (N. stapedius).
- **Ausfall des Lidschlussreflexes:** Läsion des N. facialis (er enthält das efferente Neuron zum Lidschluss durch den M. orbicularis oculi).

? Über welche Reflexbahnen erfolgt die Nahakkommodation des Auges?

Wird nach dem Blick in die Ferne ein naher Gegenstand fixiert, so ist die Abbildung auf der Retina zunächst unscharf. Die Unschärfe der Abbildung ist der Reiz für die Akkommodation.

- Die **afferente** Information läuft über den **N. opticus** zur primären Sehrinde (**Area striata, Area 17–19, V1**).
- Der **efferente** Schenkel läuft von der primären Sehrinde zur **Area praetectalis**. Von dort ziehen die Fasern zum **parasympathischen Ncl. accessorius nervi oculomotorii** (Edinger-Westphal) bzw. Ncl. Perlia und laufen nun über den **N. oculomotorius** zum **Ganglion ciliare**. Hier erfolgt die Umschaltung auf das **2. parasympathische Neuron**, dessen Axone über **Nn. ciliares breves** zum **M. ciliaris** ziehen und dessen **Kontraktion** auslösen. Durch die Kontraktion des M. ciliaris werden die **Zonulafasern entspannt** und die Linse kann aufgrund ihrer Eigenelastizität eine größere Krümmung annehmen. Dies steigert die Brechkraft der Linse.
- Mit der Akkommodationsbewegung der Linse ist gleichzeitig eine **Engstellung der Pupille (Miosis)** verbunden, die **efferent** ebenfalls über die **parasympathischen** Fasern des N. oculomotorius (**M. sphincter pupillae**) ausgelöst wird.
- Beim beidäugigen Sehen ist die Nahakkommodation immer mit einer **Konvergenzbewegung** verbunden, d. h., die Sehachsen beider Augen konvergieren nach medial. Der **efferente** Schenkel der Konvergenzreaktion verläuft über das blickmotorische Zentrum in den oberen Vierhügeln (**Colliculi superiores**) und den **somatomotorischen Kern** des N. oculomotorius (**Ncl. nervi oculomotorii**) und den **N. oculomotorius** zu den **Mm. recti mediales** (Abb. 7.19).

? Welche Ausfälle sind bei einer Läsion der Substantia nigra zu erwarten?

Die **Substantia nigra** liegt innerhalb des **Tegmentum mesencephali** an der Grenze zu den Crura cerebri. Ihre dunkle Farbe ist durch einen **hohen Gehalt der Neurone an Melanin und Eisen** bedingt.

Die Substantia nigra ist ein wichtiges Kerngebiet innerhalb des **extrapyramidal-motorischen Systems** und hat ausgeprägte Verbindungen zum **Corpus striatum** und **Thalamus**. In der Substantia nigra wird **Dopamin** synthetisiert, das durch axonalen Transport zum Corpus striatum

gelangt. Das Dopamin wird im Corpus striatum als **Transmittersubstanz** verwendet.

KLINIK. Läsionen der Substantia nigra führen zu einer Einschränkung der Dopaminsynthese und damit zu **Störungen der Motorik**, insbesondere in Form des sogenannten **Morbus Parkinson**. Diese Krankheit ist u. a. charakterisiert durch:

- **Ruhetremor:** Zeichen muskulärer Überaktivität
- **Hypokinese** (Bewegungsarmut): Zeichen einer eingeschränkten Motorik
- **Rigor:** erhöhter Muskeltonus

? * Eines der Hauptsymptome bei Kleinhirnausfällen ist die zerebellare Hypotonie der Muskulatur. Was versteht man darunter?

Die **zerebellare Hypotonie** ist gekennzeichnet durch eine **Verminderung** des neuromuskulär bedingten **Muskeltonus**, d. h. der unwillkürlichen Grundspannung der Muskulatur. (Anmerkung: Der eigentliche Muskeltonus bei völlig entspannter Muskulatur ist rein physikalischer Natur = viskoelastischer Tonus). Praktisch erkennt man die Senkung des Muskeltonus daran, dass der Bewegungsumfang in den einzelnen Gelenken extrem gesteigert ist. Der Tonus der Gesamtmuskulatur wird vom Kleinhirn gezielt gesteuert, um eine bestimmte Haltung des Gesamtkörpers und definierte Stellungen der Extremitäten zueinander herzustellen. Auch bei körperlicher Ruhe wird das Gleichgewicht durch Tonusverstellung in einzelnen Muskelgruppen und damit langsamer Verlagerung des Körperschwerpunkts sichergestellt:

- Der Muskeltonus wird durch das Kleinhirn über **efferente** Bahnen gesteuert, die über den **Ncl. ruber (Tr. rubrospinalis)** und andere Kerne des **EPMS** (extrapyramidal-motorisches System) verlaufen. Durch die deszendierenden Impulse werden α - und γ -Motoneurone aktiviert und dadurch der Muskeltonus erhöht.
- Auf der **afferenten** Seite spielen die Muskelspindeln als Rezeptoren für die Muskellänge und deren Änderung eine wichtige Rolle.

? Welche allgemeinen Körperfunktionen werden vom Hypothalamus aus gesteuert?

Der Hypothalamus ist das **Steuerzentrum für alle vegetativen Funktionen**. Er ist damit dem sympathischen und parasympathischen System übergeordnet. Der Hypothalamus wiederum ist dem **limbischen System** untergeordnet. Global betrachtet ist der Hypothalamus für die Aufrechterhaltung der **Homöostase** zuständig, und zwar sowohl der **inneren Homöostase** (Aufrechterhaltung von konstanten biochemischen Verhältnissen innerhalb des Organismus) als auch der **äußeren Homöostase** (Selbsterhaltung und Arterhaltung, auch soziale Homöostase genannt). Wichtige Aspekte der inneren Homöostase sind:

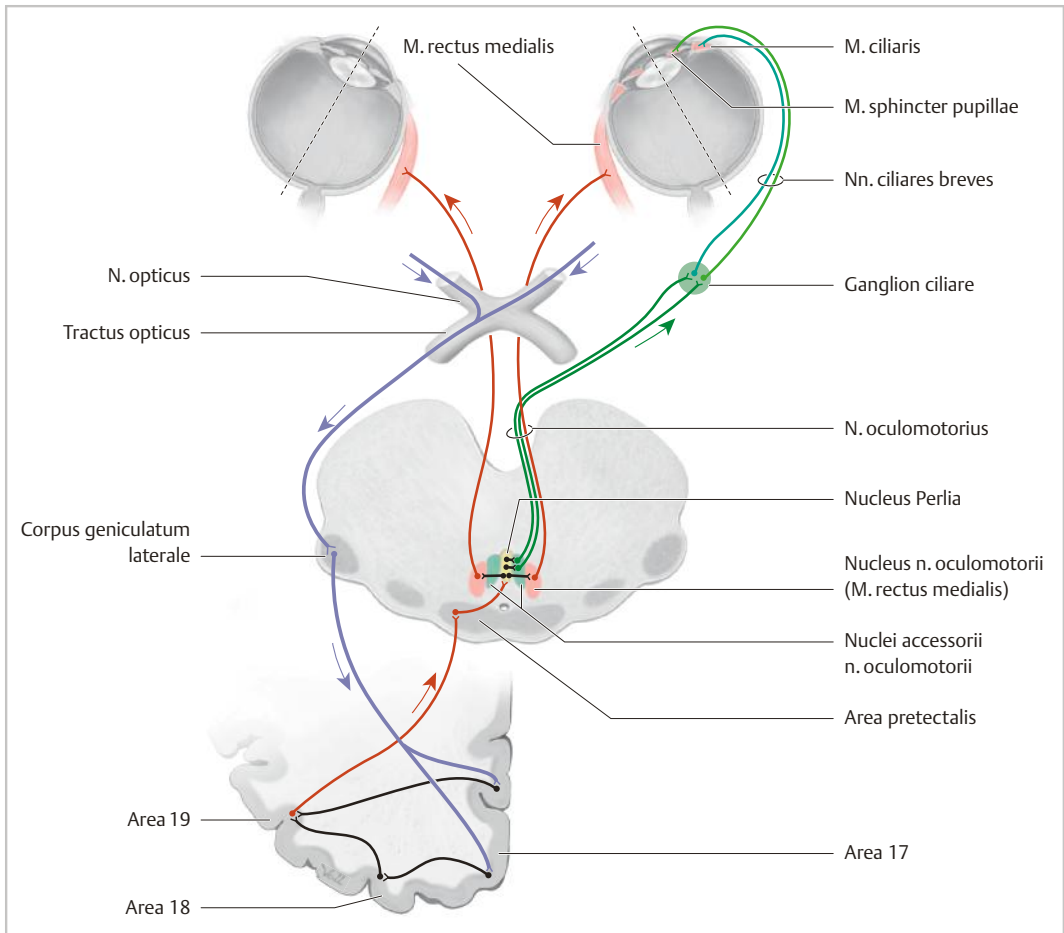


Abb. 7.19 Verschaltung für Konvergenz und Akkommodation. Wenn sich dem Auge ein Objekt nähert, müssen sich die Sehachsen beider Augen aufeinander zubewegen (Konvergenz), gleichzeitig muss die Linse ihre Brennweite ändern (Akkommodation). Die Konvergenz erfolgt über den M. rectus medialis, während die Akkommodation durch den M. ciliaris realisiert wird. Die meisten Axone des 3. Neurons der Sehbahn verlaufen im N. opticus über das Corpus geniculatum laterale, wo sie auf das 4. Neuron umgeschaltet werden, dessen Axone dann zur primären Sehrinde ziehen (Area 17). Über Umschaltungen ziehen die Axone dann von der sekundären visuellen Area 19 in die Area praetectalis. Über weitere Umschaltungen enden die Axone dann im Ncl. perlia. Die für die Akkommodation und Pupillenbewegung verantwortlichen Neurone werden in den viszeromotorischen (parasymphatischen) Ncl. accessorii n. oculomotorii umgeschaltet. Die präganglionären parasymphatischen Axone ziehen dann zum Ganglion ciliare. Dort findet die Umschaltung vom zentralen auf das periphere parasymphatische Neuron statt (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

- Wasserhaushalt: Durch ADH-Sekretion wird in der Niere vermehrt Wasser rückresorbiert.
- Steuerung der Nahrungsaufnahme
- Konstanthaltung der Körpertemperatur
- Regulierung des Blutdrucks

Ein wichtiger Aspekt der sozialen Homöostase sind das Zeigen von **Emotionen**, wobei sympathische und motorische Zentren eingebunden werden, sowie die **Sexualität**, die (primär) der Arterhaltung dient. An der letzteren Funktion ist die Steuerung der Produktion von Sexualhormonen über die **hypothalamisch-adenohypophysären** Zentren beteiligt.

? Welchen Bereich des Thalamus bezeichnet man als Ventrobasalkomplex?

Unter dem Begriff Ventrobasalkomplex werden der **Ncl. ventralis posteromedialis** und **-lateralis** zusammengefasst. Sie stellen den Endpunkt des **Tr. bulbothalamicus** als Fortführung der Hinterstrangbahn dar und bilden gleichzeitig die Endstation des **Tr. spinothalamicus** (Schmerz- und Temperaturempfindungen). Der Ventrobasalkomplex weist eine deutliche **Somatotopie** auf, wobei kraniale Körperbereiche medial und kaudale Körperbereiche lateral im Kerngebiet repräsentiert sind (Abb. 7.20):

- Der **Ncl. ventralis posteromedialis (VPM)** erhält auf diese Weise vorwiegend Informationen aus dem Kopfbereich.
- Der **Ncl. ventralis posterolateralis (VPL)** verarbeitet Informationen hauptsächlich aus dem restlichen Körper, wobei die Information aus den unteren Extremitäten in Zellen verarbeitet wird, die am weitesten lateral im VPL liegen.

Anmerkung: Die Aufteilung ist überscharf dargestellt. Beide Kerngebiete haben überlappende receptive Felder.

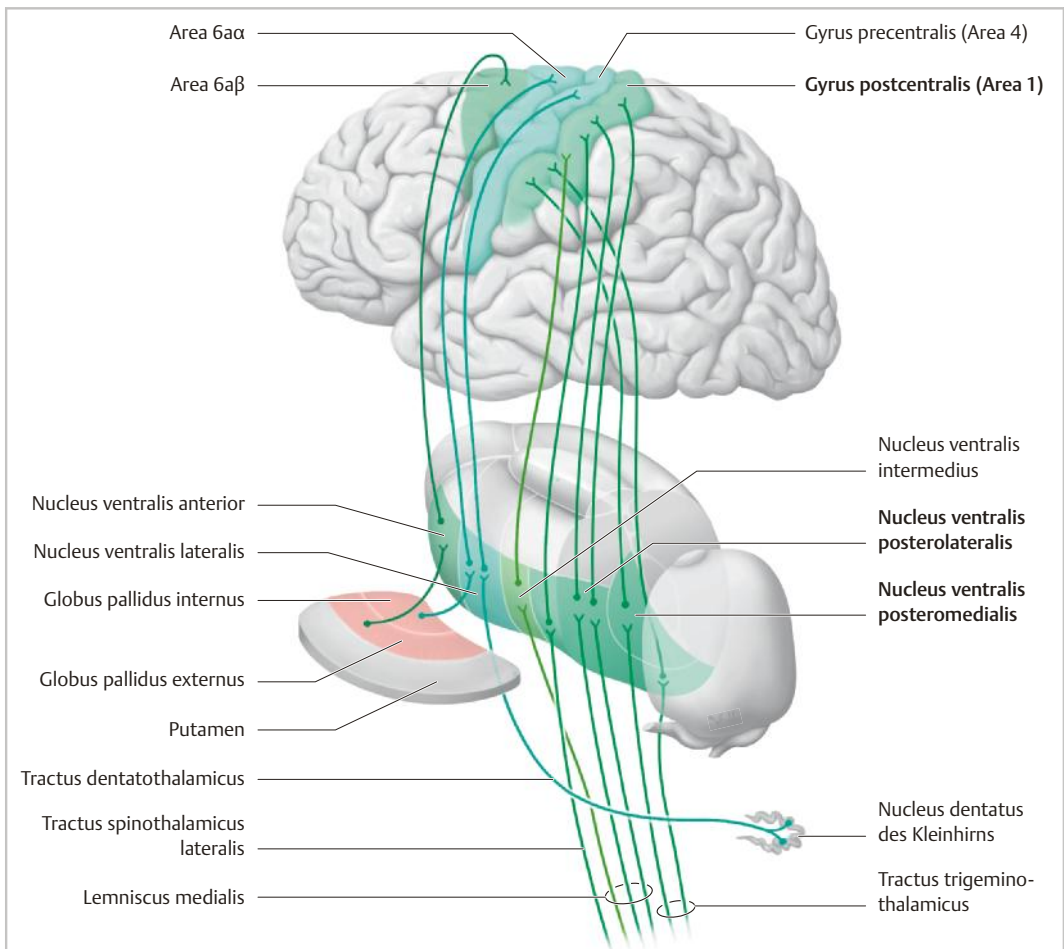


Abb. 7.20 Projektionen der Thalamuskerngebiete. Im Ncl. ventralis posterolateralis (VPL) sowie im Ncl. ventralis posteromedialis (VPM) werden die 3. Neurone der sensiblen Bahnen aus der Körperperipherie umgeschaltet. Der Lemniscus medialis führt sensible Fasern für Lageempfindungen, Vibration, Druck und Tastsinn aus dem Ncl. gracilis sowie Ncl. cuneatus und endet im VPL. Über den Tr. spinothalamicus lat. gelangen Fasern für Schmerz- und Temperaturempfindungen in laterale Abschnitte des VPL. Über den Tr. trigeminothalamicus gelangen Afferenzen aus dem Kopfbereich in den VPM. Der VPL und VPM projizieren in den somatosensorischen Cortex (Gyrus postcentralis) (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

Der Ventrobasalkomplex hat ausgeprägte Projektionen auf den **Gyrus postcentralis**, also den **primären somatosensorischen Kortex**.

? Über welchen Teil des Großhirns erfolgt der Informationsaustausch zwischen beiden Hemisphären?

Der Informationsaustausch zwischen beiden Hemisphären erfolgt über die **Kommissurenbahnen**. Diese Bahnen **kreuzen die Mittellinie**:

- Die größte Kommissurenbahn ist der **Balken (Corpus callosum)**. Der Balken ist eine starke Platte aus vorwiegend quer verlaufenden markhaltigen Fasern, die den Boden der **Fissura longitudinalis cerebri** bildet. Er ist in der Frontalebene nach kaudal konvex, in der Sagittalebene nach kranial konvex geformt. Von rostral nach dorsal kann man folgende Abschnitte unterscheiden: **Rostrum, Genu, Truncus und Splenium**.
- Die **Commissura anterior** stellt eine weitere Kommissurenbahn dar, die sich in der **Vorderwand des III. Ventrikels** befindet.
- Die **Commissura posterior** kann eigentlich nicht als Kommissurenbahn angesehen werden, da sie nicht Teile der Großhirnhemisphären miteinander verbindet, wie es die Definition erfordert, sondern vorwiegend Kerne der Colliculi superiores der Vierhügelplatte und die Nuclei praetectales.

? Was verstehen Sie unter dem motorischen Homunculus? Welche Informationen enthält er in Bezug auf die motorische Spezialisierung des Menschen?

Der **primär motorische Kortex (Gyrus praecentralis)** zeigt eine **somatotopische** Gliederung. Dies bedeutet, dass die Muskelgruppen des Körpers auf bestimmten Neuronenpopulationen abgebildet sind. Somit ergibt sich eine Darstellung der Muskelgruppen auf dem Gyrus praecentralis, wobei eine **bestimmte Neuronenpopulation** zur Kontraktion einer ganz **bestimmten Muskelgruppe** bzw. zur Bewegung eines bestimmten Gelenks führt. Die zeichnerische Darstellung dieser Projektion der Körperperipherie auf den Gyrus praecentralis wird als **motorischer Homunculus** bezeichnet.

Beim Menschen sind zwei **Körperbereiche** stark **überrepräsentiert**, d. h., für die entsprechenden Bewegungen werden sehr viel mehr Neurone eingesetzt, als es dem Volumen der aktivierten Muskeln entspricht. Diese beiden Bereiche sind die **Muskeln der Hand** und des **Gesichts**. In der Überrepräsentation der Handmuskeln spiegeln sich die manuellen Fähigkeiten des Menschen wider, die eine unabdingbare Voraussetzung für die Entwicklung der Zivilisation und Kultur darstellen. Die Überrepräsentation der Gesichtsmuskeln hängt mit Säuglingszeit und der Entwicklung der Sprache zusammen. Phonation und Artikulation sind motorisch so komplizierte Vorgänge, dass sehr

große Neuronenzahlen zusammenarbeiten müssen, um eine verständliche Sprache zu formen.

? Welche Funktionen hat das motorische Sprachzentrum (Broca)? Welche Ausfälle erwarten Sie bei einer Läsion?

Das **motorische Sprachzentrum** liegt in der unteren Windung (**Gyrus frontalis inferior, Area 44 und 45**) des **Lobus frontalis** direkt vor dem kaudalen Ende des Gyrus praecentralis und ist damit den **motorischen Arealen** des Gesichtsbereichs benachbart. Die Funktion des Broca-Zentrums besteht in der **Synchronisation** der Gesichts-, Mund-, Pharynx- und Larynxmuskeln bei der Phonation und Artikulation. Die Zellen des zugehörigen primären Motorkortex können diese Muskeln zwar auch ohne Einschaltung des Broca-Zentrums zur Kontraktion bringen, es fehlt jedoch die sinnvolle Zusammenarbeit ganzer Muskelgruppen. Das Broca-Zentrum liefert technisch gesprochen das Bewegungsprogramm, das dann von den Zellen des primären Motorkortex ausgeführt wird. Bei einem Ausfall des Broca-Zentrums kommt es demgemäß nicht zu einer Lähmung der für die Sprache wichtigen Muskeln, sondern es ist nur die **Sprachformung** gestört. Die Patienten können daher noch essen und einfache Laute bilden, eine **verständliche Sprache** kann jedoch nicht mehr hervorgerufen werden. Dieser Zustand wird als **motorische Aphasie** bezeichnet.

? Welche neurologischen Ausfälle erwarten Sie bei einer kleinen Blutung im Bereich des Knies der Capsula interna?

Durch das Knie der inneren Kapsel verläuft der **Tr. corticonuclearis** (bzw. **Fibrae corticonucleares**), also die descendierende Verbindung vom **Motorkortex** zu den **motorischen Hirnnervenkernen**. Eine Blutung in diesem Gebiet wird die Leitung in diesen Bahnen schädigen und daher zu **Funktionsstörungen der motorischen Hirnnervkerne** führen (Abb. 7.21).

Am deutlichsten sichtbar ist in diesem Fall das Bild der **zentralen Fazialislähmung**, das gekennzeichnet ist durch den Ausfall der **kontralateralen mimischen Muskulatur** im Mund-, Wangen- und Nasenbereich bei erhaltener Funktion der Stirnmuskeln. Darüber hinaus kommt es zu Funktionsstörungen der:

- Zungenmuskulatur (**N. hypoglossus**), mit Einschränkungen der Artikulation und des Schluckens
- Kaumuskulatur (**N. mandibularis des N. trigeminus**)
- Augenmuskulatur (**N. oculomotorius, N. trochlearis, N. abducens**)
- Rachen-, Schlund, Gaumen- und Larynxmuskulatur (**N. glossopharyngeus, N. vagus**), was sich ebenfalls durch Funktionsstörungen der Artikulation und Phonation äußert und zu Schluckstörungen führt



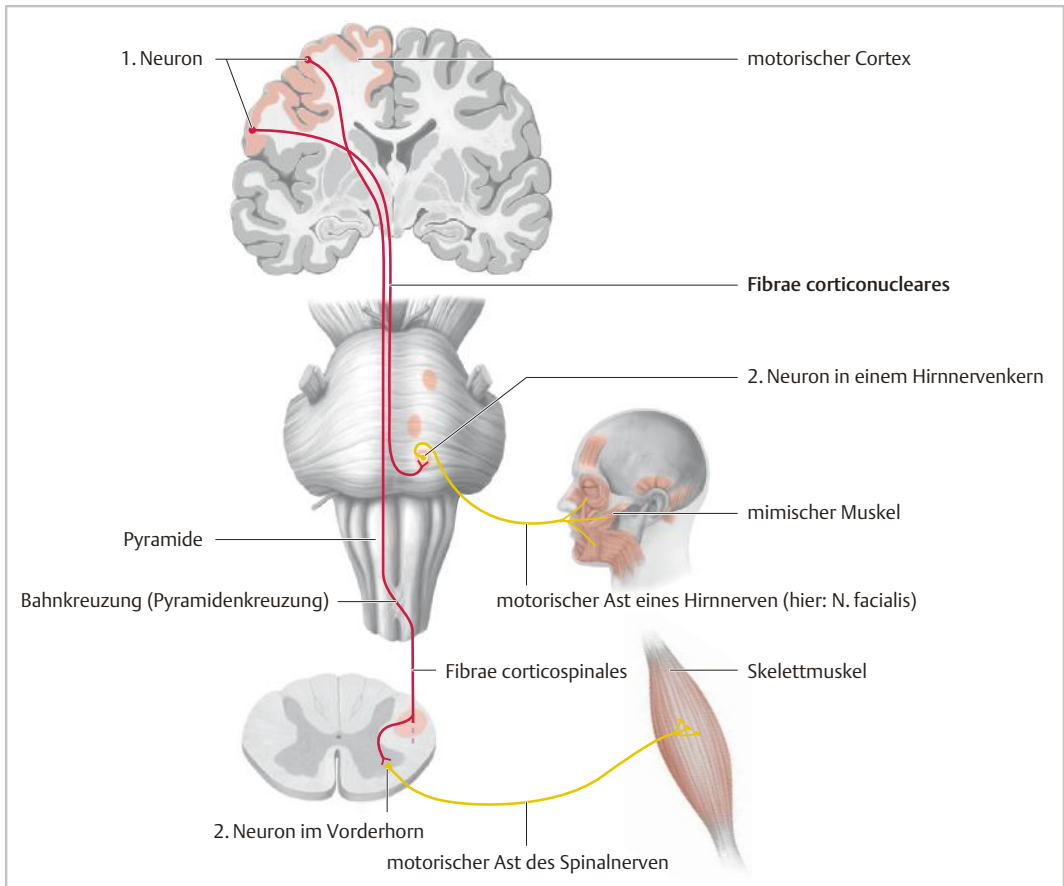


Abb. 7.21 Verlauf der Pyramidenbahn (Tr. pyramidalis). Die Bahnen des Tr. pyramidalis sind absteigende motorische Bahnen aus dem primär motorischen Cortex (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

? Erklären Sie die klinischen Hauptsymptome einer Massenblutung in die Capsula interna neuroanatomisch.

Bei einer Massenblutung in das Gebiet der **Capsula interna** werden große Teile der hier verlaufenden aufsteigenden und absteigenden Projektionsbahnen unterbrochen. Die klinischen **Hauptsymptome** sind:

- **Kontralaterale Halbseitenlähmung** (Hemiparese) durch Unterbrechung der Pyramidenbahn
- **Kontralaterale Empfindungsstörungen** durch Unterbrechung der Verbindungen zwischen Ventrobasalkomplex des **Thalamus** und **Gyrus postcentralis** des Cortex. Dabei sind sowohl Schmerz- und Temperaturempfindungen als auch Tast- und Druckempfindungen auf der kontralateralen Seite ausgefallen. Der Grund dafür ist, dass beide Bahnsysteme kaudal der Läsion bereits die Mittellinie gekreuzt haben. Im Gegensatz dazu besteht bei einer **Läsion im Rückenmark** ein Ausfall der Schmerz- und Temperaturempfindungen kontralateral

der Läsion kombiniert mit einem Ausfall der Tast- und Druckempfindungen ipsilateral (= **dissoziierte Empfindungsstörung**).

? Über welches aufsteigende Bahnsystem werden Schmerzempfindungen vermittelt?

Die wichtigste aufsteigende Bahn für die Auslösung von Schmerzempfindungen ist der **Tr. spinothalamicus lateralis**:

- Die nozizeptive Bahn beginnt in der Peripherie (noch außerhalb des Traktes) mit nozizeptiven primär **afferenten Fasern**, die ihr Soma im Hinterwurzelganglion (**Spinalganglion: 1. Neuron**) haben.
- Im Hinterhorn des Rückenmarks erfolgt die Umschaltung der nozizeptiven Information auf die **Ursprungsneurone (2. Neuron) des Traktes**.

- Die **Axone** dieser Zellen **kreuzen** vor dem Zentralkanal innerhalb der weißen Kommissur (**Commissura alba anterior**) auf die Gegenseite und steigen im **Vorderseitenstrang** bis zum Thalamus auf. Sie bilden den eigentlichen **Tr. spinothalamicus lateralis**.
- Der **Tr. spinothalamicus lateralis** endet im Ventrobasalkomplex des **Thalamus**. Hier erfolgt die Umschaltung auf das **dritte Neuron** der nozizeptiven Bahn.
- Eine spezialisierte Kortexregion im Sinne eines Schmerzzentrums ist beim Menschen nicht bekannt. Zu den nozizeptiven Kortexarealen gehören u. a. der **Gyrus postcentralis**, die **Insula-Rinde**, der **anteriore Gyrus cinguli (Area 24)** und der **präfrontale Kortex**.

Anmerkung: Schmerz entsteht im Kortex, deshalb ist es falsch, von „Schmerzrezeptoren“, „Schmerzbahn“ u. Ä. zu sprechen.

? Verfolgen Sie die Information, die bei Betastung eines Gegenstands von den Mechanorezeptoren der Peripherie ausgeht, bis zum Kortex.

Durch Betasten eines Gegenstands werden vorwiegend die **Meißner-Körperchen der Haut** erregt:

- Die Aktionspotenziale laufen über dicke **afferente Nervenfasern**, deren Somata sich in den Hinterwurzelganglien (**Spinalganglion: 1. Neuron**) befinden, über die Hinterwurzel in das Rückenmark ein.
- Der zentrale Fortsatz des ersten Neurons bildet das **Hinterstrangssystem** und reicht bis zu den **Hinterstrangkernen** (für die obere Extremität: **Ncl. cuneatus**) in der Medulla oblongata. Hier erfolgt die Umschaltung auf das **zweite Neuron**.
- Die Axone **kreuzen** auf die Gegenseite und verlaufen im **Lemniscus medialis** bis zum Ventrobasalkomplex des **Thalamus**.
- Hier beginnt das **dritte Neuron**, das die Information bis zum Handbereich des **Gyrus postcentralis** (Areae 3, 1, 2) des Kortex leitet, wo die Bewusstwerdung der Sinnesempfindung stattfindet.

? Auf welchem Wege erreicht die Information über die Stellung der Gelenke das Kleinhirn?

Die Information über die Stellung der Gelenke kommt vorwiegend von den **Muskelspindeln** und den **Sehnenorganen** der Muskulatur. Muskelspindeln und Sehnenorgane werden auch als Propriozeptoren bezeichnet. Die Gesamtheit der Informationen, die von diesen Rezeptoren kommt, repräsentiert die afferente Seite der Tiefensensibilität (**Propriozeption**). Gelenkrezeptoren spielen nur bei Extremstellungen der Gelenke eine Rolle. Die Signale von den Propriozeptoren zum Kleinhirn verlaufen vorwiegend in zwei Bahnen (Abb. 7.22):

- **Tr. spinocerebellaris anterior**: Er beginnt in den **Hinterhornzellen** des Rückenmarks. Die meisten Axone dieser Zellen **kreuzen** auf die Gegenseite und erreichen über

den **oberen Kleinhirnstiel (Pedunculus cerebellaris superior)** das Kleinhirn. Da die Bahn **hier noch einmal kreuzt**, erreicht die Information im Endeffekt das Kleinhirn derselben (**ipsilateralen**) Seite. Ein kleinerer Teil der Axone dieses Trakts steigt ipsilateral auf.

- **Tr. spinocerebellaris posterior**: Er verläuft ipsilateral über den Pedunculus cerebellaris inferior zum Kleinhirnwurm der gleichen Seite.

Die propriozeptive Information zum Zerebellum führt nicht zu bewussten Empfindungen (unbewusste Propriozeption).

? Wo liegt das Wernicke-Zentrum? Welche Funktion hat es?

Das Wernicke-Zentrum (Brodman-Area 22) ist das **sensorische Sprachzentrum**. Es befindet sich am dorsalen Ende des **Sulcus lateralis** im hinteren seitlichen Anteil des **Gyrus temporalis superior** und **medius**, meist in der **linken Hemisphäre**. Es liegt dem **primären Hörzentrum** (Brodman-Area 41, Heschl-Querwindung) benachbart.

Das sensorische Sprachzentrum ist für die Analyse komplizierter akustischer Informationen, besonders der Sprache, zuständig. Bei isoliertem Ausfall des Wernicke-Zentrums kann Sprache durchaus noch gehört werden, sie klingt jedoch wie eine Fremdsprache. Da in diesen Fällen das **Sprachverständnis** fehlt, wird auch die eigene Sprache des Betroffenen für sein Umfeld unverständlich. Daher ist der Ausfall des Wernicke-Zentrums meist mit Störungen des Sprechvermögens verbunden. Insgesamt werden diese Störungen als **sensorische Aphasie** bezeichnet und der motorischen Aphasie gegenübergestellt, bei der das Broca-Zentrum als Integrationsort für die Koordination der Sprachmuskeln ausgefallen ist.

? Welche funktionellen Ausfälle erwarten Sie bei einer isolierten Läsion der Querwindungen des Gyrus sup. im Lobus temporalis?

Im Gyrus superior des Lobus temporalis im Bereich der **Gyri temporales transversi** (Heschl-Querwindungen) liegt das **primäre Hörzentrum** (Brodman-Area 41). Da die Hörbahn nicht vollständig gekreuzt ist, erhält **jedes Hörzentrum Informationen von beiden Ohren**. Ein einseitiger isolierter Ausfall der Heschl-Querwindung ist daher **nicht mit deutlichen funktionellen Störungen** verbunden, evtl. ist das Richtungshören eingeschränkt. Bei ausgedehnteren Läsionen kann auch das **Wernicke-Zentrum** mitbetroffen sein (Brodman-Area 22). Hierbei kommt es zu Störungen im Sinne der sensorischen Aphasie. Da bei den meisten Menschen das Wernicke-Zentrum **nur auf der linken Hemisphäre** angelegt ist, ist ein solcher Ausfall bei Verletzungen des **linken Lobus temporalis** und seiner Umgebung zu erwarten.



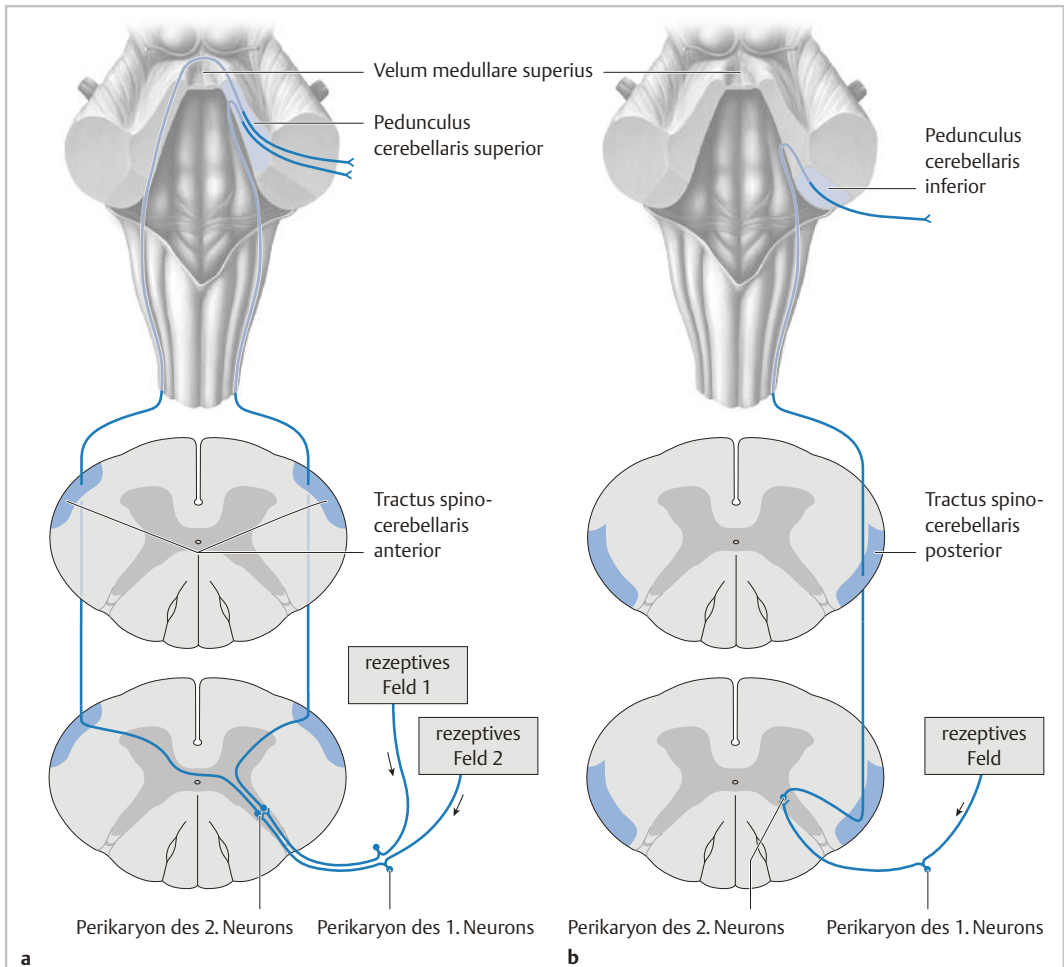


Abb. 7.22 Tractus spinocerebellaris. Sowohl der Tr. spinocerebellaris anterior als auch der Tr. spinocerebellaris posterior enden im Wurm des Kleinhirns (Vermis cerebelli). Allerdings erreichen sie das Cerebellum über unterschiedliche Kleinhirnstiele (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

a Der Tractus spinocerebellaris anterior zieht über den Pedunculus cerebellaris superior (oberer Kleinhirnstiel).

b Der Tractus spinocerebellaris posterior erreicht das Cerebellum über den Pedunculus cerebellaris inferior (unterer Kleinhirnstiel).

? In welcher Weise kreuzen die Fasern der Sehbahn im Chiasma opticum?

Im **Chiasma opticum** kreuzen nur die Axone, die von Ganglienzellen der **nasalen Retinahälfte** kommen. Die Axone von Ganglienzellen der temporalen Retinahälfte liegen im Gebiet des Chiasma lateral und kreuzen nicht (Abb. 7.23):

In das **linke Corpus geniculatum laterale** gelangen daher ungekreuzte Fasern von der temporalen Retinahälfte des linken Auges sowie gekreuzte Fasern von der nasalen Re-

tinahälfte des rechten Auges. Da die temporale Retinahälfte des linken und die nasale Retinahälfte des rechten Auges Informationen jeweils aus **der rechten Gesichtsfeldhälfte** aufnehmen, wird auf diese Weise sichergestellt, dass die Information aus der rechten Gesichtsfeldhälfte beider Augen zum linken Corpus geniculatum laterale und damit **in die linke Hemisphäre gelangt**.

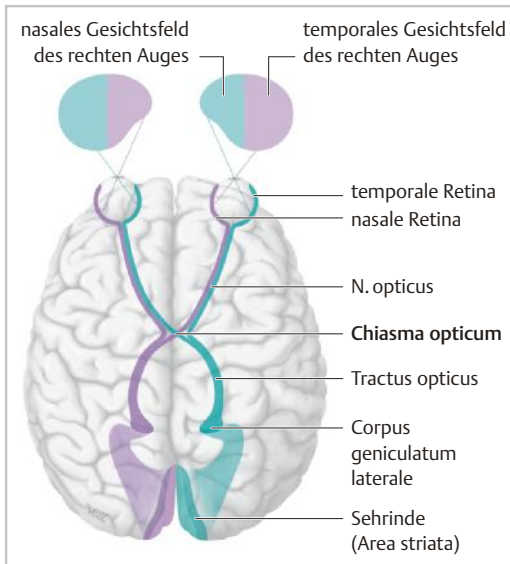


Abb. 7.23 Chiasma opticum. Ansicht von dorsal. Die Lichtstrahlen des jeweils nasalen Teils des Gesichtsfeldes werden auf den jeweils temporalen Teil der Retina projiziert und umgekehrt. Die Verarbeitung im linken und rechten Okzipitalpol erfolgt nach Gesichtsfeld. Das rechte Gesichtsfeld wird im linken Okzipitalpol verarbeitet und das linke Gesichtsfeld im rechten. Da die Okzipitalpole jeweils Eingang von beiden Augen erhalten, müssen sich die Sehbahnen kreuzen. Dies erfolgt am Chiasma opticum. Die Bahnen der nasalen Retinahälfte kreuzen und schließen sich dann den nicht kreuzenden Bahnen der temporalen Retinahälften an (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

? Welche Eigenschaft hat der Area striata ihren Namen gegeben?

Die **Area striata** liegt in der Umgebung des **Sulcus calcarinus**, also auf der medialen Fläche des **Lobus occipitalis**. Hier befindet sich der **primäre visuelle Kortex**, die **Sehrinde (Area 17 oder V1)**. Auf einem **Horizontalschnitt** durch dieses Gebiet kann man **makroskopisch** innerhalb der grauen Substanz des Kortex einen **weißen Streifen** erkennen, der parallel zur Kortexoberfläche verläuft. Dieser Gennari-Streifen wird durch horizontal verlaufende markhaltige Fasern in Lamina IV gebildet, über die die visuelle Information der Sehbahn auf die Kortexzellen verteilt wird.

? Ein Patient gibt an, nach einem unfallbedingtem Gehirnschaden blind geworden zu sein. Die Lichtreaktion der Pupillen ist aber völlig normal. Ist der Patient ein Simulant?

Die Kombination von intakten Pupillenreflexen und subjektiver Blindheit entsteht dann, wenn eine **Läsion zwischen Corpus geniculatum laterale und Sehrinde** vorliegt: Der Pupillenreflex verläuft nicht über die Sehrinde, sondern über eine Abzweigung vom Tr. opticus zu den **Nuclei praetectales** (ventral vom Colliculus superior gelegen), danach über den **Ncl. oculomotorius accessorius** (Edinger-Westphal) und das Ganglion ciliare zum **M. sphincter pupillae**. Daher kann der Reflex bei subjektiver Blindheit erhalten bleiben. Es liegt das Bild der sogenannten **Rindenblindheit** vor.

? Welche Strukturen und Funktionen können dem limbischen System zugeordnet werden?

Das limbische System hat als **Hauptfunktion** die Steuerung des **Hypothalamus** und damit des gesamten **vegetativen und endokrinen Systems**. Weiterhin ist das limbische System für die Entstehung und Kontrolle von **Emotionen** von Bedeutung, d. h., subjektive Stimmungen (wie z. B. Angst, Fröhlichkeit) werden in sichtbare (z. B. mimische) und unsichtbare (z. B. Blutdruckänderungen) Signale umgesetzt. Zudem werden ihm wichtige Koordinationsfunktionen bei der **Bildung** von Gedächtnisspuren (**Engrammbildung**) zugeordnet. Hierbei spielt besonders der **Hippokampus** eine Rolle; die Speicherung von Gedächtnisinhalten erfolgt allerdings an anderer Stelle.

Die Anteile des limbischen Systems sind nicht eindeutig definiert, seine Hauptanteile liegen in bogenförmigen Strukturen an der **Grenze zwischen Diencephalon und Großhirn** (Abb. 7.24). Der Name **Limbus** (Saum) deutet auf diese Randlage zwischen zwei unterschiedlichen Gehirnteilen hin. Zum limbischen System werden sowohl **Kortexareale** als auch **Kerngebiete** und **Bahnssysteme** gerechnet:

- Zu den **Kortexarealen** des limbischen Systems gehören:
 - Gyrus cinguli
 - Gyrus parahippocampalis
 - Gyrus dentatus und andere Teile der Hippokampusformation
- Zu den **Kerngebieten** gehören:
 - Corpus amygdaloideum
 - Corpora mamillaria
 - Ncl. anteriores thalami
 - Ncl. accumbens
- Zu den **limbischen Bahnssystemen** gehören:
 - Fornix
 - Cingulum
 - Tr. mamillothalamicus zwischen Corpora mamillaria und vorderen Thalamuskernen
 - Tr. mamillogementalis

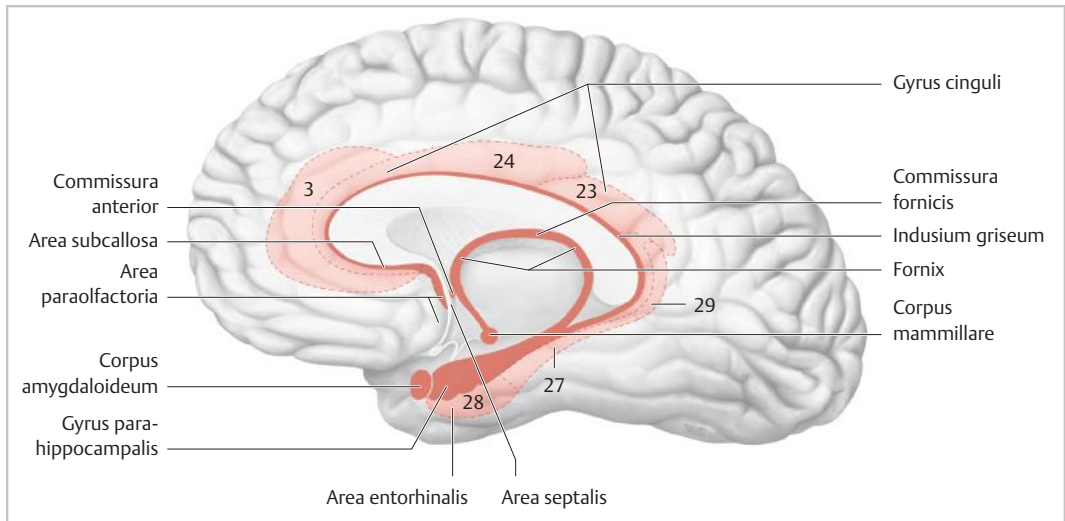


Abb. 7.24 Limbisches System. Ansicht von medial auf die rechte Hirnhälfte. An der medialen Hemisphäre kann man das limbische System in einen inneren (dunkelrot) und einen äußeren (hellrot) Bogen einteilen. Die Zahlen in der Abbildung beziehen sich auf die Brodmann-Areale (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

? Wenn man barfuß auf einen scharfen Gegenstand tritt, beugt man reflektorisch das Bein, das dem Schmerzreiz ausgesetzt war. Welche Vorgänge laufen im Nervensystem ab?

Bei schmerzhafter Reizung einer Extremität wird automatisch der **Flexorreflex** ausgelöst, d.h., die Extremität wird gebeugt, um sie aus dem Bereich des Schmerzreizes zu entfernen:

- Der Schmerzreiz aktiviert **Nozizeptoren** der Haut (Nozizeptoren sind freie Nervenendigungen, die darauf spezialisiert sind, gewebsschädliche/subjektiv schmerzhafte Reize zu registrieren). Die Nozizeptoren sind über dünne markhaltige und marklose Fasern mit dem **Spinalganglion** (hier liegen die pseudounipolaren Perikaryen) mit dem **Rückenmark** verbunden, wo synaptische Verbindungen mit nozizeptiven **Hinterhornzellen** bestehen.
- Die Axone der Hinterhornzellen sind über **Interneurone** synaptisch mit den **Motoneuronen** der **Flexor-Muskeln derselben Extremität** verbunden.
- Gleichzeitig bestehen über **hemmende Interneurone inhibitorische synaptische Verbindungen mit den Extensor-Motoneuronen derselben Extremität**.
- Eine schmerzhaft Reizung der Extremität führt somit **automatisch und stereotyp** zur Aktivierung der Flexor- und Hemmung der Extensormuskeln.

Für das Ablaufen dieses Reflexes werden keine supraspinalen Strukturen benötigt. Der Flexorreflex ist eine eigenständige Leistung des Rückenmarks. Auch dezerebrierte

Tiere und anenzephele Menschen können einen intakten Flexorreflex aufweisen.

? Unter welchen Umständen kann eine spastische Parese der Beinmuskeln auftreten?

Unter einer spastischen Muskelparese versteht man eine Lähmung kombiniert mit übersteigerten Reflexen. Solche Paresen treten unter anderem bei **Querschnittläsionen** des thorakalen Rückenmarks auf. Ursache ist meist ein Trauma oder Tumor des Rückenmarks, der die **Pyramidenbahn** unvollständig **komprimiert** und so einen Leitungsblock verursacht. **Gleichzeitig** besteht (wahrscheinlich durch den Ausfall von hemmenden Anteilen des EPMS) eine **Übererregbarkeit** der γ -Motoneurone, die die Empfindlichkeit der Muskelspindeln steigert und somit zu **gesteigerten Eigenreflexen** der betroffenen Muskeln führt.

? Welche Strukturen bilden die Blut-Liquor-Schranke? Worin besteht ihre praktische Bedeutung?

Die **Blut-Liquor-Schranke** besteht aus (Abb. 7.25):

- **Kapillarendothelien** der Hirngefäße mit **Tight junctions**
- **Basalmembran**

Die Blut-Hirn-Schranke dient dazu, dass (v.a. schädigende) Substanzen aus dem Blut nicht ungehindert in das Hirngewebe übertreten können. Klinisch wichtig ist, dass bestimmte Medikamente die Blut-Hirn-Schranke nicht passieren können und deswegen in Form einer liquorgängigen Vorstufe appliziert werden, die dann im Hirngewebe

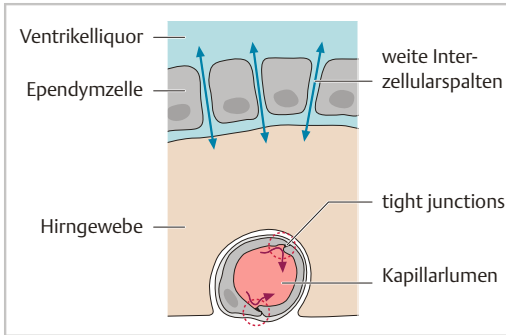


Abb. 7.25 Blut-Liquor-Schranke. Im Hirngewebe außer im Plexus choroideus besteht die Blut-Hirn-Schranke aus Tight junctions in den Kapillarendothelien, wie hier im Bild dargestellt. Im Plexus choroideus hingegen und in zirkumventrikulären Organen können durch die gefenesterten Endothelien der Kapillaren Substanzen ungehindert in das Hirngewebe übertreten (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

selbst in die pharmakologisch wirksame Endform umgebaut wird. Ein Beispiel für ein solches Verfahren ist die Gabe von L-Dopa bei Dopaminmangel im Großhirn. Andere Stoffe, wie z.B. Alkohol, passieren die Blut-Liquor-Schranke ungehindert.

? An welchen Orten wird üblicherweise Liquorflüssigkeit für diagnostische Zwecke entnommen?

Es kommen hauptsächlich **zwei Stellen** für die Liquorgewinnung infrage:

- Im Bereich des lumbalen Rückenmarks (Abb. 7.26a): **Lumbalpunktion**. Die Lumbalpunktion wird in Höhe der Wirbelkörper L3 und L4 bzw. L4 und L5 durch-

geführt. Da der Wirbelkanal länger ist als das Rückenmark, ist in dieser Höhe zwar noch Cavum subarachnoideale und damit Liquor vorhanden, das kaudale Ende des Rückenmarks befindet sich jedoch kranial dieser Stelle (beim Erwachsenen: L1–L2). Bei zu tiefem Eindringen der Punktionsnadel kann daher kein Rückenmark verletzt werden. Die durchlaufenden Faserbündel der Cauda equina weichen der Nadel aus.

- Cisterna cerebellomedullaris (Abb. 7.26b): **Subokzipitalpunktion**. Sie wird nur in Ausnahmefällen durchgeführt. Bei der Subokzipitalpunktion wird die **Membrana atlantooccipitalis** von dorsal durchstoßen, um Liquor aus der **Cisterna cerebellomedullaris** zu entnehmen. Die Zisterne schließt sich direkt rostral an das For. occipitale magnum an. Die Nadel muss daher bei der Punktion etwas nach kranial in Richtung auf das Foramen eingeführt werden.

? Wodurch unterscheidet sich der Hydrocephalus internus vom Hydrocephalus externus?

Unter einem **Hydrocephalus** versteht man ganz allgemein eine Erweiterung der Liquorräume bei Anstieg der Liquormenge (Abb. 7.27). Bei Kindern und Erwachsenen wird das unterschiedlich kompensiert: Beim wachsenden Organismus können die Schädelknochen dem wachsenden Druck nachgeben, der **Hirnschädel wird größer**. Beim Erwachsenen bleibt das **Volumen** des Schädels **konstant**, dafür kommt es zu einem stärkeren **Anstieg des Liquordrucks**.

- Beim **Hydrocephalus internus** sind die **Verbindungen** zwischen dem III. und IV. Ventrikel oder dem inneren und äußeren Liquorraum (Apertura mediana und Apertura laterales des IV. Ventrikels) **verlegt**, wodurch der Liquorfluss unterbrochen wird. Im letzteren Fall ist der Liquordruck in den **inneren Liquorräumen höher als in den äußeren**. Der Hydrocephalus internus ist somit oft mit starken **Erweiterungen des Ventrikelsystems** verbunden.

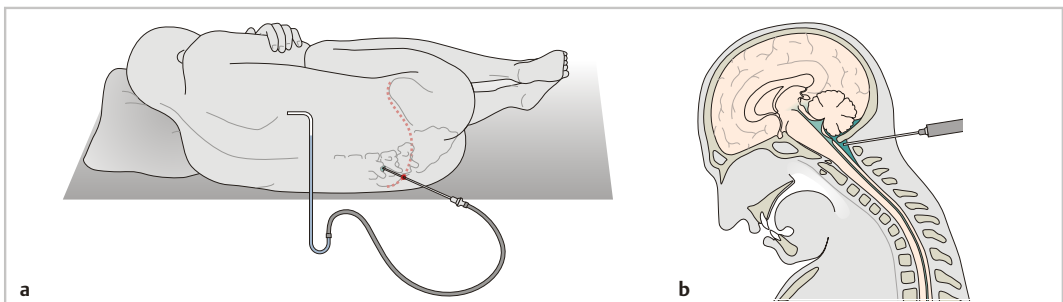


Abb. 7.26 Gewinnung von Liquor cerebrospinalis (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

- a** Lumbalpunktion.
b Subokzipitalpunktion.

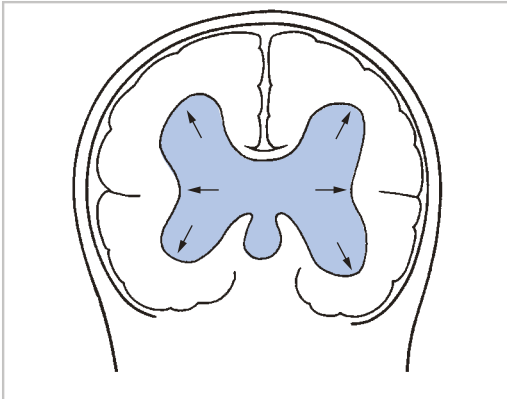


Abb. 7.27 Hydrozephalus (Benz-Bohm. Kinderradiologie. Thieme, Stuttgart; 2005).

- Beim **Hydrozephalus externus** liegt oft eine Verminderung der **Liquorresorption** vor. Als Folge davon steigt der **Druck in den inneren und äußeren Liquorräumen** an.

? Schildern Sie den Aufbau und die Verbindungen des Sinus cavernosus. Warum ist dieser Sinus bei Infektionen des Gesichts von praktischer Bedeutung?

Der Sinus cavernosus ist ein stark durch Bindegewebssepten gekammerter Sinus. Er befindet sich zu beiden Seiten des **Keilbeinkörpers (Corpus sphenoidalis)** und füllt teilweise den **Türkensattel (Sella turcica)** aus. Kleinere Sinus intercavernosi verbinden den rechten und linken Sinus cavernosus miteinander.

Der **Hauptzufluss** zum Sinus cavernosus erfolgt über die **V. ophthalmica superior**, die über die **V. angularis** eine Verbindung zur **V. facialis** herstellt (Abb. 7.28). Bei eitrigen **Entzündungen der Gesichtshaut** (z. B. Oberlippenfurunkel) können über die V. angularis **Bakterien** in den Sinus cavernosus eingeschleppt werden.

Zudem bestehen Verbindungen der **Tonsillarvenen** und des **Plexus pterygoideus** über die **V. ophthalmica inferior** zum Sinus cavernosus. Auch über diese Verbindungen können Bakterien in den Sinus cavernosus gelangen.

Das Übergreifen der **Entzündung** auf den **Sinus cavernosus** ist oft mit einer **Sinus-cavernosus-Thrombose** oder einer Entzündung des Großhirns als lebensgefährlicher Komplikation verbunden.

Außerdem kann es durch eine Entzündung des Sinus cavernosus zur **Schädigung folgender Strukturen** kommen, da diese durch den Sinus (oder in dessen Wand) verlaufen:

- **A. carotis interna**
- **N. oculomotorius**
- **N. trochlearis**

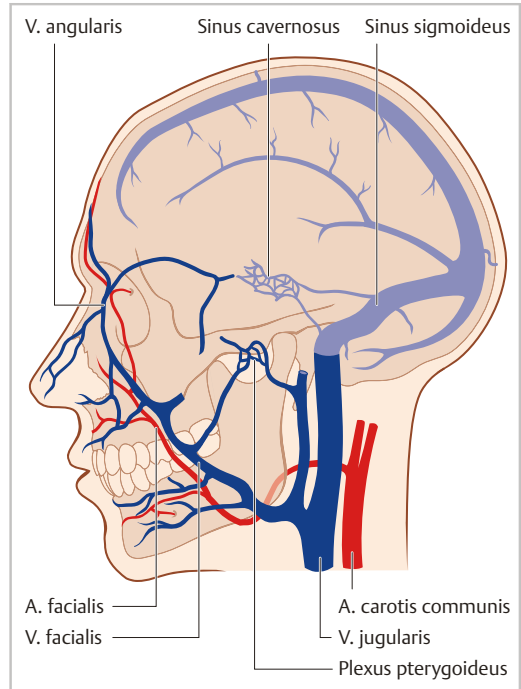


Abb. 7.28 Gefäßversorgung des Gesichts (Behrbohm et al. Kurzlehrbuch Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde. Thieme, Stuttgart; 2012).

- **N. ophthalmicus**
- **N. maxillaris**
- **N. abducens**

Der **Hauptabfluss** des Sinus cavernosus erfolgt über den **Sinus petrosus superior** entlang der oberen Felsenbeinkante und über den **Sinus petrosus inferior** entlang der unteren Felsenbeinkante.

? Schildern Sie die Unterschiede zwischen einer epiduralen und einer subduralen Blutung.

Die **epidurale Blutung** befindet sich **zwischen Dura mater und Knochen** (Abb. 7.29a). Die Ursache ist meist die **Zerreißung** einer Meningealarterie, häufig der **A. meningea media** nach schweren Verletzungen des Schädeldachs (**Schädeltrauma**). Die Blutung kann sich in dem engen Spaltraum nur sehr langsam ausdehnen, daher besteht nach dem eigentlichen **Unfall**, der meist mit **vorübergehender Bewusstlosigkeit** verbunden ist, ein sogenanntes **freies Intervall** (wenige Stunden) ohne Symptome. Erst danach kommt es durch Vorwölbung der Dura mater in Richtung auf das Gehirn zu den **Symptomen eines gesteigerten Hirndrucks** mit erneuten Bewusstseinsstörungen.

Die **subdurale Blutung** ist im Gegensatz zur epiduralen Blutung meist eine **venöse Blutung**, die ebenfalls durch **Schädeltraumen** verursacht wird. Durch Zerreißen von

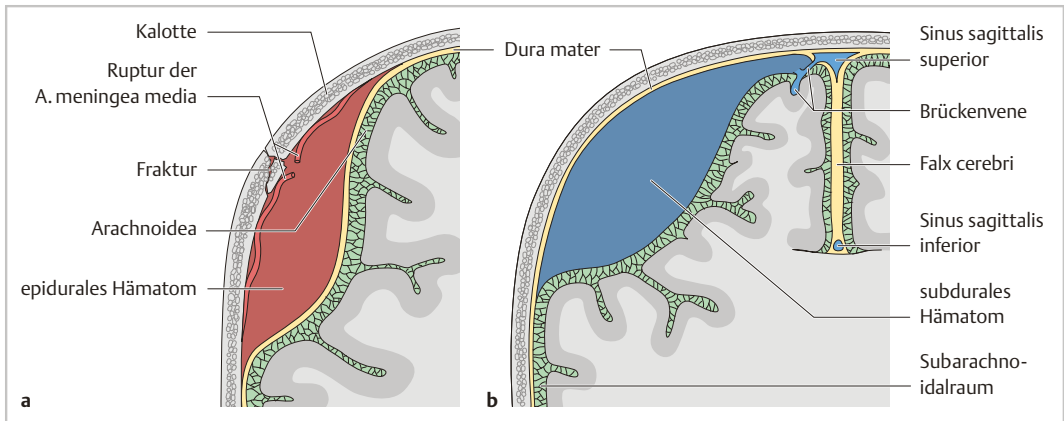


Abb. 7.29 Extrazerebrale Blutungen (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).

a Epidurales Hämatom: Die Blutung befindet sich zwischen Dura mater und der Schädelkalotte.

b Subdurales Hämatom: Die Blutung befindet sich zwischen Dura mater und Arachnoidea.

kleinen Venen (sog. **Brückenvenen** zwischen Vv. cerebri superficiales und Sinus sagittalis superior) kommt es zu einer **sehr langsam fortschreitenden Sickerblutung**, die oft

erst nach Tagen oder Wochen klinische Symptome verursacht. Ort der Blutung ist der Spaltraum **zwischen der Dura mater und der Arachnoidea** (Abb. 7.29b).





Sehorgan 8.1 Makroskopische Anatomie

8 Sehorgan

8.1 Makroskopische Anatomie

? Beschreiben Sie den Verlauf und die Hauptäste der **A. ophthalmica**.

Die **A. ophthalmica** ist ein Ast der **A. carotis interna**. Sie verläuft zusammen mit dem **N. opticus** durch den **Canalis opticus** und gibt in der Orbita eine Reihe von wichtigen Ästen ab (Abb. 8.1):

- **A. centralis retinae**: Sie tritt etwa einen Zentimeter vom Augenhaut entfernt in den Sehnerv ein und gelangt durch den **Discus n. optici** zur Retina.
- **A. lacrimalis**: Sie zieht in der lateralen Orbita zur Tränendrüse (**Glandula lacrimalis**).
- **A. ethmoidalis anterior**: Sie tritt mit dem gleichnamigen Nerv durch das **For. ethmoidale anterior** in die vordere Schädelgrube und gibt hier die **A. meningeae anterior** ab. Die Endäste der A. ethmoidalis anterior ziehen durch die **Lamina cribrosa** nach kaudal und versorgen die Schleimhaut der vorderen Nasenhöhle.

- **Aa. ciliares posteriores breves und longae**: Die Ziliararterien durchbohren die Sklera und gelangen auf diese Weise zur **Choroidea** (**Aderhaut**).

? Aus welchen Teilen besteht die **Tunica vasculosa bulbi** (mittlere Augenhaut)?

Die mittlere Augenhaut (**Uvea, Tunica vasculosa bulbi**) besteht aus **drei Abschnitten**:

- **Aderhaut (Choroidea)**: Sie ist fest mit dem Pigmentepithel der Netzhaut verbunden und stellt die Blutversorgung der Retina sicher.
- **Ziliarkörper (Corpus ciliare)**: Er dient der Befestigung der Linse und der Kammerwasserproduktion.
- **Regenbogenhaut (Iris)**: Die Iris bildet die Grenze zwischen der vorderen und hinteren Augenkammer und begrenzt mit ihrem freien Rand die Pupille.

? Wie weit ist die Innenfläche des Bulbus von Retinagewebe ausgekleidet?

Die Retina erstreckt sich vom Rand der Pupille bis zum Eintritt des **N. opticus** am dorsalen Bulbus. Die Retina besteht aus **zwei Teilen**:

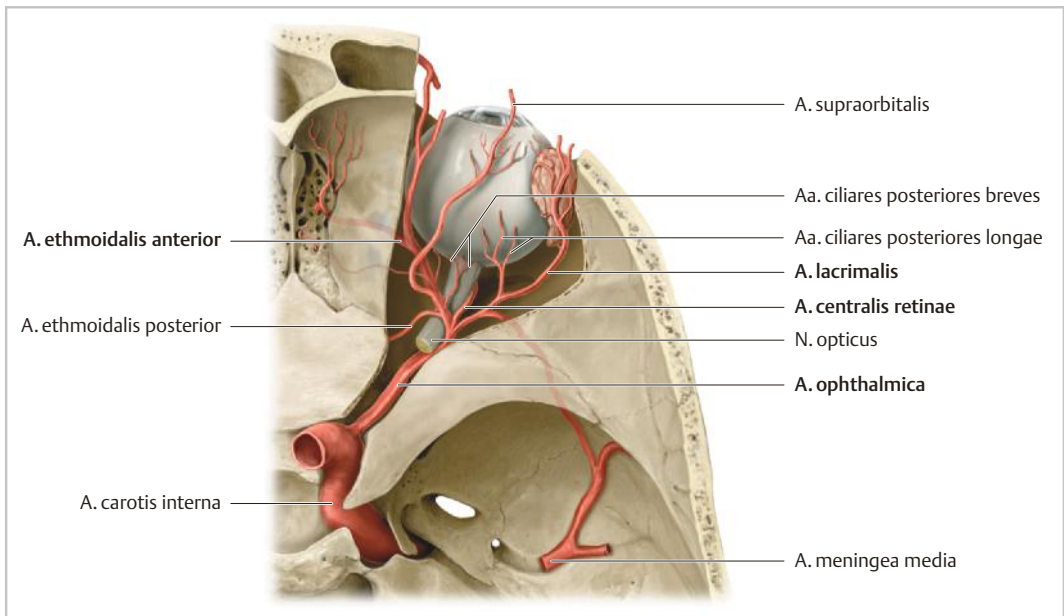


Abb. 8.1 Äste der A. ophthalmica. Rechte Orbita in der Ansicht von kranial. Die A. ophthalmica zieht zusammen mit dem N. opticus durch den Canalis opticus zum Bulbus und verzweigt sich dort. Sie versorgt sowohl die Retina (A. centralis retinae) als auch die Choroidea des Auges (Aa. ciliares posteriores breves und longae). Aber auch die Tränendrüse (Glandula lacrimalis) wird durch sie versorgt (A. lacrimalis). Ein Zweig der A. ophthalmica, die A. ethmoidalis anterior zieht über dem Auge in die vordere Schädelgrube (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Karl Wesker).

- **Pars optica:** Sie reicht vom Sehnerveneintritt (**Papilla nervi optici**) bis zur **Ora serrata** etwas ventral vom Bulbusäquator.
- **Pars caeca:** Sie erstreckt sich von der **Ora serrata** über die Rückseite des Corpus ciliare bis zur Iris. Die Pars caeca kann keine visuellen Reize vermitteln.

Die Retina ist nur an der **Ora serrata** und am **Discus nervi optici** mit der Unterlage **verwachsen**. Im Bereich zwischen diesen Punkten wird die Retina durch den **Glaskörper** an das Pigmentepithel gedrückt.

KLINIK. Bei **mechanischen Belastungen** (z. B. Erschütterungen) kann sich das Stratum nervosum retinae vom Pigmentepithel (Stratum pigmentosum retinae) abheben (**Netzhautablösung**). NB: Das Pigmentepithel ist ein Teil der Retina.

? Wie sind die Muskeln der Iris in der Regenbogenhaut angeordnet?

Im Bereich der Iris lassen sich **zwei vegetativ innervierte Muskeln** unterscheiden:

- Der **M. sphincter pupillae** besteht aus einem **ringförmigen** Bündel von **glatten Muskelfasern**, die sich dicht am Pupillenrand befinden. Dieser Muskel ist **parasymphatisch** innerviert, er verengt die Pupille.
- Der **M. dilatator pupillae** ist ein **flächiger** Muskel, der sich über die gesamte Iris erstreckt, wobei die Hauptverlaufsrichtung der Muskelfasern **radiär** ist. Er wird durch den **Sympathikus** zur Kontraktion gebracht und erweitert die Pupille.

Am Pupillarrand gehen Fasern des M. dilatator pupillae in solche des M. sphincter pupillae über, auf diese Weise kann der eine Muskel den anderen entfalten bzw. vordehnen.

? Woraus besteht der Glaskörper? Welche Funktion hat er?

Der Glaskörper (**Corpus vitreum**) besteht zu **98–99% aus Wasser** und geringen Mengen von **Eiweiß** und **Mukopolysacchariden**, vorwiegend **Hyaluronsäure**. Hinzu kommt ein sehr feines Gerüst aus **Mikrofibrillen**, die aber nicht sichtbar sind. Die praktische Bedeutung des Glaskörpers liegt zum einen in seiner **Durchsichtigkeit**, zum anderen übt der Glaskörper, der die Konsistenz einer Gallerte hat, einen **mechanischen Druck** auf die Retina aus und fixiert sie somit auf dem Pigmentepithel.

KLINIK. Da der Glaskörper wichtig für die Fixierung der Retina ist, können Schrumpfungen des Glaskörpers zu **Netzhautablösungen** führen.

Im Glaskörper kann es Bereiche geben, die einen anderen Brechungsindex als die Umgebung haben. Diese Bereiche erscheinen als flächige oder fädige graue Flecken im Gesichtsfeld, die sich bei Änderungen der Blickachse mitbewegen (**Mouches volantes**). Eventuell spielt bei ihrer Entstehung der Canalis hyaloideus eine Rolle (während der Entwicklung enthält er die A. hyaloidea).

? Schildern Sie den Aufbau der Linse.

Die Linse hat auf der **Vorderfläche** ein **kubisches einschichtiges Epithel**. Die Epithelzellen in der Nähe des Äquators wachsen zu **langen Linsenfasern** aus, die das eigentliche Baumaterial der Linse bilden. Mit zunehmendem **Längenwachstum** der **Linsenfasern** gehen die Zellkerne zugrunde. Die Zellen des Linsenepithels sondern eine elastische glasklare Haut ab, die die Linse überzieht (**Cap-sula lentis**). Das Auswachsen der Epithelzellen zu Linsenfasern an der Dorsalfäche der Linse erfolgt **zeitlebens**, daher nimmt die Größe der Linse mit zunehmendem Lebensalter zu.

KLINIK. Mit zunehmendem Lebensalter sinkt der **Wassergehalt** der zentralen (ältesten) Bereiche der Linse, was die **Elastizität** des Linsengewebes vermindert. Dies ist die Ursache für die **Alterssichtigkeit (Presbyopie)**.

? Beschreiben Sie den Kreislauf des Augenkammerwassers.

Das Kammerwasser ähnelt in seiner Zusammensetzung dem Liquor cerebrospinalis. Es ist **zellfrei** und klar. Die Kammerwasserbildung und -sekretion erfolgt durch das **Epithel** der Ziliarfortsätze (**Proc. ciliares des Ziliarkörpers**). Das Kammerwasser gelangt zuerst in die **hintere Augenkammer** zwischen Linse und Irisrückfläche, fließt dann durch die **Pupille** in die **vordere Augenkammer**, die sich zwischen Kornearückfläche und Iris bzw. Pupille befindet.

Der **Abfluss** des Kammerwassers erfolgt hauptsächlich im sogenannten **Kammerwinkel**, dem Übergang zwischen Iris und Kornea (**Angulus iridocornealis**). Hier befindet sich ein **Trabekelwerk**, den Raum zwischen den Trabekeln bezeichnet man als **Fontanaräum**. Durch die Trabekel gelangt das Kammerwasser in den **Schlemm-Kanal** (Sinus venosus sclerae). Der Schlemm-Kanal ist ein ringförmiges „Rohr“ am ventralen Rand der Sklera am Übergang zwischen Sklera und Kornea. Von hier bestehen Verbindungen zu den **episkleralen Venen**, die das Kammerwasser aufnehmen (Abb. 8.2).



KLINIK. Ist der Abfluss des Kammerwassers gestört, erhöht sich der **Augeninnendruck**. Als Folge kann es zur druckbedingten Schädigung des N. opticus am Discus nervi optici und damit zur Erblindung kommen (**Glaukom, grüner Star**).

? Schildern Sie die Blutversorgung der Retina.

Die Retina wird über ihre beiden Grenzflächen mit Sauerstoff versorgt:

- Über die Äste der **A. centralis retinae**, die durch den Discus nervi optici in den Bulbus eintritt und auf der inneren Oberfläche der Retina (zwischen Retina und Glaskörper) verläuft. Die Sauerstoffversorgung über dieses Gefäßgebiet reicht etwa bis in die mittlere Schicht der Retina hinein. Diese Gefäße liegen in Blickrichtung vor der Retina, d. h., sie werfen Schatten auf die Netzhaut. Diese Schatten werden im ZNS unterdrückt und daher subjektiv nicht wahrgenommen, können jedoch durch seitliche Belichtung sichtbar gemacht werden.
- Aa. ciliares posteriores breves et longae:** Diese Arterien strahlen in das Gefäßnetz der **Choroidea** ein und versorgen die Retina an der äußeren Oberfläche. Besonders wichtig ist die (dem Stratum pigmentosum retinae) direkt anliegende Kapillarschicht (**Lamina choroiodocapillaris**), die für die Versorgung der Fotorezeptoren entscheidend ist. Eine Ablösung der Lamina choroiodocapillaris führt zur Funktionsstörung der Fotorezeptoren, da die Entfernung für die Diffusion des Sauerstoffs zu groß wird.

? Beschreiben Sie Merkmale und Verlauf des N. opticus.

Der **N. opticus** ist eigentlich kein Nerv, sondern ein **Hirntrakt**. Die Augen entwickeln sich aus der Anlage des **Diencephalons**, und der N. opticus verbindet die Augenanlage mit dem Rest des Diencephalons. Er stellt daher eine Verbindung zwischen zwei Hirnteilen her und erfüllt damit das wesentliche Kriterium für einen zentralnervösen Trakt.

Der zweite Hirnnerv beginnt mit den **Axonon der Ganglienzellen der Netzhaut**, die innerhalb des Auges noch **marklos** sind, jedoch nach dem Austritt aus dem Bulbus eine **Markscheide** bekommen. An der Austrittsstelle ist die Sklera siebartig durchbrochen (**Lamina cribrosa**). Als Hirnteil hat der N. opticus auch **Hirnhäute** (Pia mater, Arachnoidea mater und Dura mater). Die Hirnhäute gehen an der Durchtrittsstelle des Sehnervs durch den Bulbus in die Sklera über. Durch die Orbita zieht der Sehnerv in einem leichten Bogen, der die Bulbusbewegungen gestattet. Am Eingang des **Canalis n. optici** befindet sich ein **Sehnerring (Anulus tendineus)**, von dem die geraden Augenmuskeln und der M. obliquus superior entspringen. Etwa einen Zentimeter vom dorsalen Pol des Bulbus entfernt treten von kaudal die **A. und V. centralis retinae** in den N. opticus ein. Im Canalis n. optici wird der Nerv von der **A. ophthalmica** begleitet, die V. ophthalmica verläuft dagegen durch die Fissura orbitalis superior. Nach Verlassen des Canalis n. optici zieht der Nerv im **Subarachnoidalraum** an der Schädelbasis bis zum **Chiasma opticum**, wo er in den **Tr. opticus** übergeht.

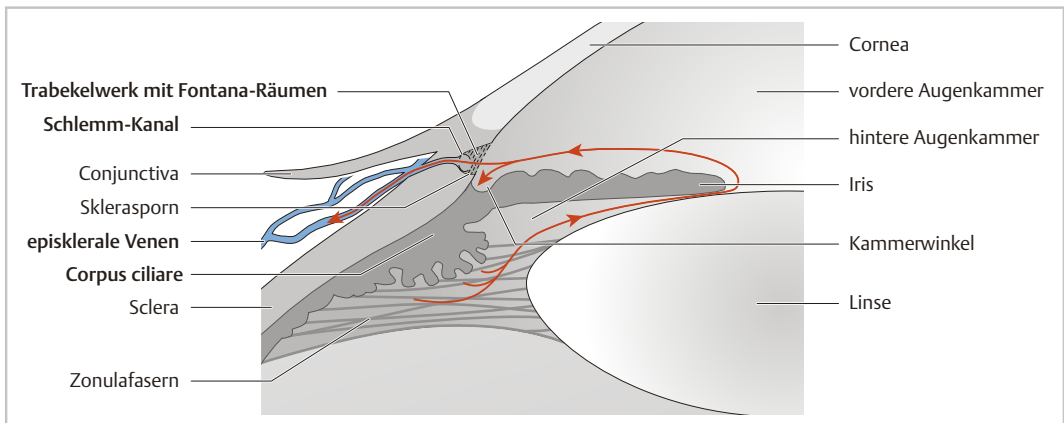


Abb. 8.2 Abfluss des Kammerwassers. Gezeigt ist der Abfluss des Kammerwassers vom Ziliarepithel über das Trabekelwerk (Fontanaraum) in den Schlemm-Kanal (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Karl Wesker).

? Welche Wirkung hat die Kontraktion des M. obliquus superior auf den Augapfel?

Der **M. obliquus superior** (Innervation: **N. trochlearis**) zieht mit seiner Sehne zuerst zur **Trochlea** am medialen Orbitarand, wo die Sehne in einem scharfen Knick umgelenkt wird, um dann **von ventral medial** kommend am Bulbus anzusetzen. Für das Verständnis wichtig ist, dass die schrägen äußeren Augenmuskeln ihren Ansatzpunkt **dorsal vom Äquator** des Bulbus, also dorsal vom Drehpunkt des Bulbus haben (Abb. 8.3). Aus der Zugrichtung und dem Ansatzpunkt des M. obliquus superior ergeben sich seine Wirkungen auf den Bulbus:

- **Senkung** der Blickachse (Depression)
- **Abduktion** (Bewegung der Pupille nach temporal) und
- **Innenrotation** (Drehung des oberen Randes der Pupille aus der Zwölf-Uhr-Position nach nasal)

? Durch welche Strukturen wird der Konjunktivalsack gebildet?

Die **Konjunktiva** (Bindehaut) ist eine gefäßführende Schleimhautschicht. Sie wird untergliedert in eine:

- **Conjunctiva tarsi**: Sie beginnt am **inneren Lidrand** und kleidet die Dorsalfläche der Augenlider aus. Hier ist das Epithel ebenso wie auf der Bulbusoberfläche mechanisch durch Reibung belastet und hat daher den Aufbau eines **mehrschichtigen unverhornten Plattenepithels**.

- **Conjunctiva fornicis**: Am oberen (oberes Lid) bzw. unteren Ende (unteres Lid) der Lidplatteninnenseite schlägt sich die Bindehaut auf die **Oberfläche des Bulbus** um und bildet auf diese Weise einen **oberen und unteren Bindehaut- oder Konjunktivalsack** mit einem oberen und unteren Konjunktivalgewölbe (**Fornix conjunctivae superior und inferior**). An dieser Stelle ist das Epithel nur wenig mechanisch belastet und besteht aus **mehrschichtigem Zylinderepithel mit eingelagerten Becherzellen**.
- **Conjunctiva bulbi**: Sie liegt auf dem Bulbus und reicht bis zum Rand der Kornea.

Der **Konjunktivalsack** ist somit eine Bildung der Bindehaut (**Tunica conjunctiva**). Die bindegewebige Grundlage des Bindehautepithels ist auf den Lidplatten fest verankert, im Konjunktivalsack und auf dem Augenbulbus ist sie jedoch nur locker befestigt.

KLINIK. Wegen der **starken Versorgung mit Blutgefäßen** ist der Konjunktivalsack gut für die Applikation von resorbierbaren Arzneimitteln geeignet.

? Können Sie eine anatomische Erklärung für die tief liegenden Augen von Schwerkranken geben?

Die Lage des Bulbus in der Orbita wird weitgehend durch das Orbitalfett (**Corpus adiposum orbitae**) bestimmt, das den Raum zwischen den geraden Augenmuskeln ausfüllt

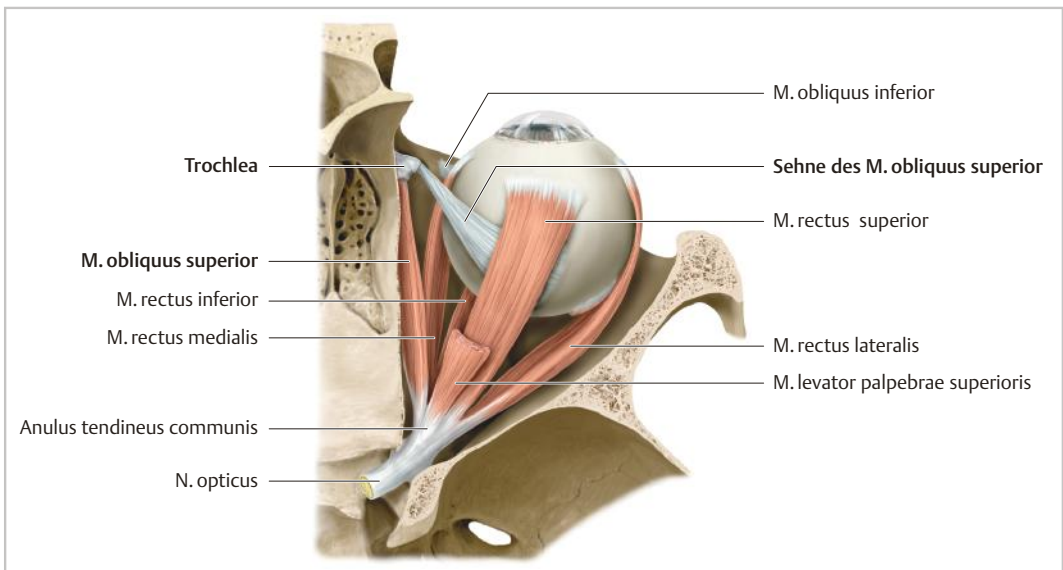


Abb. 8.3 Lage der äußeren Augenmuskeln. Rechtes Auge in der Ansicht von kranial. Der M. obliquus superior entspringt am Anulus tendineus, einem sehnigen Ring um den Canalis opticus. Seine Ansatzsehne zieht zunächst zu einer am medialen Orbitarand befestigten Umlenkrolle (Trochlea) und setzt dann an der Sklera an (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Karl Wesker).

Tab. 8.1 Überblick über die Augenmuskeln (aus Aumüller et al., Duale Reihe Anatomie, Thieme, 2017)

Muskel	Ursprung	Ansatz	Innervation	Funktion
M. rectus superior	Anulus tendineus communis	Bulbusäquator	N. oculomotorius (III)	Elevation (Hebung) geringe Adduktion und Innenrotation
M. rectus inferior		Bulbusäquator		Depression (Senkung) geringe Adduktion und Außenrotation
M. rectus lateralis		Bulbusäquator	N. abducens (VI)	Abduktion
M. rectus medialis		Bulbusäquator	N. oculomotorius (III)	Adduktion
M. obliquus superior	Corpus ossis sphenoidalis Verlauf durch Trochlea (Hypomochlion am medialen Orbitarand)	hinter dem Bulbusäquator	N. trochlearis (IV)	Innenrotation Abduktion und geringe Depression
M. obliquus inferior	Crista lacrimalis posterior der Maxilla	hinter dem Bulbusäquator	N. oculomotorius (III)	Außenrotation Abduktion und geringe Elevation

und durch Bindegewebsepten gekammert ist. Da Orbitalfett **Baufett** darstellt, bleibt es zunächst auch bei länger anhaltendem Nahrungsmangel erhalten. Bei chronisch schlechtem Ernährungs- und Allgemeinzustand kommt es jedoch zu einer **Abnahme des Fettkörpervolumens**, wobei auch der Wasserverlust eine Rolle spielt. Insgesamt lässt der **Turgor** (vorwiegend osmotisch bedingter Spannungszustand) des Fettkörpergewebes nach und bewirkt damit das Zurücksinken des Bulbus in die Orbita.

? Warum ist die Pupille schwarz?

Beim Spiegeln des Augenhintergrundes (**Ophthalmoskopie**) fällt auf, dass die Retina mit den auf ihr verlaufenden Gefäßen nicht schwarz, sondern gelb bis gelbrot erscheint. Die Pupille erscheint schwarz, weil unter normalen Umständen **kein Licht aus dem Auge durch die Pupille austritt**. Bei Betrachtung von vorne können Lichtstrahlen nur von der Seite in die Pupille eintreten, da die senkrecht einfallenden Strahlen vom Betrachter verdeckt werden. Die schräg einfallenden Lichtstrahlen haben nur eine geringe Wahrscheinlichkeit, das Auge wieder durch die Pupille zu verlassen. Daher erscheint die Pupille schwarz. Wenn man beim Spiegeln des Augenhintergrundes eine Lichtquelle zwischen das Auge des Beobachters und die Pupille des Untersuchten bringt, können vom Augenhintergrund reflektierte Lichtstrahlen die Pupille verlassen. Dann wird die gelbrote Eigenfarbe der Retina sichtbar.

? Auf welche Weise kommen die verschiedenen Augenfarben zustande?

Die **Farben der Iris** entstehen mehr durch unterschiedliche **spektrale Reflexion** als durch die Eigenfarbe des Irisgewebes. Die Dorsalfläche der Iris wird von einem zweischichtigen Epithel bedeckt, nämlich dem **Pigmentepithel** und der **Pars iridica retinae**. Von diesen Schichten wird **Licht reflektiert**, das auf dem Weg durch das Irisgewebe in seiner spektralen Zusammensetzung verändert wird:

- Bei **blauen Augen** ist das **Irisstroma** selbst sehr **locker** und enthält **keine Eigenpigmente**. Die blaue Farbe entsteht durch Reflexion des blauen Anteils des Lichtspektrums von der Rückfläche der Iris und Streuung im lockeren Irisstroma.
- **Graue Augen** enthalten ebenfalls **kein eigenes Pigment** im Irisstroma, in diesen Fällen ist das **Stromagewebe dichter** strukturiert.
- Nur bei **braunen Augen** sind im Irisstroma selbst **pigmentierte Zellen** vorhanden.

? Was verstehen Sie unter einem Katarakt oder grauen Star?

Der **graue Star** oder **Katarakt** ist eine **Trübung der Augenlinse**, die oft in höherem Alter eintritt. Zu Beginn des Krankheitsbilds ist die Linse nur in Teilbereichen oder nur am Rand undurchsichtig, was die Sehfähigkeit nur wenig beeinträchtigt. Beim voll ausgebildeten Krankheitsbild ist die gesamte Linse undurchsichtig und muss operativ entfernt werden.

KLINIK. Bei der operativen Entfernung der Linse bleibt die Linsenkapsel in der Regel erhalten. Dies ermöglicht das Einbringen einer **Kunststofflinse** in die verbleibende Kapsel anstelle des entfernten Linsenmaterials.

? Welche Vorgänge laufen bei der Nahakkommodation ab?

Unter der **Nahakkommodation** versteht man die Anpassung der Brechkraft der Linse an eine nahe Gegenstandsweite. Beim Blick von der Ferne in die Nähe muss sich die Brechkraft des Gesamtauges steigern, um ein scharfes Bild des Gegenstandes auf die Netzhaut zu projizieren. Die Linse ist der einzige Teil des dioptrischen Apparats, der seine Brechkraft ändern kann. Sie ist über die **Zonulafasern** am **Corpus ciliare** befestigt. Die elastischen Anteile des Augenbulbus üben einen ständigen Zug in radiärer Richtung auf die Zonulafasern aus, sodass die Linse abgeplattet wird (Abb. 8.4). Beim Blick in die Nähe laufen folgende Vorgänge ab:

- Über Aktivierung des **Parasympathikus** kontrahiert sich der **M. ciliaris** im Corpus ciliare.
- Dadurch **erschaffen** die **Zonulafasern** und der Zug auf die Linse lässt nach.
- Als Folge davon wölbt sich besonders die Vorderfläche der Linse stärker vor und die Brechkraft der Linse nimmt zu. Die stärkere Wölbung der Linse bei Nahakkommodation kann nur durch die **Eigenelastizität** des Linsenmaterials geschehen.

KLINIK. Lässt mit höherem Alter die Eigenelastizität der Linse nach, so kann sie ihre Brechkraft bei Kontraktion des M. ciliaris nur gering erhöhen. Diese Störung nennt man **Alterssichtigkeit (Presbyopie)**. Hierbei ist der Visus beim Blick in die Ferne normal, aber beim Blick in die Nähe wird eine Brille mit positiven Dioptrien („Lesebrille“) benötigt.

? Welche Funktion haben die Meibom-Drüsen? Wie bezeichnet man ihre pathologische Schwellung?

Die **Meibom-Drüsen (Glandulae tarsales)** sind **holokrine Drüsen**, die sich praktisch über die gesamte Breite der Lidplatte (Tarsus) erstrecken. Sie münden mit Ausführungsgängen in der Gegend der inneren Lidkante. Das Sekret dieser Drüsen ist talghaltig, es dient zur Einfettung der Lidkante und damit zur Verhinderung des Überlaufens der Tränenflüssigkeit. Wenn bei Reizungen (z. B. durch Fremdkörper oder beim Weinen) die Tränensekretion stark gesteigert ist, reicht das fettige Sekret nicht aus, um die Tränenflüssigkeit zurückzuhalten, und die Tränen laufen über die Wangen.

Bei chronischer Stauung des Sekrets in den Ausführungsgängen der Drüse kommt es zu starken Schwellungen und Entzündungen innerhalb der Lidplatte, die als **Hagelkorn (Chalazion)** bezeichnet werden. Ein Hagelkorn kann Erbsengröße erreichen und ist meist **nicht schmerzhaft**.

? Welche Funktionen hat die Tränenflüssigkeit?

Die Tränenflüssigkeit hat vorwiegend **drei Funktionen**:

- **Befeuchtung** der Hornhaut zur Aufrechterhaltung eines normalen Quellungszustands der Fasern innerhalb der Kornea.
- **Spülung** des Bindehautsacks zur Entfernung von Fremdkörpern.
- **Optische Optimierung** der Korneaoberfläche. Die Tränenflüssigkeit kann geringe Unebenheiten der Hornhautoberfläche ausfüllen und somit die Abbildungseigenschaften der Kornea verbessern.
- Für den Menschen ist die Tränenflüssigkeit natürlich darüber hinaus als **emotionales Ausdrucksmittel** von Bedeutung.

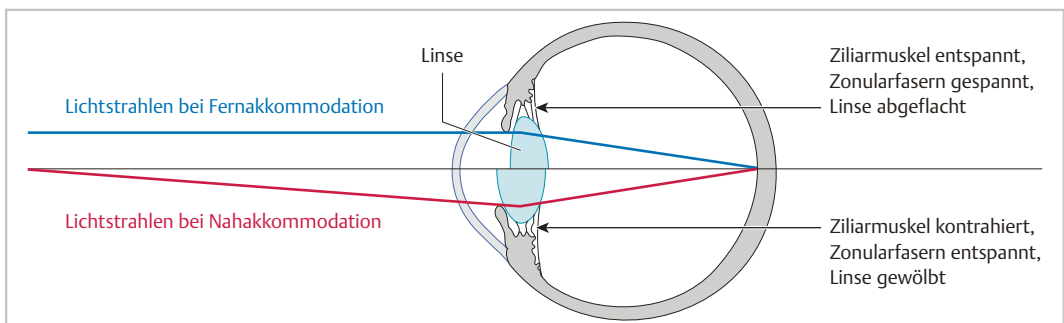


Abb. 8.4 Dynamik der Linse. In der oberen Bildhälfte ist die Linseneinstellung (flache Linse) bei Fernsicht zu sehen. Während in der unteren Bildhälfte die kugelige Linse bei der Nahakkommodation (Objekte < 5 m vom Auge entfernt) abgebildet ist. Das Abrunden der Linse erfolgt durch die Eigenelastizität des Linsenmaterials. Voraussetzung ist die Kontraktion des Ziliarmuskels (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).



? Beschreiben Sie den Weg der Tränenflüssigkeit, beginnend mit der Sekretion in der Gl. lacrimalis.

Die Tränenflüssigkeit wird von der **Tränendrüse (Gl. lacrimalis)** in den oberen lateralen Bindehautsack sezerniert. Die Flüssigkeit verteilt sich zwischen der Rückseite der Lider und der Vorderfläche des Bulbus. Der Lidschlag beginnt im lateralen Augenwinkel und setzt sich nach medial fort. Auf diese Weise wird die Tränenflüssigkeit in den medialen Augenwinkel transportiert (Abb. 8.5):

- Hier bildet sich der sogenannte **Tränensee**, in den die Tränenröhrchen (**Canaliculi lacrimales superior et inferior**) mit punktförmigen Öffnungen (**Punctum lacrimale superior et inferior**) tauchen.
- Durch die Kontraktion des **M. orbicularis oculi** entsteht ein Saugmechanismus in den Tränenröhrchen, der die Tränenflüssigkeit in den **Tränensack (Saccus lacimalis)** befördert.
- Das untere Ende des Tränensacks geht in den **Ductus nasolacrimalis** über, der in den **Meatus nasi inferior** (unterhalb der Concha nasalis inferior) mündet.

? Welchen Gesichtsfeldausfall erwarten Sie bei der Durchtrennung eines Tr. opticus?

Jeder Tr. opticus versorgt über **ungekreuzte** Fasern die **temporale Retinahälfte** des gleichseitigen Auges und über **gekreuzte** Fasern die **nasale Retinahälfte** des kontralateralen Auges. Auf beide Retinahälften projiziert sich die zum Trakt kontralaterale Gesichtsfeldhälfte, d. h., der **linke Tr. opticus vermittelt visuelle Sinneseindrücke aus der**

rechten Gesichtsfeldhälfte über die linken Retinahälften beider Augen. Bei Durchtrennung eines Tr. opticus liegt somit das Krankheitsbild der **homonymen Hemianopsie** vor, bei dem die **ipsilateralen Retinahälften** – und damit die **kontralateralen Gesichtsfeldhälften** – beider Augen **ausgefallen** sind (Abb. 8.6).

? Bei einem Schädelbasisbruch ist der N. abducens im Verlauf des Sinus cavernosus verletzt worden. Welche subjektiven Symptome verursacht der Ausfall dieses Nerven?

Der **N. abducens** versorgt den **M. rectus lateralis**, der der wichtigste Muskel für die **Abduktion** (Bewegung der Blickachse nach temporal) ist:

- Beim Blick nach vorn bestehen oft keine subjektiven Symptome.
- Es treten jedoch **Doppelbilder** auf, wenn der Patient versucht, die **Blickachse zur gelähmten Seite** zu bewegen. Der Grund dafür ist, dass bei einer Abduzenslähmung rechts der rechte Bulbus beim Blick nach rechts hinter dem linken Bulbus zurückbleibt. **Auf der rechten Retina wird daher ein anderes Bild abgebildet als auf der linken.** Dies führt subjektiv zu Doppelbildern, wenn die Unterschiede zu groß sind, um durch zentralnervöse Verarbeitung kompensiert zu werden. Solche Doppelbilder treten typischerweise besonders stark bei Bulbusbewegungen in Richtung auf die gelähmte Seite auf.

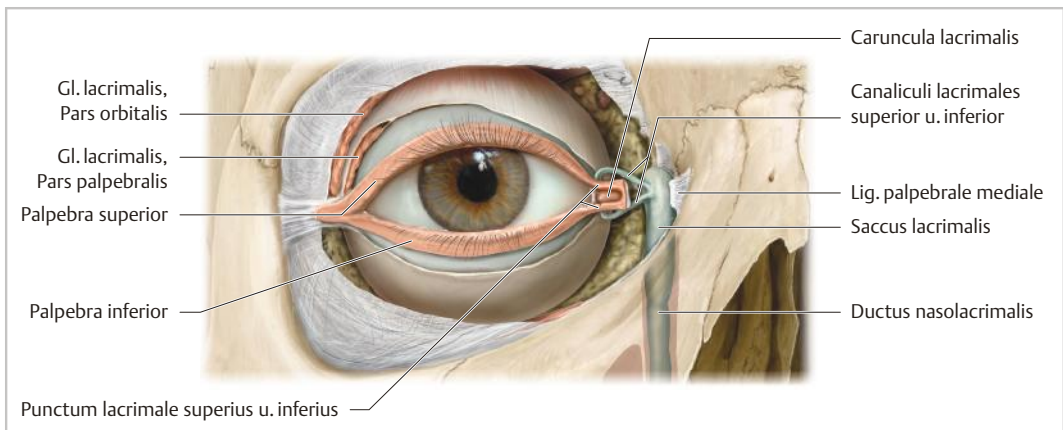


Abb. 8.5 Tränenapparat. Rechtes Auge; Ansicht von frontal (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Karl Wesker).

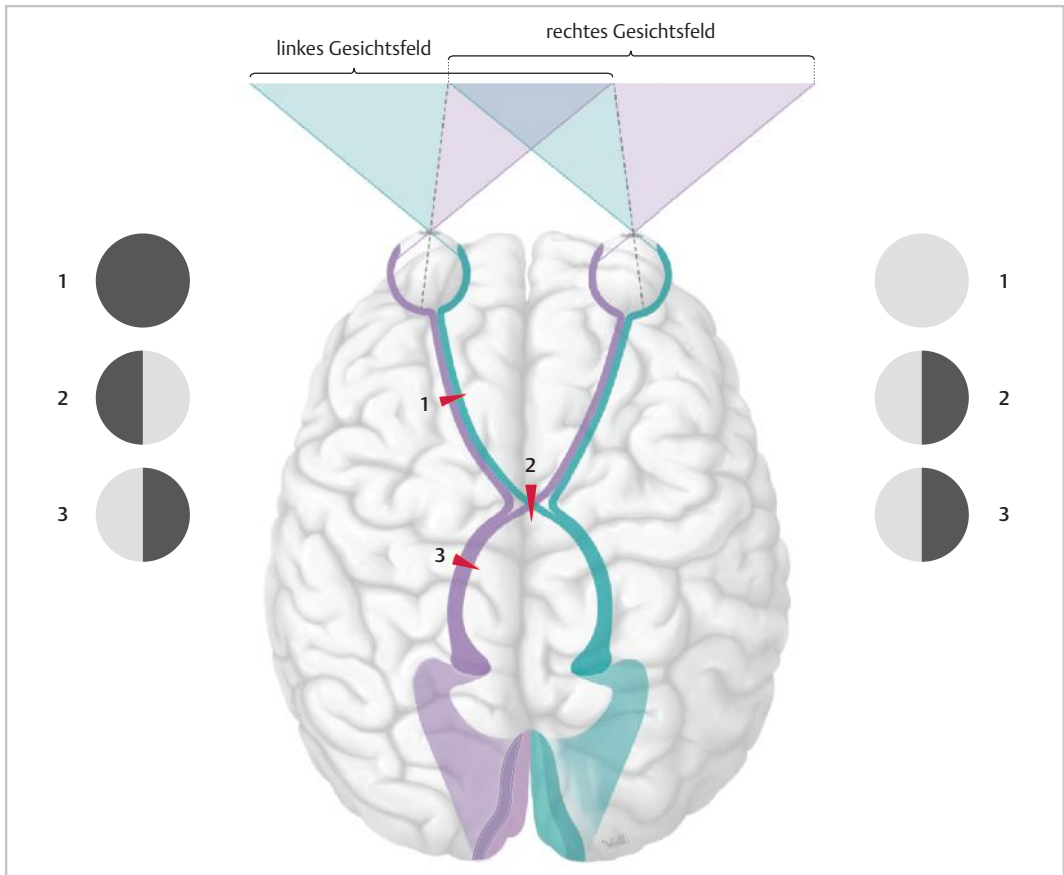


Abb. 8.6 Gesichtsfeldausfälle und die Lokalisation der Läsionen entlang der Sehbahn. Die verschiedenen Gesichtsfeldausfälle und Läsionsorte sind einseitig für die linke Sehbahn dargestellt und mit Nummern markiert. Zur Lokalisation der Schäden unterteilt man das Gesichtsfeld in vier Quadranten: oberer und unterer temporaler sowie oberer und unterer nasaler Quadrant (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Markus Voll).





Hör- und Gleichgewichtsorgan

9.1 Makroskopische Anatomie

9 Hör- und Gleichgewichtsorgan

9.1 Makroskopische Anatomie

9.1.1 Äußeres Ohr

? Aus welchen Teilen besteht das äußere Ohr?

Zum **äußeren Ohr** gehören:

- **Ohrmuschel** (Auricula)
- **äußerer Gehörgang** (Meatus acusticus externus) und
- **Trommelfell** (Membrana tympanica), das meist ebenfalls zum äußeren Ohr gerechnet wird

Der äußere Gehörgang besteht beim Erwachsenen zu etwa einem Drittel aus **elastischem Knorpel**, zu zwei Dritteln aus **Knochen**. Zwischen beiden besteht ein nach unten offener Winkel. Bei der Betrachtung des Trommelfells von außen (**Otoskopie**) muss daher die Ohrmuschel nach hinten oben gezogen werden.

9.1.2 Innenohr

? Beschreiben Sie den Aufbau des membranösen Labyrinths.

Das **membranöse Labyrinth** enthält die **Sinnesepithelien des Gleichgewichts- und Hörorgans** und ist mit Endolymphe gefüllt. Es befindet sich im knöchernen Labyrinth innerhalb der **Felsenbeinpyramide** (Abb. 9.1):

- Im Vestibulum des knöchernen Labyrinths liegen der **Utrikulus** und **Sacculus**, die je eine Makula (Sinnesepithelfläche) als Teil des Gleichgewichtsapparats enthalten. Zwischen den beiden besteht eine Verbindung über den **Ductus utriculosaccularis**.
- Vom Sacculus entspringt der **Ductus endolymphaticus** (Aquaeductus vestibuli), der zu einer kleinen Erweiterung (**Sacculus endolymphaticus**) führt, die sich zwischen den beiden Blättern der Dura mater an der Innenfläche der Felsenbeinpyramide befindet.
- Vom Utrikulus gehen die **drei Bogengänge (Ductus semicirculares)** ab.
- Der **Ductus reuniens** führt vom Sacculus zum **Ductus cochlearis (zur häutigen Schnecke)**, die das Sinnesepithel des Hörorgans enthält.

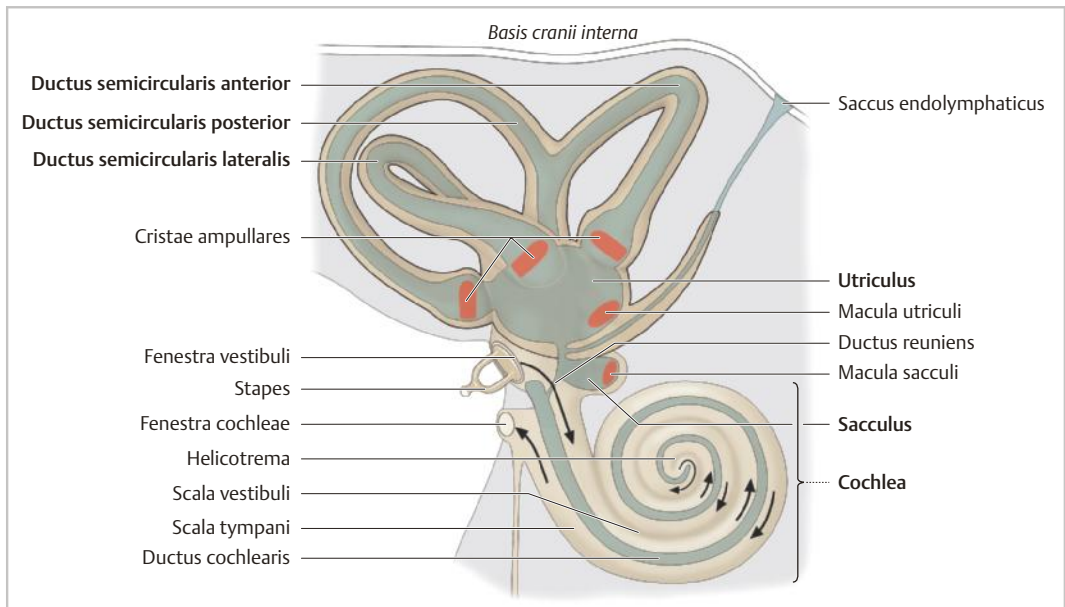


Abb. 9.1 Schema des Innenohrs (Auris interna). Das Innenohr besteht aus einem im Felsenbein liegenden knöchernen Labyrinth, in das ein häutiges (membranöses) Labyrinth eingepasst ist. Die Schnecke (Cochlea) beherbergt das Hörorgan (Corti-Organ), während das Gleichgewichtsorgan in den drei Bogengängen (Ductus semicircularis anterior, posterior und lateralis) sowie in Sacculus und Utrikulus lokalisiert ist (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Karl Wesker).

? Welche Strukturen ziehen durch den Meatus acusticus internus?

Der **Meatus acusticus internus** stellt die Verbindung des Innenohrs mit den Gefäßen und Nerven der Schädelhöhle her. Er mündet mit dem **Porus acusticus internus** in die **hintere Schädelgrube** an der Medialfläche der **Felsenbeinpyramide**. Durch den Meatus acusticus internus ziehen:

- **N. vestibulocochlearis** (VIII. Hirnnerv): mit der Pars vestibularis (N. vestibularis) für das Gleichgewichtsorgan und der Pars cochlearis (N. cochlearis) für das Hörorgan.
- **N. facialis** (VII. Hirnnerv), auch **N. intermediofacialis** genannt: mit seinen beiden Anteilen N. facialis und N. intermedius.
- **A. labyrinthi**: aus der A. cerebelli inferior anterior (aus der A. basilaris).
- **Vv. labyrinthi**: Sie leiten venöses Blut aus dem Labyrinth zum Sinus petrosus inferior.

? * In welcher Hinsicht unterscheidet sich der Aufbau des Ganglion vestibulare von dem des Ganglion spirale?

Das **Ganglion spirale cochleae** enthält die **bipolaren Typ-I-Sinneszellen des Hörorgans** von den inneren Haarzellen und die **pseudounipolaren Typ-II-Sinneszellen** als Verbindung zu den äußeren Haarzellen. Das Ganglion liegt dicht am Corti-Organ und ist spiralig um die Schneckenachse (Modiolus) herum angeordnet.

Das **Ganglion vestibulare** liegt weit entfernt von den Sinnesflächen des Gleichgewichtsorgans im lateralen Teil des **Meatus acusticus internus**. Die peripheren Fortsätze der hier liegenden **bipolaren Ganglienzellen** laufen aufgesplittet in mehrere kleine Nerven zu den Sinnesepithelien des Gleichgewichtsorgans.

? Wie sind die Bogengänge in den Ebenen des Raums angeordnet?

Die Ebenen der drei Bogengänge (**Ductus semicirculares**) bilden zueinander einen **Winkel von jeweils 90°** und können daher Drehbeschleunigungen in allen Raumebenen wahrnehmen. Die Ebenen der Bogengänge entsprechen jedoch nicht den Hauptebenen des Körpers:

- Der **vordere und hintere Bogengang (Ductus semicircularis anterior und posterior)** stehen fast senkrecht in der dorsalen Felsenbeinpyramide. Sie bilden miteinander einen nach lateral offenen Winkel von etwa 90°.
- Am unteren Ende dieser beiden Bogengänge befindet sich der **laterale Bogengang (Ductus semicircularis lateralis)**, der fast **horizontal** angeordnet ist. Sein vorderes Ende liegt jedoch etwas kranialer als sein dorsales. Drehbewegungen des Kopfes um die Achse des Dens axis sprechen daher vorwiegend Rezeptoren in den lateralen Bogengängen an.

Wenn man in Fahrgeschäften sitzt, die sich in der Horizontalebene um sich selbst drehen, und man einen besonders starken Sinneseindruck erhalten will, muss man den Kopf etwas nach ventral neigen. Dann liegt der horizontale Bogengang in der Ebene der Drehrichtung und die Erregung der Rezeptoren ist maximal.

? Schildern Sie den Aufbau und die Unterteilungen einer Schneckenwindung.

Die knöcherne Schnecke hat **zweieinhalb Spiralwindungen**. Auf einem Querschnitt durch eine solche Windung lassen sich **drei Gänge** unterscheiden, die durch Membranen voneinander abgegrenzt sind (Abb. 9.2):

- **Ductus cochlearis**, in dem sich das Corti-Organ (**Organum spirale**) befindet. Dieser Gang hat im Querschnitt eine dreieckige Form, wobei eine Spitze zur Schneckenachse weist. Der Ductus cochlearis ist mit **Endolympe** gefüllt und steht über den Ductus reuniens mit dem Sacculus in Verbindung.
- Oberhalb des Ductus cochlearis (in Richtung auf die Schneckenspitze) liegt die **Scala vestibuli**, die vom Ductus cochlearis durch die **Membrana vestibularis (Reissner-Membran)** getrennt ist. Die Scala vestibuli hat ihren Namen daher, dass sie mit dem Vestibulum eine offene Verbindung hat. Sie ist mit **Perilymphe** gefüllt.
- Unterhalb des Ductus cochlearis befindet sich die **Scala tympani**, die über das Helicotrema an der Schnecken spitze mit der Scala vestibuli in Verbindung steht. Die Scala tympani und der Ductus cochlearis werden durch die **Spiralmembran (Basilarmembran)** voneinander getrennt. Der Name der Scala tympani rührt daher, dass dieser mit **Perilymphe** gefüllte Raum über das runde Fenster an die Paukenhöhle (**Cavitas tympanica**) grenzt.

? Beschreiben Sie die Anordnung der Zellen und die Funktion des Corti-Organ.

Das **Corti-Organ (Organum spirale)** besteht aus einer Ansammlung von Epithelzellen (Stützzellen und Grenzzellen), die von der Basilarmembran in den Ductus cochlearis hineinragen und auf denen sich die **Sinneszellen** für Höreindrücke befinden. Die Sinneszellen sind die **Stereozilien tragenden Haarzellen**, die in **zwei Gruppen** angeordnet sind:

- Eine einzige Reihe von **inneren Haarzellen**: Sie vermitteln die akustischen Sinneseindrücke.
- 3–4 Reihen von **äußeren Haarzellen**: Sie haben neben einer afferenten eine ausgeprägte efferente Innervation. Die äußeren Haarzellen können sich mithilfe des **Prestin-Moleküls** kontrahieren.

Von der Schneckenachse her legt sich eine flache gallertige **Membrana tectoria** auf die Spitzen der Haarzellen. Beim Auftreffen akustischer Reize auf das Innenohr kommt es zu Relativbewegungen zwischen der **Lamina**



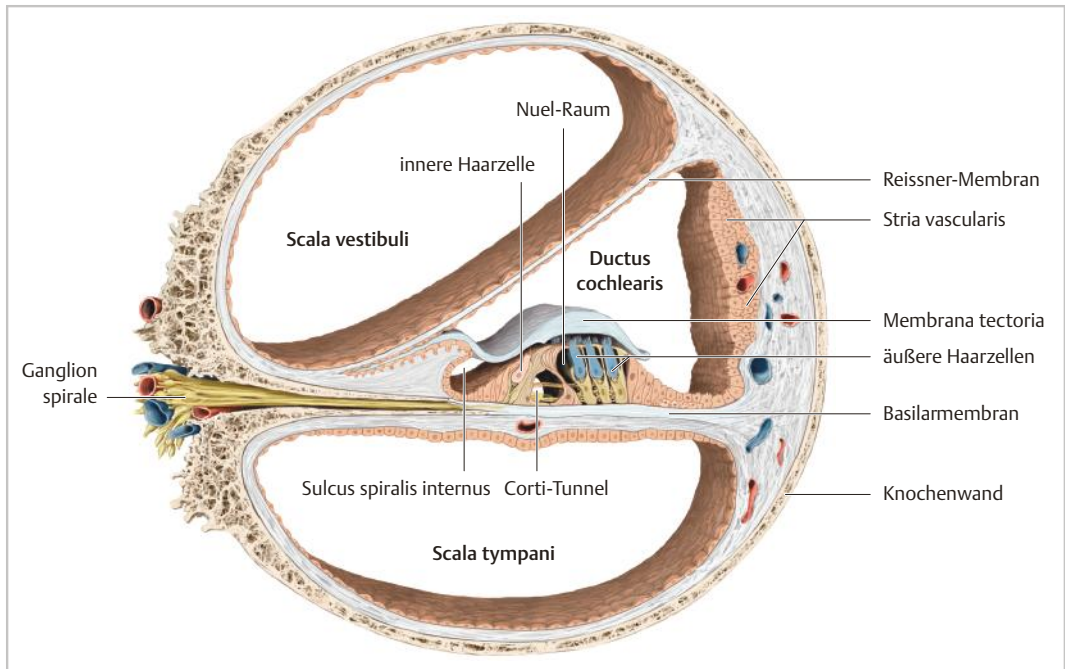


Abb. 9.2 **Aufbau der Cochlea.** Querschnitt durch einen Cochleengang. Gezeigt sind die drei Stockwerke eines Cochleangangs mit dem im Ductus cochlearis lokalisierten Hörorgan (Corti-Organ) (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Karl Wesker).

tectoria und den Haarzellen des Corti-Organ. Die daraus resultierenden Scherbewegungen der Sinneshaare (**Ste-reozilien**) führen zur Aktivierung der afferenten Fasern.

? * Warum führen bereits kleine Furunkel des äußeren Gehörgangs zu starken Schmerzen?

Die häutige Auskleidung des äußeren Gehörgangs unterscheidet sich von der normalen äußeren Haut dadurch, dass eine **Subkutis fehlt**, d. h., das Korium ist **fest mit der Unterlage** (Knorpel oder Knochen) verbunden. Bei der Entzündung eines Haarbalgs samt seiner Talgdrüse (**Furunkel**) verursacht das begleitende **Ödem** erhebliche **Drucksteigerungen** in der Haut des Gehörgangs, die starke Schmerzen auslösen. In der behaarten Haut außerhalb des Gehörgangs kann sich eine Entzündung des Haarbalgs in die locker gebaute Subkutis ohne starke Drucksteigerungen ausbreiten.

? Was versteht man unter dem hinteren oberen Quadranten des Trommelfells?

Das Trommelfell ist in seinem Zentrum (**Nabel, Umbo**) nach medial durch das Ende des Hammergriffs (**Manubrium mallei**) eingezogen. Der Hammergriff läuft vom Zentrum des Trommelfells als sichtbarer Streifen (**Stria mallearis**) nach ventral oben.

Um das Trommelfell in **Quadranten** einzuteilen, wird eine Achse durch die Längsrichtung der Stria mallearis gelegt, eine weitere im rechten Winkel dazu durch den Umbo des Trommelfells (Abb. 9.3). Der hintere obere Quadrant des Trommelfells befindet sich daher **dorsal und etwas kranial von der Stria mallearis**. An dieser Stelle können der Amboss und der Steigbügel durch das Trommelfell durchscheinend sichtbar sein. An der Grenze zwischen **Pars tensa** und **Pars flaccida** des Trommelfells verläuft die vordere und hintere **Plica mallearis** (Striae membranae tympanicae anterior und posterior), die durch die **Chorda tympani** aufgeworfen wird.

? In wie viele Etagen wird die Paukenhöhle eingeteilt?

Man unterscheidet üblicherweise **drei Etagen** der Paukenhöhle (**Cavitas tympani**):

- Die **untere Etage** befindet sich kaudal des unteren Randes des Trommelfells und des Abgangs der Tuba auditiva aus dem Mittelohr.
- Die **mittlere Etage** befindet sich in gleicher Höhe wie das Trommelfell.
- Die **obere Etage (Recessus epitympanicus)** ist ein kupelförmiger Raum kranial der Chorda tympani und des oberen Trommelfellrandes. Im Recessus epitympanicus liegen das Caput und Collum des Hammers (**Malleus**)

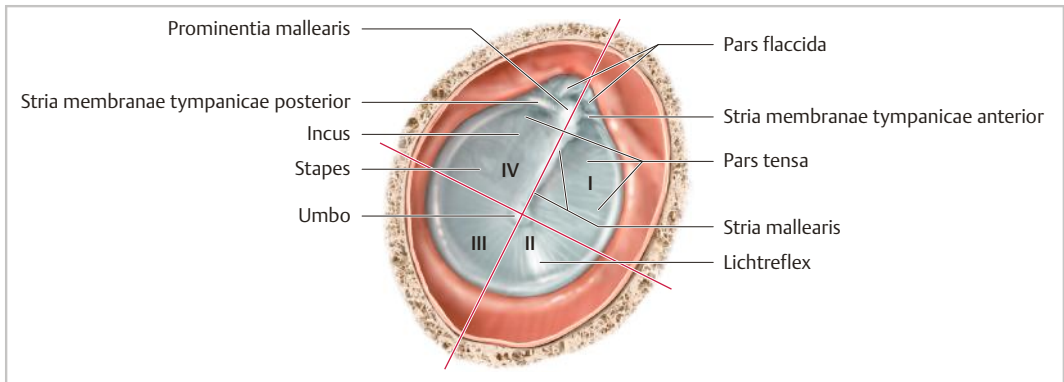


Abb. 9.3 Trommelfell (Membrana tympanica). Rechtes Trommelfell in der Ansicht von außen. Das Trommelfell hat physiologisch eine perlgraue Farbe und einen Durchmesser von ca. 75 mm². Es ist zum größten Teil straff gespannt (Pars tensa), hat aber einen kleinen schlaffen Abschnitt, die sog. Pars flaccida (Shrapnell-Membran). Der Hammergriff des hinter dem Trommelfell liegenden Hammers (Malleus) schimmert als weißer Streifen durch das Trommelfell (Stria mallearis). In der Mitte liegt der Umbo, der durch die Spitze des mit dem Trommelfell verwachsenen Hammergriffs entsteht (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Karl Wesker).

und der kurze Fortsatz (**Crus breve**) des Ambosses (**Incus**). Dorsal geht der Recessus epitympanicus in das **Antrum mastoideum** über.

? Warum ist eine Fazialislähmung oft mit einer Hyperakusis verbunden?

Die einzige Struktur, die der N. facialis bei seinem Verlauf in der Wand der Paukenhöhle versorgt, ist der **M. stapedius**. Dieser Muskel zieht den Kopf des Steigbügels nach dorsal, wodurch sich die Fußplatte des Steigbügels im **Foramen ovale** verankert. Dadurch wird die **Schallleitung aus dem Mittelohr in das Innenohr erschwert**. Dieser Vorgang wird **reflektorisch** bei starker Beschallung des Ohrs ausgelöst, um eine Schädigung des Innenohrs zu vermeiden. Bei einer Fazialislähmung fehlt dieser Reflex, und subjektiv besteht eine Überempfindlichkeit gegenüber lauten Geräuschen (**Hyperakusis**).

? Auf welche Weise wird die Ventilation der Paukenhöhle bewerkstelligt?

Die Schallübertragung über das Mittelohr zum Innenohr ist nur dann in optimaler Weise möglich, wenn das Trommelfell nicht zu stark gespannt ist, d. h., der **Druck im Mittelohr muss etwa so groß sein wie der im äußeren Ohr** (entspricht dem Umgebungsdruck). Der Druckausgleich wird durch die **Tuba auditiva** sichergestellt:

- Sie entspringt am vorderen oberen Rand der Paukenhöhle und mündet in die **Pars nasalis des Pharynx**.
- Die pharynxnahen Abschnitte der Tuba auditiva haben eine **knorpelige Wand**, die nach kaudal durch eine Bindegewebsplatte abgeschlossen ist.

- Wenn die Tuba auditiva nicht spontan durchgängig ist, kann durch **Schlucken** der knorpelige Teil der Tube geöffnet werden und so ein Druckausgleich stattfinden. Beim Schlucken kontrahieren sich der **M. tensor und levator veli palatini**, die an der ventralen und kaudalen Tubenmündung entspringen, und entfalten den knorpeligen Teil der Tuba auditiva.
- Bei länger anhaltenden chronischen Schwellungen der Tubenschleimhaut reicht dieser Mechanismus oft nicht aus, um das Mittelohr zu belüften. Die verbleibende Luft im Mittelohr wird resorbiert, und der resultierende **Unterdruck** führt zu einer **Einziehung des Trommelfells** nach innen. Die Folge ist eine **Schwerhörigkeit** wegen mangelnder Beweglichkeit des Trommelfells.

? Bei chirurgischen Eingriffen am Mittelohr kann es zu Geschmacksstörungen kommen. Welche anatomische Erklärung gibt es für diese Komplikation?

In der Nähe des oberen Rands des Trommelfells verläuft die **Chorda tympani** weitgehend frei durch das Cavum der Paukenhöhle (Abb. 9.4). Die Chorda tympani enthält:

- Fasern von den **Geschmacksknospen der vorderen zwei Drittel der Zunge** und
- efferente präganglionäre **parasympathische** Fasern, die im Ganglion submandibulare umgeschaltet werden und die **Glandula submandibularis und sublingualis** versorgen.

Die unbeabsichtigte chirurgische Durchtrennung der Chorda tympani führt daher zu einem **Ausfall von Geschmacksempfindungen auf der entsprechenden Seite der Zunge**. Dies führt subjektiv jedoch nicht zu starken Einschränkungen des Geschmacksinnes, da die Ge-



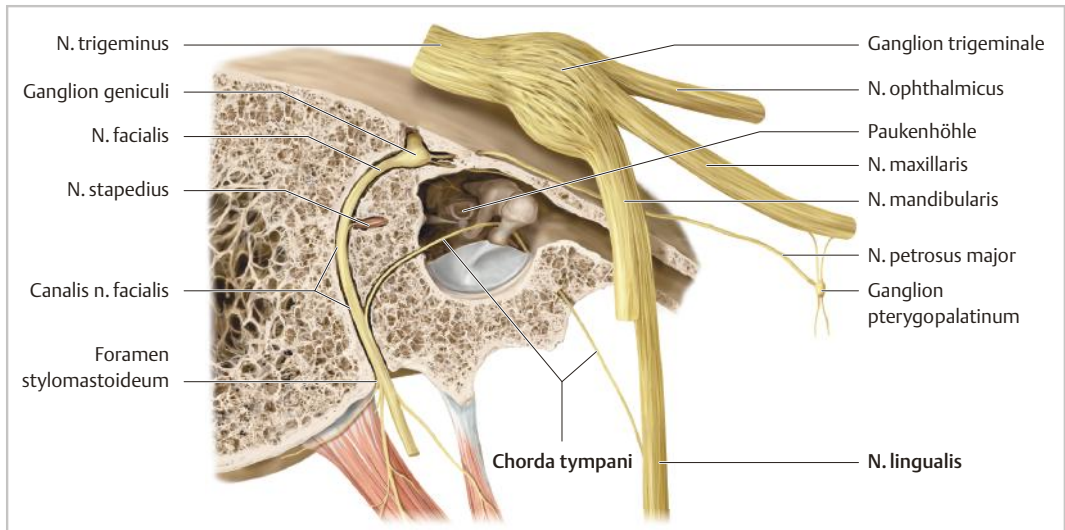


Abb. 9.4 Parasympathische Fasern des N. facialis. Ansicht von lateral auf das rechte Felsenbein. Kurz nach seinem Eintritt in das Felsenbein bildet der N. facialis das äußere Fazialisknie, in dem das Ganglion geniculi liegt. Oberhalb des Foramen stylomastoideum verzweigt die Chorda tympani ab, die Geschmacksfasern sowie präganglionäre parasympathische Fasern enthält. Sie zieht durch die Paukenhöhle und die Fissura petrotympanica und schließt sich dann dem N. lingualis an (nach Schünke, Schulte, Schumacher. Prometheus LernAtlas der Anatomie. Kopf, Hals und Neuroanatomie. 4. Auflage 2015. Grafiker: Karl Wesker).

schmacksstoffe sich in der Mundhöhle verteilen und immer auch die kontralateralen Geschmacksknospen erregen.

denen auch die Erdanziehung gehört) **Kalkkristalle** in der Gallertschicht auf den Sinneshaaren verschieben und so die Rezeptorzellen aktivieren.

? Aus welchen funktionellen Einzelteilen besteht das Gleichgewichtsorgan?

Das Gleichgewichtsorgan besteht aus **zwei** anatomisch und funktionell getrennten **Sinnesorganen**:

- **Dreh-(Winkel-)Beschleunigungen** registriert der **Bogengangapparat**. Das zugehörige Sinnesepithel befindet sich in den Bogengangampullen, die Erweiterungen der membranösen Bogengänge am Übergang zum Utrikulus darstellen. Jeder Bogengang hat eine **Ampulle** mit Sinnesepithel. Das Sinnesepithel ist in Form der **Crista ampullaris** und der darüber gelagerten gallertigen **Cupula ampullaris** quer zur Längsrichtung des Bogengangs in der Ampulle angeordnet. Endolymphströmungen in den Bogengängen führen zu einer Auslenkung der Cupula und damit zu einer Erregung der Sinneshaare.
- Die Sinnesepithelien zur Registrierung von **Linearbeschleunigungen** liegen in Form der **Maculae im Sacculus und Utrikulus**. Das Sinnesepithel der Maculae benötigt zu seiner Aktivierung keine Endolymphströmung. Die Sinneshaare der Maculae werden dadurch aktiviert, dass lineare Beschleunigungskräfte (zu

? Beim Anfahren eines Fahrstuhls hat man ein deutliches Beschleunigungsgefühl. Über welche Rezeptoren des Innenohrs wird dieser Sinneseindruck vermittelt?

Beim Anfahren eines Fahrstuhls liegt eine **reine Linearbeschleunigung** (Änderung einer linearen Geschwindigkeit) vor. Das Sinnesorgan, das für die Aufnahme eines solchen Reizes geeignet ist, ist das **Makulaorgan**:

- Die Sinnesfläche **der Macula utriculi** ist fast **horizontal** angeordnet.
- Die Sinnesfläche **der Macula sacculi** ist eher **vertikal** ausgerichtet.

Da **Scherbewegungen** der Sinneshaare **quer zur Längsachse der Haare** den **adäquaten Reiz** für die Rezeptoren der Makulaorgane darstellen, wird durch die Linearbeschleunigung beim Anfahren eines Lifes vorwiegend die **Makula des Sacculus aktiviert**. Auf das Sinnesepithel der Macula utriculi wirkt die Beschleunigung senkrecht zur Oberfläche ein, es kommt daher nicht zu einer Scherbewegung, und die Aktivierung der Rezeptoren bleibt aus.

Sachverzeichnis

A

A. axillaris 21
 A. femoralis 50
 A. iliaca communis, Kollaterale 120
 A. meningea media 192
 A. mesenterica, Äste 154
 A. mesenterica inferior,
 Versorgungsgebiet 154
 A. ophthalmica 210
 A. poplitea 50
 A. profunda brachii 25
 A. pudenda externa, Lokalisation
 164
 A. temporalis superficialis 96
 A. tibialis
 – anterior 50
 – posterior 50
 A. vertebralis 81
 Aa. cerebri 193
 Abdomen
 – klinische und topografische
 Anatomie 157
 – Lymphknoten 155
 Acetabulum 38
 Achillessehnenruptur 45
 Adduktorenkanal 45
 Akkommodation, Reflexbahn 196
 Akromion 10
 Alcock-Kanal 121
 Allen-Test 21
 Anästhesie, Unterkiefer 89
 Anastomosen
 – kavokavale 164
 – portokavale 165
 Angina, Mundhöhle 91
 Anulus inguinalis profundus,
 Projektionsstelle 120
 Anulus inguinalis superficialis,
 Projektionsstelle 120
 Aorta
 – abdominalis; Äste 153
 – ascendens 130
 – thoracica 131
 Aortenaneurysma 133
 Appendix vermiformis 140
 – Lagevariabilität 158
 Arcus aortae 131
 Arcus palmaris profundus 21
 Area striata 203

Art.
 – humeri 12
 – humeroradialis 12
 – humeroulnaris 12
 – mediocarpalis 13
 – radiocarpalis 13
 – radioulnaris proximalis 12
 – sacroiliaca 111
 – subtalaris 41
 – talocalcaneonavicularis 41
 Art. atlantooccipitalis 100
 Asthma 133
 Aszites, Leberzirrhose 165
 Auge
 – makroskopische Anatomie 210
 – Nahakkommodation, Reflexbahn
 196
 Augenfarben 214
 Augenkammerwassers, Abfluss
 211
 Auskultation, Herz 135
 Autochthone Rückenmuskulatur
 102
 Azygos-System 131

B

Bandscheibenvorfall 114
 Bartholin-Drüsen 151
 Basalganglien 186
 Bauchfellduplikatur 165–166
 Bauchfelltaschen 169
 – klinische Bedeutung 168
 Bauchmuskeln 110
 – Funktion 116
 Bauchraum
 – Lymphbahnen 155
 – sympathische Fasern 156
 Bauchwand
 – makroskopische Anatomie 110
 – Schichten 110
 Bauhin-Klappe 139–140
 Becken
 – kleines Becken; Öffnungen 112
 – knöchern 38
 – makroskopische Anatomie 111
 – Unterschiede Männer und
 Frauen 111

Becken, kleines
 – Mann, Faszien 170
 – Venen 155
 Beckenboden 120
 Beckenkanal 120
 Beckenmuskulatur 112
 Beckenring, Gelenke 111
 Bein, Lymphknoten 60
 Beinmuskeln, spastische Parese
 204
 Bichat-Fettpfropf 70
 Bifurcatio tracheae 133
 Bläschendrüse 162
 – Topografie 152
 Blut-Liquor-Schranke 204
 Bogengangapparat 224
 Bogengänge 221
 Bridenileus 167
 Broca-Areal 199
 Brown-Séquard-Syndrom 194
 Brustdrüse, Lymphe 108
 Brusteingeweide, Nerven 131
 Brustkorbfaszien 107
 Brustwand, makroskopische
 Anatomie 105
 Bursa
 – subacromialis 12
 – subdeltoidea 12
 Bursa omentalis 169

C

Canalis adductorius 44
 Canalis carpi 10
 Canalis inguinalis 52, 111
 Canalis obturatorius 56
 Capsula interna
 – Arterien 189
 – Blutung 200
 – Kerngebiete 188
 Caput radii 10
 Caput ulnae 10
 CCD-Winkel 39
 Cementum 70
 Centrum tendineum 109
 Chalazion 215
 Chassaignac-Lähmung 13
 Chiasma opticum 202

Chorda tympani, Faser-
zusammensetzung 223
Chordae tendineae 128
Circulus arteriosus cerebri 193
Collum anatomicum 10
Collum chirurgicum 10
Conus elasticus 74
Corona mortis 117
Corpus adiposum buccae 70
Corpus adiposum orbitae 213
Corpus geniculatum laterale,
Läsion 203
Corpus striatum 186
Corti-Organ 221
Coxa valga 55
Coxa vara 55
Crura cerebri, Bahnen 181
Crura cerebri 180

D

Darm, Muskelbewegungen 158
Darmwandschichten 140
Defäkation, Ablauf 158
Dentin 70
Desmokranium 66
Diaphragma pelvis 120
Diaphragma urogenitale 120
– Weichteilschichten 170
Diencephalon 183
Diskusprolaps 114
Douglas-Raum 161
Ductus choledochus 144
Ductus deferens, Verlauf 152
Duodenum, Einteilung 139
Dura mater 191
– Arterien 192

E

Edinger-Westphal-Kern 182
Eierstöcke, Lage und Verlauf 149
Ellenbogengelenk 12
– Palpation 26
Eminentia
– carpi radialis 11
– carpi ulnaris 11
Enamelum 70
epidurale Blutung 206
Epistaxis 88
Epithelkörperchen 75
EPMS 186

Erektion, Mechanismus 164
Extensorengruppe 60
Extraperitonealraum 170
extrapyramidalmotorisches
System 186

F

Fallhand 28, 33
Fascia antebrachii 31
Faszien, Kopf und Hals 68
Faszienlogen 57
Fazialislähmung 85
– Hyperakusis 86, 223
Femur 39
– Blutversorgung 51
Finger
– Beugung 32
– Rotation 32
Flexio, Uterus 150
Flexorreflex 204
Flüsterdreieck 74
Flüsterstellung 93
Fontanellen 84
Formatio reticularis 178
Fossa cranii 67
Fossa cubitalis 26–27
Fossa ischioanalis 54
Fossa poplitea 57
Funiculus spermaticus 162–163
Fuß
– Bänder 61
– Längsgewölbe 61
– Muskeln 48
– Nerven 63
– Quergewölbe 62
Fußwurzelknochen 42

G

Gallenblase
– Aufbau 144
– Funktion 159
Ganglien, prävertebral 155
Ganglion ciliare 80
Ganglion submandibulare 81
Ganglion vestibulare, Unterschied
Ganglion spirale 221
Gaumenmandel 92
– Gefäße 72
Gehirn, Entwicklung 174
Genu recurvatum 58

Genu valgum 58
Genu varum 58
Geruchsbahn 75
Geschlechtsorgane
– männliche 151
– weibliche 148
Geschmacksorgan 71
Gesicht, Gefäße 87
Gesichtsfeldausfälle 216
Ginglymus 40
Glandula parotis 72
– Entzündung 93
– parasymphatische Versorgung
81
Glandula sublingualis 72
Glandula submandibularis 72
Glaskörper, Aufbau und Funktion
211
Gleichgewichtsorgan 224
Glomus caroticum 81
graue Substanz, Einteilung 175
grauer Star 214
Großhirn
– Fasersysteme 188
– Hemisphären 185
– III. Ventrikel 189
– IV. Ventrikel 190
– Seitenventrikel 189
– Zisternen 190
Guyon-Loge 30
Gyrus praecentralis 199
Gyrus superior, Läsion 201

H

Hagelkorn 215
Halbseitenlähmung, spinal 194
Hals
– Gefäße 81
– Lymphknoten 82
– Vegetative Innervation 79
Halseingeweide 70
Halsfaszien 70
Halsfisteln 95
Halsmuskeln 68
Halsnerven 79
Halsrippe 24
Halssympathikus, Ganglien 79
Halswirbelsäule, Gelenke 100
Handgelenk 13
– Bewegungen 31

Harnblase
 – Arterien 147
 – Nerven 148
 – Peritonealverhältnisse 147
 Harnorgane 146
 Harnröhre, Katheterisierung 162
 Harnröhre, weibliche, Verlauf 148
 Harnsteine 160
 Head-Zone 167
 Hernie 55
 Herz 127
 – Auskultation 135
 – Erregungsleitung 129
 – Gefäße 130
 – Gefäßversorgung 128
 – Perikard 134
 – Versorgungstypen 128
 Herzaktion 128
 Herzbeutel 130
 Herzinfarkt 133
 Herzklappen, Projektionen 135
 Herzskelett 127
 Herzspitzenstoß 134
 Herztöne 135
 Hiatus saphenus 52
 Hiatushernien 116
 Hirnarterien 193
 Hirnbläschen, sekundär 174
 Hirnhäute 191
 Hirnnerven 75
 – Austrittsstellen Hirnstamm 177
 – Mesenzephalon 180
 Hirnstamm 177
 – Austrittsstellen Hirnnerven 177
 Hirnventrikel
 – III 189
 – IV 190
 His-Winkel 157
 Hoden, Arterien 151
 Hodenkarzinom, Metastasen 162
 Homunculus 199
 Horner-Syndrom 86
 Hüfte, Muskeln 42
 Humerus 10
 Hydrozephalus 205
 Hyperakusis, Fazialislähmung 86
 Hypophyse 184
 Hypothalamus
 – Funktion 196
 – Kerne 183

Iliosakralgelenk 111
 Impressionsfrakturen, Schädel 84
 Innenohr
 – Bogengänge 221
 – Cochlea 221
 – Corti-Organ 221
 – membranöses Labyrinth 220
 – Paukenhöhle 222
 – Trommelfell 222
 Inselorgan 146
 Interkostalmuskulatur 106
 intramuskuläre Injektionen 54
 Intrinsic factor 157
 Intumescenzen, Rückenmark 175
 Iris, Muskeln 211

K

Karpalkanal 10, 30
 Karpaltunnel 30
 Karpometakarpalgelenke 32
 Katarakt 214
 Kavokavale Anastomosen 164
 Kehlkopf
 – Muskeln 93
 – Sinus caroticus 93
 Kehlkopfmuskeln, Nerven 74
 Kerckring-Falten 139
 Kiefer, Nerven 93
 Kiefergelenk 92
 Kleinhirn
 – Ausfälle 196
 – Kerne 183
 – makroskopische Gliederung 182
 – Topografie 183
 – Verschaltung 184
 – Zelltypen 183
 Kleinhirnbrückenwinkeltumor 195
 Kletterfasern 183
 Kniegelenk
 – Bänder 39
 – Fehlstellungen 58
 – Menisken 57
 – Palpation 57
 – Untersuchung 58
 Kollodiaphysenwinkel 55
 Kolon
 – Besonderheiten 140
 – Einteilung 140
 – Lage 140

Kommissurenbahnen 199
 Kompartmentsyndrom 58
 Koniotomie 94
 Konjunktiva, Einteilung 213
 Kopf
 – Gefäße 81
 – Vegetative Innervation 79
 Kopfmuskeln 68
 Kopfspeicheldrüsen 73
 Koronararterien 128
 Krallenhand 35
 Kranium 66
 Kreuzbänder 39

L

Labrum glenoidale 12
 Lachman-Test 58
 Lacuna musculorum 52
 Lacuna vasorum 52
 Längsgewölbe, Fuß 61
 Lanz-Punkt 158
 Leber 143
 – Befestigung 143
 – Segmente 159
 Leistenbruch 117
 Leistenkanal 111
 Lig.
 – collaterale fibulare 39
 – collaterale radiale 13
 – collaterale tibiale 39
 – collaterale ulnare 13
 – conoideum 10
 – coracoacromiale 10
 – coracoclaviculare 10
 – cruciatum anterius 39
 – cruciatum posterius 39
 – iliofemorale 38
 – ischiofemorale 38
 – pubofemorale 38
 – trapezoideum 10
 limbisches System 203
 Linea aspera 39
 Linksversorgungstyp 128
 Linse, Aufbau 211
 Liquor cerebrospinalis,
 Kreislauf 190
 Liqueurgewinnung 205
 Liquorräume 189
 Locus Kiesselbachi 88
 Luftröhre, operative Zugänge 94
 Lumbalpunktion 119, 205

Lunge 124
 – Auskultation 125
 – Innervation 125
 – Lappen und Segmente 125
 Lungenembolie 133
 Lungenhilus 124
 Lymphbahnen, Bauchraum 155
 Lymphfluss, Kopf-Hals-Bereich 83
 Lymphknoten
 – Abdomen 155
 – Hals 82
 – Kopf-Hals-Bereich 82

M

M. abductor pollicis longus 18
 M. adductor brevis 44
 M. adductor longus 44
 M. adductor magnus 44
 M. adductor minimus 44
 M. auricularis anterior 69
 M. auricularis posterior 69
 M. auricularis superior 69
 M. biceps brachii 17–18, 29
 M. brachialis 17
 M. brachioradialis 20
 M. buccinator 69–70
 M. coracobrachialis 25
 M. corrugator supercilii 68
 M. deltoideus 16
 M. depressor anguli oris 69
 M. depressor labii inferioris 69
 M. depressor septi nasi 68
 M. depressor supercilii 68
 M. diaphragmaticus 91
 M. epicranii 68
 M. extensor carpi radialis brevis 20
 M. extensor carpi radialis longus 20
 M. extensor carpi ulnaris 18
 M. extensor digiti minimi 18
 M. extensor digitorum 18
 M. extensor digitorum longus 47
 M. extensor hallucis longus 47
 M. extensor pollicis brevis 18
 M. extensor pollicis longus 18
 M. fibularis tertius 47
 M. flexor carpi radialis 19
 M. flexor carpi ulnaris 19
 M. flexor digitorum longus 46
 M. flexor digitorum profundus 19

M. flexor digitorum superficialis 19
 M. flexor hallucis longus 46
 M. flexor pollicis longus 19
 M. geniohyoideus 91
 M. gluteus maximus 43
 M. gluteus medius 43
 – Ausfall 52
 M. gluteus minimus 43
 M. gracilis 44
 M. iliacus 42
 M. iliocostalis 102
 M. iliopsoas 42
 M. infrapinatus 16
 M. levator anguli oris 69
 M. levator labii superioris 69
 M. longissimus 102
 M. mentalis 69
 M. multifidus 103
 M. mylohyoideus 91
 M. nasalis 68
 M. obliquus externus abdominis 111
 M. obliquus internus abdominis 111
 M. obliquus superior 213
 M. obturatorius externus 44
 M. obturatorius internus 43
 M. omohyoideus 91
 M. orbicularis oculi 68
 M. orbicularis oris 69
 M. palmaris longus 19
 M. pectineus 44
 M. pectoralis major 16
 M. pectoralis minor 15
 M. peroneus (fibularis) brevis 47
 M. peroneus (fibularis) longus 47
 M. piriformis 43
 M. plantaris 45–46
 M. procerus 68
 M. pronator quadratus 19
 M. pronator teres 19
 M. psoas major 42
 M. quadratus femoris 43
 M. quadratus lumborum 110
 M. rectus abdominis 110
 M. risorius 69
 M. semimembranosus 44
 M. semispinalis 103
 M. semitendinosus 44
 M. serratus anterior 16

M. spinalis 103
 M. splenius 102
 M. sternohyoideus 91
 M. sternothyroideus 91
 M. stylohyoideus 91
 M. subclavius 15
 M. subscapularis 16
 M. supinator 18, 29
 M. supraspinatus 16
 M. tensor fasciae latae 43
 M. teres minor 16
 M. thyrohyoideus 91
 M. tibialis anterior 47
 M. tibialis posterior 46
 M. transversus abdominis 110
 M. transversus mentis 69
 M. trapezius 15
 M. triceps brachii 17
 M. triceps surae 45–46
 M. zygomaticus major 69
 M. extensor indicis 18
 Magen
 – Arterien 138
 – Einteilung 138
 – Funktion 138
 Makula, Funktion 224
 Makula-Organ 224
 Mamma, Lymphe 108
 McBurney-Punkt 158
 Meatus acusticus internus 221
 Medianusgabel 21
 Medianusschlinge 21
 Mediastinum, Einteilung 124
 Medulla oblongata 177
 Meibom-Drüsen 215
 Meningozele 194
 Menisken 57
 Mesenzephalon 180
 – Austrittstellen Hirnnerven 180
 – Querschnitt 180
 Meso 165
 Michaelis-Raute 119
 Miktion 161
 Milz 145
 – Lage 145
 Mm. gemelli 43
 Mm. interspinales 103
 Mm. intertransversarii 102
 Mm. levatores costarum 102
 Mm. rotatores 103
 Mohrenheim-Grube 25

Moosfasern 183
 Mundboden, Muskeln 90
 Mundhöhle
 – Angina 91
 – sensible Versorgung 70
 Myelozele 194
 Myokardinfarkt 134

N

N. abducens
 – Lähmung 86
 – Läsion 216
 N. buccalis 76
 N. cutaneus femoris lateralis 112
 N. cutaneus femoris posterior 49
 N. facialis 76
 N. fibularis 49
 N. glossopharyngeus 77
 N. gluteus superior, Austrittspunkt 54
 N. hypoglossus 79
 N. ischiadicus 49, 112
 – Austrittspunkt 54
 N. mandibularis 76
 N. medianus 21
 – Druckläsion 30
 – Läsion 34
 N. musculocutaneus 25
 N. oculomotorius 76
 N. opticus 76
 – Verlauf 212
 N. phrenicus 79
 N. radialis 27
 – Läsion 33
 N. tibialis 49
 – Ausfall 63
 N. trigeminus
 – Druckpunkte 85
 – Hauptäste 76
 N. trochlearis 76
 N. ulnaris 29
 – Läsion 35
 N. vagus 78
 – dexter 131
 – sinister 131
 – Verlauf 131
 N. vestibulocochlearis 77
 Nackendreieck, tief 100
 Nahakkommodation 215
 Nasenbluten 88

Nasenhöhle
 – Gefäße 88
 – Nerven 88
 – umgebende Räume 88
 – Wände 67
 Nebennierenmark, Hormone 145
 Nebennierenrinde, Aufbau 145
 Nervi intercostales 108
 Netzhautablösung 211
 Neurokranium 67
 Niere, Hüllen 160
 Nieren
 – Arterien 147
 – Lage 146
 Nierenbecken 146
 Nierenhilus 146
 – Anordnung Gefäße 147
 Nierensinus 146
 Nierenstein, Schmerzlokalisierung 168
 Nucleus cuneatus 179
 Nucleus gracilis 179
 Nucleus oculomotorius accessorius 182
 Nursemaid's elbow 13

O

Oberarm 17
 Obere Extremität
 – Klinische Anatomie 23
 – Knochen, Bänder und Gelenke 10
 – Muskeln 15
 – Nerven, Gefäße und Lymphknoten 20
 Oberkiefer, Nerven 76
 Oberschenkel, Muskeln 43
 Obturatoriushernie 56
 Ohr
 – äußeres 220
 – makroskopische Anatomie 220
 Okulomotoriusparese 76
 Omentum majus 166
 Omentum minus, Einteilung und Funktion 156
 Os capitatum 10
 Os hamatum 10
 Os sacrum, Dorsalseite 104
 Ösophagus 126
 – Engstellen 126

– funktionelles Sphinktersystem 157
 – Gefäßversorgung 126
 Ovar
 – Arterien 149
 – Befestigung 149
 – Peritonealverhältnisse 148

P

Pachymeninx 191
 Pankreas 143
 – Arterien 144
 – Aufbau 144
 – exokrine Funktion 159
 – Karzinom 159
 – Lage 144
 Pankreaskopfkarzinom 159
 Parodontium 71
 Parotitis 72
 Paukenhöhle, Ventilation 223
 Pedunculi cerebri 181
 Penis
 – Arterien 153
 – Schwellkörpersystem 152
 Perikard 134
 Peritoneum 156
 Pes anserinus 44
 Pfortaderkreislauf 143
 Pharynx, Abschnitte 72
 Plantaraponeurose 48
 Platysma 95
 Pleura parietalis 125
 Pleurapunktion 116
 Plexus brachialis 20
 Plexus cervicalis 79
 – Lokalanästhesie 96
 Plexus lumbalis 48
 Plexus lumbosacralis 48
 Plexus sacralis 49, 112
 Plexus venosus vertebralis internus 104
 Plicae umbilicales 167
 Plicae vestibulares 74
 Pons 177
 Porta
 – arteriosa 130
 – venosa 130
 Portokavale Anastomosen 165
 Positio, Uterus 150
 Postikus 93
 Processus coracoideus 24

Pronatio dolorosa 13
Prostata, Aufbau 152
Punctum nervosum 96
Pyramidenbahn 179

Q

Quergewölbe, Fuß 62
Querschnittlähmung 195

R

Rachen, lymphatisches Organ 92
Rachenmandel 92
Recessus, Bauchfell 169
Recessus, Peritonealhöhle, klinische Bedeutung 168
Rechtsversorgungstyp 128
Regenbogenhaut, Muskeln 211
Regio glutealis 54
rektale Untersuchung
– Frau 168
– Mann 168
Rektum 141
Rektusscheide 111
Rete articulare cubiti 25
Retina
– Einteilung 210
– Gefäße 212
Retinacula patellae 58
Retinaculum extensorum 31
Retinaculum flexorum 31
– Nervenstämmе 29
Rhombenzephalon 177
– Hirnnerven 177
– Tegmentum 178
Rippen, echte und unechte 105
Rotatorenmanschette 17
Rücken, makroskopische Anatomie 100
Rückenmark 174
– Bahnen 177
– Durchtrennung 195
– Entwicklung 174
– funktionelle Nervenzelltypen 176
– graue Substanz 175
– Häute 174
– Intumescenzen 175
– makroskopische Merkmale 174
– Segmente 175
– somatotopische Gliederung 176

– weiße Substanz 176
– Zelltypen 176
Rückenmarkshäute 174
Rückenmuskeln 101
Rückenmuskulatur, autochthone 102
Rumpfwand, ventral, Organprojektion 168

S

Samenleiter, Verlauf 152
Samenstrang, Bestandteile 162
Schädel, Frakturlinien 84
Schädelbasis, Durchtrittstellen; Gefäße 67
Schädeldach, Knochenschichten 84
Schädelgruben 67
Schenkelhernien 55
Schiefhals 95
Schilddrüse
– Arterien 74
– Vergrößerung 95
Schmerzempfinden 200
Schmerzübertragung 96
Schubladentest 58
Schulter 15
Schultergelenk 12
– Luxation 23
Schwellkörpersystem 152
Schwurhand 34
Segelklappen 128
Seitenventrikel 189
Sinus caroticus 81, 93
Sinus cavernosus 206
Sinus durae matris 192
Sinus maxillaris, Verbindung Nasenhöhle 87
Sinus sphenoidalis 87
Skalenuslücke
– Begrenzung 95
– durchtretende Strukturen 95
Skalenussyndrom 24
Speicheldrüsen 72
Speiseröhre, funktionelles Sphinktersystem 157
Spina bifida 194
Spinalnerven 104
Sprachzentrum
– motorisch 199
– sensorisch 201
Spreizfuß 63

Sprunggelenk, unteres 41
Sprunggelenk
– oberes 40
– oberes, Bruch 60
Stimmritze
– Abschnitte 74
– Flüsterstellung 93
– Stimmbildung 74
Struma 95
subdurale Blutung 206
Subokzipitalpunktion 205
Sulcus malleolaris 60
Sympathikus, Kopf-Hals-Bereich 80
Symphysis manubriosternalis 105
Syndesmosis tibiofibularis 40

T

Tegmentum 178
Tegmentum mesencephali 180
Telenzephalon 185
Thalamus
– Kerne 185
– Kerngebiete 185
– Ventrobasalkomplex 198
Thorakalwirbel 100
Thorax
– Altersveränderungen 106
– Atmung 109
– Lymphgefäße 131
Thymus 127
– Alterungsveränderungen 127
– Nachbarorgane 127
Tonsilla palatina 92
– Gefäße 72
Tonsilla pharyngea 92
Tonsillitis 91
Torticollis 95
Trachea
– Aufbau 124
– Bifurkation 133
– operative Zugänge 94
Tracheotomie 94
Tractus corticonuclearis 199
Tractus iliotibialis 42
Tractus opticus, Läsion 216
Tractus spinocerebellaris 201
Tränenapparat 216
Tränenflüssigkeit, Funktion 215
Trendelenburg-Zeichen 52
Trigonum caroticum 97

Trigonum deltoideopectorale 25
 Trochoginglymus 40
 Trommelfell 222
 – N.-vagus-Reizung 86
 Truncus coeliacus 154
 Truncus sympathicus 79
 Tuba uterina, Lage und Verlauf 149
 Tunica vasculosa bulbi 210

U

Unterarm, Supinatoren 29
 Unterarmmuskeln 18
 Untere Extremität
 – Knochen, Bänder und Gelenke 38
 – Muskeln 42
 – Nerven, Gefäße und Lymphknoten 48
 Unterkiefer, Anästhesie 89
 Unterschenkel
 – Muskellogen 58
 – Muskeln 45, 60
 Ureter, Abschnitte und Verlauf 147
 Ureterstein, Schmerzlokalisierung 168
 Urethra masculina,
 Katheterisierung 162
 Uterus
 – Abschnitte 150
 – Arterien 151
 – Fixierung im Becken 151
 – Größenveränderung,
 Schwangerschaft 161
 – Lageveränderungen 161

V

V. azygos 131
 V. basilica 21
 V. cava, Anastomosen 164
 V. cephalica 21
 V. hemiazygos 131
 V. jugularis externa 82
 V. jugularis interna 82
 – Hauptzuflüsse 82
 V. portae, Verlauf und Zuflüsse 155
 V. saphena magna 51
 V. saphena parva 51
 V. testicularis, Verlauf beim Mann 164
 Vagina, topografische Beziehungen 151
 Valgustest 58
 Valva ileocaecalis 139
 Vasa privata 125
 Vasa publica 125
 Venenwinkel 82
 Ventrobasalkomplex 198
 Verdauungsorgane 138
 Versio, Uterus 150
 vesico-ureteralen Verschluss 160
 Vestibulum oris 70
 Vierhügelplatte, Kerngebiete 181
 Viszerokranium 67
 Von-Hochstetter-Dreieck 54

W

Waldeyer-Rachenring 92
 weiße Substanz, Einteilung 176
 Wernicke-Zentrum 201
 Wirbelrippengelenk 106
 Wirbelsäule
 – Abschnitte 100
 – Fehlstellungen 115

Wurmfortsatz 140
 Wurmfortsatz, Lagevariabilität 158

Z

Zahnbein 70
 Zähne, Aufbau 70
 Zahnhalteapparat 71
 Zahnschmelz 70
 Zahnstein 89
 Zahnzement 70
 Zerebellum 182
 – Ausfälle 196
 – Kerne 183
 – Kleinhirnbrückenwinkeltumor 195
 – makroskopische Gliederung 182
 – Topografie 183
 – Verschaltung 184
 – Zelltypen 183
 Zervikalnerven, Rami dorsales 79
 Zervikalwirbel 100
 Zisternen 190
 ZNS
 – Gefäßversorgung 193
 – klinische und topografische Anatomie 194
 Zunge
 – Arterien 72
 – Binnenmuskulatur 71
 – Muskulatur 89–90
 Zwerchfell
 – Atmung 109
 – Aufbau 109
 – Durchtrittsstellen 109
 – Innervation 109
 – Schmerzen 96
 Zwerchfellhernien 116