

Speckmann / Wittkowski

Handbuch Anatomie

Bau und Funktion des menschlichen Körpers

Unter Mitarbeit von A. Enke

*h.f.*fullmann

Inhaltsverzeichnis

- 1 Einleitung: Gesamtsystem Organismus und funktionelle Ausrichtung 1**
- 2 Bau des menschlichen Körpers im Überblick 5**
 - 2.1 Lagebeziehungen der Organsysteme des Körpers 6
 - 2.2 Bildgebende Verfahren 12
- 3 Zellen und Gewebe 37**
 - 3.1 Zelle mit Zellorganellen 39
 - 3.2 Zellteilung (Mitose) 46
 - 3.3 Zelltod 48
 - 3.4 Gewebe 48
- 4 Nervensystem – Allgemeine Grundlagen 55**
 - 4.1 Bauelemente des Nervensystems 57
 - 4.2 Grundfunktionen der Nervenzellen 61
 - 4.3 Gliederung und Oberflächenstrukturen von Gehirn und Rückenmark 65
 - 4.4 Hirnnerven und Rückenmarksnerven 69
 - 4.5 Innerer Aufbau von Gehirn und Rückenmark 71
 - 4.6 Architektur der Hirnrinde 75
 - 4.7 Hirn- und Rückenmarkshäute 76
 - 4.8 Blutversorgung von Gehirn und Rückenmark 77
 - 4.9 Gehirn-Rückenmarksflüssigkeit (Liquor cerebrospinalis) 81
 - 4.10 Hirnfunktionen im Spiegel des Elektroenzephalogramms (EEG) 83
 - 4.11 Schlaf-Wach-Rhythmus 87
- 5 Sensorisches System 91**
 - 5.1 Bauelemente und Grundfunktionen des sensorischen Systems 93
 - 5.2 System der somato-viszeralen Sensibilität: Empfindung von Druck, Berührung, Temperatur und Schmerz 96
 - 5.3 Visuelles System: Sehen 107
 - 5.4 Auditorisches System: Hören 119
 - 5.5 Phonetisches System: Sprechen 125
 - 5.6 Vestibuläres System: Empfindung von Beschleunigungen 127
 - 5.7 Gustatorisches System: Schmecken 131
 - 5.8 Olfaktorisches System: Riechen 134
 - 5.9 Efferente Kontrolle, Erregungsbegrenzung und Kontrastbildung 137
 - 5.10 Sensorische Assoziationssysteme: Bewusste Wahrnehmung 139
 - 5.11 Lernen und Gedächtnis 140
- 6 Motorisches System 145**
 - 6.1 Allgemeine Motorik: Bauelemente und Grundfunktionen 147
 - 6.2 Spezielle Motorik: Bewegungsapparat 160
 - 6.3 Spezielle Motorik: Haltemotorik und Zielmotorik 212
- 7 Verdauungssystem und Resorption 227**
 - 7.1 Energiebedarf 229
 - 7.2 Ernährung 230
 - 7.3 Verdauungstrakt 235
 - 7.4 Verdauung und Resorption 253
- 8 Atmung 263**
 - 8.1 Obere Luftwege 265
 - 8.2 Untere Luftwege 268
 - 8.3 Gasaustauschfläche: Lungen 273
 - 8.4 Atemmechanik: Einatmung und Ausatmung 275
 - 8.5 Sauerstoffaufnahme 279
 - 8.6 Kohlendioxidabgabe 280
 - 8.7 Aufgabe der Atmung im Säure-Basen-Haushalt 282
- 9 Herz-Kreislauf-System 285**
 - 9.1 Struktur und Funktionsprinzip 287
 - 9.2 Herz 288
 - 9.3 Funktionen des Herzens 294
 - 9.4 Gefäße 301
 - 9.5 Organdurchblutung 310
- 10 Nierensystem und Wasserhaushalt 319**
 - 10.1 Harnbildende Organe 321
 - 10.2 Harnableitende Organe 325
 - 10.3 Wasseraustausch zwischen Blut und Gewebe 326
 - 10.4 Funktion der Nierenkörperchen 329
 - 10.5 Funktion der Nierentubuli 331
 - 10.6 Aufgabe der Niere im Säure-Basen-Haushalt 334
 - 10.7 Füllung und Entleerung der Harnblase 335
- 11 Blut und Abwehrsystem 339**
 - 11.1 Blutplasma 341
 - 11.2 Rote Blutkörperchen (Erythrozyten) 344
 - 11.3 Weiße Blutkörperchen (Leukozyten) 347
 - 11.4 Abwehrsystem 350
 - 11.5 Lymphatische Organe und Lymphgefäße 356
 - 11.6 Blutplättchen (Thrombozyten) 363
 - 11.7 Blutgerinnung 365

Inhaltsverzeichnis

- 12 Koordination spezialisierter Organfunktionen: Vegetatives Nervensystem 371**
 - 12.1 Ausbreitung und Zielorgane des peripheren vegetativen Nervensystems 373
 - 12.2 Erregungsverarbeitung im peripheren vegetativen Nervensystem 380
 - 12.3 Organisation des zentralen vegetativen Nervensystems 387
 - 13 Koordination spezialisierter Organfunktionen: Endokrines System 389**
 - 13.1 Wirkung von Hormonen und Aufbau des endokrinen Systems 391
 - 13.2 Übergeordnete endokrine Systeme 392
 - 13.3 Endokrine Teilsysteme 395
 - 14 Temperaturregelung 409**
 - 14.1 Temperaturfelder des Körpers und Körpertemperatur 411
 - 14.2 Wärmebildung und Wärmetransport 412
 - 14.3 Einstellung der Körpertemperatur 413
 - 14.4 Fieber, Hyperthermie und Hypothermie 414
 - 14.5 Akklimatisation 415
 - 15 Fortpflanzung 417**
 - 15.1 Männliche Geschlechtsorgane 419
 - 15.2 Weibliche Geschlechtsorgane 424
 - 15.3 Ablauf und Regelung der Bildung männlicher und weiblicher Keimzellen 428
 - 15.4 Befruchtung und Keimentwicklung bis zur Implantation 433
 - 15.5 Entwicklung des Embryos sowie Ausbildung von Embryonalhüllen und Placenta 435
 - 15.6 Entwicklung des Feten 443
 - 15.7 Schwangerschaft und Geburt 447
 - 15.8 Entwicklung des Neugeborenen 451
 - 15.9 Vererbung 452
 - 16 Kindheit 455**
 - 16.1 Prinzipien der kindlichen Entwicklung: Wachstum und Differenzierung 457
 - 16.2 Entwicklungsstadien 459
 - 16.3 Prävention im Kindesalter 462
 - 17 Alter 465**
 - 17.1 Ursachen des Alterungsprozesses 467
 - 17.2 Veränderungen der Organsysteme 467
 - 17.3 Häufige Erkrankungen und Syndrome im Alter 472
 - 17.4 Lebensweise und Prävention im Alter 472
 - 17.5 Sterben und Tod 474
- Anhang 475**
Glossar 476
Abbildungsnachweis 481
Sachverzeichnis 483

3 Zellen und Gewebe

3

3.1 Zelle mit Zellorganellen 39

- 3.1.1 Zellmembran 39
- 3.1.2 Oberflächendifferenzierung und Zellkontakte 41
- 3.1.3 Endoplasmatisches Retikulum 41
- 3.1.4 Golgi-Apparat 41
- 3.1.5 Lysosomen 41
- 3.1.6 Zellskelett 42
- 3.1.7 Mitochondrien 42
- 3.1.8 Zellkern 42
- 3.1.9 Allgemeine Zellfunktionen 46

3.2 Zellteilung (Mitose) 46

3.3 Zelltod 48

3.4 Gewebe 48

- 3.4.1 Epithelgewebe 48
- 3.4.2 Binde- und Stützgewebe 49
- 3.4.3 Muskelgewebe 52
- 3.4.4 Nervengewebe 52
- 3.4.5 Mögliche Veränderungen an Geweben 52

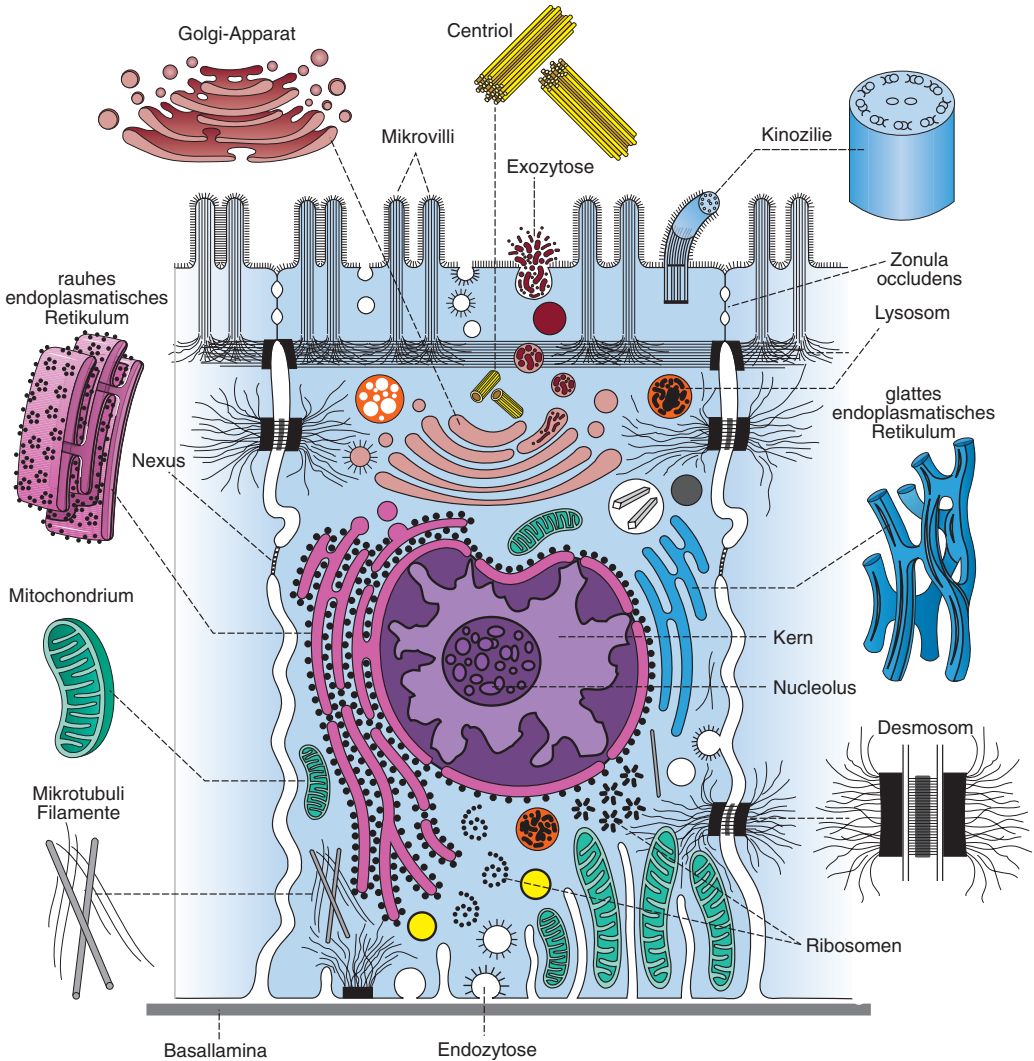


Abb. 3-2 Schematische Darstellung einer Zelle mit den wichtigsten Organellen. [L107-S017]

Stoffen aufrechterhalten wird als außerhalb der Zelle (extrazellulärer Raum). Außerdem ist sie für den Stoffaustausch zwischen Zelle und Umgebung zuständig.

Die Zellmembran besteht aus einer Doppellamelle aus Phospholipiden, zwischen die Eiweißmoleküle (Proteinmoleküle) eingelagert sind. Sie ist selektiv durchgängig (**semipermeabel**), so dass etliche gelöste Substanzen wie die Atemgase, Sauerstoff und Kohlendioxid frei zwischen extra- und intrazellulärem Raum diffundieren können, indem sie nur dem Konzentrationsgefälle folgen. Andere Substanzen werden durch unterschiedliche Transportformen in die Zelle hinein- oder aus ihr herausgeschleust.

Die elektrische Ladung der Zellmembran (**Membranpotenzial**) ist die Grundlage für Aktivierungsvorgänge, beispielsweise an der Nervenzelle oder der Muskelfaser. Oberflächlich gelegene Proteine der Zellmembran verfügen über jeweils charakteristische Erkennungsmerkmale, so dass die Zellen als „körpereigen“ oder „körperfremd“ erkannt werden können. Membranproteine ermöglichen Kontakte mit benachbarten Zellen. In der Zellmembran sind auch zahlreiche Bindungsstellen für Moleküle (Rezeptoren) und Enzyme lokalisiert. So gewinnt die Zellmembran besondere Bedeutung für den Informationsaustausch mit der Zellumgebung.

3.1.2 Oberflächendifferenzierung und Zellkontakte

Die spezifische Funktion einer Zelle im Organismus und ihre Wechselwirkungen mit dem extrazellulären Milieu und den Nachbarzellen führen zur Ausbildung unterschiedlicher Oberflächenstrukturen.

Mikrovilli

Mikrovilli (Abb. 3-2) sind fingerförmige Ausstülpungen des Zytoplasmas mit axial verlaufenden Aktinfilamenten. Sie vergrößern die Zelloberfläche von resorbierenden und sezernierenden Epithelzellen. Ein solcher „Bürstensaum“ ist z. B. charakteristisch für die Darmepithelzellen, welche die Nährstoffe aufnehmen.

Kinozilien

Kinozilien (Abb. 3-2) sind wimpernartige Zellfortsätze, die zu einer aktiven rhythmischen Bewegung befähigt sind. Sie sind in **Basalkörperchen** (Kinetosom) verankert und nach einem charakteristischen Muster aus Gruppen längs verlaufender Mikrotubuli aufgebaut. Kinozilienbündel charakterisieren zum Beispiel das Epithel der Atemwege (**Flimmerepithel**). Durch ihre gleichsinnige Schlagrichtung sorgen sie für einen Abtransport von Schleim aus der Lunge.

Zellkontakte

Zellen erfüllen ihre Funktion in der Regel im Verbund und in der Wechselbeziehung mit benachbarten Zellen sowie dem umgebenden extrazellulären Milieu. Dazu bedarf es spezifisch, morphologisch und funktionell definierter Oberflächenstrukturen. Drei Formen von Membranverbindungen werden unterschieden:

- **Adhäsionskontakte** verbinden benachbarte Zellen durch Haftproteine. Sie werden auch unter dem Oberbegriff Desmosomen (Abb. 3-2) zusammengefasst.
- **Barrierekontakte** verschließen als Zonula occludens (Abb. 3-2) den Extrazellulärraum zwischen zwei Zellen durch eine Verlötung der benachbarten Zellmembranen.
- **Kommunikationskontakte** (Nexus, Abb. 3-2) dienen der elektrischen Koppelung benachbarter Zellen und ermöglichen Stoffaustausch und Koordination. Dies wird durch Proteinkana-

näle (Tunnelproteine, Connexone) möglich, welche die benachbarten Zellmembranen durchsetzen.

3.1.3 Endoplasmatisches Retikulum

Das endoplasmatische Retikulum ist ein vielfach verzweigtes Netz von schlauchartigen oder spaltförmigen Hohlräumen, die von Membranen begrenzt werden (Abb. 3-2). Diese Membransysteme stehen sowohl mit dem Zellkern als auch mit der Zellmembran in Verbindung. Im endoplasmatischen Retikulum werden zahlreiche **Stoffe synthetisiert**. Für die Bildung von Proteinen (z. B. Enzymen) müssen Ribosomen vorhanden sein, die sich den Membranen des endoplasmatischen Retikulums anlagern. Nach der vom Zellkern vorgegebenen Information können hier sowohl Proteine für den zelleigenen Bedarf (z. B. Strukturproteine) oder Proteine für den „Export“ (z. B. Hormone) gebildet werden (Abb. 3-3).

3.1.4 Golgi-Apparat

Mit dem endoplasmatischen Retikulum ist der Golgi-Apparat eng verbunden (Abb. 3-2). Er besteht ebenfalls aus einem membranbegrenzten Hohlraumsystem mit zahlreichen Schläuchen und Bläschen. Hier werden die im endoplasmatischen Retikulum synthetisierten **Substanzen angereichert** und zu Sekretkörnern **verpackt**. Wenn sie für den „Export“ bestimmt sind, werden sie an der Zelloberfläche meist durch sog. Exozytose freigesetzt (Abb. 3-3).

3.1.5 Lysosomen

Lysosomen sind Organellen der **intrazellulären Verdauung** (Abb. 3-2 bis Abb. 3-4). Sie enthalten Enzyme für den Abbau von Eiweißen, Kohlenhydraten und Fetten. Die lysosomalen Enzyme werden im endoplasmatischen Retikulum gebildet, im Golgi-Apparat angereichert und von einer Membran umgeben. Die lysosomale Membran wählt die Substanzen aus, die der Zellverdauung zugeführt werden sollen. Die Lysosomen nehmen das abzubauen zelleigene oder zellfremde Material auf. Wird zelleigenes Material abgebaut, spricht man von Autophagie, wird zellfremdes Material abgebaut, von Phagozytose.

Der Organismus steht mit der Umwelt in einer Wechselwirkung. Während das sensorische System Umwelteinflüsse aufnimmt, kann der Organismus mit dem motorischen System Einfluss auf die Umwelt nehmen. Für die Wirkung des motorischen Systems steht dem Körper mit den Muskelfasern ein spezieller Zelltyp zur Verfügung. Er zeichnet sich dadurch aus, dass er seine Länge ändern und Kraft entfalten kann. Die Muskulatur ist im Zusammenspiel mit dem Skelett dazu in der Lage, dem Körper eine Haltung zu verleihen (Stütz- und Haltemotorik) und zielgerichtete Bewegungen auszuführen (Zielmotorik). Diese Aktivitäten stehen unter der Kontrolle des Nervensystems.

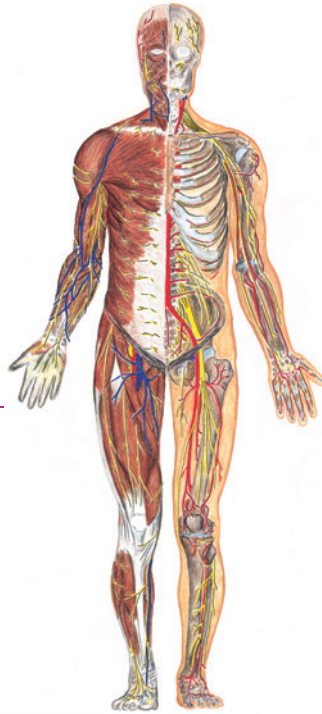


Abb. 6-0 Skelett und Muskulatur in der Ansicht von vorne mit Darstellung der wichtigsten oberflächlichen (rechte Körperseite) und tiefen (linke Körperseite) Nerven und Blutgefäße. [L128-R127]

Fallbeispiel

Eine 26-jährige Stationsleitung freut sich auf den Urlaub. Schon seit einigen Monaten fühlt sie sich völlig überarbeitet. Selbst beim Treppensteigen, das ihr früher gar nichts ausgemacht hatte, merkte sie, dass zwar Herz und Lunge mitmachten, aber ihre Beine immer schwerer wurden. Oft fühlte sie sich am Ende einer Schicht so erschöpft, dass sie weder lesen noch fernsehen mochte, alle Bilder verschwammen vor ihren Augen. Der Augenarzt, den sie deswegen aufgesucht hatte, hatte nichts Auffälliges feststellen können.

Die im Urlaub erhoffte Erholung stellte sich nicht ein. Schon nach einem Weg von 200 m bis zum Strand musste sie sich längere Zeit ausruhen. An Schwimmen, Spaziergehen, Tanzen war nicht zu denken. Außerdem mochte sie nichts essen; beim Schlucken fester Speisen hatte sie das Gefühl, einen Kloß im Hals zu haben. Sie wunder-

te sich nicht, während der drei Wochen 5 kg abgenommen zu haben. Einige Wochen später kommen die Eltern zu Besuch. Ihnen fällt der teilnahmslos, mürrisch-abweisend wirkende Gesichtsausdruck der Tochter auf, die sonst immer engagiert und lebhaft war. Nach längeren Diskussionen entschließt sie sich, einen Internisten aufzusuchen. Da sich kein Hinweis auf eine internistische Erkrankung ergibt, wird sie zur Abklärung der geklagten Schwäche des Skelett- und Bewegungsapparats an einen Orthopäden überwiesen, der nach gründlicher Untersuchung empfiehlt, einen Neurologen zu Rate zu ziehen. Die Verdachtsdiagnose, die der Neurologe aufgrund der Anamnese stellt, lässt sich mit dem Ergebnis der Ableitung von Muskelpotenzialen (elektromyographische Untersuchung) gut vereinbaren und danach durch eine Untersuchung des Bluts bestätigen.

6.1 Allgemeine Motorik: Bauelemente und Grundfunktionen

Z Das motorische System setzt sich aus Knochen, Gelenken und Muskulatur zusammen. In den Gelenken können die Knochen durch Verkürzungen der Muskeln gegeneinander bewegt werden. Die Muskeltätigkeit steht unter der Kontrolle des Nervensystems.

6.1.1 Allgemeine Motorik: Knochen

Knochenaufbau

Die Knochen des Körpers zeigen eine recht unterschiedliche, für jede Region charakteristische Form und Größe. Der Aufbau von Knochen wird am Beispiel eines **Röhrenknochens**, wie er vor allem in den Extremitäten vorkommt, erläutert (Abb. 6-1):

Ein Röhrenknochen besteht aus dem Schaft (**Diaphyse**) und zwei verdickten Endstücken (Epiphysen). Das rumpfnahes Endstück heißt **proximale**, das rumpferne **distale Epiphyse**. Die Diaphyse ist hohl. Sie besteht aus einem zy-

lindrischen Mantel mit kompakter Knochen- substanz (**Compacta**, **Corticalis**) und einer von diesem Knochenmantel umschlossenen Markhöhle, die mit Knochenmark ausgefüllt ist. Zu den Epiphysen hin sowie innerhalb der Epiphysen ist das Innere des Röhrenknochens von einem Geflecht feinsten Knochenbälkchen (**Spongiosa**) erfüllt, in deren Spalten sich ebenfalls Knochenmark befindet. Die Anordnung oder Architektur der Knochenbälkchen verläuft entsprechend den Belastungsverhältnissen, entspricht also der Zug- und Druckbeanspruchung. Typisches Beispiel für diese Spongiosaarchitektur bieten Kopf (proximale Epiphyse) und Hals des Oberschenkelknochens, auf dem die ganze Last des Rumpfes ruht (Abb. 6-2). Bei veränderter Druck- oder Zugbelastung werden die Knochenbälkchen bedarfsgerecht umgebaut. Die Epiphysen tragen einen knorpeligen Überzug, den **Gelenkknorpel**. Außerhalb der Gelenkflächen ist der ganze Knochen von der Knochenhaut (**Periost**) überzogen (Abb. 6-1, 6-2). Das Periost ist mit der Knochen- substanz durch Fasern verbunden. Mit seinen Blutgefäßen ernährt es die Knochen. Das Periost hat durch seine Möglichkeit, Knochen zu bilden, einen wesentlichen Anteil am Wachstum und auch am Heilen von knöchernen Verletzungen.

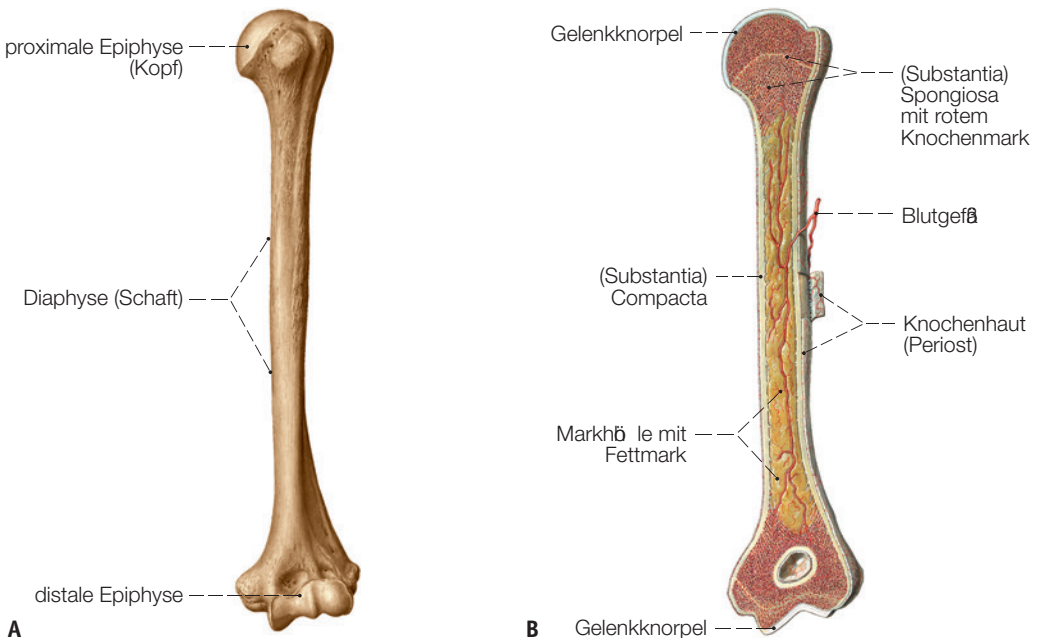


Abb. 6-1 Bau eines Röhrenknochens (linker Oberarmknochen, Humerus). [S007-1-20]

A: Ansicht von vorn ohne Knochenhaut.

B: Längsschnitt mit Knochenhaut, Gelenkknorpel und Knochenmark.

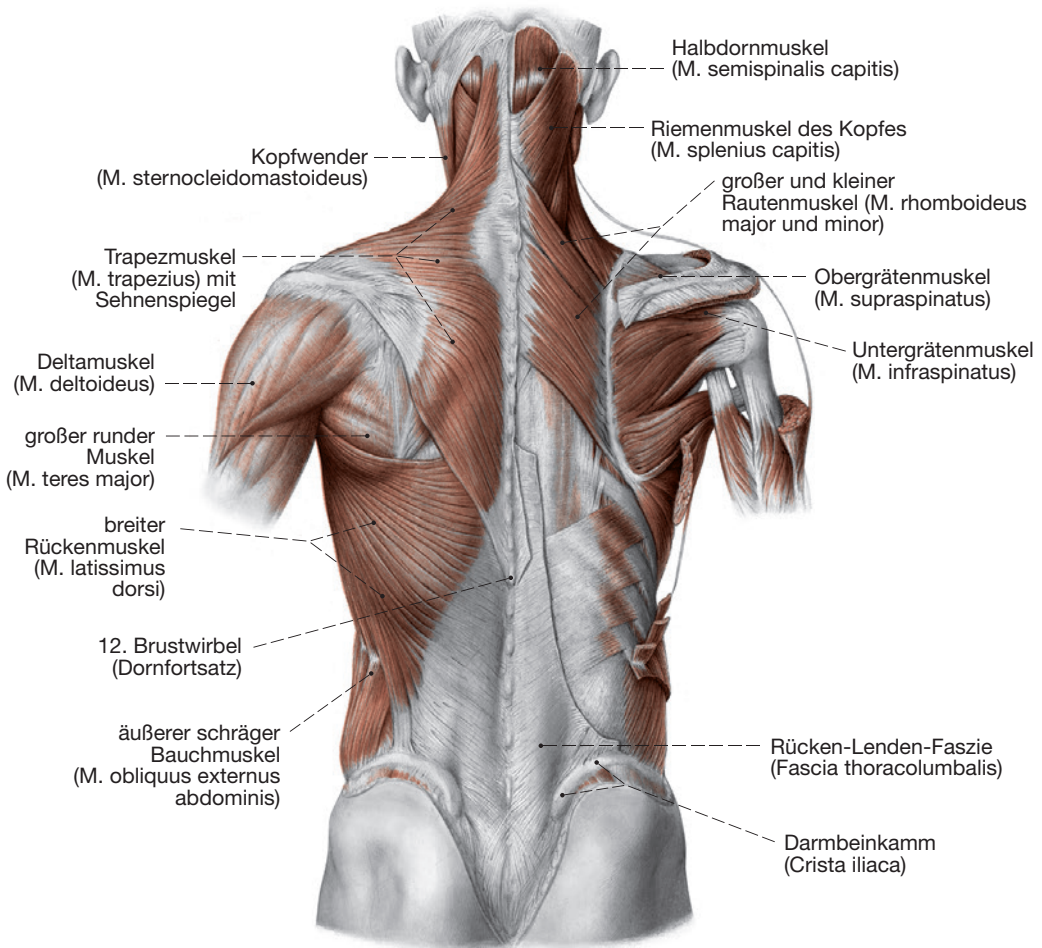


Abb. 6-24 Darstellung der Rückenmuskeln. [S010-1-15]

Linke Körperseite: oberflächlich gelegene Gliedmaßenmuskeln.

Rechte Körperseite: teilweise tiefer liegende Gliedmaßenmuskeln, teilweise Eigenmuskeln des Rumpfes.

fes zu festigen (Haltefunktion) und sie in allen Abschnitten zu bewegen, d. h. nach vorne zu beugen, nach hinten zu strecken, nach den Seiten zu neigen oder in sich zu drehen. Außerdem bilden sie die Wände der Eingeweidehöhlen. Die Strecker der Wirbelsäule (Rückenmuskeln), also die Aufrichter des Rumpfes, liegen hinten, die Rumpfbeuger (Bauchmuskeln) vorne. Einige der Rumpfmuskeln, meist die oberflächlich gelegenen, haben zwar am Rumpf ihren Ursprung, ziehen aber von da zu den Gliedmaßen. Diese Muskeln heißen auch Gliedmaßenmuskeln. Die **Gliedmaßenmuskeln** des Rückens sind bei guter Ausprägung sichtbar und tastbar (Abb. 6-24). Sie dienen den Bewegungen von Schultergürtel und Oberarm. Der andere, meist tiefer ge-

legene Teil der Rumpfmuskeln bleibt sowohl mit den Ursprüngen wie den Ansätzen im Bereich des Rumpfes. Er bildet die Eigenmuskulatur des Rumpfes.

Beiderseits der Dornfortsatzreihe liegt als erster Teil der Eigenmuskulatur des Rückens ein kräftiger Muskelstrang, an dem sich kleinere Abschnitte und Muskelzüge unterscheiden lassen:

- solche, die zwischen den Dornfortsätzen ausgespannt sind,
- solche, die zwischen den Querfortsätzen ausgespannt sind,
- solche, die von den Dornfortsätzen zu den Querfortsätzen ziehen,
- solche, die von den Querfortsätzen zu den Dornfortsätzen ziehen. Im Nacken werden

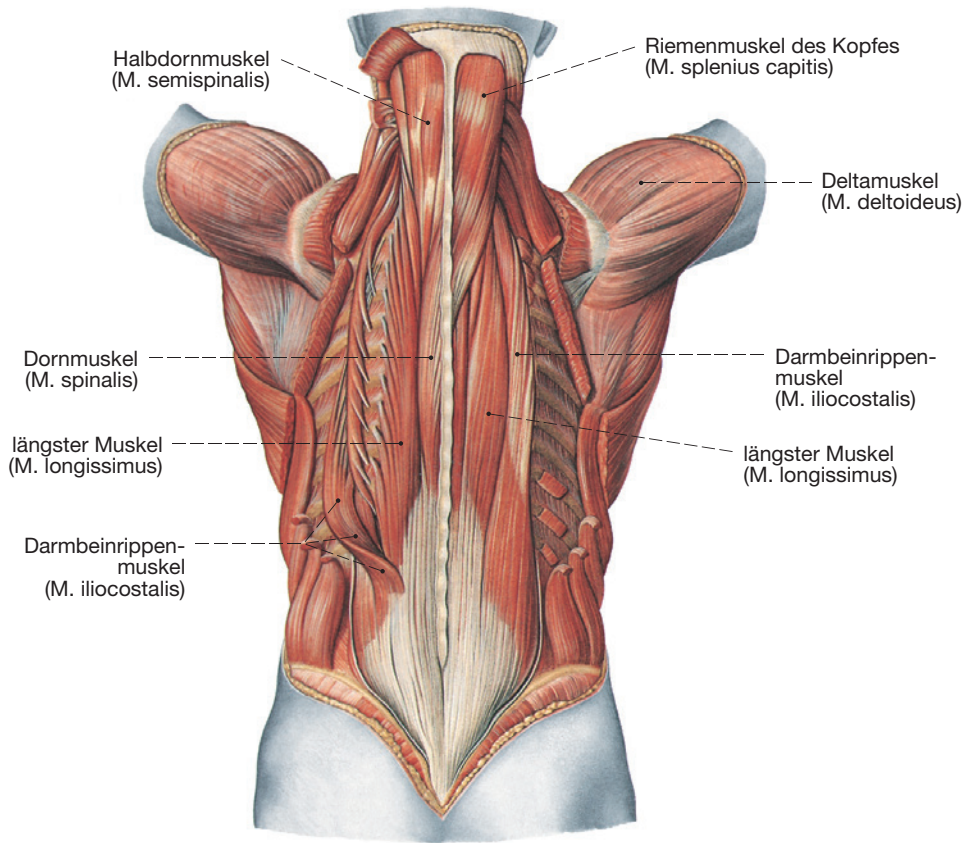


Abb. 6-25 Eigenmuskeln des Rückens. Lange Rückenmuskeln zwischen Becken, Wirbelsäule und Kopf. [S007-2-20]

Rechts: Gesamtansicht der Eigenmuskeln.

Links: Darstellung der Rippenansätze der langen Muskelzüge.

sie durch Züge ergänzt, die von den Querfortsätzen der Halswirbelsäule zum Hinterhauptbein laufen.

Entsprechend der hohen und vielfältigen Beweglichkeit der Halswirbelsäule bzw. des Kopfes sind die genannten Muskelgruppen im Nackenbereich besonders gut ausgeprägt. Dieser medial gelegene Muskelstrang beschränkt seine Leistung auf kürzere Abschnitte der Wirbelsäule (Abbildung 6-25). Seitlich davon liegt ein weiterer Muskelstrang, der durchweg aus längeren Zügen besteht. Diese überbrücken mehr oder minder lange Strecken zwischen Becken, Wirbelsäule und Kopf. Ihr Ursprung liegt am Kreuzbein und am Darmbeinkamm. Im Lendenteil beginnen sie sich aufzufächern und ziehen dann in sich gabelnden Muskelzügen zu den Querfortsätzen der Wirbel und den hinteren Anteilen der Rippen (Abb. 6-25).

Die beiden Muskelgruppen, der mediale und der laterale Strang, wirken als **Rückenstrecker** und werden als *M. erector spinae* zusammengefasst (Abb. 6-28). Sie sind am Einstellen der Wirbelsäulenkrümmung und dem Aufrechterhalten des Gleichgewichts beteiligt. Bei der Seitwärtsbewegung sind die seitlichen Muskelzüge am stärksten wirksam. Bei einseitiger Lähmung des ganzen *M. erector spinae* kommt es zum Überwiegen des Zugs auf der gesunden Seite und daher zur konvexen Verbiegung der Wirbelsäule zur gelähmten Seite, also zur Skoliose. Die Eigenmuskeln des Rückens werden von dorsalen Ästen der Rückenmarksnerven innerviert (Abb. 4-21).

G Die außerordentlich hohe Zahl von **Rückenbeschwerden** und chronischen Rückenerkrankungen erklärt sich vielfach aus unphysiologischer Belastung der Wirbelsäule. Dies kann z. B. →

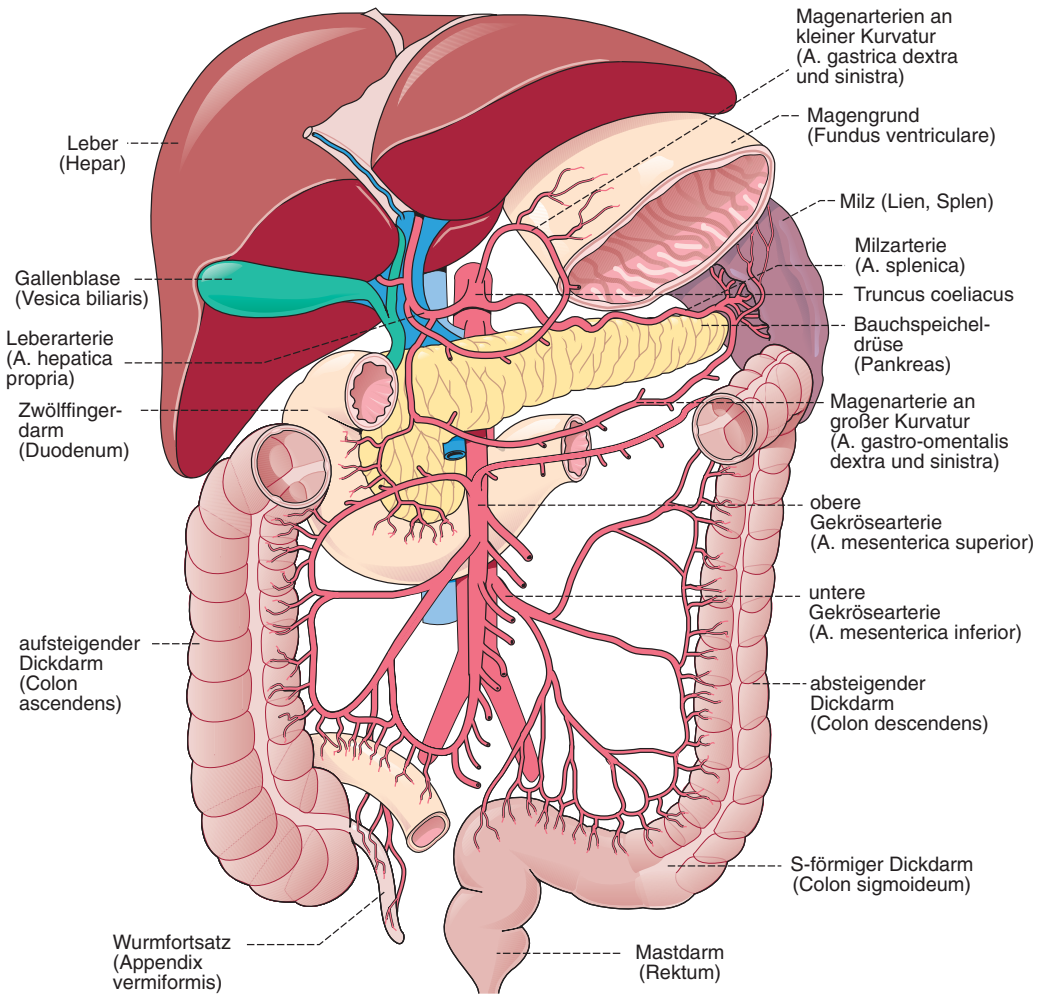


Abb. 7-13 Große Arterienstämme zur Versorgung der verschiedenen Abschnitte des Verdauungstrakts. Ein großer Teil des Magens, des querlaufenden Dickdarms und des Dünndarms wurde entfernt. [L123-R127]

Pankreas noch in großer Zahl Zellgruppen, die sog. **Langerhans-Inseln**. Sie haben keinen Ausführungsgang und bilden die Hormone **Insulin** und **Glucagon** (Kap. 13 „Endokrines System“). Damit gehören diese Zellgruppen zu den endokrinen Drüsen.

7.3.7 Leber

Die Leber (**Hepar**) liegt im rechten Oberbauch, im Schutz des knöchernen Brustkorbs, und überwiegend unter der rechten Zwerchfellkuppel (Abb. 7-11, 2-16, 2-17). Sie ist die größte Drüse des menschlichen Körpers und hat ein Gewicht von etwa 1500 Gramm. Die dem Zwerchfell und der vorderen Rumpfwand anliegende Organflä-

che ist konvex nach oben gewölbt. Hier findet sich zur Wirbelsäule hin eine Verwachsungsfläche mit dem Zwerchfell. Die konkave Unterfläche ruht auf den Eingeweiden (Niere, Magen, Zwölffingerdarm, Dickdarm). An ihrer Oberfläche wird die Leber in einen rechten größeren und einen linken kleineren Lappen geteilt. Die Grenze wird durch ein Bauchfelldoppelblatt markiert, das von der Zwerchfellunterfläche zur Leber herunterzieht. Auf der Leberunterseite ist eine quer verlaufende Nische, die **Leberpforte** (Hilus), zu sehen. Dort treten die **Pfortader** und die **Leberarterie** ein und der Ausführungsgang der Galle aus (Abb. 7-13, 7-14). Das System der **Gallenausführungsgänge** besteht zunächst aus dem Leber-Gallengang (Ductus hepaticus), in dem die

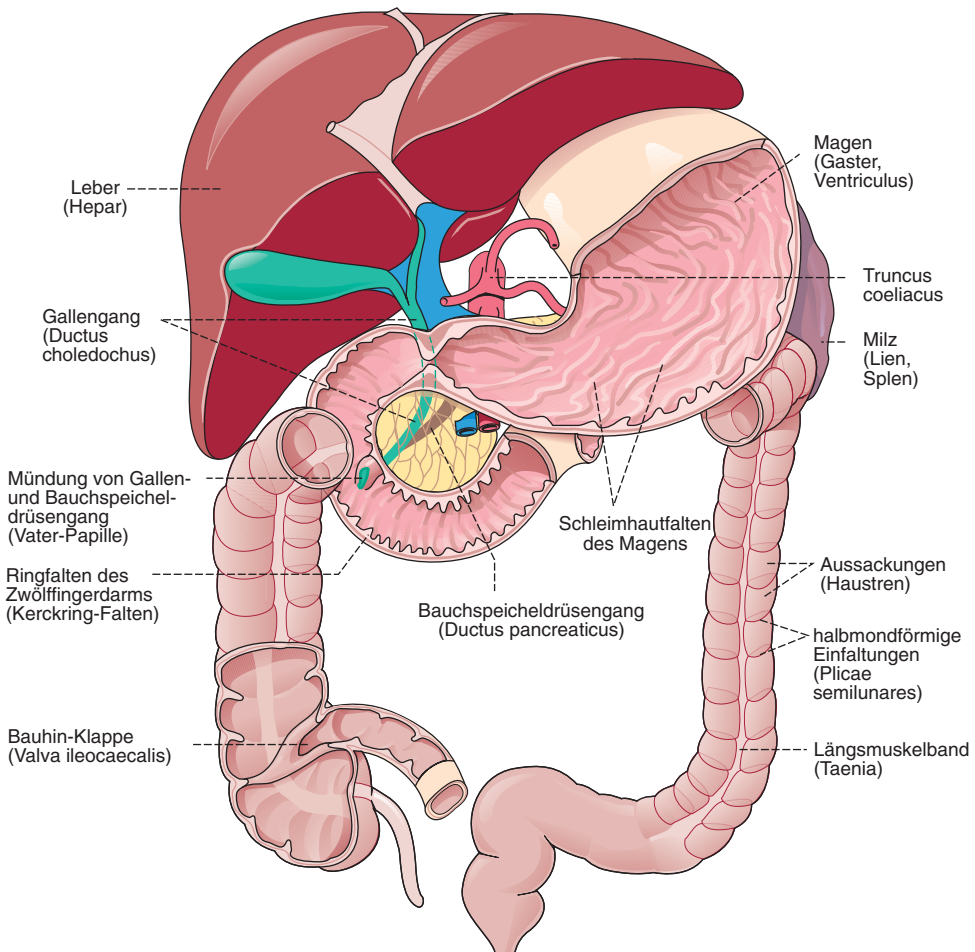


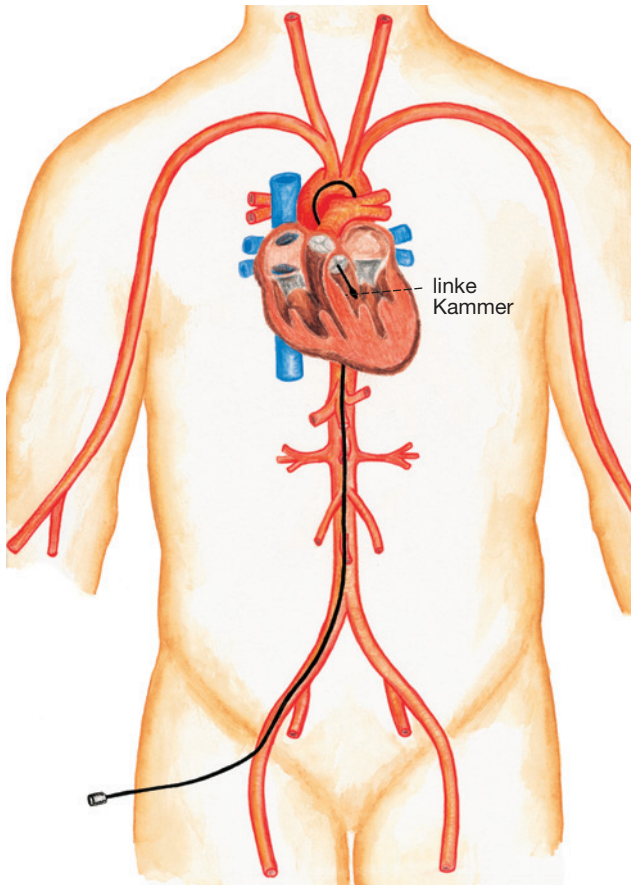
Abb. 7-14 Verlauf von Gallengang und Pankreasgang. Magen, Zwölffingerdarm, Krummdarm und Blinddarm sind in Längsrichtung aufgeschnitten. [L123-R127]

Galle bis zu einer Aufzweigung geführt wird. Von hier gelangt sie entweder auf dem Wege des Blasengangs (Ductus cysticus) zur Gallenblase oder über einen galleabführenden Gang (Ductus choledochus) zum Zwölffingerdarm. Die **Gallenblase** ist ein birnenförmiger Sack, der die von der Leber gebildete Galle sammelt, eindickt und speichert. In ihre Wandung ist eine Schicht aus glatten Muskelfasern eingelagert. Ihre Kontraktion führt zur Entleerung des Gallenblaseninhalts.

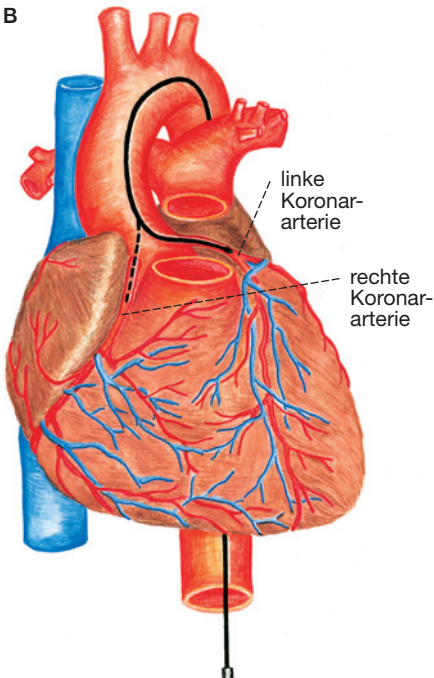
Um den Feinbau der Leber zu verstehen, müssen Anordnung und Verlauf von Blutgefäßen sowie von Ausführungsgängen der Gallenflüssigkeit bekannt sein. Ein besonders wichtiges Gefäßgebiet des Organismus stellt die Verbindung zwischen Darm und Leber dar (Abb. 7-15). Es wird als **Pfortadersystem** bezeichnet und verbind-

det das Kapillargebiet des Darms mit dem der Leber. So bekommt die Leber über die Pfortader das nährstoffreiche, venöse Blut aus dem Darm zugeleitet. Diese Nährstoffe werden von der Leber aufgenommen und in den Leberzellen bearbeitet. Wichtige Schritte des Kohlenhydratstoffwechsels (z. B. Glykogenbildung) und des Eiweißstoffwechsels (Bildung von Bluteiweißen, **Entgiftung**) finden in der Leber statt. Zusätzlich erhält sie neben ihrer eigenen „Ernährung“ sauerstoffreiches Blut über die Leberarterie (Abb. 7-15, 7-16). Die im Hilus in die Leber eintretenden Pfortadergefäße führen über vielfache Verzweigungen in ein Bindegewebsgerüst, das die **Leberläppchen** umgibt (Abb. 7-16). Von dort ziehen weite Kapillaren (Sinusoide) radiär (strahlenförmig) zur Läppchenmitte, wobei ihr Blut an

A



B



chen Blutgefäßen. Jede einzelne Muskelzelle kann sich zusammenziehen (kontrahieren; Abb. 9-12). Die Muskelwand der linken Kammer ist mit ca. 1 cm deutlich dicker als die der rechten Kammer mit etwa 0,5 cm (Abb. 9-6). Diese Differenz entspricht der unterschiedlichen Arbeitsleistung beider Kammern (Tab. 9-1). Die linke Kammer muss den Blutdruck für den ganzen Körper aufrechterhalten, die rechte muss das Blut „nur“ durch die Lunge pumpen.

Bei chronisch erhöhtem Blutdruck kann die Dicke der Herzwand erheblich zunehmen (**Hypertrophie**). Bei Überforderung der Herz­tätigkeit können sich die Binnenräume erweitern (**Dilatation**).

9.3 Funktionen des Herzens

Z Damit das Herz Blut in den Körper pumpen kann, zieht sich die Herzmuskulatur im rhythmischen Wechsel zusammen und erschlafft. Dazu müssen die Tätigkeiten der verschiedenen Herzteile aufeinander abgestimmt sein. Das geschieht durch elektrische Aktivität, die im Sinusknoten entsteht und über ein Erregungsleitungssystem verteilt wird. Diese elektrischen Vorgänge sind im Elektrokardiogramm (EKG) zu erkennen (Abb. 9-13).

Abb. 9-9 Arterielle Zugangswege zum Herzen. Über die Beinarterie und die Aorta können Katheter bis in das linke Herz (A) und in die Koronararterien (B) vorgeschoben werden. Auf diese Weise ist es möglich, in den Arterien und in den Hohlräumen des Herzens u. a. Blutdrücke zu messen sowie durch Injektion von Kontrastmittel die Koronararterien im Röntgenbild darzustellen. [L128-R127]

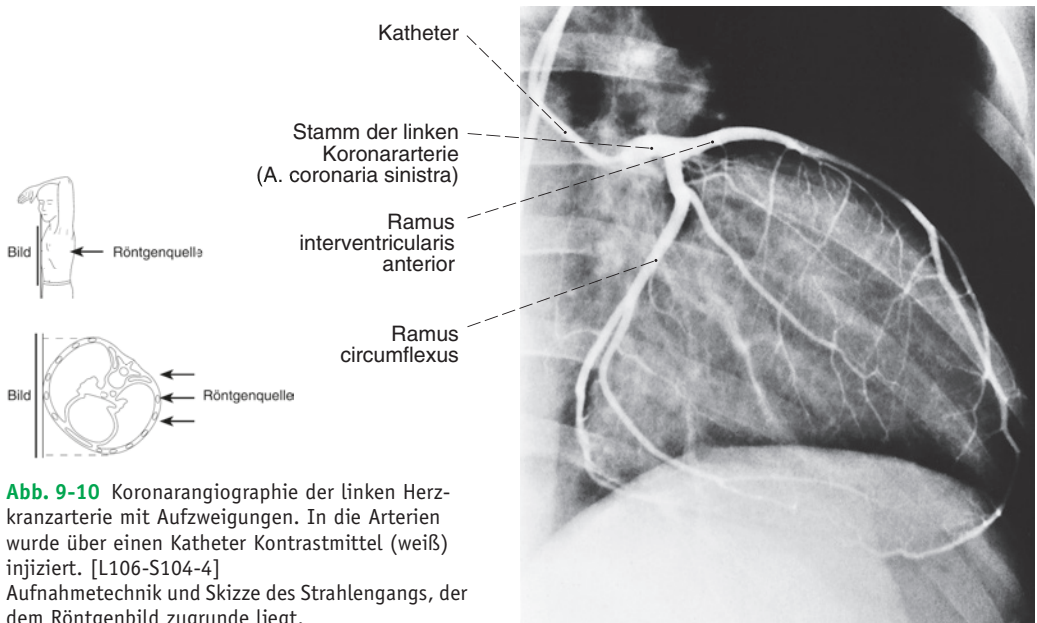


Abb. 9-10 Koronarangiographie der linken Herzkranzarterie mit Aufzweigungen. In die Arterien wurde über einen Katheter Kontrastmittel (weiß) injiziert. [L106-S104-4] Aufnahmetechnik und Skizze des Strahlengangs, der dem Röntgenbild zugrunde liegt.

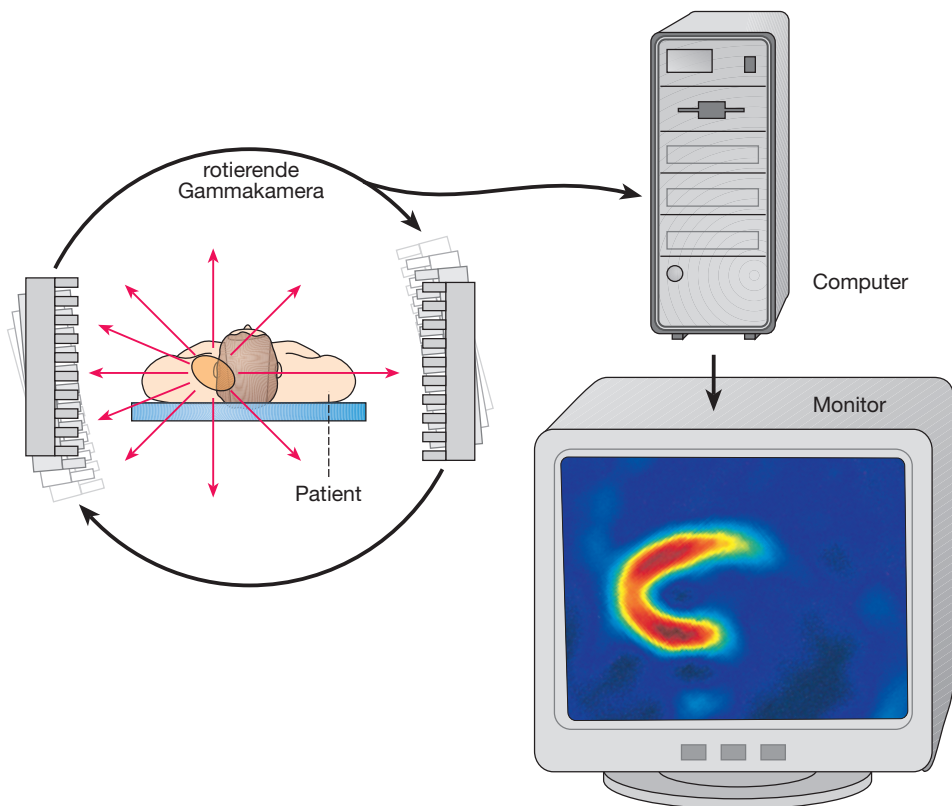


Abb. 9-11 Single-Photon-Emissionscomputertomogramm (SPECT) des Herzens nach Injektion von einem Technetium-99m-Flussmarker mit schematischer Darstellung der Technik zur Bildentstehung. Längsschnitt durch die Wand des linken Ventrikels. Die Farbmarkierung entspricht der Intensität und Ausdehnung der myokardialen Durchblutung. [L127-R127]

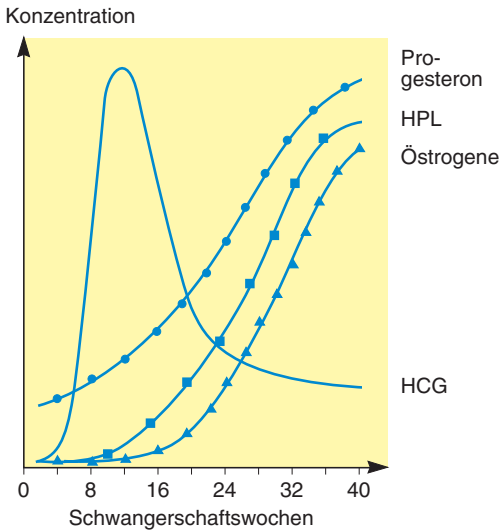


Abb. 15-26 Veränderungen von Hormonkonzentrationen im Verlauf einer Schwangerschaft. HPL: humanes Placentalactogen; HCG: humanes Choriongonadotropin. [L106-R127]

im Körper der Frau tiefgreifende Veränderungen vor. Entscheidend sind dabei die bereits geschilderten Vorgänge in der Gebärmutter mit Bildung der Placenta. Das zyklische Geschehen in Ovar und Uterus wird unterbrochen (Abb. 15-25). Der Keim bildet nach seiner Einnistung in den Chorionzotten der sich entwickelnden Placenta ein Schwangerschaftshormon, das humane **Choriongonadotropin** (HCG; Abb. 15-26). Dieses ist dem LH der Hypophyse sehr ähnlich. Es aktiviert in der Frühphase der Schwangerschaft die Funktion des **Gelbkörpers** (Corpus luteum) und steigert so die Bildung von Progesteron und Östrogen. Im 3. Monat stellt der Gelbkörper seine Funktion allmählich ein, und die Placenta übernimmt die Produktion beider Sexualhormone, die für den Erhalt der Schwangerschaft entscheidend sind.

Schwangerschaftstests beruhen in der Regel auf dem Nachweis von im Harn ausgeschiedenem HCG. Mit einer immunologischen Methode, d. h. mithilfe von Antikörpern gegen das Hormon, wird das HCG nachgewiesen.

Ein weiteres wichtiges Hormon der Placenta ist das **humane Placentalactogen** (HPL), das dem Prolactin und dem Somatotropin der Hypophyse ähnelt (Kap. 13 „Endokrines System“). Es wirkt ausschließlich im mütterlichen Organismus (Abb. 15-26). Hier ist es mit Prolactin an der Differenzierung der Brustdrüse beteiligt

und hat darüber hinaus verschiedene Stoffwechselwirkungen, die dem wachsenden Keim, vor allem seiner Versorgung mit Blutzucker, zugute kommen.

In den vielfältigen endokrinen Leistungen der Placenta zeigt sich eine enge Wechselbeziehung zwischen Mutter und Kind. Sie unterdrücken auch Abwehrreaktionen der Mutter gegen das „körperfremde“ Kind. HCG und Progesteron haben eine immunsuppressive Wirkung.

Auch die Geburt wird durch die hormonalen Wechselbeziehungen zwischen Mutter und Kind eingeleitet. Nebennierenrindenhormone des Feten setzen offenbar Mechanismen in Gang, die zum Einsetzen der Uteruskontraktionen führen. Stärke und Dauer der **Wehen** sind abhängig von mütterlichem **Oxytocin**, einem Neurohormon des Zwischenhirns, das in der Hypophyse an die Blutbahn abgegeben wird.

Die Schwangerschaft dauert vom Tag der Befruchtung an gerechnet 263 bis 273 Tage. Die Zeit verlängert sich um ca. 15 Tage auf rund 40 Wochen oder 10 Mondmonate, wenn der 1. Tag der letzten Regel als Schwangerschaftsbeginn eingesetzt wird. Errechnet wird der voraussichtliche **Geburtstermin** meistens nach der **Naegele-Regel**. Danach werden vom 1. Tag der letzten Regel 3 Monate zurück- und 7 Tage dazugerechnet.

15.7.2 Geburt

Am Ende der Schwangerschaft nimmt der kindliche Körper eine charakteristische Stellung ein (Abb. 15-27, 15-28). Durch den nach vorne gebeugten Kopf und die an den Leib gezogenen und übereinandergeschlagenen Beine wird er zu einem eiförmigen Gebilde. Entweder ist im mütterlichen Körper der Kopf (**Kopflage** bei über 90%) oder der Steiß (**Steißlage**) nach unten gerichtet (Abb. 15-28). Der Geburtshelfer muss Lage und Stellung des Kindes feststellen und evtl. auch korrigieren, um eine komplikationslose Geburt vorzubereiten. Ein Geburtshindernis ist z. B. die **Querlage** des Kindes (Abb. 15-29). Ist eine manuelle Drehung des Ungeborenen nicht möglich, muss es durch einen Kaiserschnitt (Sectio caesarea) entbunden werden. Dabei werden Bauchhöhle und Gebärmutter mit einem Schnitt eröffnet (Schnittentbindung). Dies ist auch bei einem für das Kind zu engen Geburtskanal erforderlich. Die Geburt verläuft in drei Phasen (Abb. 15-28):

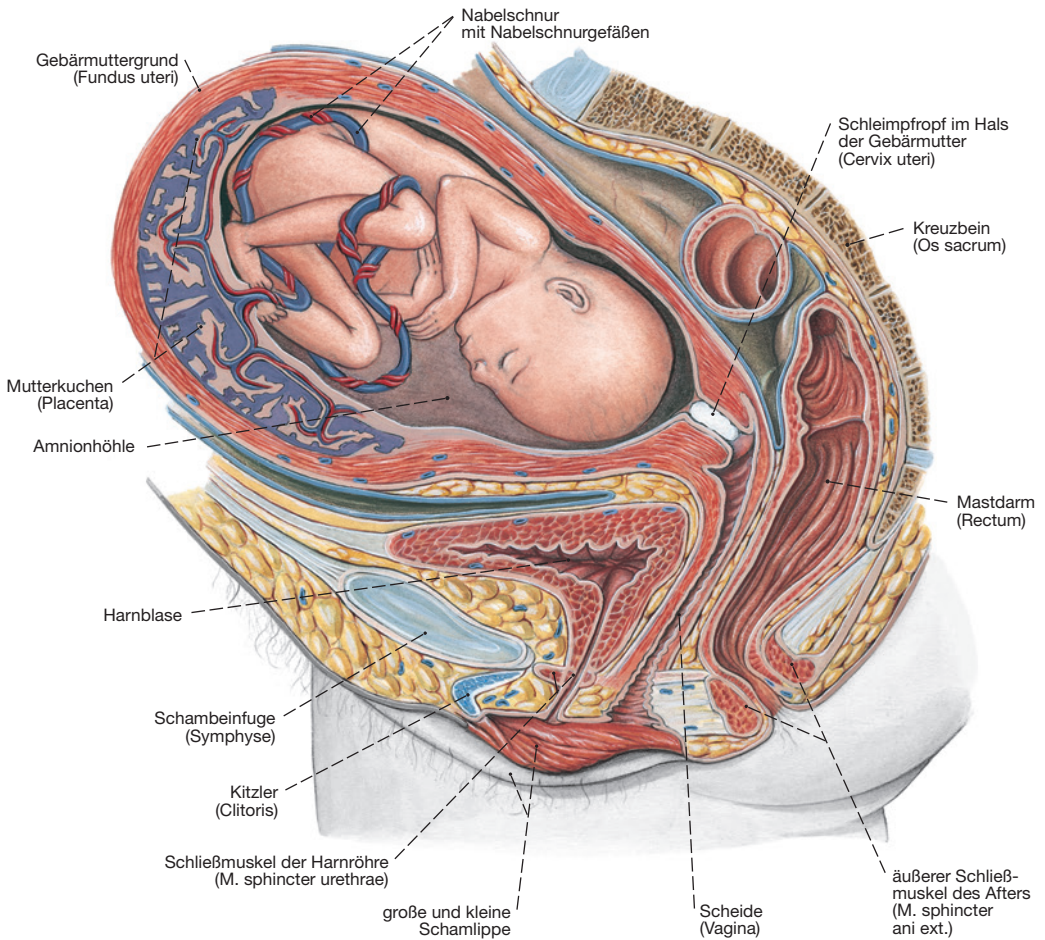


Abb. 15-27 Medianschnitt des weiblichen Beckens bei Schwangerschaft mit räumlichen Veränderungen, wie sie für die 2. Schwangerschaftshälfte typisch sind. [S007-2-20]

- **Eröffnungsphase:** Es kommt zu krampfartigen Kontraktionen der Gebärmuttermuskulatur, den Wehen. Sie treten in immer kürzeren Abständen und mit zunehmender Heftigkeit auf. Die Wehen drücken das Kind in das Becken hinein und dehnen dabei den Halskanal der Gebärmutter. Der Gebärmutterhals wird eröffnet und von der Fruchtwasserblase ausgefüllt, die dem Kopf vorangeht. Unter fortgesetztem Druck platzt diese Fruchtblase, und das Fruchtwasser fließt ab.
 - **Austreibungsphase:** Presswehen treiben das Kind durch den erweiterten Geburtskanal nach außen (Abb. 15-28). Die Geburt kann für die Frau durch eine eingübte Atemtechnik, das Entspannen der Beckenbodenmuskulatur und Mitpressen (Bauchmuskulatur) wesentlich erleichtert werden.
 - **Nachgeburtsphase:** Eihäute und Placenta bilden die Nachgeburt. Sie werden nach der Geburt des Kindes ausgestoßen (Abb. 15-28). Dabei entsteht im Uterus eine große Wundfläche. Eine Kontraktion der Uterusmuskulatur verhindert in der Regel stärkere Nachblutungen. Bleibt dieses Zusammenziehen aus (Uterusatonie), so muss es medikamentös herbeigeführt werden.
- Mit der Pudendusnästhesie, einer Blockierung des Schammervs (N. pudendus), kann die Schmerzempfindung im Bereich des äußeren Geburtskanals und der Dammregion ausgeschaltet werden (Abb. 15-28 B). Dies erschwert aber auch die aktive Mitarbeit der Frau bei der Geburt, weil die Empfindung der Presswehen vermindert ist.