



**Frederic H. Martini  
Michael J. Timmons  
Robert B. Tallitsch**

# Anatomie

6., aktualisierte Auflage

*Bafög-Ausgabe*

**€ 39,95** [D]   € 41,10<sup>(A)</sup>  
sFr 47,10



**AUS DER PRAXIS****Knieverletzungen**

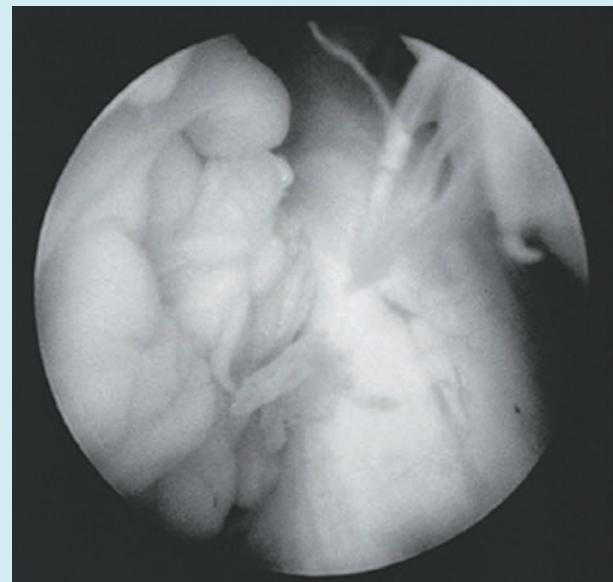
Sportler belasten ihre Knie sehr stark. Normalerweise bewegen sich der Innen- und der Außenmeniskus mit der Bewegung des Femurs. Die übermäßige Belastung eines teilweise gebeugten Knies kann dazu führen, dass der Meniskus zwischen Tibia und Femur eingeklemmt wird und der Fasernkorpel einreißt. Beim häufigsten Verletzungsmechanismus wird der Unterschenkel gewaltsam nach medial bewegt; der **Innenmeniskus reißt ein**. Außer dass es recht schmerhaft ist, kann der gerissene Meniskus auch die Beweglichkeit des Kniegelenks beeinträchtigen. Ein chronischer Verlauf kann zu einer Instabilität des Knies führen. Manchmal kann man die pathologische Bewegung des verletzten Meniskus bei der Streckung des Knies fühlen und hören. Zur Vermeidung solcher Unfälle sind bei den meisten Wettkampfsportarten Aktivitäten verboten, die die Knie von lateral belasten. Sportler, die nach einer solchen Verletzung weiter trainieren, können Schienen tragen, die eine laterale Bewegung des Knies begrenzen.

Bei anderen Knieverletzungen kann es zu einem Riss eines oder mehrerer Stützbänder oder einer Verletzung der Patella kommen. **Bänderrisse** sind chirurgisch schwer zu versorgen; sie heilen schlecht. Ein Riss des vorderen Kreuzbands ist eine häufige Sportverletzung, die Frauen zwei bis acht Mal häufiger betrifft als Männer. Die Ursache ist meist eine Verdrehung des gestreckten Knies unter Belastung. Eine konservative Behandlung mit Physiotherapie und Schienen ist möglich, erfordert jedoch eine Veränderung der Bewegungsgewohnheiten. Die operative Rekonstruktion mit einem Teil des *Lig. patellae* oder einem Transplantat kann die Wiederaufnahme sportlicher Aktivitäten ermöglichen.

Die **Patella** kann auf verschiedene Arten verletzt werden. Wenn das Bein fixiert ist und Sie dennoch versuchen, das Knie zu strecken, kann der Zug der Muskulatur ausreichen, die Patella quer zu zerbrechen. Gewalteinwirkung auf die Vorderseite des Knies kann ebenfalls zu einer Patellafraktur führen. Die Behandlung ist schwierig und zeitaufwendig. Die Bruchstücke müssen operativ entfernt und die Bänder und Sehnen adaptiert werden; anschließend wird das Knie ruhiggestellt. Totalprothesen des Knies werden nur selten bei jüngeren Menschen implantiert, doch die Zahl der Eingriffe bei älteren Menschen mit schwerer Arthrose nimmt zu.

Ärzte untersuchen Knieverletzungen oft mit einer **Arthroskopie**. Die Fiberglasoptik der Kamera ermöglicht die Betrachtung des Gelenks ohne großen operativen Eingriff. Eine Fiberglasoptik ist ein dünner Strang aus Glas oder Kunststoff, der Licht leiten kann. Er kann gebogen und daher im Gelenk herumbewegt werden, sodass der Arzt Verletzungen im Gelenk sehen und diagnostizieren kann. Eine arthroskopische chirurgische Behandlung ist gleichzeitig möglich; sie hat die Behandlung von Knie- und anderen Gelenkverletzungen erheblich vereinfacht. In **Abbildung 8.19** sieht man durch ein Arthroskop in das Innere eines verletzten Knies; man erkennt einen beschädigten Meniskus. Kleine Knorpelfetzen können entfernt und der Meniskus chirurgisch geglättet werden. Eine Meniskektomie, die vollständige Entfernung des Meniskus, sollte vermieden werden, da sie zur Arthrose des Gelenks führt. Die Züchtung von Gewebekulturen wird möglicherweise in der Zukunft den Ersatz von Meniskinen oder gar Gelenkknorpel ermöglichen.

Die Arthroskopie ist eine nicht risikofreie invasive Methode. Die **MRT** ist hingegen eine sichere, nicht invasive und kosteneffektive Möglichkeit, die Weichteile um das Gelenk herum zu betrachten. Sie präzisiert die Diagnose von Knieverletzungen und reduziert den Bedarf an Arthroskopien. Sie kann außerdem den arthroskopierenden Chirurgen unterstützen.



**Abbildung 8.19:** Arthroskopischer Blick in das Innere eines verletzten Knees. Darstellung eines beschädigten Meniskus.

### 8.3.11 Die Gelenke von Knöchel und Fuß

# Das Sprunggelenk

Das obere Sprunggelenk (*Articulatio talocrurale*) ist ein Scharniergelenk zwischen der Tibia, der Fibula und dem Talus (**Abbildung 8.20** und **Abbildung 8.21**). Das Sprunggelenk erlaubt eine begrenzte Dorsalextension (Beugung) und eine Plantarflexion (Streckung).

Das Gelenk, das primär das Körpergewicht trägt, ist das **Tibiotalargelenk** zwischen der distalen Gelenkfläche der Tibia und der *Trochlea tali*. Eine normale Funktion des Tibiotalargelenks, einschließlich der Bewegung und der Lastübernahme, erfordert eine mediale und laterale Stabilität. Drei Gelenke erbringen diese Stabilität: 1. das proximale Tibiofibulargelenk, 2. das distale Tibiofibulargelenk und 3. das fibulotalare Gelenk.

- Das **proximale Tibiofibulargelenk** ist ein planes Gelenk zwischen der posterolateralen Fläche der Tibia und dem Fibulakopf.
  - Das **distale Tibiofibulargelenk** ist eine faserige Syn-desmose zwischen den distalen Facetten der Tibia und der Fibula.
  - Das Gelenk zwischen dem *Malleolus lateralis* der Fibula und der lateralen Gelenkfläche des Talus nennt man **Fibulotalargelenk**.

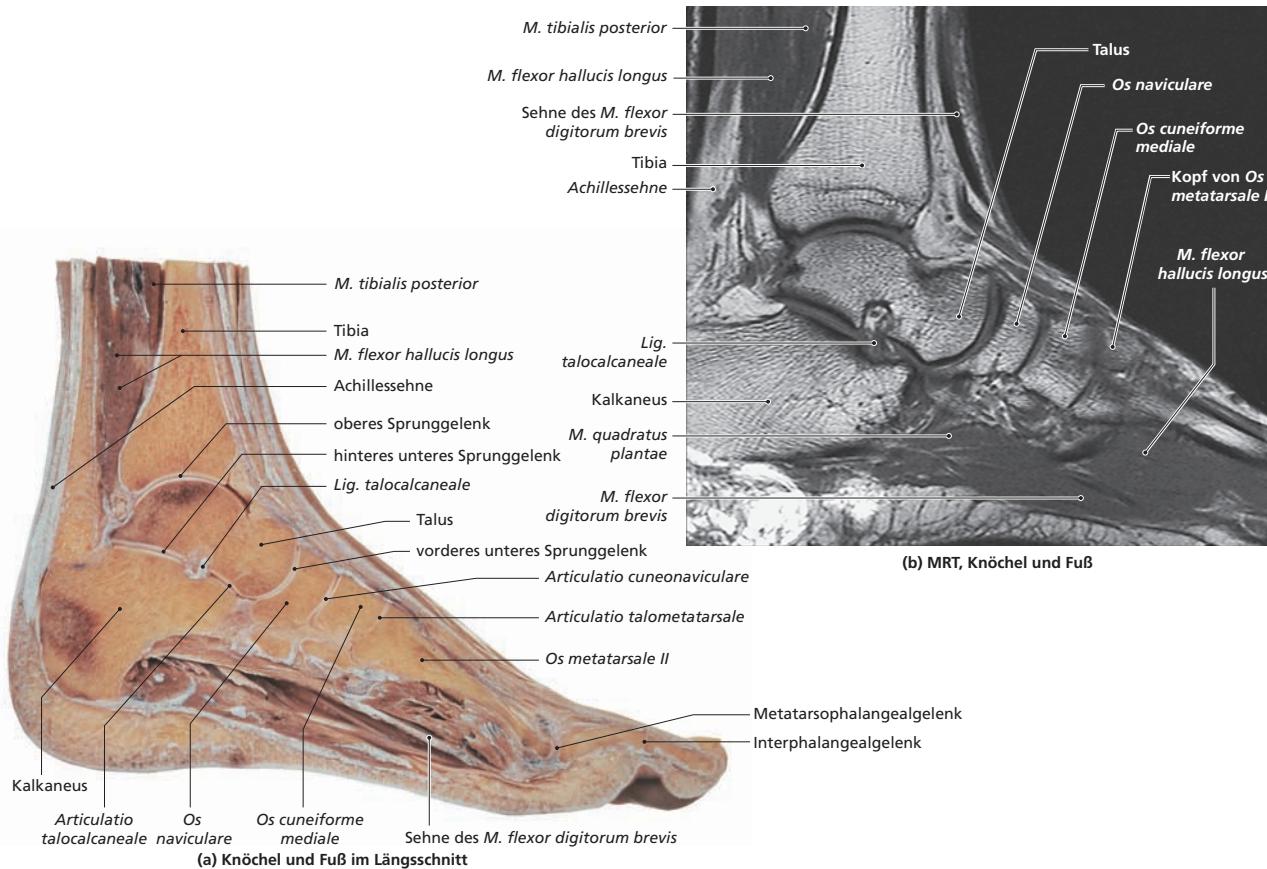
Eine Serie von Ligamenten an der Tibia und der Fibula entlang hält diese beiden Knochen zusammen; durch sie wird auch die Beweglichkeit an den beiden tibiofibularen und dem fibulotalaren Gelenk beschränkt. Der Erhalt der normalen Beweglichkeit dieser Gelenke sorgt für die Stabilität des Sprunggelenks.

Die Gelenkkapsel des Sprunggelenks erstreckt sich zwischen den distalen Flächen der Tibia und dem *Malleolus medialis* der Tibia, dem *Malleolus lateralis* der Fibula und dem Talus. Die anterioren und posterioren Anteile der Kapsel sind dünn, aber die lateralen und medialen Abschnitte sind stark und durch kräftige Ligamente verstärkt (siehe Abbildung 8.21b–d). Die wichtigsten Ligamente sind das **Lig. collaterale mediale (deltoides)** und die drei **lateralen Ligamente**. Die Malleoli, die von diesen Bändern gehalten werden und durch die tibiofibularen Ligamente verbunden sind („Malleolengabel“), verhindern, dass die Knochen des oberen Sprunggelenks seitlich verrutschen.

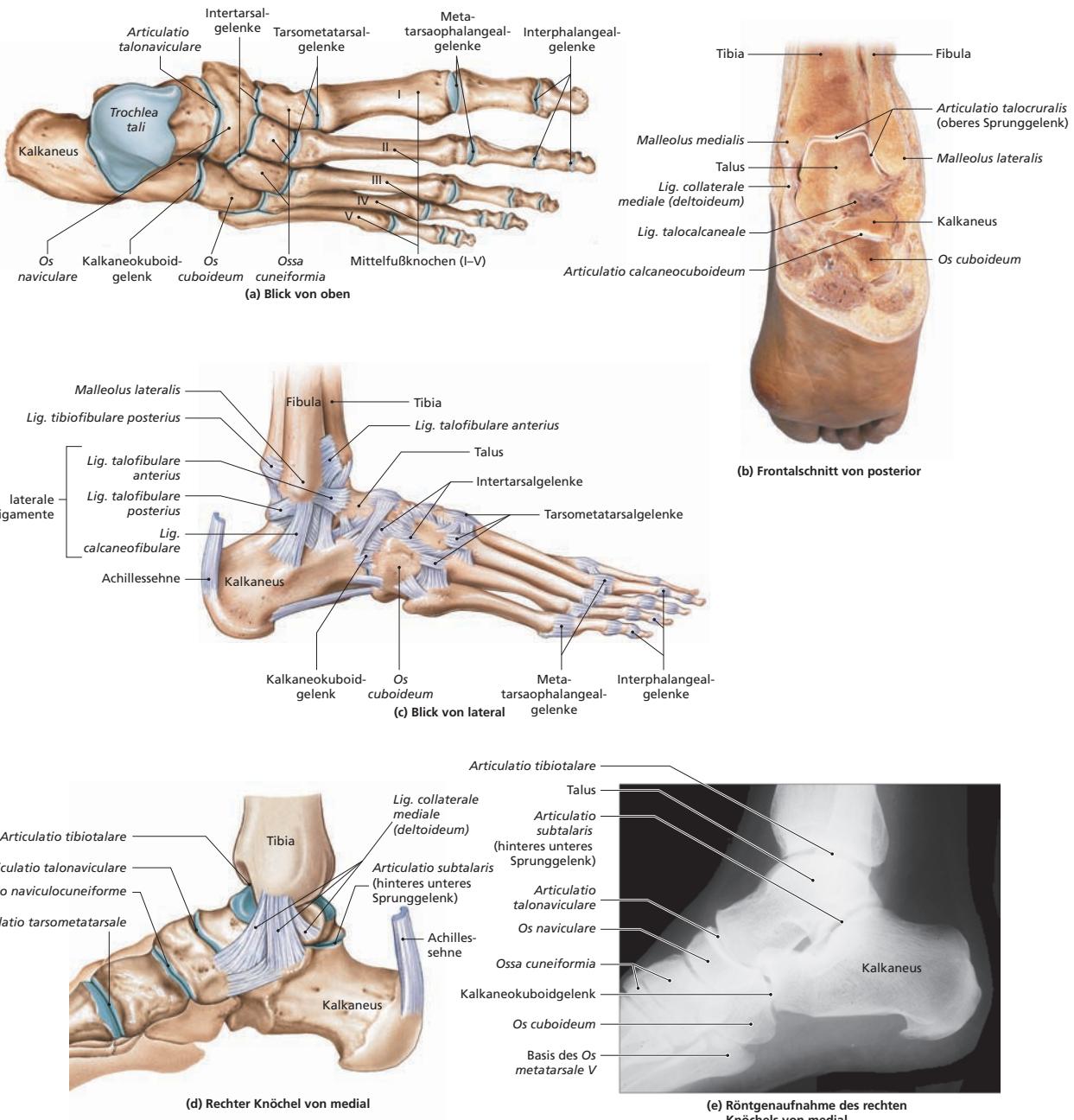
## Die Gelenke des Fußes

Im Fuß gibt es vier Gruppen synovialer Gelenke (siehe Abbildung 8.20 und 8.21):

- **Intertarsalgelenke**) zwischen den Fußwurzelknochen:  
Es handelt sich um plane Gelenke, die begrenzte gleiten-



**Abbildung 8.20:** Die Gelenke von Knöchel und Fuß, Teil I. (a) Längsschnitt des linken Fußes mit Darstellung der wichtigsten Gelenke und Hilfsstrukturen. (b) Entsprechendes MRT des linken Sprunggelenks und des proximalen Anteils des Fußes.



**Abbildung 8.21:** Die Gelenke von Knöchel und Fuß, Teil II. (a) Knochen und Gelenke des rechten Fußes von superior. (b) Frontalschnitt durch das rechte obere Sprunggelenk in Plantarflexion von posterior. Beachten Sie die Lage der Malleoli. (c) Rechter Fuß von lateral; Darstellung der Stützbänder des Sprunggelenks. (d) Rechtes oberes Sprunggelenk von medial; Darstellung der medialen Ligamente. (e) Röntgenaufnahme des rechten Knöchels im medio-lateralen Strahlengang.

de und drehende Bewegungen erlauben. Sie entsprechen denen zwischen den Handwurzelknochen.

■ **Tarsometatarsalgelenke** zwischen den Fußwurzelknochen und den Mittelfußknochen: Es handelt sich um plane Gelenke, die begrenzte gleitende und drehende Bewegungen erlauben. Die ersten drei Mittelfußknochen artikulieren mit den *Ossa cuneiforme mediale*, *intermedium* und *laterale*. Der vierte und der fünfte Mittelfußknochen artikulieren mit dem *Os cuboideum*.

■ **Metatarsophalangealgelenke** zwischen den Mittelfußknochen und den Zehen: Dies sind Ellipsoidgelenke, die Flexion/Extension und Adduktion/Abduktion erlauben. Die Gelenke zwischen den Mittelfußknochen und den Zehen ähneln denen zwischen den Mittelhandknochen und den Fingern. Da das erste Metatarsophalangealgelenk ein Ellipsoidgelenk ist und kein Sattelgelenk, wie das erste Metakarpophalangealgelenk, fehlt dem großen Zeh die Beweglichkeit des Daumens. Oft bilden sich

zwei Sesambeine in der Sehne, die inferior das Gelenk kreuzt; sie begrenzen die Beweglichkeit noch weiter.

- **Interphalangealgelenke** zwischen den Phalangen: Es handelt sich um Scharniergelenke für Flexion und Extension.

## Das Altern und die Gelenke

## 8.4

Unsere Gelenke sind im Laufe unseres Lebens großen Belastungen ausgesetzt; Beeinträchtigungen der Gelenkfunktion sind häufig, besonders bei älteren Menschen. **Rheuma** ist ein Überbegriff für Schmerzen und Steifigkeit im Skelettsystem und/oder der Muskulatur. Es gibt verschiedene

Hauptformen von Rheuma. Mit **Arthritis** beschreibt man alle rheumatischen Erkrankungen, die synoviale Gelenke betreffen. Bei einer Arthritis ist der Gelenkknorpel immer betroffen, doch die Ursachen sind unterschiedlicher entzündlicher Natur. Es können bakterielle oder virale Infekte oder autoimmune Prozesse zugrunde liegen. Degenerative Veränderungen auf dem Boden von Gelenkverletzungen, metabolischen Störungen oder schweren Überlastungen werden als Arthrose bezeichnet.

Mit fortschreitendem Alter nimmt die Knochenmasse ab, und die Knochen werden brüchiger, sodass das Risiko eines Bruches steigt. Bei einer Osteoporose können die Knochen so brüchig werden, dass sie bei Belastungen be-

### EXKURS

### Das Skelettsystem

#### Träumereien mit Folgen

Jan träumt auf dem Heimweg von der Arbeit von seiner Freundin und bemerkt nicht, dass vor ihm die Ampel auf Rot umspringt. Mit 40 km/h fährt er auf den Wagen vor sich auf. Nach dem Unfall bemerkt er zunächst keine Einschränkungen. Kurze Zeit später klagt Jan aber über ziehende Nackenschmerzen.



#### Erstuntersuchung

Eine erste orientierende Untersuchung ergibt Folgendes:

- Jan kommt langsam zu sich und reagiert auf Reize.

Die Sanitäter beschließen, ihn in das UKA nach Aachen zu verlegen.

#### Untersuchung im Krankenhaus

Die Ärzte in der Notaufnahme beginnen mit der Untersuchung und stellen das Folgende fest:

- Neben einer leichten Gehirnerschütterung befürchten die Ärzte eine Verletzung der Halswirbelsäule und ordnen Röntgenaufnahmen von Schädel und Hals an.
- Eine neurologische Untersuchung ergibt Normalbefunde, einschließlich der Muskeleigenreflexe und des Babinski-Reflexes.

- Die Röntgenaufnahmen zeigen eine Steilstellung der Wirbelsäule (**Abbildung 8.22**).
- Im Bereich der mittleren Halswirbelsäule zeigen sich leichte degenerative Veränderungen mit einigen Knochenspornen um die *Foramina intervertebralia* von C4 und C5.
- Es sind keine Frakturen der Halswirbelsäule nachweisbar.
- Nach Entfernung der Halskrause führen die Ärzte eine Palpation (Abtastung) und eine vorsichtige Streckung und Rotation des Kopfes durch. Dieser Teil der Untersuchung zeigt eine deutliche Verspannung und schmerzt den Patienten. Die Querfortsätze von C4 und C5 sind druckempfindlich.

#### Überlegungen

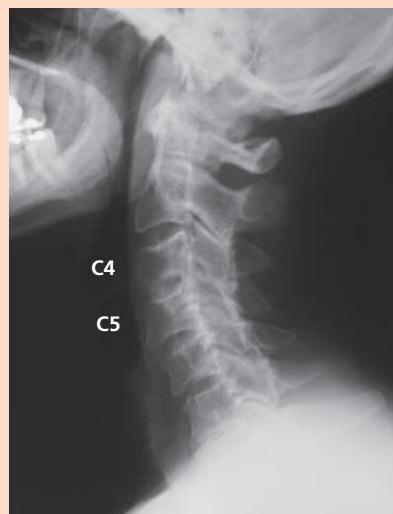
Sie sollten nun zunächst die Kapitel 5–8 wiederholen, damit Sie wissen, welche anatomischen Kenntnisse erforderlich sind, um die Ergebnisse von Jans Untersuchungen einordnen zu können.

- 1 Wie sieht die normale Krümmung der Halswirbelsäule aus?
- 2 Welche anatomischen Merkmale weisen die Halswirbel und besonders C4 und C5 auf?
- 3 Welche Weichteile befinden sich im Bereich der Halswirbelsäule und was sind ihre Funktionen?
- 4 Welches sind die anatomischen Charakteristika der Intervertebralgelenke?

#### Analyse und Interpretation

Die nachfolgenden Informationen beantworten die Fragen aus dem vorherigen Abschnitt.

- 1 Die Wirbelsäule hat vier physiologische Krümmungen. Die thorakale und die sakrale Krümmung nennt



**Abbildung 8.22:** Röntgenaufnahme der Halswirbel. (links) Röntgenbild normaler Halswirbel. (rechts) Röntgenaufnahme der Halswirbel von Jan. Die normale Krümmung der zervikalen Halswirbelsäule ist nicht mehr vorhanden; Jans Wirbelsäule ist in diesem Bereich steil gestellt. Es sind Knochensporne im Bereich der Foramina intervertebralia zwischen C4 und C5 vorhanden.

- man primäre Krümmungen, die zervikale und die lumbale Krümmung sekundäre Krümmungen.
- 2 Anhand der Form der Wirbelkörper, der *Foramina vertebraalia*, der Dorn- und der Querfortsätze kann man die Halswirbel von den Wirbeln anderer Regionen unterscheiden. Außerdem unterscheiden sich die Merkmale „typischer“ Halswirbel (C3–C6) von denen der Wirbel C1, C2 und C7.
- 3 Bei diesem Unfall kann es zu erheblichen Weichteilverletzungen der zervikalen Region gekommen sein.
- 4 Es können Verletzungen der Gelenke zwischen den superiorenen und inferiorenen Gelenkfortsätzen benachbarter Wirbel sowie der Bandscheiben entstanden sein.

### Diagnose

Jan hat eine Distorsion der Halswirbelsäule durch die Hyperextension/Hyperflexion bei dem kombinierten frontalen und rückwärtigen Aufprall während des Unfalls erlitten, auch Schleudertrauma genannt. Hierbei hat sich Jan wohl einige Halsmuskeln gezerrt, was die Verspannungen erklärt. Außerdem kann er sich noch Verletzungen an einem oder mehreren Bändern der Halsregion zugezogen haben, wie etwa den *Ligg. longitudinale anterius* und *posteriorius*, dem *Lig. flavum* oder den interspinalen Ligamenten.

Die plötzliche und extreme Flexion und Extension der Halswirbelsäule kann zu Rissen einer oder mehrerer Bandscheiben geführt haben. Die leichten degenerativen Veränderungen an C4 und C5 können mindestens zwei verschiedene Ursachen haben:

- Sie können das Resultat einer oder mehrerer älterer Verletzungen der Halswirbelsäule bei früheren Unfällen sein.
- Solche Veränderungen treten häufig nach jahrelangen Belastungen bei älteren Menschen auf, was aber bei Jan sehr unwahrscheinlich ist, da er erst 25 Jahre alt ist.

reits brechen, denen ein normaler Knochen ohne Weiteres hätte Stand halten können. Für ältere Menschen sind **Oberschenkelhalsfrakturen** am gefährlichsten. Sie treten am häufigsten nach dem 60. Lebensjahr auf und können von einer Hüftluxation oder einer Beckenfraktur begleitet sein (vergleiche Kapitel 5).

Der Heilungsverlauf ist langwierig; der Zug der starken Muskeln um die Hüfte herum verhindert oft eine achsengerechte Reposition. Frakturen am *Trochanter major* und *minor* heilen im Allgemeinen dann gut, wenn es gelingt, das Gelenk mit Platten, Nägeln, Schrauben oder Kombinationen dieser Methoden zu stabilisieren.

Obwohl proximale Oberschenkelfrakturen am häufigsten bei Menschen jenseits des 60. Lebensjahrs auftreten, hat in den letzten Jahren die Anzahl junger Profisportler unter den Betroffenen dramatisch zugenommen.

## Knochen und Muskeln

# 8.5

Das Skelettsystem und das Muskelsystem sind strukturell und funktionell voneinander abhängig; ihre Interaktionen sind so eng, dass sie oft zusammen als **muskuloskelettales System** beschrieben werden.

Es gibt direkte physische Verbindungen, da das Bindegewebe, das die einzelnen Muskelfasern umgibt, in das Gewebe des Knochens übergeht, an denen diese ansetzen. Muskeln und Knochen sind auch auf physiologischer Ebene miteinander verbunden, da für Muskelkontraktionen der extrazelluläre Kalziumspiegel innerhalb recht enger Grenzen liegen muss und der Großteil der Kalziumvorräte des Körpers in den Knochen lagert. In den nächsten drei Kapiteln stellen wir Struktur und Funktion des Muskelsystems vor und erläutern, wie Muskelkontraktionen zu bestimmten Bewegungen führen.

## DEFINITIONEN

**Ankylose:** abnorme Verschmelzung zweier artikulierender Knochen nach einer Verletzung oder Reibung im Gelenk.

**Arthritis:** Rheumatische Erkrankungen synovialer Gelenke. Bei einer Arthritis ist der Gelenkknorpel immer betroffen, doch die Ursachen sind unterschiedlich. Eine Arthritis ist immer **entzündlich**.

**Arthrose:** Degenerative Erkrankungen synovialer Gelenke. Bei einer Arthrose ist der Gelenkknorpel betroffen, doch die Ursachen sind unterschiedlich. Eine Arthrose ist immer **degenerativ**. Gelenkverschleiß tritt ein aufgrund 1. langjähriger Belastung der Gelenkflächen oder 2. genetischer Disposition.

**Arthroskop:** Instrument mit Fiberglasoptik zur Untersuchung eines Gelenks ohne größeren operativen Eingriff

**Arthroskopie:** chirurgische Manipulation an einem Gelenk mithilfe eines Arthroskops

**Knochensporne:** abnorme Verdickung an einem Knochen, meist posttraumatisch, meist schmerhaft durch Bewegung des Knochens oder Druck auf die Verdickung

**Gehirnerschüttung:** Verletzung der Weichteile im Schädel nach einem Schlag oder heftigem Schütteln

**Kontinuierliche passive Bewegung auf Motorschienen (Continuous passive Motion):** Therapiekonzept, bei dem durch die passive Bewegung eines verletzten Gelenks die Zirkulation der Synovia stimuliert wird. Ziel ist die Vermeidung einer Degeneration des Gelenkknorpels.

**Tiefer Sehnenreflex (Muskeleigenreflex):** Muskelkontraktion nach Stimulation der Propriorezeptoren durch Streckung, beispielsweise durch einen kurzen Schlag auf die Sehne

**Bandscheibenvorfall:** Verbreitete Bezeichnung für die Verschiebung einer Zwischenwirbelscheibe. Hierbei wird Druck

auf die Spinalnerven ausgeübt, der zu Schmerzen und Bewegungseinschränkungen führt.

**Laminektomie:** Entfernung der Laminae von Wirbelkörpern bei der operativen Versorgung von Bandscheibenerkrankungen und für den Zugang zum Rückenmarkskanal

**Luxation:** Verletzung, bei der artikulierende Flächen eines Gelenks gewaltsam getrennt werden

**Meniskektomie:** operative Entfernung eines verletzten Meniskus

**Babinski-Reflex (Plantarreflex):** Reaktion auf taktile Stimulation der Fußsohle, z.B. das Streichen über die Fußsohle von der Ferse bis zu den Zehenballen. Bei Neugeborenen erfolgt normalerweise eine Flexion der Zehen. Die pathologische Reaktion, das sog. positive Babinski-Zeichen, ist die Extension der Großzehe und das Abspreizen der übrigen Zehen.

**Rheuma:** allgemeine Bezeichnung für Schmerzen und Steifigkeit, das Skelettsystem, das Muskelsystem oder beide betreffend

**Rheumatoide Arthritis:** Entzündliche Gelenkerkrankung, an der etwa 2,5 % aller Erwachsenen leiden. Die Ursache ist nicht bekannt, obwohl Allergien, Bakterien, Viren und/oder genetische Faktoren beteiligt sein können; autoimmunologische Prozesse werden diskutiert.

**Ischias:** schmerzhafte Folge einer Wurzelkompression des N. ischiadicus

**Schultereckgelenkssprengung:** teilweise oder vollständige Luxation des Akromioklavikulargelenks

**Subluxation:** Unvollständige Luxation; die Verschiebung der artikulierenden Gelenkflächen verursacht Beschwerden, richtet jedoch nicht so viel Schaden an wie eine vollständige Luxation.

## Zusammenfassung

Die Antworten auf die Fragen der Aufgaben und der Zusammenfassung finden Sie im Antwortteil.

### Wiederholung von Fakten und Begriffen

Verbinden Sie die Begriffe der linken Spalte jeweils mit denen der rechten Spalte, die am besten passen; setzen Sie die Buchstaben in die Spalte vor die Zahlen.

Spalte A		Spalte B	
1.	Kaum Beweglichkeit	a.	Handgelenk
2.	Synovial	b.	Dorsalflexion
3.	Vergrößerter Winkel	c.	Flüssigkeitsgefüllte Hohlräume
4.	Schleimbeutel	d.	Diarthrose
5.	Handfläche weist nach anterior/oben	e.	Knie
6.	Fersenstand	f.	Bandscheibe
7.	Faserknorpel	g.	Supination
8.	Handwurzel	h.	Extension
9.	Menisken	i.	Synarthrose

- 10** Die Funktion eines Schleimbeutels ist
- die Reibung zwischen einem Knochen und einer Sehne zu vermindern.
  - die Stoßdämpfung.
  - die Oberfläche eines Gelenks zu glätten.
  - Die Antworten a und b sind richtig.
- 11** Alle Aussage zum Bewegungsausmaß von Gelenken sind zutreffend, außer:
- Hohe Stabilität verhindert die Beweglichkeit.
  - Die Form der Gelenkflächen steuert oder begrenzt es.
  - Akzessorische Ligamente und Kollagenfasern der Gelenkkapseln können es modifizieren.
  - Die Stärke eines Gelenks wird durch die Stärke der Muskeln bestimmt, die daran und an der Kapsel ansetzen.
- 12** Welche der folgenden Aufgaben gehört nicht zu den Funktionen der Synovia?
- Stoßdämpfung
  - Steigerung des osmotischen Druckes im Gelenk
  - Befeuchtung des Gelenks
  - Bereitstellung von Nährstoffen
- 13** Ein Gelenk, dessen Gelenkflächen in alle Richtungen gleiten können, nennt man
- einachsig.
  - zweiachsig.
  - multiaxial.
  - monaxial.
- 14** Welches der folgenden Bänder befindet sich nicht an der Hüfte?
- Lig. iliofemorale*
  - Lig. pubofemorale*
  - Lig. capititis femoris*
  - Lig. flavum*
- 15** Wodurch wird die Rückseite des Knies verstärkt?
- Lig. collaterale tibiae*
  - Ligg. poplitea*
  - hinteres Kreuzband
  - Lig. patellae*
- 16** Das Schultergelenk wird hauptsächlich stabilisiert durch
- Bänder und Muskeln, die die Schulter bewegen.
  - die Skapula.
  - ausschließlich die *Ligg. glenohumeralia*.
  - die Klavikula.
- 17** Eine Drehbewegung des Fußes, bei der die Fußsohle nach innen zeigt, nennt man
- Dorsalflexion.
  - Eversion.
  - Inversion.
  - Protraktion.
- 18** Welches der folgenden Paare von Strukturen gehört zusammen zum Ellenbogengelenk?
- Epicondylus lateralis* und *Tuber ositas radialis*
  - Capitulum humeri* und Radiuskopf
  - Lig. collaterale radiale* und *Epicondylus medialis*
  - Olekranon und *Fossa radialis*
- 19** Luxationen sind schmerhaft wegen der Stimulation der Schmerzrezeptoren in allen Strukturen außer
- im Inneren der Gelenkhöhle.
  - in der Kapsel.
  - in den Ligamenten um das Gelenk.
  - in den Sehnen um das Gelenk.
- 20** Die Bänder, die die anteriore und posteriore Bewegung des Femurs begrenzen und die Kondylen von Femur und Tibia übereinander ausrichten, sind die
- Kreuzbänder.
  - Ligg. collaterale fibulare*.
  - Ligg. patellae*.
  - Ligg. collaterale tibiae*.

## Wiederholung von Lernzielen

- Wenn ein Baseballspieler vor einem Wurf Schwung nimmt, nutzt er welche Eigenschaft seines Schultergelenks?
  - Rotation
  - Protraktion
  - Extension
  - Supination
- Stellen Sie die Stärke und die Stabilität eines Gelenks und sein Bewegungsausmaß einander gegenüber.
- Inwiefern ändert sich die Klassifikation eines Gelenks, wenn sich die Epiphyse am Ende eines Röhrenknochens schließt?
- Wie gelingt es den Malleolen von Tibia und Fibula, das Tibiotarlgelenk zu stabilisieren?
- Worin unterscheidet sich Gelenkknorpel von anderem Knorpel im Körper?
- Welche Faktoren sind für die Begrenzung der Beweglichkeit von Gelenken verantwortlich?
- Welche Rolle spielen Kapselbänder in einem komplexen synovialen Gelenk? Beantworten Sie die Frage anhand des Humeroulnargelenks.
- Welchen Mechanismus haben unbewegliche Gelenke, wie die Schädelnähte und die Gomphosis, die die Zähne im Knochen hält, gemeinsam?
- Wie unterscheidet man bei einem Skelettelement eine Pronation von einer Zirkumduktion?
- Wie erklären Sie Ihrem Großvater seinen Verlust an Körpergröße im Alter?

## Anwendung der Lerninhalte

- Jemand erleidet bei einem Verkehrsunfall eine Distorsion der Halswirbelsäule („Schleudertrauma“). Welche Strukturen sind betroffen und welches ist der Verletzungsmechanismus?
- Eine Marathonläuferin tritt auf eine vorstehende Baumwurzel und knickt mit dem Fuß um. Nach der Untersuchung teilt man ihr mit, dass es sich um eine schwere Zerrung, aber keine Fraktur handelt. Die Heilung wird wahrscheinlich länger dauern als bei einem Knochenbruch. Welche Strukturen sind verletzt und warum wird es so lange dauern?
- Fast alle Knieverletzungen beim Fußball treten bei gestrecktem belastetem, aber nicht bei gebeugtem Knie auf. Welche anatomischen Tatsachen erklären dies?



Eine Kurzzusammenfassung der wichtigsten Inhalte, sowie die Antworten zu den Fragen und weitere Arbeitsmaterialien finden sie auf unserer Companion Website unter:  
[www.pearson-studium.de/login](http://www.pearson-studium.de/login)

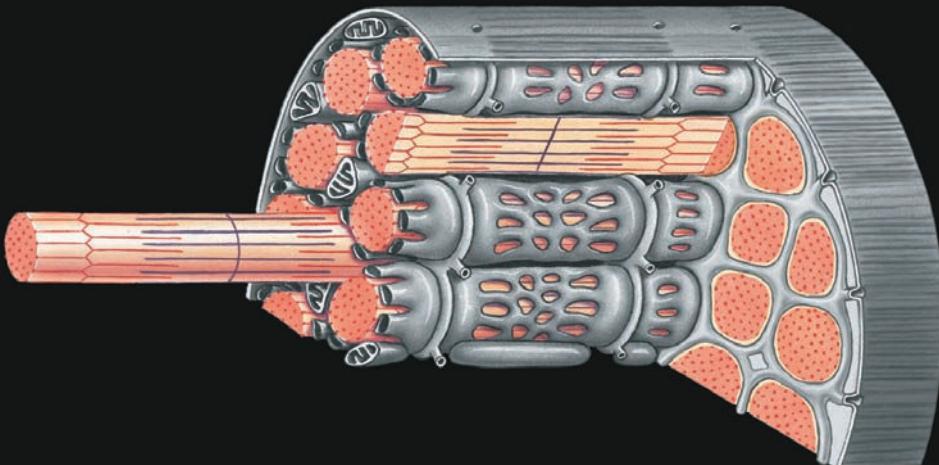
# Das Muskelsystem

## Skelettmuskelgewebe und Aufbau der Muskulatur

9

ÜBERBLICK

9.1	Funktionen der Skelettmuskulatur . . . . .	262
9.2	Anatomie der Skelettmuskulatur . . . . .	263
9.3	Muskelkontraktion . . . . .	269
9.4	Motorische Einheiten und Steuerung der Muskulatur . . . . .	274
9.5	Fasertypen im Skelettmuskel . . . . .	275
9.6	Das Bauprinzip der Skelettmuskeln . . . . .	277
9.7	Muskelterminologie . . . . .	279
9.8	Hebel und Seilzüge: Aufbau des Bewegungssystems . . . . .	281
9.9	Das Altern und das Muskelsystem . . . . .	283



# Lernziele

- 1** Die Merkmale kennen, anhand derer man die verschiedenen Arten von Muskelgewebe voneinander unterscheidet.
- 2** Die Funktionen des Skelettmuskelgewebes erklären können.
- 3** Den Aufbau des Bindegewebes, die Blutversorgung und die Innervierung der Skelettmuskulatur erläutern können.
- 4** Das Arrangement von sarkoplasmatischem Retikulum (SR), T-Tubuli, Myofibrillen und Myofilamenten und den Aufbau eines Sarkomers innerhalb der Skelettmuselfaser kennen.
- 5** Die Rolle des SR und der T-Tubuli bei der Kontraktion erläutern können.
- 6** Den Aufbau einer neuromuskulären Synapse kennen und den Ablauf der Ereignisse daran beschreiben können.
- 7** Den Vorgang der Muskelkontraktion beschreiben können.
- 8** Eine motorische Einheit und die Steuerung der Muskelfasern beschreiben können.
- 9** Wissen, wie die verschiedenen Fasertypen mit der Leistung eines Skelettmuskels in Verbindung stehen.
- 10** Die Anordnung der Faszikel in den verschiedenen Muskeltypen kennen und die daraus resultierenden funktionellen Unterschiede erklären können.
- 11** Anhand von Ursprung und Ansatz eines Muskels auf seine Wirkung schließen können.
- 12** Erklären können, wie Muskeln zur Durchführung oder Opposition einer Bewegung interagieren.
- 13** Anhand des Muskelnamens Verlauf, ungewöhnliche Merkmale, Lage, Erscheinungsbild und Funktion des Muskels erkennen können.
- 14** Das Verhältnis von Knochen und Muskeln und die verschiedenen Arten von Hebeln und Hypomochlien beschreiben können und wissen, wie sie die Effizienz der Muskelarbeit erhöhen.
- 15** Die Auswirkungen körperlichen Trainings und des Alters auf die Skelettmuskulatur beschreiben können.

**E**s ist kaum möglich, sich ein Leben ohne Muskeln vorzustellen. Wir könnten weder sitzen noch stehen, gehen, sprechen oder greifen. Das Blut würde nicht zirkulieren, da kein Herzschlag es durch die Blutgefäße pumpt; die Lungen würden sich nicht füllen und entleeren und unsere Nahrung könnte nicht durch den Verdauungstrakt bewegt werden. Es gäbe eigentlich überhaupt gar keine Bewegung im Inneren unseres Körpers.

Nun ist es aber keineswegs so, dass Leben grundsätzlich das Vorhandensein von Muskulatur erfordert. Es gibt große Organismen, die sehr gut ohne auskommen; wir nennen sie Pflanzen. Aber unsere Art zu leben wäre so nicht möglich, da an vielen physiologischen Abläufen und an fast allen dynamischen Interaktionen mit unserer Umwelt Muskeln beteiligt sind. Muskelgewebe, einer der vier Hauptgewebetypen, besteht im Wesentlichen aus **Muskelfasern**, langgezogenen Synzytien (mehrkernige Zellverbände ohne Zellgrenzen), die sich an ihrer Längsachse entlang kontrahieren können. Zum Muskelgewebe gehört außerdem Bindegewebe, das diese Kontraktionen bändigt und in sinnvolle Arbeit umsetzt. Es gibt drei Arten von Muskelgewebe: Skelettmuskelgewebe<sup>1</sup>, Herzmuskelgewebe und glattes Muskelgewebe.

Die Hauptaufgabe der **Skelettmuskulatur** ist es, den Körper durch Zug an den Knochen zu bewegen, damit wir gehen, tanzen oder ein Musikinstrument spielen können. Der **Herzmuskel** pumpt Blut durch die Arterien und Venen des Gefäßsystems, und die **glatte Muskulatur** bewegt Flüssigkeit und feste Substanzen durch den Verdauungstrakt und erfüllt zahlreiche weitere Aufgaben in anderen Systemen. Diese Muskelarten haben vier grundsätzliche Gemeinsamkeiten:

- 1 Erregbarkeit:** Dies ist die Fähigkeit, auf Reize zu reagieren. Skelettmuskeln reagieren normalerweise auf Reizung durch das Nervensystem, einige glatte Muskeln auf zirkulierende Hormone.
- 2 Kontraktilität:** Die Fähigkeit, sich aktiv zusammenzuziehen und Zug auszuüben oder Spannung aufzubauen, die vom Bindegewebe gebändigt wird.
- 3 Dehnbarkeit:** Die Fähigkeit, sich aus verschiedenen Längen heraus zu kontrahieren. Glatte Muskulatur kann z.B. auf das Vielfache ihrer ursprünglichen Länge gedehnt werden und sich dann trotzdem noch kontrahieren.
- 4 Elastizität:** Die Fähigkeit, nach einer Kontraktion wieder die ursprüngliche Länge anzunehmen.

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der Skelettmuskulatur. Herzmuskelgewebe wird in Kapitel 21 besprochen, in dem es um die Anatomie des Herzes geht, und die glatte Muskulatur beim Thema Verdauungssystem in Kapitel 25.

<sup>1</sup> In der Terminologia Histologica: International Terms for Human Cytology and Histology, TH, 2008 wird diese Kategorie noch einmal unterteilt in „quergestreifte Skelettmuskulatur“ und „nicht-kardiale viszerale quergestreifte Muskulatur“.

**Skelettmuskeln** sind Organe, die alle vier Hauptgewebetypen (siehe Kapitel 3) enthalten, aber hauptsächlich aus Skelettmuskelgewebe bestehen. Das Muskelsystem des Menschen beinhaltet mehr als 700 Skelettmuskeln, einschließlich der gesamten willkürlich kontrollierten Muskulatur. Es wird das Thema der nächsten drei Kapitel sein. In diesem Kapitel werden zunächst Funktion, Makro- und Mikroanatomie, Aufbau der Skelettmuskeln und die Terminologie besprochen; in Kapitel 10 geht es um die Makroanatomie der axialen Muskeln, der Muskeln, die mit dem Achsenknochen verbunden sind, und Kapitel 11 hat die Extremitätenmuskulatur zum Thema.

## Funktionen der Skelettmuskulatur

9.1

**Skelettmuskeln** sind kontraktile Organe, die direkt oder indirekt an den Knochen des Skeletts befestigt sind. Sie erfüllen die folgenden Funktionen.

- **Bewegung des Skeletts:** Muskelkontraktionen bewirken einen Zug an den Sehnen und bewegen so die Knochen. Die Wirkung reicht von einfachen Bewegungen, wie etwa der Streckung eines Armes, bis hin zu komplexen Bewegungsabläufen, wie Schwimmen, Skifahren oder Tastaturschreiben.
- **Haltung und Körperposition:** Kontraktionen bestimmter Muskeln sind für den Erhalt der Körperposition verantwortlich. Wenn Sie den Kopf beim Lesen halten oder beim Gehen das Körpergewicht über den Füßen balancieren, sind hierzu Kontraktionen der Muskeln erforderlich, die die Gelenke stabilisieren. Ohne beständige Muskelkontraktion könnten wir nicht aufrecht sitzen, ohne zusammenzufallen, oder stehen, ohne umzukippen.
- **Stütze von Weichteilen:** Die Bauchwand und der Beckenboden bestehen aus Skelettmuskelschichten. Sie halten das Gewicht der Organe und schützen die Gewebe im Inneren vor Verletzungen.
- **Steuerung der Aufnahme und Abgabe von Material:** Die Öffnungen des Verdauungs- und des Harntrakts sind von ringförmigen Skelettmuskeln umgeben. Sie ermöglichen eine willkürliche Kontrolle über das Schlucken, die Defäkation und das Wasserlassen.
- **Erhalt der Körpertemperatur:** Muskelkontraktionen verbrauchen Energie, und immer, wenn im Körper Energie verbraucht wird, wird ein Teil davon in Wärme umgesetzt. Die Wärmeabgabe durch die Muskelkontraktionen hält unsere Körpertemperatur im normalen Bereich.

# Anatomie der Skelettmuskulatur

## 9.2

Bei der Benennung der strukturellen Merkmale der Muskeln und ihrer Komponenten verwenden die Anatomen oft das griechische Wort *sarkos* (= Fleisch) und das lateinische *-mys-* (von *myos*) für Muskel, Ausdrücke, die Sie sich merken sollten. Wir besprechen zunächst die Makroanatomie des Skelettmuskels und dann die Mikrostrukturen, die die Kontraktion ermöglichen.

### 9.2.1 Makroanatomie

In Abbildung 9.1 sind das Erscheinungsbild und der Aufbau eines typischen Skelettmuskels dargestellt. Wir beginnen unsere Untersuchung mit der Beschreibung des Bindegewebes, das die Skelettmuskulatur zusammenhält und mit anderen Strukturen verbindet.

#### Bindegewebe des Muskels

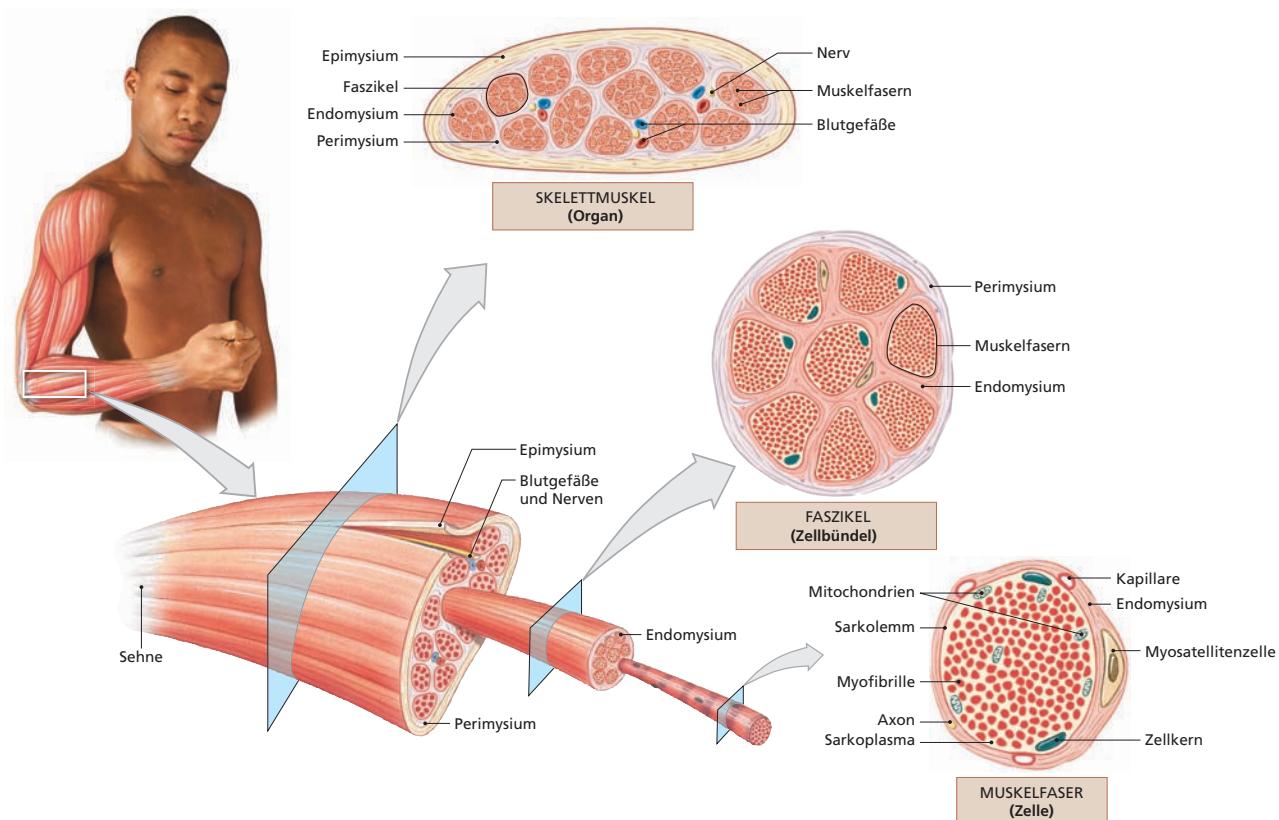
**SCHICHTEN DES BINDEGEWEBES** Jeder Skelettmuskel ist von drei Lagen Bindegewebe umhüllt: außen das Epimysium, in der Mitte das Perimysium und innen das Endomysium (siehe Abbildung 9.1).

- Das **Epimysium** ist eine Schicht aus straffem geflechtartigem Bindegewebe, die den gesamten Muskel umgibt.

Das Epimysium, das den Muskel vom umliegenden Gewebe trennt, ist mit der tiefen Faszie verbunden.

- Die bindegewebigen Fasern des **Perimysiums** unterteilen den Muskel in eine Reihe von Unterabteilungen; jedes dieser Kompartimente enthält ein Muskelfaserbündel, Faszikel (lat.: *fasciculus* = das kleine Bündel) genannt. Außer Kollagen und elastischen Fasern enthält es zahlreiche Blutgefäße und Nerven, die sich zur Versorgung der einzelnen Faszikel verzweigen.
- Das **Endomysium** umgibt jede einzelne Muskelfaser, verbindet die Muskelfasern miteinander und enthält die Kapillaren, die die einzelnen Fasern versorgen. Es besteht aus einem feinen Netzwerk von Retikulinfasern. Zwischen Endomysium und Muskelfasern sind **Myosatellitzenzellen** verteilt, die bei der Reparatur beschädigten Muskelgewebes aktiv werden.

**SEHNEN UND APONEUROSEN** Die Bindegewebefasern von Endomysium und Perimysium sind miteinander verwoben, die des Perimysiums gehen in das Endomysium über. Am Ende eines Muskels laufen die kollagenen Fasern von Epimysium, Perimysium und Endomysium oft zusammen und bilden eine faserige Sehne, die den Muskel mit einem Knochen, der Haut oder einem anderen Muskel verbindet. Sehnen sehen oft aus wie dicke Stränge oder Kabel. Diejenigen, die dicke, abgeflachte Platten bilden,



**Abbildung 9.1:** Aufbau eines Skelettmuskels. Ein Skelettmuskel besteht aus Muskelfaserbündeln (Faszikeln) in einer bindegewebigen Hülle, dem Epimysium. Jeder einzelne Faszikel ist von Perimysium umgeben, und im Inneren des Faszikels ist jede einzelne Muskelfaser mit Endomysium umhüllt. Die Muskelfasern enthalten zahlreiche Kerne, Mitochondrien und weitere Organellen (vergleiche auch Abbildung 9.3).

# Copyright

Daten, Texte, Design und Grafiken dieses eBooks, sowie die eventuell angebotenen eBook-Zusatzdaten sind urheberrechtlich geschützt. Dieses eBook stellen wir lediglich als **persönliche Einzelplatz-Lizenz** zur Verfügung!

Jede andere Verwendung dieses eBooks oder zugehöriger Materialien und Informationen, einschließlich

- der Reproduktion,
- der Weitergabe,
- des Weitervertriebs,
- der Platzierung im Internet, in Intranets, in Extranets,
- der Veränderung,
- des Weiterverkaufs und
- der Veröffentlichung

bedarf der **schriftlichen Genehmigung** des Verlags. Insbesondere ist die Entfernung oder Änderung des vom Verlag vergebenen Passwortschutzes ausdrücklich untersagt!

Bei Fragen zu diesem Thema wenden Sie sich bitte an: [info@pearson.de](mailto:info@pearson.de)

## Zusatzdaten

Möglicherweise liegt dem gedruckten Buch eine CD-ROM mit Zusatzdaten bei. Die Zurverfügungstellung dieser Daten auf unseren Websites ist eine freiwillige Leistung des Verlags. **Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.**

## Hinweis

Dieses und viele weitere eBooks können Sie rund um die Uhr und legal auf unserer Website herunterladen:

**<http://ebooks.pearson.de>**