

# Inhalt

**Korrespondenz** ..... IV  
**Vorwort** ..... V  
**Abkürzungsverzeichnis** ..... X

## 1 Muskelanatomie

**1.1 Quer gestreifte Skelettmuskulatur** (Claudia Koch-Remmele) ..... 2  
 1.1.1 Aufbau der quer gestreiften Muskulatur ..... 2  
 1.1.2 Bindegewebe der quer gestreiften Muskulatur ..... 7  
 1.1.3 Durchblutung der quer gestreiften Muskulatur ..... 7  
 1.1.4 Innervation der quer gestreiften Muskulatur ..... 8  
 1.1.5 Spezifische Rezeptoren der quer gestreiften Muskulatur ..... 9  
 1.1.6 Muskel-Sehnen-Übergang ..... 13  
 1.1.7 Sehne ..... 14  
 1.1.8 Knochen-Sehnen-Übergang ..... 18  
 1.1.9 Muskeltypen ..... 20  
 1.1.10 Muskelfasertypen ..... 21  
 1.1.11 Funktion der quer gestreiften Skelettmuskulatur ..... 24  
 1.1.12 Muskeln der oberen Extremität ..... 28  
 1.1.13 Muskeln des Rumpfes ..... 76  
 1.1.14 Muskeln der unteren Extremität ..... 88

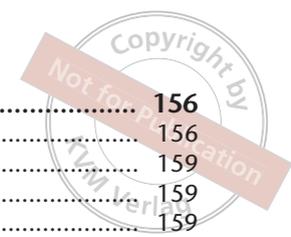
**1.2 Glatte Muskulatur** (Phillip Grant) ..... 126  
 1.2.1 Histologie ..... 126  
 1.2.2 Formen und Vorkommen der glatten Muskulatur ..... 127  
 1.2.3 Struktur ..... 128  
 1.2.4 Kontraktilität ..... 128  
 1.2.5 Gefäße ..... 130

**1.3 Herzmuskulatur** (Christian Pilat) ..... 136  
 1.3.1 Lage, Aufbau und Funktion des Herzens ..... 136  
 1.3.2 Arbeitsweise des Herzens ..... 138  
 1.3.3 Die Herzmuskelzelle ..... 143  
 1.3.4 Energiebereitstellung im Herzmuskel ..... 143

**ExpertenINFO** (Heiko Maurer)  
 Motorische Ungenauigkeiten ..... 146

## 2 Physiologie der Muskulatur

**2.1 Elektrophysiologie des Muskels** (Martin H. Maurer) ..... 150  
 2.1.1 Ruhemembranpotenzial ..... 150  
 2.1.2 Aktionspotenzial ..... 150  
 2.1.3 Neuromuskuläre Erregungsübertragung an der motorischen Endplatte ..... 151  
 2.1.4 Elektromechanische Kopplung ..... 152



**2.2 Die Muskelkontraktion** (Martin H. Maurer) ..... 156  
 2.2.1 Muskelmechanik ..... 156  
 2.2.2 Zusammenhang zwischen Sarkomerlänge und -kraft ..... 159  
 2.2.3 Verkürzungsgeschwindigkeit ..... 159  
 2.2.4 Einfluss der Vordehnung auf die Muskelkraft (Ruhedeckungskurve) ..... 159

**2.3 Muskelenergetik** (Martin H. Maurer) ..... 162  
 2.3.1 Substrate ..... 162  
 2.3.2 Energieumsatz ..... 163  
 2.3.3 Wirkungsgrad ..... 165

**ExpertenINFO** (Britta Lorey)  
 Die Kopf-Komponente im Kraftsport ..... 166

**2.4 Leistungsphysiologie** (Martin H. Maurer) ..... 170  
 2.4.1 Leistung und Leistungsfähigkeit ..... 170  
 2.4.2 Zirkadiane Rhythmik ..... 170  
 2.4.3 Sauerstoffschuld ..... 170  
 2.4.4 Anaerobe Schwelle ..... 171  
 2.4.5 Respiratorischer Quotient (RQ) ..... 171  
 2.4.6 Energetisches Äquivalent ..... 172  
 2.4.7 Anpassung des Herz-Kreislauf-Systems ..... 172

## 3 Training des Muskels

**3.1 Trainingsgrundlagen** (Jörg M. Jäger) ..... 176  
 3.1.1 Der Trainingsbegriff ..... 176  
 3.1.2 Trainingsziele ..... 177  
 3.1.3 Belastungsnormative, Trainingsparameter ..... 177  
 3.1.4 Trainingsprinzipien ..... 179  
 3.1.5 Trainingsplanung ..... 182  
 3.1.6 Weitere Aspekte des Trainings ..... 184

**3.2 Kraft** (Jörg M. Jäger, Karsten Krüger) ..... 188  
 3.2.1 Begriffsklärung ..... 188  
 3.2.2 Strukturierung und Erscheinungsformen der Kraft ..... 188  
 3.2.3 Trainingsmethoden zur Verbesserung der Kraftdimensionen ..... 193  
 3.2.4 Alternative Methoden des Krafttrainings ..... 195  
 3.2.5 Mischformen und spezielle Formen des Krafttrainings ..... 196  
 3.2.6 Kraftdiagnostik ..... 198  
 3.2.7 Adaptation des Muskels an Krafttraining ..... 201  
 3.2.8 Konzeption von Trainingsprogrammen ..... 202  
 3.2.9 Krafttraining an und mit Geräten ..... 205  
 3.2.10 Krafttraining im Kindes- und Jugendalter ..... 240

**3.3 Ausdauer** (Karsten Krüger, Christian Pilat) ..... 244  
 3.3.1 Ausdauertraining ..... 244  
 3.3.2 Anpassung des Muskels an Ausdauertraining ..... 244  
 3.3.3 Das Sporthertz ..... 248

<b>3.4 Koordination</b> (Hendrik Beckmann) .....	<b>254</b>
3.4.1 Begriffsbestimmung .....	254
3.4.2 Koordinationstraining .....	259
<b>3.5 Schnelligkeitstraining</b> (Hendrik Beckmann) .....	<b>266</b>
3.5.1 Definition und Struktur von Schnelligkeit .....	266
3.5.2 Einflussgrößen der Schnelligkeit .....	268
3.5.3 Training der Schnelligkeit .....	273
<b>ExpertenINFO</b> (Jochen Beppler)	
„Kondition ist nicht alles ...“ .....	276
<b>3.6 Muskeldehnung und Beweglichkeitstraining</b> (Claudia Koch-Remmele) .....	<b>280</b>
3.6.1 Begriffsbestimmung und Arten der Beweglichkeit .....	280
3.6.2 Bedeutung der Beweglichkeit .....	281
3.6.3 Anatomisch-physiologische Einflussfaktoren der Beweglichkeit .....	281
3.6.4 Pathologische Faktoren der Bewegungseinschränkung .....	284
3.6.5 Dehnmethoden .....	288
3.6.6 Wirksamkeit .....	292
3.6.7 Dehneffekte und Wirkmechanismen .....	293
3.6.8 Indikation und Kontraindikation .....	297
<b>ExpertenINFO</b> (Mathias Reiser)	
Mind & Muscles .....	302
<b>3.7 Sportartspezifisches Muskeltraining am Beispiel der Leichtathletik</b> (Winfried Vonstein) .....	<b>306</b>
3.7.1 Sprint .....	306
3.7.2 Sprung .....	307
3.7.3 Wurf und Stoß .....	308
3.7.4 Lauf .....	308
3.7.5 Praktische Anwendung und Umsetzung des Krafttrainings in der Leichtathletik .....	309
3.7.6 Das Fundament: Rumpf- und Beckenstabilität .....	312
3.7.7 Krafttraining im Sprint .....	314
3.7.8 Krafttraining im Sprung .....	316
3.7.9 Krafttraining im Wurf und Stoß .....	318
3.7.10 Krafttraining im Lauf .....	320
<b>3.8 Muskuläre Ermüdung</b> (Karsten Krüger) .....	<b>324</b>
3.8.1 Energetische Ermüdung .....	324
3.8.2 Ermüdung durch die Akkumulation von Stoffwechselprodukten .....	325
3.8.3 Neuromuskuläre Ermüdungsprozesse .....	325
<b>3.9 Der Muskelkater</b> (Karsten Krüger) .....	<b>328</b>
3.9.1 Ursachen des Muskelkaters .....	328
3.9.2 Pathophysiologie des Muskelkaters .....	328
3.9.3 Der „Repeated bout“-Effekt .....	329
3.9.4 Prävention und Therapie des Muskelkaters .....	330
<b>ExpertenINFO</b> (Tim Naumann)	
Volle Kraft voraus in der Neurorehabilitation? .....	332



## 4 Muskel und Gesundheit

<b>4.1 Präventives und rehabilitatives Krafttraining – internistische Aspekte</b> (Karsten Krüger) .....	<b>336</b>
4.1.1 Grundsätzliche Aspekte des Krafttrainings zum Erhalt der Gesundheit .....	336
4.1.2 Krafttraining und Typ-II-Diabetes .....	336
4.1.3 Krafttraining und Bluthochdruck .....	337
4.1.4 Krafttraining und Übergewicht/Fettstoffwechselstörungen .....	337
4.1.5 Empfehlungen für ein gesundheitsorientiertes Krafttraining .....	338
<b>4.2 Grundlagen des Tapings</b> (Stefan Heck) .....	<b>340</b>
4.2.1 Das klassische Tape im Sport – allgemeine Grundlagen .....	340
4.2.2 Das elastische Tape im Sport .....	359
<b>4.3 Sportmassage</b> (Roland Kreutzer) .....	<b>370</b>
4.3.1 Allgemeine Grundlagen .....	370
4.3.2 Wirkprinzipien/Effekte der Sportmassage .....	370
4.3.3 Indikationen und Kontraindikationen .....	371
4.3.4 Massagetechniken und Behandlung .....	372

## 5 Anhang

<b>5.1 Das Skelett</b> .....	<b>384</b>
<b>5.2 Muskeln des menschlichen Körpers im Überblick</b> .....	<b>386</b>
<b>5.3 Ebenen und Richtungen des menschlichen Körpers</b> .....	<b>388</b>
<b>5.4 Literaturverzeichnis</b> .....	<b>389</b>
<b>5.5 Bildquellen</b> .....	<b>400</b>
<b>5.6 Index</b> .....	<b>401</b>

## 2.1 Elektrophysiologie des Muskels (Martin H. Maurer)

### Kapitelaufbau und Inhalt

Im folgenden Abschnitt werden die wichtigsten Punkte der Elektrophysiologie des Muskels besprochen:\*

- Das Ruhemembranpotenzial
- Das Aktionspotenzial
- Die Erregungsübertragung an der mechanischen Endplatte
- Die Prinzipien der elektromechanischen Kopplung
- Die Rolle der Natrium-, Kalium- und Kalziumionen bei der Erregungsbildung

### 2.1.1 Ruhemembranpotenzial

Ein Kennzeichen lebender Zellen ist die ungleiche Verteilung von Ionen zwischen Zellinnen- und -außenseite. Diese Ungleichverteilung entsteht durch die Funktion der Na<sup>+</sup>-K<sup>+</sup>-ATPase, einem Enzym, das unter ATP-Verbrauch ständig 3 Na<sup>+</sup> nach außen und 2 K<sup>+</sup> nach innen transportiert. Die Zellmembran ist zudem im Ruhezustand, außer für K<sup>+</sup>, nicht durchlässig für Ionen. Dadurch entsteht ein Ladungsungleichgewicht zwischen dem Zellinneren und dem Extrazellularraum mit einem negativen Ruhepotenzial. Dieses Ladungsungleichgewicht ist als Membranpotenzial messbar und beträgt im Ruhezustand für Skelett- und Herzmuskelzellen etwa -90 mV (innen negativ gegen außen). Dies entspricht ungefähr dem Membranpotenzial, das entstehen würde, wenn nur K<sup>+</sup> vorhanden wäre. Dieses sogenannte K<sup>+</sup>-Diffusionspotenzial oder K<sup>+</sup>-Gleichgewichtspotenzial stellt sich ein, wenn die Triebkraft, die das Konzentrationsungleichgewicht ausgleichen will, mit der Triebkraft, die das elektrische Ungleichgewicht (Ladungsungleichgewicht) ausgleichen will, im Gleichgewicht steht.

\*) Neben den speziell ausgewiesenen Quellen wurde für alle Unterkapitel des Kap. 2 auch allgemeine Literatur verwendet (► Anhang, S. 390; Literaturangaben zu Kap. 2)

### ✓ Memo

Das Ruhemembranpotenzial kommt durch die Natrium-Kalium-ATPase zustande und entspricht dem K<sup>+</sup>-Potenzial. Das Aktionspotenzial besitzt eine charakteristische Form und ist vor allem durch einen schnellen Na<sup>+</sup>-Einstrom bedingt.

### 2.1.2 Aktionspotenzial

Nerv, Skelett- und Herzmuskel ändern bei Erregung das Ruhemembranpotenzial (► Abb. 2.1). Das Membranpotenzial wird weniger negativ und die Membran somit depolarisiert. Dieser Vorgang wird als **Aktionspotenzial** bezeichnet.

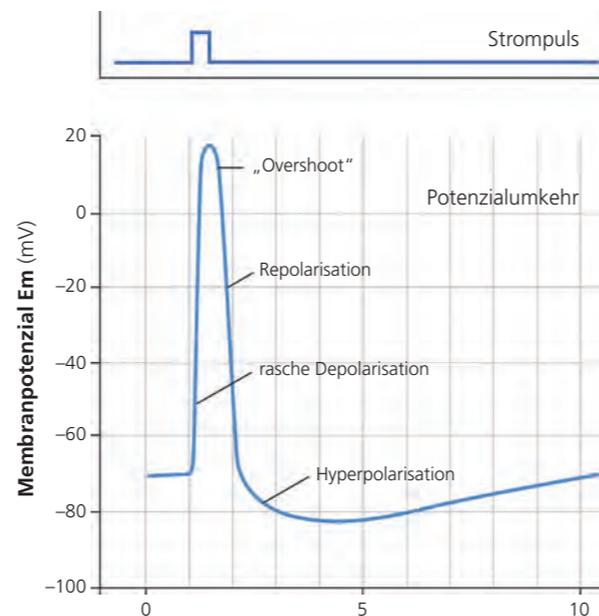


Abb. 2.1 Form des Aktionspotenzials bei Nerv und Muskel

Das Aktionspotenzial ist durch eine rasche Depolarisationsphase gekennzeichnet, während der das Membranpotenzial auch positive Werte annehmen kann (Overshoot). Diese Depolarisation wird durch die Öffnung von Na<sup>+</sup>-Kanälen verursacht, sodass Na<sup>+</sup> entlang dem Konzentrationsgradienten, d. h. von der höheren Konzentration zur niedrigeren, in die Zelle einströmen kann.

In der folgenden Repolarisationsphase öffnen Ca<sup>2+</sup>- und K<sup>+</sup>-Kanäle, wodurch sich diese Ionen aus dem Zellinneren nach außen bewegen und den ursprünglichen Zustand der

Ladungsverteilungen wiederherstellen. Dabei sind die K<sup>+</sup>-Kanäle länger geöffnet, was zu einer Hyperpolarisation der Membran führt: Die Zellmembran wird kurzfristig sogar negativer als in der Ruhesituation. Das Ruhemembranpotenzial stellt sich erst langsam wieder ein (► Abb. 2.1).

### 2.1.3 Neuromuskuläre Erregungsübertragung an der motorischen Endplatte

Die Erregungsübertragung vom Motoneuron auf den Muskel erfolgt über eine spezialisierte Synapse, die motorische End-

platte (► Abb. 2.2). Dabei wird bei einer elektrischen Erregung durch ein Aktionspotenzial, das entlang des Axons des Motoneurons geleitet wird, im synaptischen Endknöpfchen (Bouton terminal) der Neurotransmitter Acetylcholin in den synaptischen Spalt ausgeschüttet. Das Acetylcholin diffundiert auf die andere Seite des synaptischen Spalts und bindet reversibel an spezifische Acetylcholinrezeptoren. Diese öffnen Ionenkanäle (besonders für Na<sup>+</sup>), sodass ein kurzzeitiger Ionenstrom fließen kann und ein Endplattenpotenzial über der Membran entsteht. Das Endplattenpotenzial ist unter physiologischen Bedingungen stets so groß, dass die Membran der Muskelfaser depolarisiert und ein Muskelaktionspotenzial nach sich zieht (Katz 1971).

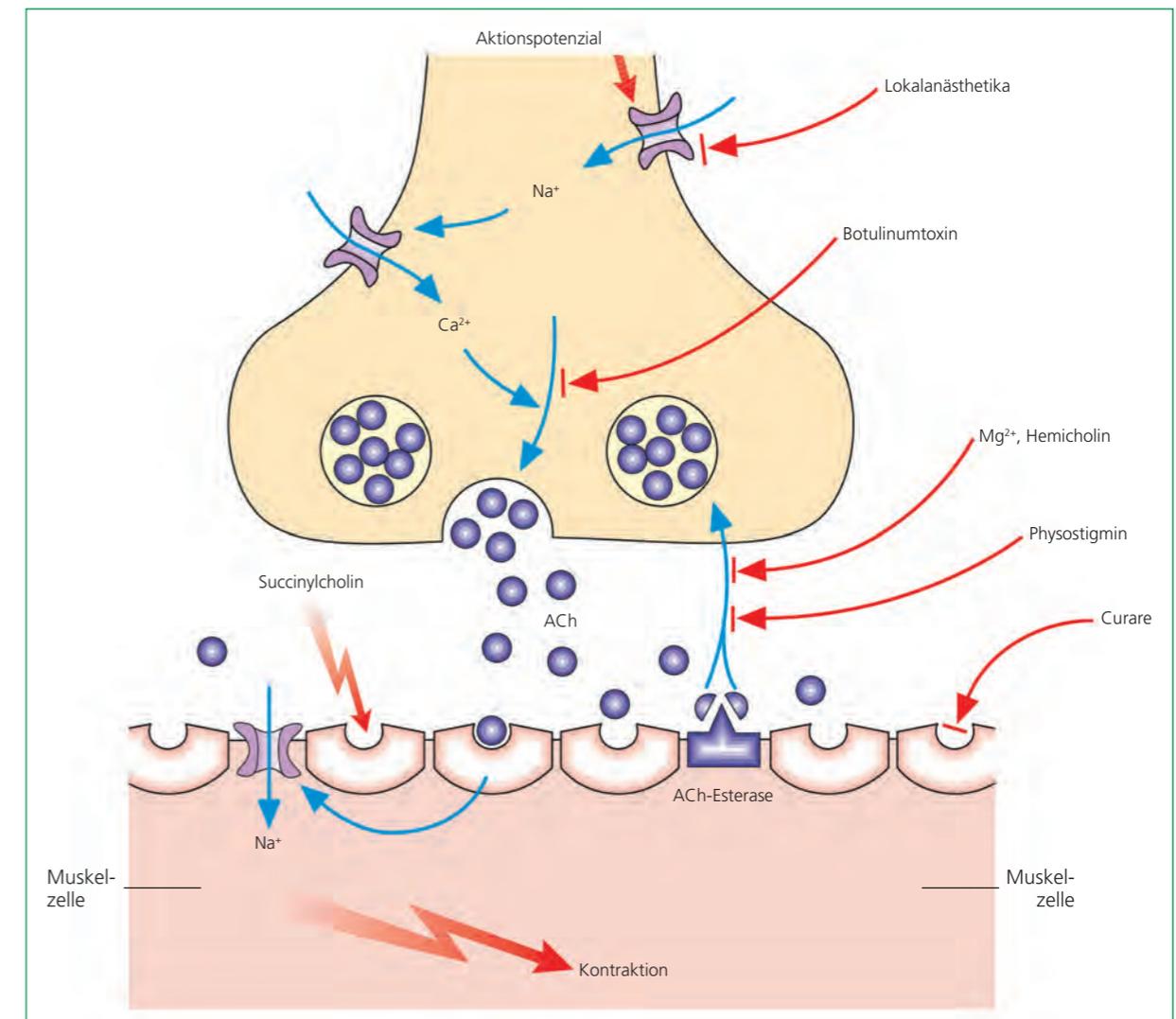


Abb. 2.2 Schematische Darstellung einer motorischen Endplatte (ACh, Acetylcholin)

Die Funktion der motorischen Endplatte kann durch zahlreiche Substanzen pharmakologisch beeinflusst werden (► Abb. 2.2, S. 151). Lokalanästhetika binden an den  $\text{Na}^+$ -Kanal und verändern dessen Struktur, sodass kein  $\text{Na}^+$  mehr einströmen kann. Dadurch können keine Aktionspotenziale mehr fortgeleitet werden.

- Botulinumtoxin hemmt die Ausschüttung des Transmittervesikels in den synaptischen Spalt.
- Succinylcholin und Curare binden an die Acetylcholinrezeptoren der postsynaptischen Membran und hemmen so die Erregungsübertragung.
- Physostigmin hemmt die Wirkung der Acetylcholinesterase, dem Enzym, das Acetylcholin spaltet und somit dessen Wirkung abschaltet. Dadurch steht Acetylcholin länger zur Verfügung und die postsynaptische Membran bleibt länger depolarisiert. Dadurch kann die nächste Erregung nicht mehr weitergeleitet werden.

### 2.1.4 Elektromechanische Kopplung

Die Erregungsübertragung an der motorischen Endplatte (► Abb. 2.3) erfolgt durch Depolarisation der Muskelmembran und Fortleitung der Erregung in das Innere der Muskelfaser durch das T-System, das aus tubulären Membraneinstülpungen gebildet wird, die quer (transversal) zu den Myofibrillen verlaufen.

Die Erregung wird durch einen spezifischen Sensor, den Dihydropyridin-Rezeptor (DHPR) aufgenommen. Dieser Rezeptor ist ein modifizierter Kalziumkanal, der aber im Skelettmuskel kaum  $\text{Ca}^{2+}$ -durchlässig ist. Die Depolarisation der Membran führt zu einer Veränderung der räumlichen Anordnung des Rezeptorproteins. Dadurch wird ein weiteres  $\text{Ca}^{2+}$ -Kanalprotein mechanisch geöffnet, der Ryanodin-Rezeptor (RyR). Diese Kanalöffnung induziert nun einen kurzfristigen  $\text{Ca}^{2+}$ -Einstrom in die Muskelzelle. Dieser  $\text{Ca}^{2+}$ -Einstrom führt zu

einer massiven  $\text{Ca}^{2+}$ -Freisetzung aus dem L-System, das parallel (longitudinal) zu den Myofibrillen verläuft und durch die Zisternen des sarkoplasmatischen Retikulums (SR) gebildet wird. Diese kalziumgetriggerte Kalziumfreisetzung (calcium-induced calcium release) führt zu einer Erhöhung der intrazellulären  $\text{Ca}^{2+}$ -Ionenkonzentration von  $10^{-7}$  mol/l auf  $10^{-5}$  mol/l (also etwa 100-fach erhöht!).  $\text{Ca}^{2+}$  dient dabei als „Second Messenger“ und bindet an Troponin C. Dadurch gibt das

Tropomyosin die Bindungsstelle für Myosin am Aktin frei und ein Querbrückenzyklus (s. u.) kann starten. Die Anordnung des T- und L-Systems im Skelettmuskel ist sehr regelmäßig: Ein T-System wird von zwei L-Systemen flankiert, die als Triade bezeichnet werden. Im Herzmuskel ist das L-System schwächer ausgeprägt und ein T-System wird von einem L-System flankiert, was als Diade bezeichnet wird.

### Lernkontrolle / Vertiefung

- Welche Wirkungen haben Hemmstoffe der Cholinesterase?
- Unter welchen Bedingungen wird Acetylcholin an der motorischen Endplatte freigesetzt?
- Welche Funktion hat  $\text{Ca}^{2+}$  bei der Muskelkontraktion und der elektromechanischen Kopplung?

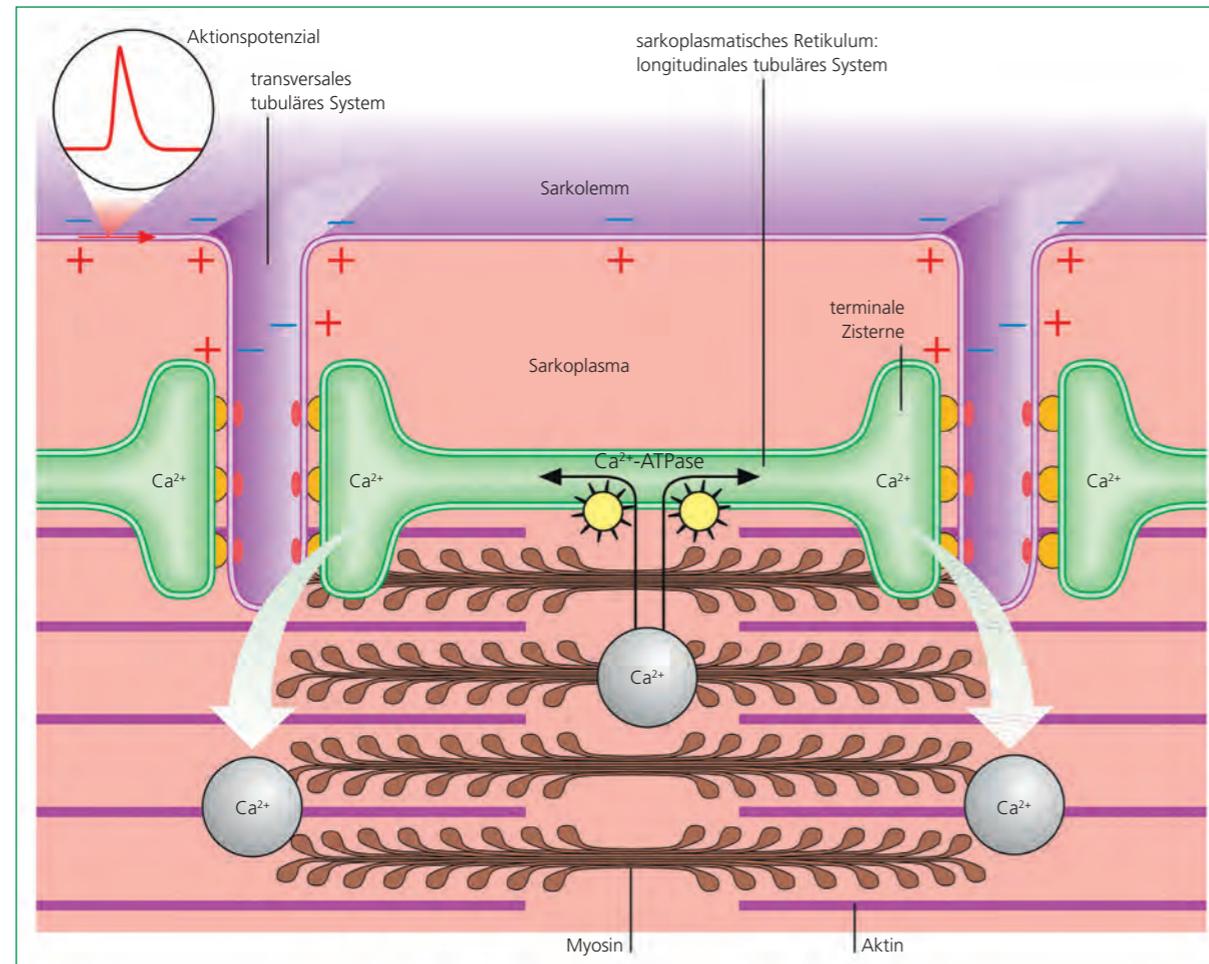
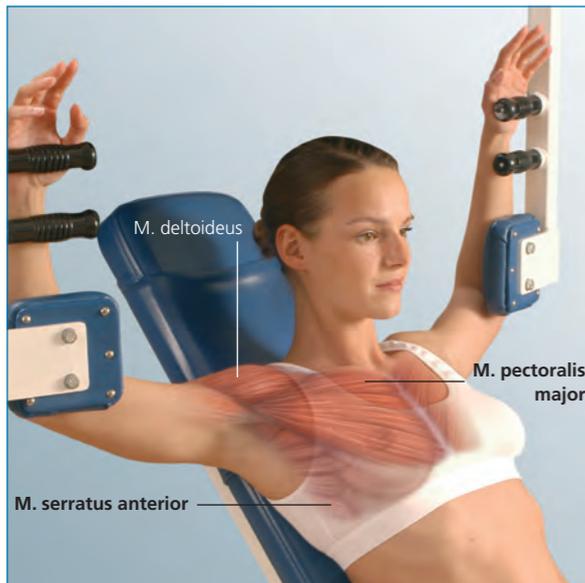


Abb. 2.3 Erregungsübertragung an der motorischen Endplatte



### Butterfly

#### Übungsvorbereitung

- Ggf. das Fußpedal als Einstiegshilfe verwenden.
- Die Sitzposition so wählen, dass die Schultern etwa auf der Drehachse des Gerätes liegen.
- Der Rücken liegt vollständig am Rückenpolster an.
- Die Oberarme von hinten an die Armpolster anlehnen, die Ellenbogen sind etwa auf Höhe der Schultern und leicht darüber und bilden einen rechten Winkel.

#### Übungsausführung

- Die Ellenbogen werden gegen den Widerstand vor dem Körper zusammengeführt.
- Anschließend der Belastung nachgeben und wieder in die Ausgangslage zurückkehren.

#### Variationen

- Der Rumpf-Oberarm-Winkel kann variiert werden.
- An einigen Geräten können die Arme nach innen rotiert werden (aktiviert bestimmte Anteile des Brustmuskels stärker).

#### Tipps

- Die Arme nur bis auf Höhe der Schulterachse zurückführen.
- Der Druck auf die Armpolster sollte an der Kontaktfläche erfolgen, nicht über die Hände.



### Flys (fliegende Bewegungen)

#### Übungsvorbereitung

- Der Oberkörper liegt auf einer Flachbank (Hüfte, Lendenwirbelsäule, Schultern und Kopf).
- Die Füße stehen auf dem Boden oder bei angewinkelten Beinen auf der Flachbank.
- Die leicht gebeugten und nach oben gerichteten Arme halten zwei Kurzhanteln (neutraler Griff) über der Brust.

#### Übungsausführung

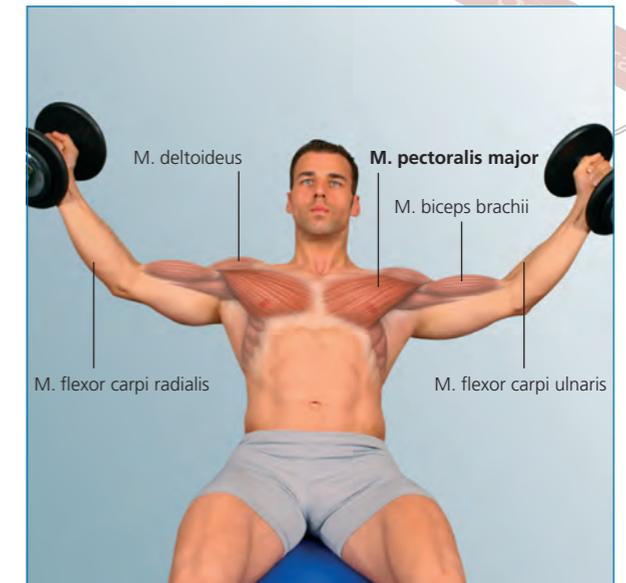
- Die Arme senken sich zusammen mit den Hanteln bogenförmig nach außen in Richtung Boden ab.
- Während der Bewegung nimmt die Beugung in den Ellenbogengelenken leicht zu.
- Wenn ein leichter Dehnreiz zu spüren ist, wird die Bewegung in die andere Richtung zurückgeführt und die Arme wieder nach oben gebracht.

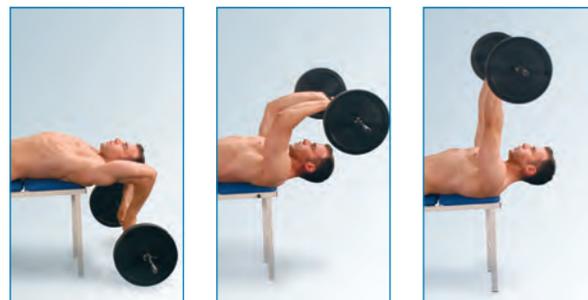
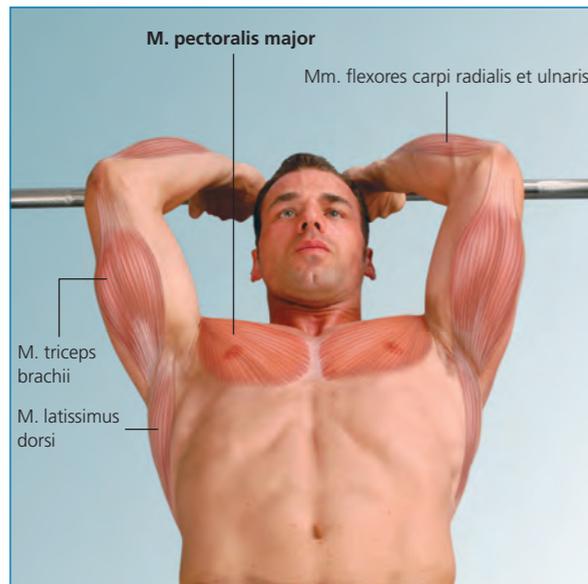
#### Variationen

- Der Neigungswinkel der Bank kann variiert werden (damit werden unterschiedliche Anteile der Muskeln trainiert).
- Die Übung kann auch auf einem Pezziball ausgeführt werden.
- Die Griffhaltung kann zwischen supiniert und proniert verändert werden.

#### Tipps

- Die Bank sollte ausreichend Bewegungsfreiheit für die Schultern beim Absenken der Gewichte ermöglichen.
- Die Arme sollten nur leicht gebeugt werden.
- Die Wirbelsäule sollte durch die Bank gestützt werden und nicht in ein Hohlkreuz fallen.





### Pullover (Langhantelüberzüge)

#### Übungsvorbereitung

- Der Oberkörper liegt auf einer Flachbank (Hüfte, Lendenwirbelsäule, Schultern und Kopf).
- Die Füße stehen auf dem Boden oder bei angewinkelten Beinen auf der Flachbank.
- Die Hantelstange befindet sich oberhalb der Schultern, die Arme sind kurz vor der Senkrechten und leicht gebeugt.
- Der Griff ist proniert und etwa schulterbreit.

#### Übungsausführung

- Die Hantel wird bogenförmig abgesenkt, wobei der Ellenbogen zunehmend gebeugt wird.
- Die Bewegung wird fortgesetzt, bis die Hantel in Richtung Boden hinter dem Kopf gebracht und ggf. ein leichter Dehnreiz zu spüren ist. Die Oberarme befinden sich dann etwa in der Verlängerung der Körperlängsachse.
- Anschließend wird von dort die Bewegung gleichmäßig und kontrolliert wieder zur Ausgangsstellung zurückgeführt.

#### Variationen

- Die Übung kann auch mit einer SZ-Stange oder einer Kurzhantel (an einer Hantelscheibe hängend halten) durchgeführt werden.
- Während der Übung kann auch der Winkel im Ellenbogen beibehalten werden, ohne ihn zunehmend beim Ablassen des Gewichts zu beugen.
- Es gibt Geräte, die diese Übung auch sitzend ermöglichen.

#### Tipps

- Die Rumpfmuskulatur anspannen, damit es beim Ablassen des Gewichts nicht zu einer Hohlkreuzhaltung kommt.
- Die Ellenbogen sollten nicht nach außen zeigen, sondern nach vorne gerichtet sein.

### Gerade Crunches

#### Übungsvorbereitung

- Der Rücken liegt flach auf dem Boden.
- Die Hände berühren leicht den Kopf und die Ellenbogen zeigen nach außen.
- Die Fersen stehen etwa hüftbreit auf dem Boden und die Knie bilden einen rechten Winkel.

#### Übungsausführung

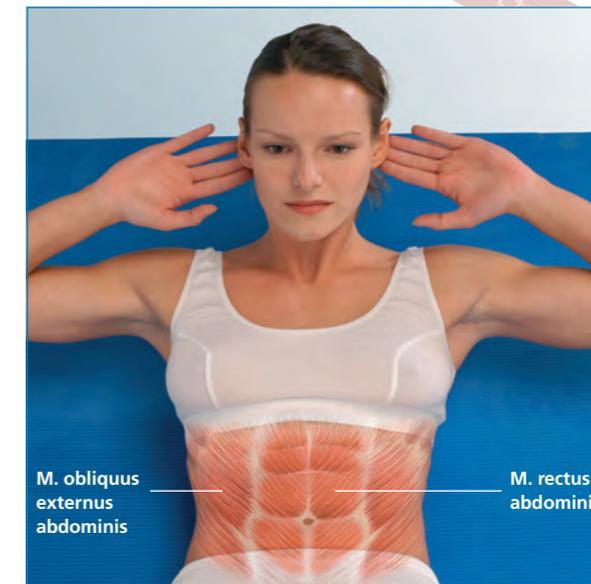
- Beginnend mit dem oberen Schulterbereich wird die Wirbelsäule eingerollt, sodass Kopf und Schulterpartie vom Boden abheben.
- Die Lendenwirbelsäule hat dabei stets Bodenkontakt.
- Anschließend die Bewegung entgegengesetzt ausführen und die Wirbelsäule langsam in Richtung Kopf wieder aufrollen.

#### Variationen

- Teilweise gibt es spezielle Geräte, die eine ähnliche Bewegung im Sitzen gegen einen Widerstand ermöglichen (Maschinencrunches).
- Die Übung kann zur Unterstützung der Wirbelsäule auch auf einem bogenförmigen Rückenpolster oder einem Pezziball ausgeführt werden.
- Die Intensität der Übung kann durch eine Hantelscheibe auf der Brust erhöht werden, die mit verschränkten Armen gehalten wird.
- Die Arme können in der Verlängerung der Wirbelsäule nach hinten oben gestreckt werden; erhöht ebenfalls die Intensität der Übung.
- Die Füße können enger an den Körper herangestellt werden oder weiter von ihm weg; bei der Übung können die Fußspitzen auch angezogen werden.

#### Tipps

- Die Hände nur leicht an den Kopf anlehnen, nicht damit am Kopf ziehen o. Ä.
- Der Kopf bleibt gerade (zwischen Kinn und Brust eine Handbreit Abstand lassen, Blick zur Decke).
- Der Körper wird beim Ausrollen der Wirbelsäule nicht ganz abgelegt und es wird nicht mit Schwung gearbeitet.



Grundlage dafür ist auch im Aufbautraining ein allgemeines Krafttraining, in dem unter keinen Umständen zu früh hoch-effektive und spezielle Mittel eingesetzt werden dürfen, wenn der Organismus nicht in seinem natürlichen langfristigen Adaptationsprozess nachhaltig und unwiderruflich gestört werden soll. Hohe Intensitäten im Nachwuchstraining würden zwar kurzfristig große Maximalkraftverbesserungen bewirken, allerdings den Entwicklungsprozess behindern und zur vorzeitigen Leistungsstagnation führen. Beim Krafttraining ist diese Gefahr erfahrungsgemäß besonders hoch, obwohl gerade bei wenig trainierten jungen Sportlern schon relativ geringe, auch unspezifische, Belastungen für ausgeprägte Kraftzuwächse genügen.

### Methodische Grundsätze im Krafttraining in der Leichtathletik

Für die Ausbildung und langfristige Entwicklung der Kraftfähigkeiten sind unbedingt methodische Grundsätze zu beachten, um die gesetzten Ziele erreichen zu können. Der Versuch, die gesamte Entwicklung unter Missachtung dieser methodischen Grundsätze zu verkürzen, führt in der Regel zu frühzeitiger Leistungsstagnation und häufig zu Verletzungsproblemen.

Folgende methodische Grundsätze sollten beachtet werden:

- Zentrale Bedeutung besitzt zunächst und vorrangig immer die Entwicklung der Bauch-, Rumpf- und Rückenmuskulatur zur Stabilisierung des Beckens (damit dieses aufgerichtet bleibt) und der Wirbelsäule.
- Muskuläre Dysbalancen sind in allen Trainingsetappen durch eine hohe Trainingsmittelvielfalt im Rahmen einer umfassenden Kräftigung und Dehnung zu vermeiden bzw. durch gezielte und akzentuierte Übungsauswahl sofort auszugleichen.
- Die technischen Elemente der eingesetzten Kraftübungen müssen beherrscht werden, bevor eine Belastungssteigerung erfolgt.
- Im Grundlagentraining erfolgt das Krafttraining mithilfe von vielfältigen, komplexen und koordinativen Kräftigungsübungen (funktionelle Kräftigungsgymnastik) in enger Verbindung zur Schnelligkeit sowie, unter Einsatz von Grundübungen, zur Entwicklung der Rumpfkraft, der Fußgelenkskraft und der Schultergelenkskraft.
- Trainingsziel und -schwerpunkt im Aufbautraining ist nachfolgend zunächst die breite Entwicklung komplexer allgemeiner Kraftfähigkeiten als Grundlage und Voraussetzung einer späteren zielgerichteten Maximalkraftentwicklung. Zu Beginn des Aufbautrainings sollte das allgemeine Krafttraining vorwiegend noch in Form des Kreis- oder Stationstrainings und unter Verwendung leichter Zusatzlasten bzw. unter Überwindung des eigenen Körpergewichts erfolgen.

- Im Aufbautraining sollte noch kein hochspezielles Krafttraining erfolgen: Insbesondere muss auf Niedersprunghöhen (Tief-Hoch-Sprünge), Sprünge mit Zusatzlasten, Zugwiderstandsläufe, Tiefkniebeugen, Hebungen mit gekrümmter Wirbelsäule sowie alle Übungen mit extrem hohen Zusatzlasten (z. B. auch ¼ Kniebeugen mit sehr hohen Gewichten) gänzlich verzichtet werden.
- Die Einhaltung des Prinzips der allmählichen Belastungssteigerung und dessen methodische Reihenfolge sind im Verlauf des Krafttrainings besonders zu beachten:
  - 1. Erhöhung der Trainingshäufigkeit
  - 2. Erhöhung des Umfangs
  - 3. Erhöhung der Reizdichte
  - 4. Erhöhung der Reizintensität
- Im Nachwuchstraining müssen die Kraftübungen vorrangig schnelligkeitsorientiert ausgeführt werden, statische Belastungen sind zu vermeiden. Geeignete Trainingsmethode ist daher zunächst die Schnellkraftmethode.
- Ein spezielles Krafttraining ausgewählter (disziplinspezifischer) Muskelgruppen darf erst auf Basis eines hohen gesamtmuskulären Kraftniveaus in der letzten Phase des Aufbautrainings beginnen.
- Zu Beginn des Maximalkrafttrainings eignen sich zunächst insbesondere das Muskelaufbautraining und die Pyramidenmethode; auf das intramuskuläre Koordinationstraining (Training mit maximalen Kräfteinsätzen) muss noch verzichtet werden.
- Im Rahmen des Krafttrainings sind zur Vermeidung von muskulären Verkürzungen Dehnübungen erforderlich.

### 3.7.6 Das Fundament: Rumpf- und Beckenstabilität

Jede Bewegung beginnt im zentralen Inneren des Körpers. Eine richtige Rumpf- und Beckenhaltung ist deshalb die Basis für jegliche Ausführung von Bewegungen. Eine möglicherweise vorhandene Kraft der Arme oder Beine kann nicht wirkungsvoll eingesetzt werden, wenn die Rumpf- und Beckenstabilität nicht bzw. nicht ausreichend vorhanden ist. Damit stellt die Rumpf- und Beckenstabilität einen wesentlichen und leistungslimitierenden Faktor für das Bewegungshandeln insgesamt dar.

Ohne ein stabiles, kräftiges Muskelkorsett in den Bereichen Schultergürtel, Bauch/Rücken und Hüfte kann der Rumpf nicht aufgerichtet werden. Ohne diese Aufrichtung würde die Arm- und Beinarbeit blockiert, weil die Pendelbewegungen der Extremitäten nur an einem festen Widerstand effektiv ausgeführt werden können.

### ✓ Memo

Die Entwicklung der Rumpf- und Beckenstabilität ist das absolut notwendige Fundament für Bewegungen und stellt damit die wichtigste Grundlage im Krafttraining für alle Disziplingruppen und Disziplinen dar.

Die zu entwickelnden Muskelgruppen sind:

- gerade und schräge Bauchmuskeln (M. rectus abdominis und M. obliquus internus et externus)
- Rückenmuskulatur (M. erector spinae)
- Zwischenschulterblattmuskulatur (M. trapezius und Mm. rhomboidei)
- Gesäßmuskulatur (M. gluteus maximus)
- Abduktoren (Beinabspreizer: Mm. abductores)

In Verbindung mit der gezielten Kräftigung der genannten Muskelgruppen müssen dazu die Hüftbeuger (M. iliopsoas), die Adduktoren (Mm. adductores) und die Brustmuskulatur (M. pectoralis major) gedehnt werden.

Die Basisübungen, mit deren Hilfe diese Muskelgruppen entwickelt werden, können ohne weitere Hilfsmittel oder Voraussetzungen an jedem Ort durchgeführt werden. Wir nennen sie je nach Zielgruppe die Leichtathletik-, Sprinter-, Läufer-, Springer-, Werfer-, Fitness- oder auch Fußballrolle usw. Das Prinzip ist ganz einfach, man rollt sich einmal um seine Längsachse herum (deshalb Rolle) und führt nach jeder Vierteldrehung eine entsprechende Kraftübung durch.

### Die Leichtathletikrolle

Die beschriebene Rolle sollte man für eine optimale Wirkung täglich ab dem Aufbautraining, unabhängig vom Training, durchführen. Steigerungsmöglichkeiten bestehen zunächst darin, zwei Rollen (ein Durchgang sind acht Übungen, d. h. man rollt sich zweimal um die Längsachse) nicht nur einmal, sondern zwei- bis fünfmal durchzuführen. Später kann man dann zur Steigerung der Belastung entsprechende Variationen der einzelnen Übungen einführen, ein umfassendes Physioalltraining durchführen und geeignete Krafttrainingsgeräte benutzen.

#### 1. Gerade Sit-ups für die gerade Bauchmuskulatur

In Rückenlage, die Beine auf die Fersen aufstellen, Fußspitzen anziehen. Lendenwirbelsäule flach auf dem Boden halten. Beide Arme flach außen am Körper vorbei in Richtung Füße schieben. Bauchnabel einziehen und dann so lange vom Kopf her Wirbel für Wirbel einrollen, bis der Schultergürtel vom Boden abgehoben ist. Dann entweder in kleinen Bewegungsamplituden hin und her bewegen oder die eingezogene Kör-



perhaltung eine Zeit lang halten (z. B. 30 Sekunden). Dabei ruhig weiter atmen. **Achtung:** Die Füße/Beine dürfen auf keinen Fall fixiert werden!

#### 2. Seitstütz für die seitliche Bauchmuskulatur



In der Seitenlage im Unterarmstütz liegt der freie, obere Arm ausgestreckt auf dem Rumpf. Beide Beine sind gestreckt, die Fußspitzen angezogen. Bauch und Gesäß anspannen und die Hüfte seitlich anheben, bis der Körper eine Linie bildet. Diese Position 30 Sekunden halten, danach ruhig in die Ausgangsposition zurückbewegen. Sollte das Becken vorher abkippen (nach vorne fallen), so ist die Übung sofort abzubrechen.

#### 3. Standwaage für den Rückenstrecker



Im Vierfüßlerstand (auf den Knien) jeweils ein Bein und den diagonalen Arm waagrecht zum Rumpf strecken, Bauchnabel einziehen und die Spannung 30 Sekunden halten. Anschließend Bein- und Armwechsel und die gleiche Übung nochmals ausführen. Darauf achten, dass das Becken nicht nach einer Seite kippt (Pobacken müssen stets gleich hoch sein).

#### 4. Seitstütz für die seitliche Bauchmuskulatur

Wie oben beschrieben (Übung Nr. 2), diesmal aber auf der anderen Seite.

#### 5. Bridging für den M. gluteus



Bei aufgestellten Beinen (auf Fersen) in Rückenlage auf dem Boden liegen, beide Arme neben dem Körper, die Hände flach auf dem Boden. Bauch und Gesäß anspannen und das Gesäß so weit anheben bis Oberschenkel und Rumpf eine Linie bilden. Diese Position 30 Sekunden halten, danach ruhig in die Ausgangsposition zurücklegen. **Achtung:** Die Halswirbelsäule sollte bei dieser Übung völlig flach liegen!

#### 6. Abspreizen seitlich für die Abduktoren



In der Seitlage das untere Bein mit einem 90°-Winkel in Hüfte, Knie und Fuß ablegen. Der untere Arm stützt den Kopf, der obere den Oberkörper (vor dem Bauch). Nach einem Spannungsaufbau in Bauch und Gesäß das obere Bein abspreizen (zur Decke), dabei die Fußspitze anziehen. Dann ent-

weder in kleinen Bewegungsamplituden hin und her bewegen (ohne das Bein auf dem unteren Bein abzulegen) oder die abgespreizte Beinstellung eine Zeit lang halten (z. B. 30 Sekunden). Während der Ausführung nicht mit dem oberen Bein nach vorne ausweichen.

#### 7. Hände hoch für die Zwischenschulterblattmuskulatur



In Bauchlage, Füße auf Fußspitzen aufstellen, beide Arme in einem Winkel von 90° vom Körper abwinkeln, dann anheben und entweder in kleinen Bewegungsamplituden auf und ab bewegen (ohne die Arme abzulegen) oder die angehobene Armstellung eine Zeit lang halten (z. B. 30 Sekunden).

#### 8. Abspreizen seitlich für die Abduktoren

Wie oben beschrieben (Übung Nr. 6), diesmal aber auf der anderen Seite.

### 3.7.7 Krafttraining im Sprint

In allen Sprintläufen besteht die Aufgabe in Bezug auf Kraft darin, den eigenen Körper geschwindigkeitsmaximierend in einem schnellen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus zu beschleunigen und ihn anschließend auf einem hohen Geschwindigkeitsniveau zu halten. Mehr verfügbare Kraft bedeutet im Grundsatz bei gleicher Schrittfrequenz, die in hohem Maße genetisch festgelegt ist, eine größere Schrittlänge und damit eine höhere Geschwindigkeit. Der Sprinter muss dazu in der zur Verfügung stehenden Zeiteinheit den größtmöglichen Kraftimpuls realisieren.

#### ✓ Memo

Beim Krafttraining im Sprint muss auf Basis einer gut entwickelten Maximalkraft die reaktive (Sprint-/Schnell-) Kraft optimiert werden.

Im Verlauf eines Trainingsjahres ist in den leichtathletischen Sprintdisziplinen auf Basis allgemeiner, grundlegender gesamt-muskulärer Kraftfähigkeiten das Niveau der Maximalkraft sowie der Explosivkraft, als Form der Schnellkraft, gezielt und forciert zu entwickeln. Danach werden die reaktive Kraft und anschließend die spezifische Sprintkraft (spezielle Schnellkraft bzw. für den Langsprint auch Schnellkraftausdauer) ausgeprägt.

Grundsätzlich differenziert man für den Sprint in diesem Sinne das Krafttraining in die Bereiche:

- allgemeines Krafttraining/Athletik
- Sprünge (kleine Sprünge, Vertikalsprünge, Horizontalsprünge)
- Maximalkrafttraining
- (spezielles) Schnellkrafttraining

In Tabelle 3.11 sind die Trainingsschwerpunkte im Krafttraining des Sprinters im Jahresverlauf angegeben. Krafttraining ist ein ganzjähriger Bestandteil des Trainings von Sprintern.

Tab. 3.11 Schwerpunkte im Krafttraining Sprint für die einzelnen Trainingsabschnitte

Abschnitt	Trainingsschwerpunkte
Vorbereitungsphase 1 u. 2: 1. Abschnitt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• allgemeines, vielseitiges Krafttraining</li> <li>• kleine und kurze Sprünge</li> <li>• Muskelaufbautraining (Hypertrophietraining)</li> </ul>
Vorbereitungsphase 1 u. 2: 2. Abschnitt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• allgemeines, vielseitiges Krafttraining</li> <li>• sprintspezifisches Maximalkrafttraining</li> <li>• Schnellkraftverbesserung durch spezielle Kraftübungen</li> <li>• lange und kurze Sprünge</li> </ul>
Vorbereitungsphase 1 u. 2: 3. Abschnitt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• optimale Sprint-/Schnellkraftentwicklung durch spezielle Kraftübungen</li> <li>• spezielle kurze Sprünge</li> <li>• Zugwiderstandsläufe</li> </ul>
Wettkampfphase 1 u. 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wettkampfbezogenes spezielles Krafttraining</li> <li>• Erhöhung der Ausführungsgeschwindigkeit</li> </ul>
Übergangsphase	<ul style="list-style-type: none"> <li>• allgemeines, vielseitiges Krafttraining</li> </ul>

Das **allgemeine Krafttraining oder die Athletik** umfasst die beschriebenen fundamentalen Übungen zur Rumpf- und Bauchkraft sowie Erweiterungen dazu. Weiterhin gehören Übungen zur Entwicklung der Arm-, Schulter-, Bein- und Fußmuskulatur dazu, also ein grundlegendes Krafttraining für den gesamten Körper. Bewährte Organisationsformen für die Gestaltung des allgemeinen Krafttrainings sind Zirkel- und Stationstraining. Die einzelnen Stationen umfassen Übungen für die gesamte Rumpf- und Beckenmuskulatur sowie für alle sprintspezifischen Muskelgruppen (Gesäß, Hüfte, Knie, Streckmuskulatur, ischiokrurale Muskelgruppe, Wade, Fußgelenkmuskulatur), aber auch für die Arm- und Schultermuskulatur. In Abhängigkeit vom Gesamtzustand und Trainingsalter erfolgt das allgemeine Krafttraining langfristig, durch umfassendes Muskeltraining an Geräten (► Kap. 3.2.9, S. 205 ff.), aber auch durch gezieltes Hanteltraining – mit Übungen wie beispielsweise Umsetzen, Anreißen, Kniebeuge in verschiedenen Variationen.

Sprünge werden im Sprinttraining in der Regel in allen Trainingsabschnitten eingesetzt, allerdings mit differenzierter Ausprägung und Ausführung. Dazu werden die Sprünge auf verschiedene Art und Weise eingeteilt.

Eine grundsätzliche systematische Einteilung der **Sprünge im Krafttraining** findet sich bei Killing (2008), die in der folgenden Tabelle aufgeführt wird (► Tab. 3.12, S. 316).

Im Zusammenhang mit dem Krafttraining im Sprint hat sich aber auch die in Tab. 3.13 skizzierte Einteilung bewährt (► S. 316).

Verschiedene Sprünge werden je nach Vorbereitungsstand und Trainingsabschnitt in Serien durchgeführt (z. B. 5 mal 3 mal 10). Die Gesamtanzahl kann dabei durchaus bis zu 600–800 Sprünge pro Trainingseinheit betragen, wenn sie als weitgehend eigene Trainingseinheit absolviert werden.

Sie können auch im Zusammenhang mit anderen Trainingsinhalten eingesetzt werden, dann sollten allerdings nicht mehr als etwa 60–120 Sprünge absolviert werden (jedoch nicht nach dem Sprinttraining).

Unter der Zielsetzung Schnelligkeit/Beschleunigung sollten Sprünge immer mit ausreichenden Pausen verbunden werden (1–2 Minuten nach jeweils 10 Sprüngen, 3–5 Minuten nach jeweils 30 Sprüngen).

Im **Maximalkrafttraining** kommen ausschließlich spezielle Hantelübungen oder Übungen an entsprechenden Geräten zum Einsatz, insbesondere diejenigen für die unteren Extremitäten (► Kap. 3.2.9, S. 232 ff.). Nachdem man im Zuge der entsprechenden Entwicklungen über eine lange Zeit Übungen an Geräten favorisiert hatte, ist man im absoluten Hochleistungsbereich wegen der höheren koordinativen Komponenten wieder zum Training mit Freihanteln zurückgekehrt. Das bedeutet allerdings, dass die entsprechende Rumpf- und Beckenkraft als Basis entwickelt werden muss.



**Abb. 4.19** Der dritte Therapiezügel verläuft an der Handinnenfläche von der Daumenseite des distalen zur Kleinfingerseite des proximalen Zügels



**Abb. 4.20** Der vierte Therapiezügel verläuft mittig am Handrücken vom distalen zum proximalen Anker



**Abb. 4.21** Der fünfte Therapiezügel verläuft am Handrücken von der Kleinfingerseite des distalen zur Daumenseite des proximalen Zügels



**Abb. 4.22** Der sechste Therapiezügel verläuft am Handrücken von der Daumenseite des distalen zur Kleinfingerseite des proximalen Zügels. (Semi-)zirkuläre Sicherung der Therapiezügel am distalen und proximalen Anker



**Abb. 4.23** Verschalung des Tapeverbands mit semizirkulären Tapeastreifen

### Extensionseinschränkung im Ellenbogen

Der Verband zur Extensionseinschränkung hat das Verhindern der endgradigen Extension bzw. Hyperextension bei Beibehaltung der freien Flexion im Ellenbogen zum Ziel.

Indikation:

- Distorsionen, Kontusionen
- Verletzung oder Insuffizienz des Kapsel-/Bandapparats
- Reiz- oder Überlastungszustände des M. biceps, M. brachialis bzw. M. brachioradialis

### ! Achtung

- Arm in Funktionsstellung (ca. 30° Flexion) einstellen
- Unterarm in Supination einstellen



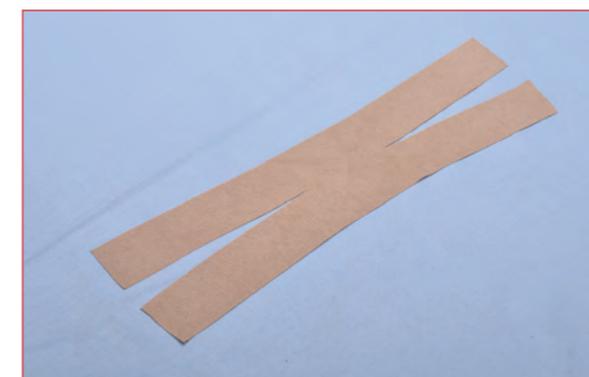
**Abb. 4.24** Anlage eines Ankers distal und proximal des Ellenbogengelenks



**Abb. 4.25** Anlage eines Korrekturzügels vom proximalen zum distalen Anker mit semizirkulärer Sicherung am proximalen und distalen Anker



**Abb. 4.26** Der zweite Korrekturzügel (Elastoplast) wird ungedehnt von der Schulter bis zum Handgelenk abgemessen



**Abb. 4.27** Der zweite Korrekturzügel (Elastoplast) wird mittig von beiden Seiten eingeschnitten, bis nur noch ca. 5 cm in der Mitte stehen



**Abb. 4.28** Der zweite Korrekturzügel wird, von der Ellenbeuge kommend, nach proximal und distal spiralförmig zu den Anker auslaufend anmodelliert (Elastoplast); der Ellenbogen bleibt frei

### Sprunggelenk

Der klassische Tapeverband für das Sprunggelenk stabilisiert das obere und untere Sprunggelenk.

Indikation:

- leichte bis mittelschwere Kapsel-/Bandverletzungen
- (chronische) Bandinsuffizienzen

### ✓ Memo

Funktionelle Tapeverbände stellen eine vielseitige und hochwertige Versorgungsmöglichkeit dar. Korrekt eingesetzt sind sie im Sport aus vielen Bereichen nicht mehr wegzudenken.

Genau wie die meisten anderen Therapieformen gibt es auch bei den Tapeverbänden klare Risiken und Grenzen, die in jedem Fall zu bedenken und einzuhalten sind. Angelegt werden sollten die Tapeverbände, bis auf wenige Ausnahmen, von geschultem Fachpersonal (Ärzte, Physiotherapeuten etc.).



**Abb. 4.42** Aus Schaumstoff werden individuelle Auspolsterungen für Innen- und Außenknöchel geschnitten. Ist dies nicht möglich, kann das Tape ohne Auspolsterung angelegt werden



**Abb. 4.43** Fixation des Schaumstoffs mit einer elastischen Binde



**Abb. 4.44** Der distale Anker verläuft proximal der Zehengrundgelenke semizirkulär und bleibt an der Fußunterseite 1–2 cm offen. Der proximale Anker verläuft handbreit über den Malleolen zirkulär



**Abb. 4.45** Der erste Therapiezügel verläuft von der inneren Fußunterseite des distalen Ankers medial über das Fersenbein und um die Achillessehne zirkulär zurück zum distalen Anker



**Abb. 4.46** Der zweite Therapiezügel verläuft gegensinnig zum ersten von der äußeren Fußsohle des distalen Ankers zirkulär über Fersenbein und Achillessehne zurück zum distalen Anker. Die Kreuzung der Zügel am Talus verhindert dessen Vorschub



**Abb. 4.47** Der dritte Therapiezügel verläuft U-förmig von distal zum proximalen Anker und umschließt die Malleolen von dorsal kommend zu einem Drittel



**Abb. 4.48** Der vierte Therapiezügel verläuft U-förmig von dorsal zum distalen Anker und umschließt die Malleolen von distal kommend zu einem Drittel



**Abb. 4.49** Weitere Therapiezügel verlaufen U-förmig von distal zum proximalen Anker bzw. von dorsal zum distalen Anker, jeweils um ca. 1 cm nach ventral bzw. proximal versetzt



**Abb. 4.50** Der Korrekturzügel läuft innen vom Talonavikulargelenk um die Fußsohle herum nach außen und oben, umschließt das Sprunggelenk von ventral und zieht über Innenknöchel und Achillessehne zum lateralen Rand des distalen Ankers



**Abb. 4.51** Der Fuß wird in eine leichte Pronationsstellung gebracht. (Semi-)zirkuläre Verschalung am Unterschenkel von distal nach proximal

**Muskelanlage ischiokrurale Muskulatur**

Indikation:

- muskuläre Probleme der ischiokruralen Muskulatur



**Abb. 4.64** Basis auf Ursprung der ischiokruralen Muskulatur. Abmessen der Tapelänge. Der Patient befindet sich in Vordehnung der ischiokruralen Muskulatur (Knie gestreckt, Oberkörper über Bank gelegt)



**Abb. 4.65** Muskeltechnik im Verlauf der ischiokruralen Muskulatur bis zur Innenseite des Kniegelenks



**Abb. 4.66** Variationsmöglichkeit: Der Tape Streifen wird oberhalb der Kniekehle mittig geteilt. Ein Schenkel verläuft nach innen, der andere an die Außenseite des Kniegelenks

**Muskelanlage M. deltoideus**

Indikation:

- Impingement-Syndrom
- Schulterarthrose
- muskuläre Probleme des M. deltoideus



**Abb. 4.67** Basis auf Ansatz des M. deltoideus. Zum Verkleben des hinteren Schenkels (Muskeltechnik) wird der Arm in horizontaler Adduktion auf der anderen Schulter abgelegt



**Abb. 4.68** Zum Verkleben des vorderen Schenkels wird der Arm im Schürzengriff hinter dem Rücken gelagert. Am oberen Ende laufen die Schenkel wieder aufeinander zu



**Abb. 4.69 a + b** Deutliche Faltenbildung der Haut (Convulsions) im vorderen und hinteren Schenkel bei Bewegung des Arms

