

Kapitel 47

- Effektoren versetzen Tiere in die Lage, auf Information aus ihrem Inneren und aus ihrer Umgebung zu reagieren. Die meisten Effektoren erzeugen mechanische Kräfte und führen zu Bewegung.

Mikrotubuli, Actinfilamente und Zellbewegung

- Zellbewegung beruht auf zwei Komponenten des Cytoskeletts, nämlich Mikrotubuli und Actinfilamenten (Mikrofilamenten).
- Die Bewegung von Cilien und Geißeln basiert auf Mikrotubuli.
- Actinfilamente ermöglichen tierischen Zellen, ihre Form zu verändern und sich zu bewegen.

Muskelkontraktion

- Die drei Typen der Wirbeltiermuskulatur sind glatte Muskulatur, Herzmuskulatur und Skelettmuskulatur (quergestreifte Muskulatur).
[Siehe Abbildung 47.1](#)
- Die glatte Muskulatur ermöglicht inneren Organen, sich zu kontrahieren. Glatte Muskelzellen sind elektrisch durch Gap Junctions verbunden; daher können sich Aktionspotenziale rasch durch glattes Muskelgewebe ausbreiten. Glatte Muskelzellen reagieren empfindlich auf Dehnung sowie auf Neurotransmitter aus dem autonomen Nervensystem.
[Siehe Abbildung 47.2](#) und [Tutorium 47.2](#)
- Die Herzwände bestehen aus Lagen verzweigter Herzmuskelzellen. Diese Zellen sind elektrisch durch Gap Junctions verbunden, sodass sich Aktionspotenziale rasch durch Herzmuskelschichten ausbreiten und koordinierte Kontraktionen bewirken können. Einige Herzmuskelzellen sind Schrittmacher, die den Herzschlag erzeugen.
- Die Skelettmuskulatur (quergestreifte Muskulatur) besteht aus Muskelfaserbündeln. Jede Muskelfaser ist ein durch Verschmelzen vieler Muskelzellen entstandenes Syncytium und enthält zahlreiche Zellkerne.
- Skelettmuskeln enthalten zahlreiche Myofibrillen, Bündel aus Actin- und Myosinfilamenten. Die regelmäßige, überlappende Anordnung von Actin- und Myosinfilamenten in den Sarkomeren zusammen mit der parallelen Anordnung der Myofibrillen verleiht der Skelettmuskulatur ihr quergestreiftes Aussehen. Bei der Kontraktion schieben sich die Actin- und Myosinfilamente teleskopartig übereinander.
[Siehe Abbildung 47.3](#) und [Aktivität 47.1](#)
- Beim molekularen Mechanismus der Muskelkontraktion spielt die Bindung der globulären Köpfe der Myosinmoleküle an Actin eine Schlüsselrolle. Bei der Bindung verändert der Myosinkopf seine Konformation, was dazu führt, dass die beiden Filamente aneinander vorbeigleiten. Damit sich die Myosinköpfe vom Actin lösen und in ihre ursprüngliche Konformation zurückkehren, ist ATP erforderlich.
[Siehe Abbildung 47.4](#)
- Die Plasmamembran der Muskelfaser geht in ein System von T-Tubuli (T-System) über, das sich bis tief in die Muskelfaser erstreckt.
[Siehe Abbildung 47.5](#) und [Aktivität 47.2](#)

- Wenn sich ein Aktionspotenzial über die Plasmamembran und durch das T-System ausbreitet, führt dies zur Freisetzung von Ca^{2+} -Ionen aus dem sarkoplasmatischen Reticulum in das Cytosol (Sarkoplasma). Die Ca^{2+} -Ionen binden an Troponin und verändern dessen Konformation. Dadurch ziehen die Troponinmoleküle die Tropomyosinstränge von den Myosinbindungsstellen auf den Actinfilamenten fort. Es kommt zum zyklischen Binden und Lösen von Actin- und Myosinfilamenten, und die Muskelfaser kontrahiert sich, bis das Ca^{2+} in das sarkoplasmatische Reticulum zurückgepumpt worden ist.
[Siehe Abbildung 47.6](#)
- Im Skelettmuskel verursacht ein einzelnes Aktionspotenzial eine Zuckung, eine minimale Kontraktionseinheit. Rasch aufeinander folgende Zuckungen können sich summieren, sodass sich die Kontraktionskraft bis zum Tetanus erhöht.
[Siehe Abbildung 47.7](#) und [Tutorium 47.1](#)

Muskelkraft und Muskelleistung

- Langsame Muskelfasern (Typ I-Fasern, ST-Fasern) sind an ausdauernde, aerobe Arbeit angepasst, schnelle Muskelfasern (Typ II-Fasern, FT-Fasern) hingegen daran, für kurze Zeit maximale Kräfte zu entwickeln. Das Verhältnis von langsamen zu schnellen Muskelfasern in der Muskulatur eines Individuums ist genetisch determiniert.
[Siehe Abbildung 47.8](#)
- Die Kraft, die eine Muskelfaser produzieren kann, hängt von ihrem anfänglichen Dehnungs- beziehungsweise Kontraktionszustand ab.
[Siehe Abbildung 47.9](#)
- Krafttraining fördert die Verdickung von Muskelfasern durch die Produktion zusätzlicher Myofibrillen. Durch aerobes Konditionstraining können Muskelfasern eine größere oxidative Kapazität erwerben.
- Die Muskelleistung hängt von der Energieversorgung ab. Gespeichertes ATP und Kreatinphosphat können unmittelbar eine maximale Kraftentwicklung speisen, dieser Vorrat ist aber innerhalb weniger Sekunden erschöpft. Die Glykolyse kann ATP rasch regenerieren, verlangsamt sich aber durch die Ansammlung von Milchsäure schnell. Der oxidative Stoffwechsel liefert ATP langsamer nach, aber über relativ lange Zeit.
[Siehe Abbildung 47.10](#)

Skelettsysteme

- Skelettsysteme bieten ein festes Widerlager, gegen das die Muskeln arbeiten können.
- Hydroskelette sind flüssigkeitsgefüllte Körperhöhlen, die von Muskeln unter Druck gesetzt werden können.
[Siehe Abbildung 47.11](#)
- Exoskelette sind gehärtete Körperoberflächen, an deren Innenseite Muskeln angeheftet sind.
- Endoskelette sind Systeme aus stab-, platten- und röhrenartigen Bauelementen im Körperinneren, die bei Wirbeltieren aus Knochen und Knorpel bestehen und an denen die Muskeln ansetzen.
[Siehe Abbildung 47.12](#)
- Knochengewebe wird ständig umgebaut, und zwar von Osteoblasten, die neues Knochenmaterial ablagern, und Osteoklasten, die Knochensubstanz erodieren.
[Siehe Abbildung 47.13](#)

- Knochen entwickelt sich aus Bindegewebsschichten (Deckknochen) oder durch Verknöcherung aus Knorpel (Ersatzknochen). Ersatzknochen können so lange weiterwachsen, bis die Zentren der Verknöcherung aufeinander treffen.

[Siehe Abbildung 47.14](#)

- Knochensubstanz kann massiv und hart sein (Substantia compacta) oder schwammartig (spongiös), mit zahlreichen Hohlräumen (Substantia spongiosa). Der größte Teil der kompakten Knochensubstanz von Säugern setzt sich aus Havers-Systemen (Osteonen) zusammen.

Siehe Abbildung 47.15

- Sehnen verbinden Muskeln mit Knochen, Bänder (Ligamente) verbinden Knochen miteinander.

[Siehe Abbildung 47.16](#)

- Muskeln und Knochen arbeiten im Gelenkbereich als Hebelsysteme zusammen.

[Siehe Abbildung 47.17](#), [Abbildung 47.18](#) und [Aktivität 47.3](#)

Andere Effektoren

- Zu den Effektoren, bei denen es sich nicht um Muskeln handelt, gehören Nesselkapseln, Chromatophoren, Drüsen und elektrische Organe.

[Siehe Abbildung 47.19](#)