

MERKE:

Die Abhängigkeit der maximalen Kraftentwicklung einer Skelettmuskelfaser von deren Vordehnung beruht auf - je nach Vordehnung - unterschiedlich starker Überlappung von Aktin- und Myosinfilamenten.

2.2.8 Steuerung der Kraftentwicklung

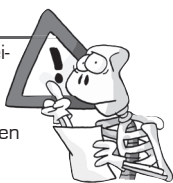
Das Gehirn hat mehrere Möglichkeiten, die Kraftentwicklung eines Skelettmuskels zu beeinflussen. Über die Pyramidenbahn steuert es die Aktivität der α -Motoneurone. Wird an solch einem Nerv ein einzelnes Aktionspotenzial erzeugt, schüttet er genügend Acetylcholin aus, dass die Muskelfaser einmal zuckt. Nach der Zuckung wird in der Muskelzelle mit Hilfe der Ca^{2+} -ATPase das Ca^{2+} wieder in das sarkoplasmatische Retikulum zurückgepumpt und der Muskel entspannt sich wieder.

Wenn das ZNS mehrere Aktionspotenziale am Motoneuron hintereinander auslöst, können sich die einzelnen Zuckungen überlagern. Die Muskelanspannung nach einer Zuckung lässt dann bei ausreichend hoher Frequenz nicht mehr schnell genug nach und die Einzelzuckungen summieren sich auf. Dieser Vorgang wird als **Superposition** bezeichnet.

Werden Aktionspotenziale in noch höherer Frequenz übertragen, bleibt den Ca^{2+} -ATPasen zu wenig Zeit, die Calciumionen in das sarkoplasmatische Retikulum zurückzupumpen. Die Einzelzuckungen überlagern sich (= Superposition) und verschmelzen zu einer einheitlichen, gleichmäßig anhaltenden Kontraktion des Muskels. Diese Art der Kontraktion bezeichnet man als **tetanische Kontraktion**.

Übrigens...

Eine (sub-)tetanische Kontraktion ist keineswegs krankhaft. Sie ist vielmehr die normale, vom Alltag bekannte Muskelkontraktion bei willkürlichen Bewegungen des Körpers.



Die Kraftentwicklung kann außer durch die Aktivität der α -Motoneurone auch dadurch gesteuert werden, dass innerhalb eines Muskels je nach Bedarf mehr oder weniger motorische Einheiten (s. S. 20) angesteuert werden. Ein Muskel wie z.B. der M. biceps brachii enthält viele motorische Einheiten, von denen jede einzelne mehrere hundert Muskelfasern hat. Wird nur

wenig Kraft benötigt, werden im Muskel nur wenige motorische Einheiten aktiviert. Deshalb sind bei den meisten Willkürbewegungen die **motorischen Einheiten asynchron tätig**. Ist die Maximalkraft gewünscht, muss das ZNS dafür sorgen, dass alle motorischen Einheiten herangezogen - man sagt auch rekrutiert - werden.

MERKE:

- Willkürliche Skelettmuskelkontraktionen sind in der Regel [unvollständig oder vollständig] tetanisch.
- Tetanische Kontraktionen entstehen durch Superposition [= mechanische Summation] von Einzelkontraktionen der Fasern.
- Motorische Einheiten sind bei willkürlichen Skelettmuskelkontraktionen meist asynchron tätig.

2.2.9 Kontraktionsformen

Unterschieden werden die isotonische und die isometrische Kontraktion, außerdem die Mischform auxotonische Kontraktion und schließlich die kombinierten Formen Anschlags- und Unterstützungszuckung. Keine Sorge – das sieht komplizierter aus als es ist...

**Isotonische Kontraktion**

Bei der isotonischen Kontraktion verkürzt sich ein Muskel, wobei die Kraftentwicklung während des Kontraktionsvorgangs konstant bleibt. Die Sarkomerlänge nimmt daher während der Kontraktion ab. Eine isotonische Kontraktion kommt im lebenden Organismus kaum vor, da die Kraftentwicklung während der Kontraktion nur selten tatsächlich unverändert bleibt.

Auf Abbildung 17 sieht man, dass bei einer isotonischen Kontraktion die Messpunkte für Kraft und Länge auf einer waagrechten Linie liegen.

Isometrische Kontraktion

Bei der isometrischen Kontraktion übt ein Muskel zwar Kraft aus, kann sich aber nicht verkürzen. Eine solche Kontraktion führt man z.B. aus, wenn man mit dem Arm gegen eine feststehende Mauer drückt: Es wird zwar Kraft an der Mauer ausgeübt, aber die Länge des Muskels ändert sich nicht. Allerdings wird der Muskel angespannt. Dadurch wird Druck auf die Muskelgefäße ausgeübt, so dass die Muskeldurchblutung bei einer isometrischen Kontraktion relativ schlecht ist und es schneller zur Ermüdung kommt.