

Muskelgewebe kann sich zusammenziehen, es kann sich kontrahieren. Es gibt drei Formen: glatte Muskulatur der inneren Organe, die quergestreifte Herzmuskulatur und die quergestreifte Skelettmuskulatur des Bewegungsapparates. Im Unterricht machen wir eine Tabelle der drei Muskelgewebe-Arten.

#### Glatte Muskulatur der inneren Organe

Muskelzellen in inneren Organen bilden Schichten funktioneller Zellverbände. Im Gegensatz zu den quergestreiften Muskelgeweben sind die in der Zelle befindlichen Strukturen (die ultrastrukturellen Bestandteile) im Lichtmikroskop nicht zu ahnen, die Organmuskulatur erscheint deshalb "glatt". Ein Wandbestandteil der Blutgefäße, die Tunica muscularis, besteht aus solch glatten Muskelzell-Schichten. Je nach dem Grad der Kontraktion der glatten Muskulatur ist das Gefäß eng oder weit. Kaum kontrahierte glatte Muskelzellschichten bedeutet, dass das Gefäß weit und der Druck in diesem Gefäß gering ist. Kontrahieren sich die Zellschichten stark, verengt sich der Gefäß-Durchmesser und der Blutdruck steigt.

Die glatte Muskulatur kann sich auch ohne Nervenimpuls zusammenziehen, dies tut sie dann sehr langsam. Im Körper wird die glatte Muskulatur daher vom autonomen (oder vegetativen) Nervensystem gesteuert. So kommt es zu schnelleren und vor allem zu koordinierten Bewegungen. Unser Magen-Darm-Trakt besitzt drei Schichten glatter Muskulatur, die über Nervengeflechte in der Organwand gesteuert werden. Fehlen diese Nervengeflechte wie beim Morbus Hirschsprung, spannt sich der nervenlose Dickdarmabschnitt zu stark an und es kommt zu einem Darmverschluss.

Glatte Muskulatur wird ausserdem auch hormonell zur Kontraktion angeregt: z.B. führt Prolaktin zur Kontraktion der Brustdrüse und so zum Austreiben der Muttermilch. Auch Adrenalin beeinflusst glatte Muskulatur: über die alpha1-Rezeptoren führt es bei Blutgefäßen der Haut zur Kontraktion, über beta2-Rezeptoren entspannt es die glatten Muskelzell-Schichten der Atemwege, was in der Asthma-Therapie in Form der beta2-Sympathomimetika Anwendung findet. Glatte Muskulatur ist auch im Harn- und Geschlechtssystem, im Auge (Iris und Aufhängeapparat der Linse), um Drüsen und als Haarmuskeln (M. arrector pili).

Nach Verletzungen heilen glatte Muskelzell-Schichten gut, da durch Mitosen und aus noch vorhandenen Mesenchymzellen Ersatzzellen gebildet werden können.

#### Quergestreifte Herzmuskulatur

Herzmuskelzellen bilden das verzweigte Maschenwerk des Herzmuskels. Die einzelnen Zellen sind durch komplexe Zellkontakte ("Glanzstreifen" oder "Disci intercalati") miteinander funktionell verbunden, so dass die Kontraktion einer einzelnen Zelle sich auf die Nachbarzellen fortsetzt. Herzmuskulatur erscheint im Lichtmikroskop quergestreift, was durch die Anordnung der intrazellulären Filamente zustande kommt. Diese bilden die Grundlage der Kontraktion. Auch das Herzmuskelgewebe ist wie die glatte Muskulatur für die Kontraktion nicht notwendiger Weise auf Nervenimpulse angewiesen. Das Herz hat zudem ein eigenes Reizleitungssystem (Sinusknoten, AV-Knoten, His-Bündel, Purkinje-Fasern). Dennoch wird es vom vegetativen Nervensystem zusätzlich gesteuert. Wie bei der glatten Muskulatur unterliegt die Kontraktion der Herzmuskulatur nicht unserem Willen. Im Gegensatz zu den beiden anderen Muskelgewebe-Arten gibt es keine Ersatz-Zellen bei der quergestreiften Herzmuskulatur. Verletzungen des Herzmuskels werden also nicht durch Muskelgewebe ersetzt, sondern durch Bindegewebe: jeder Herzinfarkt hinterlässt eine Narbe.

#### Quergestreifte Skelettmuskulatur

Die Muskeln unseres Bewegungsapparates werden aus der quergestreiften Skelettmuskulatur gebildet. Die deutliche Querstreifung ergibt sich durch die lichtbrechenden Eigenschaften der intrazellulären Myofibrillen. In der Embryonalzeit schliessen sich die Vorläuferzellen zu langen Schläuchen zusammen: es bildet sich ein echtes Synzytium, eine

echte Zellverschmelzung. Daher nennt man die erwachsenen "Skelettmuskel-Zellen" auch richtiger Skelettmuskel-Fasern. Eine Skelettmuskelfaser kann mehrere Zentimeter lang sein und enthält viele Zellkerne der verschmolzenen Myoblasten, der Bildezellen. Sarkoplasma nennt man das Zytosol der Fasern. Neben den intra-sarkoplasmatischen Myofibrillen ist auch das sarkoplasmatische Retikulum bemerkenswert: es bildet das L-Tubulus-System, ausgedehnte Ca-Speicher um die Myofibrillen. Als T-Tubulus-System werden regelmässige Einstülpungen der Zellmembran, richtiger des Sarkolems, bezeichnet. Durch die T-Tubuli dringt der depolarisierende Impuls auf dem Sarkolem bis tief zu den Ca-Speichern vor, was der quergestreiften Skelettmuskulatur eine sehr schnelle Reizantwort ermöglicht. Die Myofibrillen werden durch Myofilamente gebildet, deren regelhafte Anordnung die Kontraktion ermöglicht. Myosin und Actin sind die beiden fadenartigen Myo-Filamente, die wie zwei Käbme ineinander stecken und sich in ihrer Anordnung entlang einer Myofibrille immer wiederholen. Das Actinfilament besteht wiederum aus Actin, Tropomyosin und Troponin, das eine hohe Ca-Affinität aufweist. Aus dem L-Tubulus-System ins Sarkoplasma geschüttetes Ca öffnet am Actinfilament eine Bindungsstelle für die Myosinfilamente. Die Myosinfilamente weisen bewegliche Köpfe auf, mit denen sie an dieser Bindungsstelle anhaften. Durch ATP-Spaltung verformt sich der Kopf des Myosins, dabei wird der "Myosin-Kamm" etwas in den "Actin-Kamm" hineingezogen, es kommt zur Kontraktion ("Sliding-Filament-Theory"). Das ganze bildet also eine Art molekularen Motor. Skelettmuskulatur ist auf eine Innervation angewiesen: ohne Nervenimpuls keine Kontraktion. Diese Muskelkontraktionen sind willkürlich und bewusst. Ersatzzellen liegen als sogenannte Satellitenzellen zwischen den grossen Muskelfasern. Bei Zerstörung einer oder mehrerer Fasern teilen sich die Satellitenzellen und verschmelzen wie in der Embryonalzeit zu Muskelfasern.

#### Zusammenfassung

Muskelgewebe kann sich kontrahieren. Dafür ist es auf Ca, ATP und andere Stoffe angewiesen: Die Kontraktion der Skelettmuskulatur ist willkürlich und bewusst. Jede Verletzung des Herzmuskels führt zu einer Narbe. Während der Herzmuskel ein funktionelles Syncytium darstellt, ist die Skelettmuskelfaser ein echtes Syncytium.

Noch eine Frage zum Schluss:

Bei einer Hyper-Respirations-Tetanie kommt es zum Krampf der kleinen Hand- und Fussmuskeln und der perioralen Muskeln des Gesichtes. Wieso eigentlich? Tipp: Es hat etwas mit der Muskel-Grösse, der Innervation und dem Calcium zu tun ...

Literatur und Links:

R. V. Krstic "Die Gewebe des Menschen und der Säugetiere" Springer Heidelberg 1982

Junqueira, Carneiro, Gratzl "Histologie" Springer Berlin 2004

Sehr lesenswert: [http://de.wikipedia.org/wiki/Morbus\\_Hirschsprung](http://de.wikipedia.org/wiki/Morbus_Hirschsprung)

Eine Animation der Sliding-Filament-Theory: <http://health.howstuffworks.com/adam-200006.htm>

Eine Animation der Actin-Myosin-Interaktion:

[http://www.sci.sdsu.edu/movies/actin\\_myosin\\_gif.html](http://www.sci.sdsu.edu/movies/actin_myosin_gif.html)