

Über die Muskeln.

Von

Prof. Dr. Josef Schaffer.

Vortrag, gehalten den 15. Jänner 1896.

(Mit Demonstrationen.)

Mit 14 Abbildungen im Texte.

Die Muskeln bieten vom Standpunkte des Histologen ein besonderes Interesse, weil sie eine scharf umschriebene Gewebegruppe darstellen, welche durch den feineren Bau und die eigenthümliche Lebenthätigkeit ihrer Elemente ausgezeichnet ist. Noch aus einem anderen Grunde wird der Histologe gerne die Muskeln zum Gegenstande eines Vortrages wählen. Es sind namentlich unsere Kenntnisse über den feineren Bau der Muskeln ein schönes Beispiel für den Fortschritt der histologischen Forschung, den wir wohl hauptsächlich der Vervollkommnung des Mikroskopes verdanken.

Die Kenntnisse der Alten waren in diesem Punkte höchst primitive, grob schematische, während wir heute in den Elementen der Muskeln überaus fein und verwickelt gebaute Gebilde erkennen, deren Structur in innigstem Zusammenhange mit ihrer Function steht, sodass wir mit Sicherheit aus einem anderen Bau auf eine andere Art der Lebensverrichtung schließen können.

Da ich aber nicht vor Fachgenossen spreche, musste der Gegenstand meines Themas auch von all-

gemeinem Interesse sein; ein solches hoffte ich zu erwecken, indem ich jenen Bestandtheil des thierischen Körpers zum Gegenstand meines Vortrages wählte, welcher einerseits alle sichtbare Bewegung unseres Körpers vollführt, andererseits eines unserer Hauptnahrungsmittel bildet; denn was der Anatom als Muskel bezeichnet, deckt sich im allgemeinen mit dem vulgären Ausdrucke Fleisch.

Im einzelnen allerdings weichen oft die Auffassung des Volkes und die der Wissenschaft weit auseinander, indem nicht alles, was als Fleisch gilt, Muskel ist und es viele Muskeln gibt, wo man im gewöhnlichen Sprachgebrauch nicht von Fleisch sprechen würde. Ein classisches Beispiel hiefür liefert unser aus alter Zeit stammendes kirchliches Fleischverbot. Die Muskulatur eines Fisches oder Frosches ist im wesentlichen ebenso gebaut und zusammengesetzt wie die eines Hasen oder Rehes; die Fischotter, die Tauchente besitzen ebensolche Muskulatur wie ein Kaninchen oder Truthahn. Aber auch die Muskulatur eines Krebses oder einer Auster zeigt dieselben feineren Bauverhältnisse wie die der warmblütigen Thiere. Dasselbe gilt von den Muskeln eines Regenwurmes, einer Fliege, eines Käfers; ja wir werden sehen, dass der Käfermuskel geradezu die compliciertesten Structurverhältnisse zeigt. Auf der anderen Seite muss betont werden, dass wir keine Spur von Fleisch, d. h. Muskel verzehren, wenn wir ein schmackhaftes Bries, eine Leber oder Niere zu uns nehmen.

Viel besser deckt sich der Begriff Muskel mit dem eines Vollführers jeder mit freiem Auge sichtbaren Bewegung des Thieres, den freien Fall desselben ausgenommen. Der gehende Mensch, der flüchtige Hirsch, der schwimmende Fisch, der flatternde Schmetterling, der kriechende Wurm, ja auch der springende Floh, sie alle verdanken ihre Beweglichkeit der Thätigkeit von Muskeln, die im Principe große Ähnlichkeit und Übereinstimmung in ihrem feineren Baue besitzen.

Aber auch jegliche Arbeit, die der Mensch leistet, vollführt er mittels seiner Muskeln, und betrachten wir die mannigfachen Arten der Arbeitsleistung, so müssen wir von tiefster Bewunderung erfüllt sein für eine Einrichtung von solcher Vollkommenheit, Modulationsfähigkeit und Präcision, wie sie unsere Muskulatur darstellt.

Sie alle haben gewiss schon Gelegenheit gehabt, die Kraft- und Kunstleistungen von Athleten und sogenannten Artisten zu bewundern; was da die Muskeln leisten, ist oft verblüffend. Aber was will das besagen gegen die Arbeit eines Lithographen, eines Kupferstechers, gegen die Geläufigkeit eines Claviervirtuosen oder eines Paganini. Die grobe Arbeit des Holzknechtes, die kunstvollste Leistung eines Kalligraphen vollführt der Muskel. Er vollführt sie allerdings als Maschine, die vom Gehirne aus dirigiert wird, aber als Maschine ohne Gleichen.

Die erhabensten Gedanken des menschlichen Genius, die göttlichste Kunst, sie wären für uns ver-

loren, wenn sie uns nicht die Thätigkeit von Muskeln, die unseren Kehlkopf versorgen, die unsere Hand zu einem Wunderwerk gestalten, vermitteln würde. Dies ist jedoch nicht die einzige Bedeutung der Muskeln; sie sind auch wesentlich für die Schönheit und Wohlfahrt unseres Körpers.

Es ist somit gewiss von allgemeinem Interesse, den feineren Aufbau und die Lebensthätigkeiten dieser wundervollen Einrichtung unseres Körpers kennen zu lernen. Jeglicher Muskel setzt sich zusammen aus einer wechselnden Anzahl faseriger Elemente, die wir als Muskelfasern bezeichnen, und welche vor allem dadurch ausgezeichnet sind, dass sie sich auf gewisse Reize hin der Länge nach verkürzen und gleichzeitig an Dicke zunehmen, ohne jedoch bei diesem Vorgänge ihr Volumen zu verändern. Hört der Reiz auf, so kehrt die Faser wieder in den Ruhezustand zurück, wobei sie jedoch stets nur passiv (durch Zug von außen) die frühere Länge erreicht. Diese Fähigkeit der Muskelfaser bezeichnet man als Contractilität.

Dadurch nun, dass die Muskelfasern untereinander durch ein lockeres, aber festes Bindemittel vereinigt sind, welches wieder unmittelbar oder durch zugfeste, nicht elastische Bindegewebsstränge, die Sehnen, mit beweglichen Theilen verbunden ist, vermögen sie durch ihre Verkürzung diese Theile in Bewegung zu versetzen.

Die Hauptmasse der ganzen Muskulatur wirkt am Skelete und rufen hier die Muskeln durch ihre

Contraction alle jene mannigfachen und oft höchst complicierten Bewegungen hervor, welche das Hauptmerkmal des thierischen Organismus gegenüber dem pflanzlichen bilden. Ein Theil der Muskeln findet sich aber auch unabhängig vom Skelet, an und in Weichtheilen, wie z. B. in der Zunge, am Kehlkopf, an der Speiseröhre u. s. w.

Die Mehrzahl dieser Muskeln können wir jederzeit durch unseren Willen zur Thätigkeit veranlassen und kommt uns in den meisten Fällen ihre Thätigkeit zum Bewusstsein, d. h. wir spüren, wenn sie sich zusammenziehen. Man bezeichnet sie daher auch als willkürliche Muskeln.

Die Thätigkeit einer weitverzweigten Muskelgruppe spielt sich jedoch fortwährend in unserem Körper ab, ohne dass sie uns zum Bewusstsein kommt — unter normalen Verhältnissen — und ohne dass wir sie durch unseren Willen beeinflussen könnten; es sind dies die unwillkürlichen Muskeln.

Einige Beispiele sollen diese Unterschiede erläutern. Greifen wir zum Beispiel nach einem Gegenstand oder heben wir unsere Beine, um einen Schritt zu machen, drücken wir mit der Zunge gegen einen Fremdkörper zwischen den Zähnen oder drehen wir den Kopf, um ihn in eine bestimmte Blickrichtung zu bringen, so sind dies willkürliche Bewegungen, welche uns jederzeit zum Bewusstsein kommen, über deren Ausmaß wir eine Vorstellung haben und die wir so einrichten, dass der beabsichtigte Zweck am besten

erreicht wird. Dagegen haben wir keine Ahnung davon, dass z. B. unser Darm in fortwährender wurmförmiger Bewegung ist, die man als Peristaltik bezeichnet, und welche für die Fortbewegung des Darminhaltes von wesentlicher Bedeutung ist. Wir können diese Bewegung willkürlich ebensowenig beeinflussen, als wir es z. B. verhindern können, dass wir bei Kälteempfindung eine sogenannte Gänsehaut bekommen, d. h. dass sich zahllose kleine Muskelbündelchen, die in unserer Haut an jedes Haar laufen, zusammenziehen, wodurch die Haut um das Haar in Form eines Höckerchens vorgewölbt wird. Unter normalen Verhältnissen empfinden wir es nicht, dass sich unser Herz beiläufig 72 mal in der Minute zusammenzieht, ebensowenig, als wir diese Bewegung verlangsamen oder beschleunigen können.

Untersuchen wir nun den feineren Bau der verschiedenen Muskeln, beziehungsweise den ihrer faserigen Elementartheile, so finden wir außer den eben besprochenen physiologischen Unterschieden auch sehr auffallende histologische oder Strukturverschiedenheiten. Von diesem Gesichtspunkte aus können wir drei Arten von Muskelfasern unterscheiden: 1. die glatten Muskelfasern, 2. die Herzmuskelfasern und 3. die quergestreiften Muskelfasern im gewöhnlichen Sinne des Wortes.

Die glatten Muskelfasern sind unserer Willkür nicht unterworfen. Sie stellen dünne, meist spindelförmige oder bandartig abgeflachte, an beiden Enden

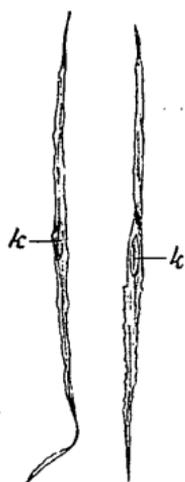


Fig. 1 a.

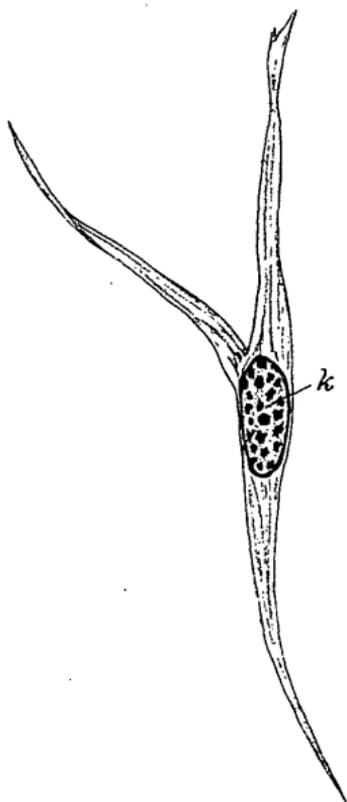


Fig. 1 b.

a Isolierte glatte Muskelzellen aus der Magenwand des Frosches. (Vergr. 124). *b* Eine ebensolche verzweigte Faser aus der Wandung der Giftdrüse des Erdmolches. *k* Kern. (Vergr. 556.)

zugespitzte Fasern von 0·045—0·2 mm Länge und 0·004—0·01 mm Breite dar, welche in ihrer Mitte einen stäbchenförmigen Kern besitzen und somit als stark in die Länge gezogene Zellen aufgefasst werden können, deren Protoplasma die Fähigkeit der Contrac-

tilität besitzt (Fig. 1). Man nennt sie daher auch contractile Faserzellen.

An einzelnen Stellen des menschlichen und thierischen Körpers kommen auch verästelte Formen vor (Fig. 1 b).

Sie sind durch eine Kittmasse (Fig. 2 i) zu Bündelchen verbunden in der Weise, wie man spitzwinkelige Rhomben aneinanderlegen würde, um eine Fläche zu bedecken; diese Bündelchen theilen sich und vereinigen sich wieder mit anderen, so-



Fig. 2.

Querschnitt
eines glatten Muskel-
bündelchens aus dem
Dünndarm des Men-
schen. *k* Kerne. *i* Kitt-
substanz.

(Vergr. 556.)

dass netzartige Geflechte entstehen, in deren Maschen Bindegewebe mit Blutgefäßen eingelagert ist. An anderen Stellen finden wir wieder vereinzelte Bündelchen, ja vereinzelte Fasern oder mächtige geschlossene Lagen, hautartige Platten, welche ganz aus glatten Muskelfasern bestehen.

Der Kitt, welcher die Fasern verbindet, ist im frischen Zustande trotz seiner Weichheit so fest, dass man die Fasern nicht isolieren kann, ohne sie zu zerreißen. Man muss denselben also erst lösen, wenn man einzelne Fasern erhalten will.

Bei gewissen Behandlungsweisen zeigt die Faser eine deutliche feine Längsstreifung, am Querschnitte eine Punktierung; sie erscheint demnach noch aus

dünnsten Fäden, sogenannten Fibrillen zusammengesetzt, zwischen denen eine Bindemasse liegt, in der auch stets der Kern eingeschlossen erscheint.

Diese Fibrillen sind es, welche die Fähigkeit der Contraction besitzen, während die Zwischensubstanz der Rest des ursprünglichen Zellprotoplasmas ist und daher auch als Sarkoplasma ($\sigma\acute{\alpha}\rho\acute{\xi}$, das Fleisch) bezeichnet wird.

Die Oberfläche der Fasern erscheint glatt oder, besonders wenn die Fasern im Zustande der Contraction abgestorben sind, eigenthümlich zackig. Man hat diese Zacken (Fig. 3)

als Verbindungsbrücken zwischen den Zellen gedeutet; andererseits werden sie jedoch auch als Faltenbildungen eines zarten Häutchens aufgefasst,

welches zwischen den Faserzellen durchzieht und für jede Faser eine schlauchförmige Umhüllung darstellt.

Die glatten Muskelfasern sind sehr weit verbreitet im menschlichen Körper; ihre wichtigste Aufgabe besteht darin, die Wandungen von Hohlräumen, welche einen veränderlichen Fassungsraum besitzen, bilden zu helfen. So finden wir sie in der Wandung der Blut-

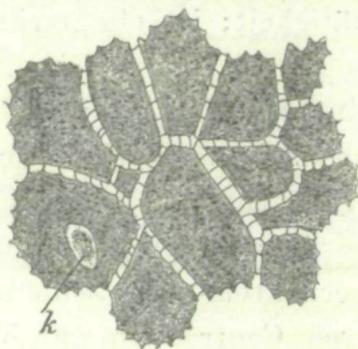


Fig. 3.

Querschnitt glatter Muskelzellen aus der Darmwand der Katze. Zustand der Verkürzung. Verbindungsbrücken zwischen den Zellen. Sehr starke Vergrößerung.

und Lymphgefäße, der Luftröhre und ihrer Verzweigungen, des ganzen Darmrohres und des Harn- und Geschlechtsapparates.

Alle diese Röhrensysteme werden passiv ausgedehnt, und würde ihre natürliche Elasticität auf die Dauer nicht genügen, den nöthigen Gegendruck herzustellen. Da treten nun die glatten Muskelfasern in Thätigkeit; ist ein gewisser Dehnungsgrad der Wandung erreicht, so wirkt derselbe als Reiz auf die Muskeln, den diese in ihrer Art beantworten, indem sie sich zusammenziehen und dadurch den Innenraum verengern.

In anderen Fällen umgeben die glatten Muskelfasern kreis- oder schleifenförmig Öffnungen, die sie durch Contraction zur Verengung oder zum Verschluss bringen. Man nennt solche Muskeln Sphinkteren oder Schließmuskeln. Ein solcher bewirkt z. B. die Verengung der Pupille, des Sehloches in der Regenbogenhaut.

Endlich kommen glatte Muskelfasern vereinzelt oder in Form kleiner Bündelchen vor in den Darmzotten, in den Lymphknoten, in der Milz und in der Haut, wo an jedes Haar ein solches Bündelchen herantritt.

Den glatten Muskelfasern reihen sich die Herzmuskelfasern insoferne an, als auch diese im wesentlichen einkernige, contractile Elemente darstellen, welche ihre Zellennatur mehr weniger selbständig bewahrt haben. Der contractile Faserinhalt zeigt hier

jedoch neben der fibrillären Längsstreifung auch eine Querstreifung, die mit der Querstreifung der letzten zu besprechenden Faserart übereinstimmt.

Bei niederen Thieren, wie z. B. beim Frosch, besitzen auch die quergestreiften Herzmuskelfasern die Form langgestreckter, spindel-, band- oder blattartiger Zellen, welche an ihren Enden oft in mehrere Spitzen auslaufen, einen Kern in der Mitte besitzen und untereinander zu netzförmig angeordneten Balken verbunden sind (Fig. 4).

Je höher wir in der Wirbelthierreihe vorschreiten, desto inniger wird die Verbindung der Faserzellen, sodass schließlich ungemein dichte Balkennetze entstehen mit schmalen, länglichen Spalten zwischen den einzelnen Fasern (Fig. 5a bei *s*). Beim Menschen erscheinen nun diese Balken aus kurzen, prismatischen, oft abgeflachten Stücken zusammengesetzt, welche an ihren quer abgestutzten Enden durch eine Kittmasse kettenartig miteinander verbunden sind. Diese Enden sind oft treppenartig abgestuft oder gespalten, sodass kurze Fortsätze entstehen, die mit gleichen Fortsätzen nebenliegender Zellen sich verbinden.

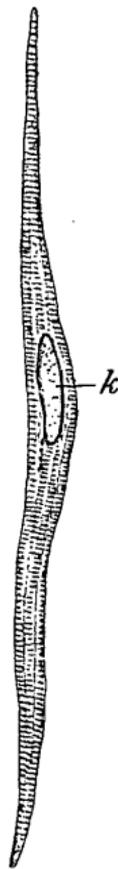


Fig. 4.

Eine isolierte
Herzmuskelfaser
vom Frosch.
(Vergr. 454.)

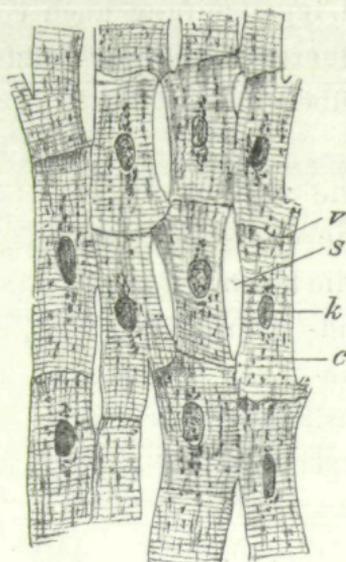


Fig. 5a.

a Cylindrische, verzweigte und netzartig verbundene Muskelfasern aus dem menschlichen Herzfleisch. *k* Kern. *c* Körper der Faser mit Quer- und Längsstreifen. Größere Körnchen an den Kernpolen. *b* Einige Herzmuskelfasern im Querschnitt. (Vergr. 488.)

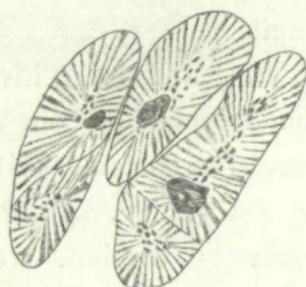


Fig. 5b.

Der Faser- oder Balkenabschnitt, welcher zwischen zwei queren, oft am frischen Muskel ohneweiters sichtbaren Kittlinien (*v*) liegt, enthält in seinem Innern nahe der Mitte einen ziemlich großen ovalen Kern (seltener zwei) und entspricht so einer Zelle.

Etwas eingehender wollen wir uns mit dem feineren Bau der quergestreiften Muskelfasern beschäftigen, welche die Hauptmasse unserer Körpermuskulatur bilden. Jeder Laie hat schon die Beobachtung gemacht, dass diese Muskeln einen faserigen

Bau besitzen, wie man sich am besten durch Zerzupfen eines gekochten Muskels überzeugen kann.

Die Fasern (Fig. 6, *m*) sind parallel nebeneinander gelagert und durch ein zartes, lockeres Bindegewebe,

welches reichliche Blutcapillaren enthält, zu Bündelchen erster Ordnung verbunden, die an ihrer Oberfläche von einer etwas stärkeren Bindegewebshülle bedeckt werden. Die letztere verbindet sie auch mit mehreren ähnlichen Bündelchen zu einem Bündel zweiter Ordnung und so weiter. Sämtliche Bündel, die schließlich einen Muskel zusammensetzen, besitzen eine gemeinsame bindegewebige Umhüllung, von der dann Scheidewände ins Innere einstrahlen, welche unter fortwährender Abnahme ihrer Stärke die Bündel sinkender Ordnung begrenzen und sich endlich in jenes zarte Bindegewebe auflösen, das jede einzelne Faser umhüllt.

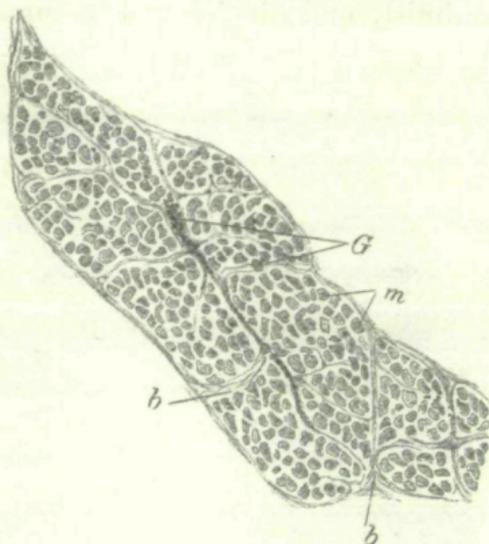


Fig. 6.

Querschnitt durch ein zusammengesetztes Muskelbündelchen aus dem Wadenmuskel eines siebenmonatlichen menschlichen Embryos. *m* Muskelfasern. *G* Blutgefäße. *b* Bindegewebe zwischen den Muskelfasern und Muskelbündeln. (Vergr. 125.)

In diesem System von Scheidewänden verlaufen die größeren Gefäße und Nerven und nehmen letztere an Feinheit zu mit den ersteren, bis die Blutgefäße in ein reiches Maschenwerk aufgelöst sind, das jede Faser umhüllt, und die Nerven in einzelne Fäden zerfallen,

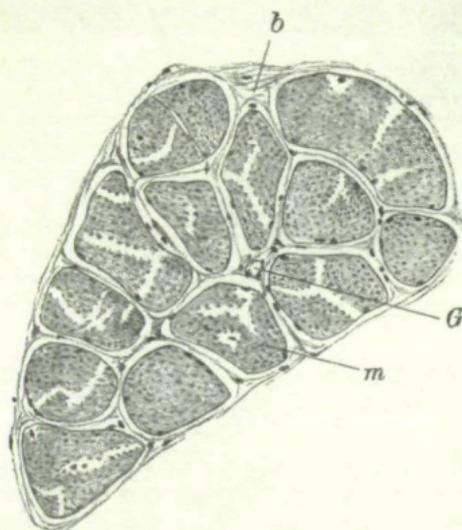


Fig. 7.

Querschnitt durch ein primäres Muskelbündelchen aus dem Wadenmuskel des Erwachsenen. *m* Querschnitt der Muskelfasern. *G* Blutgefäße. *b* Bindegewebe zwischen den Muskelfasern und Muskelbündeln. (Vergr. 125.)

1. einer structurlosen Hülle, dem sogenannten Sarkolemma, welches als dünnstes Häutchen den Inhalt umschließt; 2. dem contractilen Inhalt und 3. zahlreichen Kernen, welche innerhalb des contractilen Inhaltes oder an seiner Oberfläche dicht unter dem Sarkolemma verstreut sind (Fig. 8, a).

Diese Fasern besitzen demnach nicht mehr den

wovon je einer zu einer Muskelfaser tritt, um an ihr in besonderer Weise zu endigen.

Die einzelne Faser stellt ein dreh rundes Gebilde von oft bedeutender Länge dar und besteht der Hauptsache nach aus drei Bestandtheilen:

1. einer structurlosen Hülle, dem sogenannten Sarkolemma, welches als dünnstes Häutchen den Inhalt um-

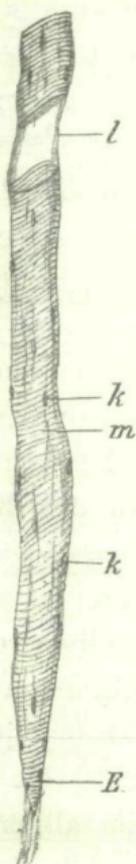


Fig. 8a.

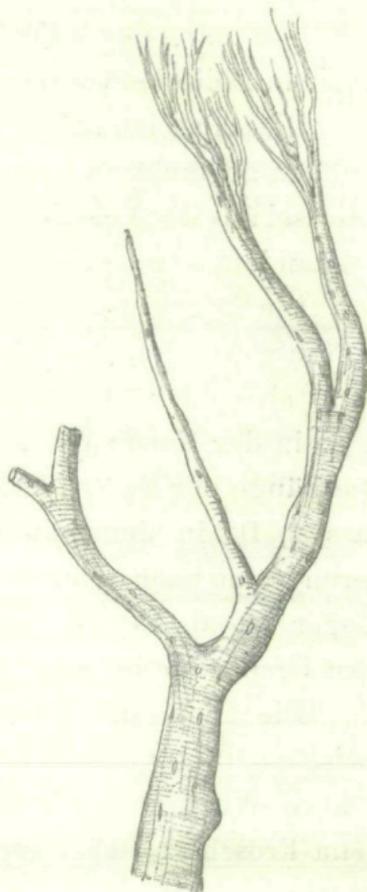


Fig. 8b.

a Endstück einer quergestreiften Muskelfaser vom Menschen. Bei *l* ist der Inhalt *m* zerrissen, sodass das Sarkolemma sichtbar ist. *k* Kerne der Muskelfaser. *E* Natürliches zugespitztes Ende beim Übergang in die Sehne. (Vergr. 125.) *b* Verzweigtes Ende einer Muskelfaser aus der Zunge vom Frosch. Der linke Ast abgerissen. (Vergr. 125.)

Wert von einzelnen Zellen wie die früher besprochenen, sondern stellen höher differenzierte Gewebe-

elemente dar, deren jedes aber ebenfalls aus einer einzigen Zelle hervorgegangen ist.

Dies muss hervorgehoben werden, weil man früher vielfach geglaubt hat, die quergestreifte Skelettmuskelfaser sei aus der Verschmelzung vieler einzelnen Zellen entstanden, etwa so wie die Balken des Herzmuskels.

Die Fasern endigen meistens zugespitzt (Fig. 8a, E) oder abgerundet, unverästelt. Aber auch baumartig verästelte oder gegabelte Faserenden kommen vor, z. B. in der Zunge (Fig. 8b) und in der Gesichtshaut. Die Länge der Fasern kann bis zu 12 cm erreichen, so dass z. B. in den kurzen Muskeln des Kehlkopfes, deren Name nach einem bekannten Ausspruche Hyrtls länger ist als der Muskel selbst, die einzelne Faser vom Ursprunge bis zum Ansatz desselben reicht.

Die Dicke der Fasern schwankt beim Menschen zwischen 0·009 mm und 0·1 mm, erreicht jedoch noch höhere Werte bei niederen Thieren (bis zu 0·2 mm beim Frosch). Dabei ergibt sich im allgemeinen das Gesetz, dass Muskeln, welche nur große Kraftleistungen zu entfalten haben, wie z. B. die Wadenmuskeln, die dicksten Fasern besitzen, während Muskeln, welche sehr präzise, ich möchte sagen kunstvolle Arbeit zu verrichten haben, wie z. B. Augenmuskeln, die dünnsten Fasern aufweisen (Fig. 9).

Der contractile Inhalt zeigt, an frischen Fasern untersucht, eine zierliche Querstreifung, welche durch die regelmäßige Aufeinanderfolge von hellen und dunklen Bändern zustande kommt und der ganzen Faser-

gruppe ihren Namen gegeben hat. Daneben kann man aber auch eine Längsstreifung wahrnehmen, welche an der frischen Faser oft durch Längsreihen von glänzenden Körnchen besonders deutlich wird. Bei bestimmten Be-

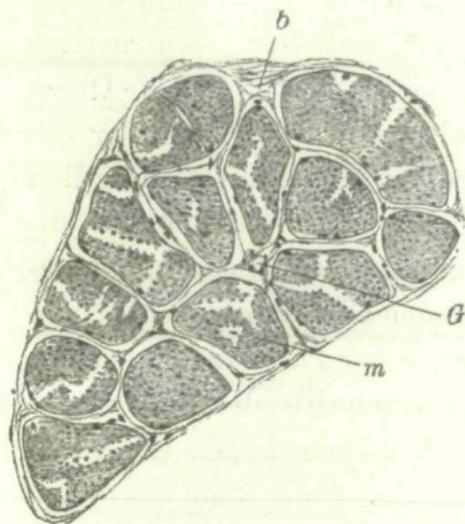


Fig. 9a.

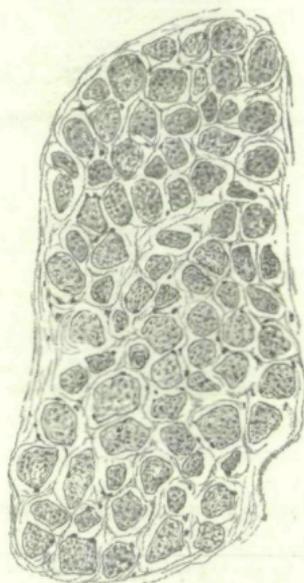


Fig. 9b.

Zwei Muskelbündel von demselben Menschen, bei gleicher Vergrößerung und Behandlung im Querschnitt, zum Vergleich der Faserdicke. *a* Aus dem Wadenmuskel. *b* Aus einem Augenmuskel.

handlungsweisen lassen sich gewisse Muskelfasern in eine Menge feinsten Fäden, Fibrillen, zerlegen, welche ebenfalls quergestreift sind und wie in den glatten Muskelfasern durch eine Kittmasse, das Sarkoplasma, zusammengehalten werden; in diesem Sarkoplasma liegen die Kerne sowohl, als auch die oben erwähnten glän-

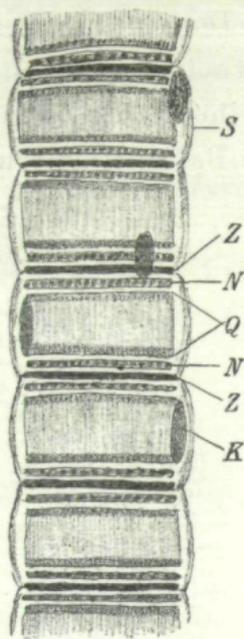


Fig. 10.

Stück einer Muskelfaser eines Stutzkäfers. *Q*, *Z*, *N* die stark lichtbrechenden Querstreifen. *S* Sarkolemma. *k* Kern.

zenden, sogenannten interstitiellen Körnchen und bildet dasselbe auch unter dem Sarkolemma einen dünnen Überzug des ganzen contractilen Inhaltes.

Diese Fibrillen sind wieder die eigentlichen contractilen Elemente, und kommt die Querstreifung der ganzen Faser dadurch zustande, dass die Fibrillen quergestreift sind, d. h. aus abwechselnd verschieden lichtbrechenden Gliedern bestehen, und dass in der Faser die gleichartigen Abschnitte der Fibrillen in gleicher Höhe liegen (Fig. 11). Alle Zwischenräume zwischen den Fibrillen werden vom Sarkoplasma ausgefüllt.

Betrachten wir nun die Querstreifen etwas genauer, so finden wir, dass dieselben durch bestimmte optische und mikrochemische Eigenschaften ausgezeichnete Unterschiede besitzen und in der Faser eine gesetzmäßige Aufeinanderfolge zeigen.

Wir wollen hier gleich den compliciertesten Fall ins Auge fassen, wie ihn gewisse Muskelfasern von Käfern darbieten, da sich daraus dann leicht die Anordnung in der Muskelfaser des Säugethieres und Menschen ableiten lässt.

Bei einer bestimmten Einstellung zeigt die Faser in gewissen Abständen breite, dunkle Querbänder (Fig. 10, *Q*), zwischen denen hellere Abschnitte gelegen sind. Erstere sind stärker lichtbrechend und zugleich auch doppelt lichtbrechend; weiters färben sie sich auch mit gewissen Färbemitteln intensiv. Man bezeichnet sie als Querscheiben. In der schwächer lichtbrechenden Partie zwischen zwei Querscheiben findet sich aber noch in der Mitte eine scharfe, ebenfalls stark und doppelt brechende Linie (*Z*), welche als Zwischenscheibe bezeichnet wird, und zu jeder Seite derselben ein ähnlicher, etwas breiterer Streifen *N*, der als Nebenscheibe benannt wurde.

Diese Nebenscheiben fehlen den Muskelfasern der Wirbelthiere, sodass sich die Querstreifung derselben aus den stark und doppelt lichtbrechenden Quer- und Zwischenscheiben (*Q* und *Z*)

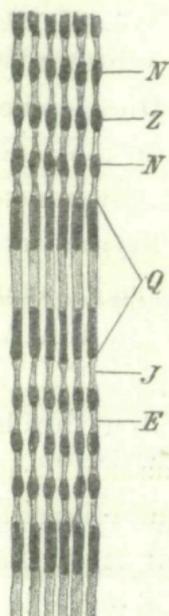


Fig. 11.

Sechs Fibrillen aus einem Muskelfaserstücke eines Einsiedlerkäfers. Jede Fibrille zeigt die stark und doppelt lichtbrechenden Glieder *Q*, *Z*, *N* abwechselnd mit den schwach und einfach lichtbrechenden *I* und *E*. Die leergelassenen Zwischenräume zwischen den Fibrillen sind von Sarkoplasma erfüllt.

und der schwach und einfach lichtbrechenden Zwischensubstanz (*I*) zusammengesetzt.

Die gleiche Gliederung zeigt jede einzelne Fibrille. Das Sarkoplasma verkittet nun die gleichnamigen Fibrillenglieder zu den Querscheiben.

Betrachtet man die Muskelfasern am Querschnitt, dann sieht man, dass die Fibrillen außerordentlich mannigfaltige Anordnung im Sarkoplasma zeigen. Der häufigste Fall ist der, dass eine kleinere Anzahl von Fibrillen durch ganz spärliche Mengen von Sarkoplasma zu Bündelchen verbunden sind, welche von einander durch stärkere Sarkoplasma-Scheidewände getrennt sind. So zeigt die Faser am Querschnitt eine zierliche Felderung, in der jedes sogenannte Cohnheim'sche Feld einem Fibrillenbündelchen oder sogenannten Muskelsäulchen entspricht. Die Fibrillen können aber auch ganz gleichmäßig im verbindenden Sarkoplasma vertheilt sein, sodass der Querschnitt einer solchen Muskelfaser gleichmäßig und fein punktiert erscheint, wobei dann jeder Punkt einem Fibrillenquerschnitte entspricht. Das Bild dieser Felderung, welches die Muskelfasern am Querschnitt darbieten, ist nun außerordentlich mannigfaltig und oft so charakteristisch, dass man daraus auf die Art des Thieres oder auf die der Muskeln schließen kann. Meist sind die Felder vieleckig; sie können aber auch band-, röhren- oder rinnenförmig sein und in den Fasern nicht nur verschiedener Thiere, sondern sogar in verschiedenen Fasern desselben Thieres ganz verschiedene Formen

zeigen. Vergleichen Sie z. B. das Querschnittsbild einer Skelettmuskelfaser vom Menschen (Fig. 7) mit dem einer Herzmuskelfaser (Fig. 5b), so wird Ihnen der große Unterschied sofort ersichtlich. Die erstere zeigt über den ganzen Querschnitt gleichmäßig vertheilte, vieleckige Felder, die letztere eine Rinde von blattförmigen, radienartig angeordneten Feldern, welche wenige vieleckige umschließen.

Dieser Unterschied lässt sich auch so ausdrücken, dass man sagt: das Bindemittel der Fibrillenbündelchen ist in den verschiedenen Muskelfasern sehr verschieden vertheilt.

Einige Beispiele mögen diesen Satz anschaulich machen. So besitzen z. B. die Larven der Neunaugen, die Querder (in

Österreich Uhl genannt) neben Muskelfasern mit gewöhnlichen, vieleckigen Fibrillenbündelchen solche von röhrenförmiger Gestalt, wobei die Achse der Röhre von Bindemittel (Sarkoplasma) erfüllt ist, während die blattförmigen Fleischsäulchen radienartig an der Oberfläche angeordnet sind (Fig. 12).

Beim Seepferdchen zeigen die Rumpfmuskeln ebenfalls das gewöhnliche Bild vieleckiger Felder, während die Flossenmuskeln band- und rinnenförmig gestaltete

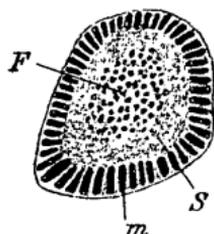


Fig. 12.

Querschnitt einer hohlen Muskelfaser vom Schädel der Neunaugenlarve. *m* Muskelsäulchen. *F* Fetttropfchen im Sarkoplasma *S*, welches die Mitte der Faser einnimmt. (Vergr. 800.)

Fleischsäulchen in einer reichlichen Menge von Sarkoplasma eingebettet besitzen (Fig. 13).

Diese Beispiele mögen genügen, um die mannigfaltige Anordnung der eigentlich verkürzungsfähigen Elemente, der Fibrillenbündel im Bindemittel, wie sie im Querschnittsbilde der Muskelfasern zum Ausdruck kommt, darzuthun.

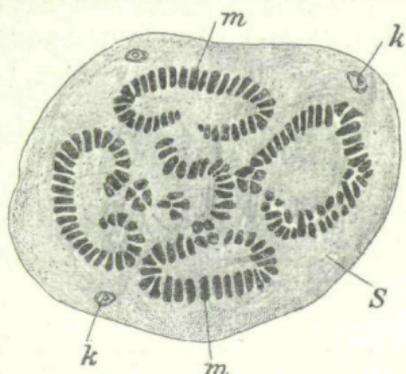


Fig. 13.

Querschnitt durch einen Flossenmuskelfaser vom Seepferdchen (nach Rollett). *m* Muskelsäulchen. *k* Kerne im Bindemittel (Sarkoplasma) *S*. Sehr stark vergrößert.

Diese Unterschiede im feineren Bau sind deshalb von großem Interesse, weil sie stets Unterschieden in der Thätigkeit und Wirkungsweise der Muskelfaser entsprechen, sodass bei der Muskelfaser jede Form einer bestimmten Art sich

zusammenzuziehen in einer besonderen Art des histologischen Baues ihren Ausdruck findet.

Die Flugmuskeln eines Käfers, die sich ungemein rasch und ausdauernd zusammenziehen müssen, zeigen ein ganz anderes Querschnittsbild als die Muskeln der Beine. Die Herzmuskelfasern müssen sich fortwährend verkürzen, die Skelettmuskelfasern nur von Fall zu Fall — daher sehen wir sie ganz verschieden gebaut u. s. w.

Noch in einer anderen Weise kommen Unterschiede in der Leistung der Muskeln im Aufbau ihrer Fasern zum Ausdruck. Je thätiger ein Muskel ist, desto besser muss er ernährt werden. Die Verarbeitung der der Muskelfaser durch die Blutgefäße zugeführten Nährstoffe besorgt das Sarkoplasma, das Bindemittel der Fleischsülchen, und sind da besonders die früher besprochenen interstitiellen Körnchen in diesem Bindemittel von großer Bedeutung für die Ernährung der Faser.

Daher finden wir die Fasern von Muskeln, die sich besonders ausdauernd und oft verkürzen müssen, stets reich an solchen Körnchen. Durch den Gehalt an diesen stark glänzenden Körnchen erhält die ganze Faser ein weniger durchsichtiges, trübes Aussehen, wozu bei Thieren auch noch ein stärkerer Gehalt an rothem Farbstoff kommt.

Bei Thieren sind nun oft einzelne Muskeln ganz aus solchen rothen, trüben Fasern zusammengesetzt; sie bilden das rothe Fleisch, während andere ganz aus hellen, weißen Fasern bestehen, wie im weißen Fleisch der Vögel, der Fische, des Schweines u. s. w. Die Muskeln des Karpfen z. B. sind größtentheils weiß. Untersucht man jedoch die Muskeln, welche die Schwanzflosse bewegen, so findet man sie tiefroth. Beim Menschen sind alle Muskeln roth, wenn auch das Herz tiefer roth ist als andere Muskeln. Wir finden eben beim Menschen die hellen und trüben Fasern gemischt in jedem Muskel, sodass ein Querschnitt,

an dem die Körnchen nicht verdeckt sind, wie ein zierlicher Mosaik erscheint (Fig. 14).

Aber auch da finden wir, dass die thätigsten Muskeln, wie z. B. die Augenmuskeln, die Zwerchfell-

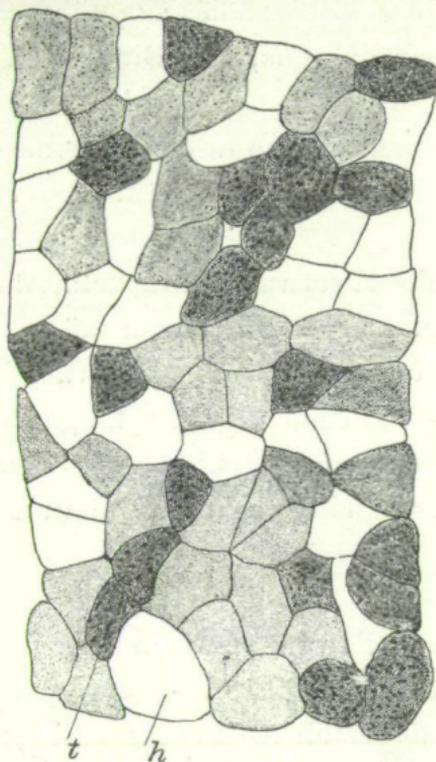


Fig. 14.

Querschnitt durch einen getrockneten Kapuzenmuskel des Menschen in Wasser betrachtet. *h* Helle Fasern. *t* Trübe Fasern.

muskeln und allen voran die Herzmuskeln am reichsten sind an trüben Fasern.

Kehren wir nun nochmals kurz auf das Bild der Querstreifung der Muskelfaser zurück. Das besprochene Bild der Querstreifung zeigt die Faser, wenn sie in Ruhe ist. In dem Augenblicke, als sie sich zusammenzieht, ändert sich das Bild der Querstreifung, sodass man unter dem Mikroskope an jeder Muskelfaser erkennen kann, ob sie sich im ruhenden Zustande

befindet oder nicht. Im Zustande der Verkürzung zeigt sie nur zwei Arten von Streifen, stark glänzende und dunkle, die sehr schmal erscheinen, sodass die Quer-

streifung einer solchen Faser eine viel engere ist als die der ruhenden.

Die Querstreifung hängt also auf das innigste mit der Thätigkeit der Muskelfaser zusammen, ja manche Forscher behaupten, sie sei durch letztere entstanden, und führen zur Stütze dieser Ansicht unter anderen folgende Beobachtung an: Wenn man die Brustmuskeln einer im Sommer gefangenen Stubenfliege untersucht, so zeigen die Fasern derselben eine schöne und deutliche Querstreifung. Nimmt man dieselbe Untersuchung an Fliegen vor, die man aus dem Winterschlaf aufnimmt, so findet man die meisten Fasern ohne jede Querstreifung. Schüttelt man die Fliegen stark und lässt man dieselben in der Wärme sich einige Zeit bewegen, so treten an den Muskelfasern wieder deutliche Querstreifen auf.

Die Frage nach den letzten Ursachen, welche eine so auffällige Erscheinung, wie es die Verkürzung der Muskelfaser mit gleichzeitiger Veränderung ihrer Querstreifung ist, herbeiführen, mit anderen Worten die Frage nach dem Ursprung der Muskelkraft ist eine außerordentlich schwierige und können wir hier auf dieselbe nicht näher eingehen. So viel ist sicher, dass die letzte Quelle der Muskelkraft in einem Verbrennungsvorgange zu suchen ist, der dank einer regelmäßigen Sauerstoffzufuhr zur Muskelfaser durch das Blut fortwährend in derselben vor sich geht.

Bei dieser Verbrennung wird Wärme frei, und diese Wärme kann in mechanische Arbeit umgesetzt

werden, und zwar spielen dabei sicher die doppelt lichtbrechenden Glieder der Muskelfibrille die Hauptrolle.

Wie viel Wärme im Muskel aufgespeichert ist, kann man am besten bei der Veränderung desselben nach dem Tode sehen.

Die Muskeln besitzen einen hohen Wassergehalt (70—80 Percent) und bestehen sonst aus einem eiweißartigen Körper, welcher ihnen ihren Nährwert verleiht, und welcher wie das Eiweiß gerinnungsfähig ist. Eine solche Gerinnung tritt bald nach dem Tode ein und erzeugt die sogenannte Todtenstarre, wobei Wärme frei wird, sodass an Leichen kurze Zeit nach dem Tode nicht selten eine beträchtliche Temperatursteigerung beobachtet werden kann.

Werfen wir zum Schluss noch einen Blick auf die Bedeutung des thätigen Muskels für den menschlichen Organismus.

Der thätige Muskel erzeugt Wärme, wobei er viel mehr Sauerstoff verbraucht als der ruhende. Dieser wird ihm durch einen erhöhten Blutumlauf zugeführt; im thätigen Muskel erscheinen die Blutgefäße erweitert. Da die gesammte Muskelmasse einen Hauptbestandtheil (über 40 Percent) unseres Körpers ausmacht, bewirkt die Thätigkeit derselben eine allgemeine Steigerung des Blutkreislaufes, eine Vertiefung der Athmung, welche in erster Linie wieder dem Gehirne zugute kommen. Der Mensch, welcher seine Muskeln ausgiebig in Thätigkeit versetzt, fühlt sich wohler, wird weniger reizbar, seine Vorstellungen

laufen leichter und ohne Hemmung ab. Das jauchzende Gefühl der Freiheit, das uns auf den Bergen überkommt, danken wir zum guten Theil der gesteigerten Thätigkeit unserer Muskeln. Aus diesen Gründen muss auf eine zweckmäßige Muskelthätigkeit von Jugend auf das größte Gewicht gelegt werden.

Wenn ich eingangs die Muskeln eine Maschine ohne Gleichen nannte, so begründe ich dies jetzt noch durch Betonung der Thatsache, dass die Muskeln im Gegensatz zur Maschine durch den Gebrauch immer tüchtiger, leistungsfähiger werden. Sie nehmen an Masse zu, und damit steigern sich auch alle Vortheile, die ihre Thätigkeit dem Organismus bringt, ein weiterer Grund, der Ausbildung seiner Muskeln die größte Aufmerksamkeit zu widmen. Endlich ist der Zug der Muskeln von wesentlicher Bedeutung für die kräftige und ebenmäßige Entwicklung des Knochengerüsts. Eine verkrümmte Wirbelsäule kann durch systematische Kräftigung der Muskeln, die auf sie einwirken, gebessert, ja behoben werden, eine Thatsache, welche sich Heilgymnastik und Orthopädie längst zunutze gemacht haben.

Ich glaube daher diesen Vortrag nicht besser schließen zu können, als indem ich Ihnen allen die zweckmäßige Ausbildung der Muskulatur, wie sie in erster Linie und einfachster Weise durch die Pflege aller volksthümlichen Körperübungen in freier Luft erreicht wird, wärmstens ans Herz lege.

Die Anforderungen, welche die fortschreitende

Zeit an den geistig arbeitenden Menschen stellt, steigern sich von Tag zu Tag; der Kampf um den Erwerb; die Sorge um das tägliche Brot spannen die Kräfte eines Jeglichen immer höher und zeitigen oft Erscheinungen, die den ethischen und physischen Fortschritt der Menschheit hemmen.

Aber, so schließt der Prager Hygieniker Hueppe einen in jüngster Zeit gehaltenen Vortrag über den Wert der Körperübungen: „Wir können nach der physischen Seite den entartenden Einflüssen der socialen Verhältnisse mit großer Ruhe entgegensehen. Wir haben nur nöthig, die Heilmittel, die uns bekannt sind, auch ausgiebig und richtig anzuwenden.“

Und unter diesen Heilmitteln nimmt die zweckmäßige Ausbildung der Muskulatur von Jugend auf die erste Stelle ein.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1896

Band/Volume: [36](#)

Autor(en)/Author(s): Schaffer Josef

Artikel/Article: [Über die Muskeln. 403-432](#)