

Die Muskulatur des Menschen

Der Mensch verfügt über mehr als 400 voneinander abgrenzbare Einzelmuskeln. Sie machen zusammen ungefähr 40 Prozent der Körpermasse aus. Ohne Muskulatur und Gelenke wäre ein Mensch völlig unbeweglich. Daher sorgen lang gestreckte, faserartige Muskelzellen für die Fortbewegung, den Herzschlag und andere lebensnotwendige Funktionen.

Das Muskelgewebe

Muskelgewebe besitzt durch seine Struktur die besondere Fähigkeit zur Kontraktion. Muskeln bestehen aus Fasern bzw. Zellen, die eine Vielzahl von kontraktile Eiweißfäden, die sog. Myofibrillen, enthalten.

Es lassen sich drei Arten von Muskelgewebe im menschlichen Körper unterscheiden:

- glatte Muskulatur,
- Herzmuskulatur und
- Skelettmuskulatur.

Die Herzmuskulatur und die Skelettmuskulatur werden auch quergestreifte Muskulatur genannt.

Glatte Muskulatur

Das glatte Muskelgewebe weist eine spindelförmige Struktur der Zellen mit zentral gelegenem Zellkern auf (vgl. Abb. 1) Ihre Kontraktion ist nicht willentlich zu beeinflussen.

Das vegetative Nervensystem steuert die langsamen und lang andauernden Kontraktionen der glatten Muskulatur z. B. im Magen, in den Blutgefäßen oder der Blase. Die Hauptaufgabe besteht darin, die Weite der Hohlorgane gegen die dehnenden Kräfte (z. B. Verdauungsprodukte, Blutdruck, Harndruck, etc.) zu halten oder zu verändern.

Quergestreifte Muskulatur

Innerhalb der Myofibrille befinden sich dünne Aktin- und dicke Myosinfilamente. Bei einer lichtmikroskopischen Betrachtung der Muskelzelle zeigen sich gleichmäßige Hell-Dunkel-Streifen (vgl. Abb. 1), welche durch eine regelmäßige Anordnung der Myofibrillen bzw. ihrer Untereinheiten entstehen. Die glatte Muskulatur weist keine Hell-Dunkel-Streifen auf, da ihre Myofibrillen unregelmäßig und schräg zur Zelllängsrichtung in der Muskelzelle verlaufen.

Herzmuskulatur:

In der Abbildung 1 sind die Hell-Dunkel-Streifen der Herzmuskulatur gut zu erkennen. Ebenso wie bei der glatten Muskulatur liegen die Zellkerne zentral. Eine Besonderheit bilden die Glanzstreifen.

Glanzstreifen sind ineinander greifende Strukturen, die benachbarte Herzmuskelzellen miteinander verbinden. Die Herzmuskulatur kontrahiert sich rhythmisch und nicht willentlich. Die zur Kontraktion notwendigen elektrischen Erregungen erzeugt ein herzeigenes, autonom arbeitendes Erregungsbildungs- und Erregungsleitungssystem.

Skelettmuskulatur:

Wie bei der Herzmuskulatur ist auch hier die Querstreifung gut zu erkennen. Die Skelettmuskulatur besteht aus langen, zylindrischen Einzelzellen, die auch Muskelfasern genannt werden. Jede Faser enthält viele, peripher gelegene Zellkerne, die in der Abbildung 1 blau markiert sind. Die raschen Muskelkontraktionen sind willentlich beeinflussbar und werden vom Zentralnervensystem (ZNS) gesteuert.

Tabelle 1: Muskelgewebstypen im Überblick

	glatte Muskulatur	Herzmuskulatur	Skelettmuskulatur
Lage der Filamente ¹	schräg zur Zellrichtung, keine Querstreifung	exakt parallel, Querstreifung	exakt parallel, Querstreifung
Lage der Zellkerne	zentral	zentral	viele randständig
Zellform	spindelförmig	unregelmäßig verzweigt	zylindrisch
Erregung / Kontraktion	unwillentlich, vegetatives Nervensystem, langsame / lang dauernd	unwillentlich, rhythmisch, eigenes Erregungsbildungs- und -leitungssystem	willentlich, ZNS, rasche Kontraktion
Besonderheiten		Glanzstreifen	rote und weiße Fasern

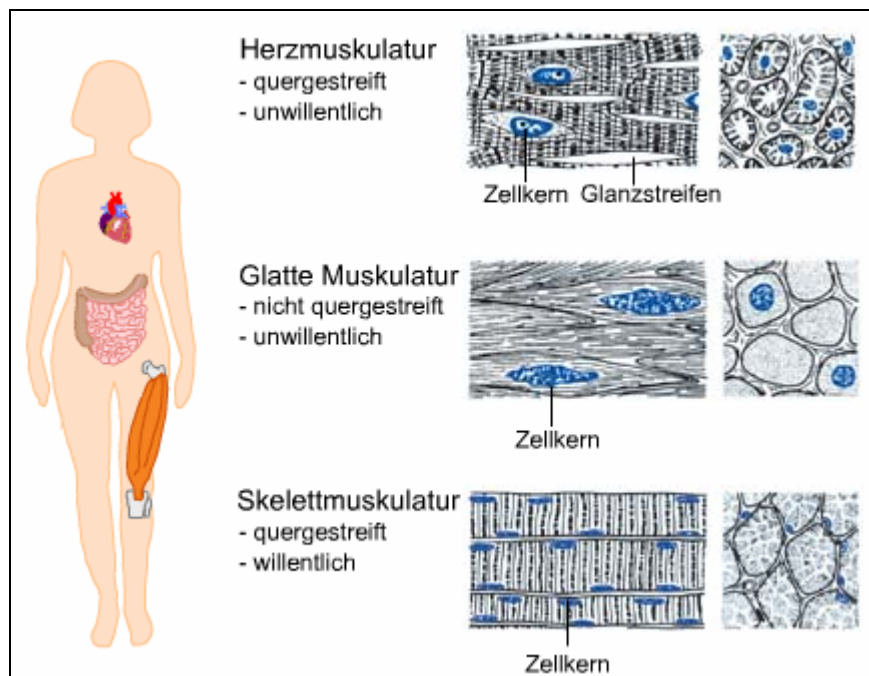


Abb. 1: Muskelgewebearten²

¹ Filamente: Eiweißstrukturen (Aktin und Myosin), aus denen die Myofibrillen aufgebaut sind.

² Quelle: <http://vmrz0100.vm.ruhr-uni-bochum.de/spomedial/content/e866/e2442> ; 19.09.2010

Muskelformen

Betrachtet man einen Muskel als Ganzes, so ist er immer aus mindestens drei verschiedenen Teilen zusammengesetzt (vgl. Abbildung 2), aus der Ursprungssehne, der Ansatzsehne und dem dazwischen liegenden Muskelbauch. Sehnen sind die weißglänzenden Endstücke der Muskeln. Sie bestehen aus zugfesten kollagenen Faserbündeln, die aus der Muskelfaszie¹ hervorgehen. Die Sehnen sind am Knochen befestigt und übertragen die Kraft vom Muskel auf das Skelett. Die rumpfnahen Befestigungsstellen am weniger beweglichen Skelettteil in Rumpfnähe werden auch Ursprungsstellen genannt. Die Sehne nennt sich Ursprungssehne. Die Befestigungsstellen desselben Muskels, die rumpfferner liegen, nennen sich Ansatz. Diese Sehnen sind die Ansatzsehnen. Der dazwischen liegende "fleischige" Teil des Muskels ist der Muskelbauch.

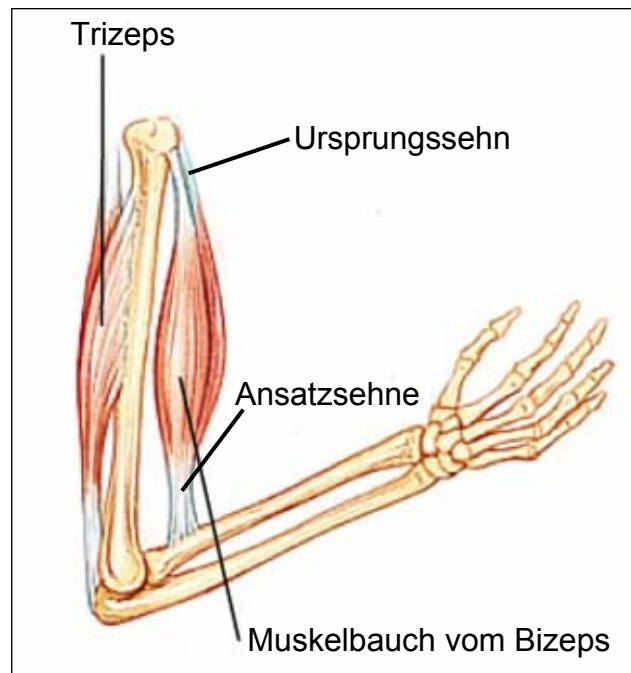


Abb. 2: Obere Extremität²

Es gibt über 400 verschiedene Skelettmuskeln, die alle nach diesem Schema aufgebaut sind. Allerdings sehen sie trotzdem nicht alle gleich aus. Form und Funktionalität sind aufeinander abgestimmt. Manche Muskeln sind sehr flach und großflächig. Sie haben dann auch platte Sehnen, mit denen sie am Knochen befestigt sind. Andere Muskeln haben mehrere Bäuche. Der Bizeps (Armbeuger) hat z. B. zwei. Sein Gegenspieler, der Trizeps (Armstrecker) auf der Rückseite des Oberarms besitzt sogar drei Bäuche. Weitere Muskelformen sind in Abbildung 3 zu sehen.

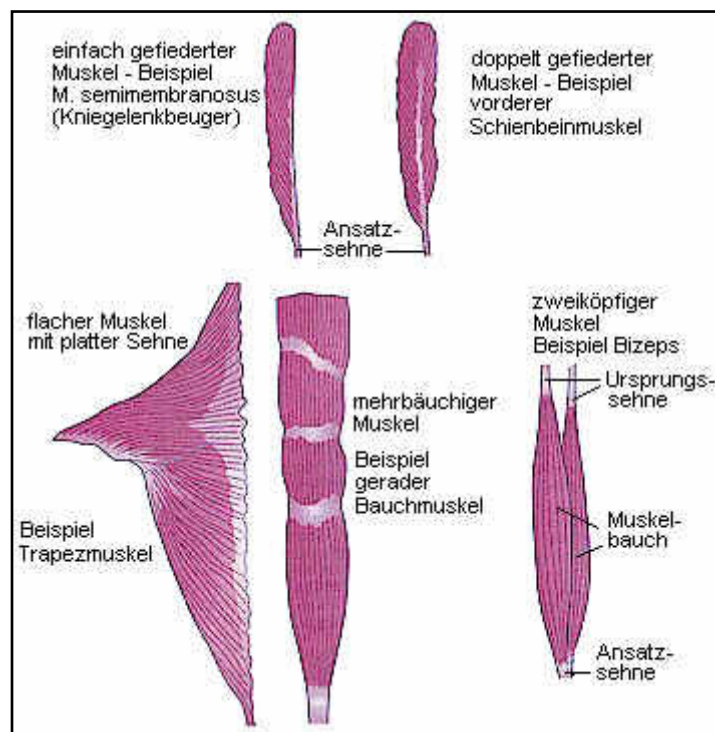


Abb. 3: Muskelformen³

¹ Muskelfaszie: Äußeren Muskelhülle

² Quelle: <http://wrathofnino.files.wordpress.com/2009/05/biceptriceps.jpg>; 19.09.2010

³ Quelle: <http://www.medizin.de/ruecken/muskulatur/muskelformen.shtml>; 19.09.2010

Skelettmuskelfasertypen

Die Skelettmuskulatur des Menschen setzt sich aus Muskelfasern zusammen, die sich in ihrer Kontraktionsgeschwindigkeit und Ermüdungsresistenz voneinander unterscheiden.

Dabei können zwei Hauptarten von Muskelfasern unterschieden werden:

- langsame (rote) und
- schnelle (weiße) Fasern.

Langsame Skelettmuskelfasern

Die langsamen Skelettmuskelfasern werden auch als ST-Fasern (slow twitch fibers) bezeichnet, da sie von kleinen α -Motoneuronen des Rückenmarks über langsam leitende Neuriten mit einer Dauererregung von 10 Aktionspotentialen pro Sekunde versorgt werden. So sind diese ermüdungsresistenten Fasern zu längeren Kontraktionen fähig und kommen vorwiegend in Muskeln mit stützmotorischer Funktion vor. Durch ihren hohen Myoglobingehalt¹ erscheinen sie dunkelfarben und werden auch "rote" Muskelfasern genannt. Ihr Energiebedarf wird vorwiegend über den aeroben² Stoffwechsel bereitgestellt. Aus diesem Grund besitzen sie überwiegend Enzyme zur aeroben Energiebereitstellung und viele Mitochondrien.

Schnelle Skelettmuskelfasern

Wie der Name schon sagt, können diese Fasern sich schnell kontrahieren und werden deshalb auch als "fast twitch fibers" (FT-Fasern) bezeichnet. Im Gegensatz zu den ST-Fasern werden sie von größeren α -Motoneuronen über schnellleitende Neuriten versorgt. Während einer Bewegung entstehen so kurzfristig Aktionspotentialwiederholungen von 40/s.

Im Vergleich zu den ST-Fasern ermüden die FT-Fasern eher und befinden sich deshalb überwiegend in Muskeln mit zielmotorischer Funktion. Außerdem sind ihre Fasern dicker und so zu einer größeren Kraftentwicklung fähig. Den benötigten Energiebedarf für die mehr Schnellkraft orientierten Beanspruchungen stellen sie anaerob³ bereit. Durch ihren geringen Gehalt an Myoglobin erscheinen sie blass und werden auch "weiße" Muskelfasern genannt.

Die prozentuale Verteilung der unterschiedlichen Muskelfasern ist genetisch vorbestimmt.

Durch Training lässt sich die genetische Verteilung der FT- und ST-Fasern nicht bzw. nur geringfügig verändern.

Ein detaillierter Vergleich beider Muskelfasertypen ist in der Tabelle 2 dargestellt.

¹ Myoglobin: Sauerstoffträger des Muskels

² Aerob: mit Sauerstoff

³ Anaerob: ohne Sauerstoff

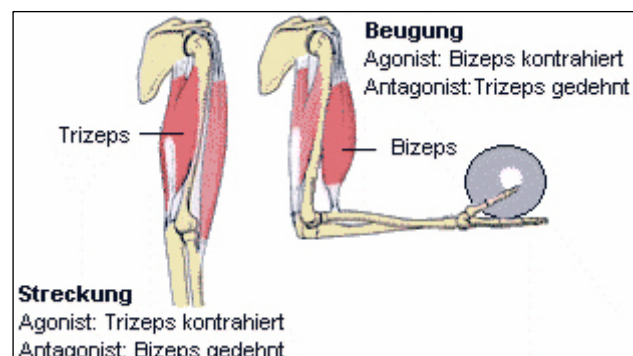
Tabelle 2: Skelettmuskelfasertypen

Fasertypen	Typ I (ST-Fasern)	Typ II (FT-Fasern)
Farbe	rot	weiß
Ermüdbarkeit	langsam ermüdend, ausdauernd	schnell ermüdend, geringes Ausdauervermögen
Enzyme	Enzyme zur aeroben Energiegewinnung	vorwiegend Enzyme zur anaeroben Energiegewinnung
Erregung	langsam leitende Neuriten	schnell leitende Neuriten
Kraftentwicklung	gering	hoch
Kontraktionsform	langsam kontrahierend	schnell kontrahierend

Makroskopische Muskelbewegung: Agonist und Antagonist

Um eine Bewegung ausführen zu können, ist immer das Zusammenspiel gegensätzlich wirkender Muskeln notwendig. Ein Muskel arbeitet bei einer Bewegung niemals allein. Der Agonist (Hauptmuskel bei einer Bewegung), führt eine Bewegung aus, während der Gegenspieler oder Antagonist dafür sorgt, dass die Bewegung in Gegenrichtung erfolgen kann. Beugt z. B. der Bizeps den Unterarm im Ellenbogen, so muss gleichzeitig der Gegenspieler (hier: der Trizeps) gedehnt werden. Soll der Unterarm wieder in eine gerade Position gebracht werden, geht es umgekehrt. Jetzt ist der Trizeps der Agonist, er streckt den Unterarm, während der Bizeps als Antagonist gezielt nachgibt und so die Bewegung dosiert abbremst.

Häufig sind an der Ausführung einer Bewegung noch weitere Muskeln beteiligt, die in die gleiche Richtung arbeiten. Diese Muskeln werden dann als Synergisten bezeichnet. Sie können ganze Muskelgruppen bilden, z. B. die Gruppe der Bauchmuskeln. Die Gruppe der Rückenmuskeln können als Gegenspieler zur Gruppe der Bauchmuskeln angesehen werden. Solche gegensätzlichen Muskelgruppen sollten immer ungefähr gleich stark ausgebildet sein. Ungleichgewichte, die sich auch muskuläre Dysbalancen nennen, führen zu Fehlhaltungen. Fehlhaltungen können heftige Schmerzen hervorrufen und sogar dauerhafte Schädigungen herbeiführen. Deshalb werden bei einem ausgewogenen Training und bei rehabilitativen und krankengymnastischen Übungen immer Agonisten und Antagonisten gleichermaßen trainiert.

Abb. 4: Agonist und Antagonist¹

¹ Quelle: <http://www.prolipsi.org/ANATOMIE.html>; 19.09.2010