
Allgemeine Anatomie IV

Muskel, Sehne und Hilfseinrichtungen

David P. Wolfer

Institut für Bewegungswissenschaften und Sport, D-HEST, ETH Zürich
Anatomisches Institut, Medizinische Fakultät, Universität Zürich

376-0905-00

Funktionelle Anatomie des menschlichen Bewegungsapparates

Di 15.03.2016

Muskelfasertypen

- *Fasertypen*

- *bestimmt durch Isoform der schweren Myosinkette, Dilemma Geschwindigkeit ↔ Ausdauer*
- *I → hohe Ausdauer auf Kosten langsamer Kontraktion: oxidativer Stoffwechsel, Mitochondrien, Fetttropfen, Myoglobin (rote Farbe)*
- *IIX → rasche Kontraktion auf Kosten schneller Ermüdung: viel sarkoplasmatisches Retikulum, Parvalbumin = Ca⁺⁺-Puffer, Glykolyse, Glykogen*
- *IIA → Kompromissform*

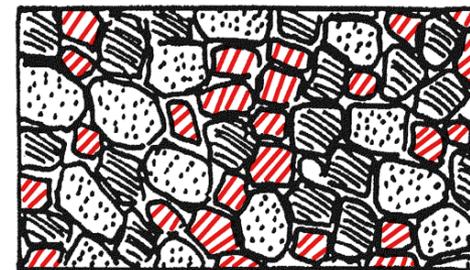
- *Fasertypenverteilung*

- *Muskeln alle gemischt, verteiltes Mosaik. Haltemuskeln (M. soleus, M. tibialis ant., M. erector spinae) I:II=2:1; M. triceps brachii I<II. M. gastrocnemius individuell: Sprinter II>I, Ausdauersportler I>II*

- *Fasertransformation*

- *Physiologisch: Belastung IIX→IIA (fast to slow), Ruhe IIA→IIX (slow to fast), Anteil I bleibt.*
- *Lähmung: I → IIA; 10 Hz Tierexperiment: IIA→I?*

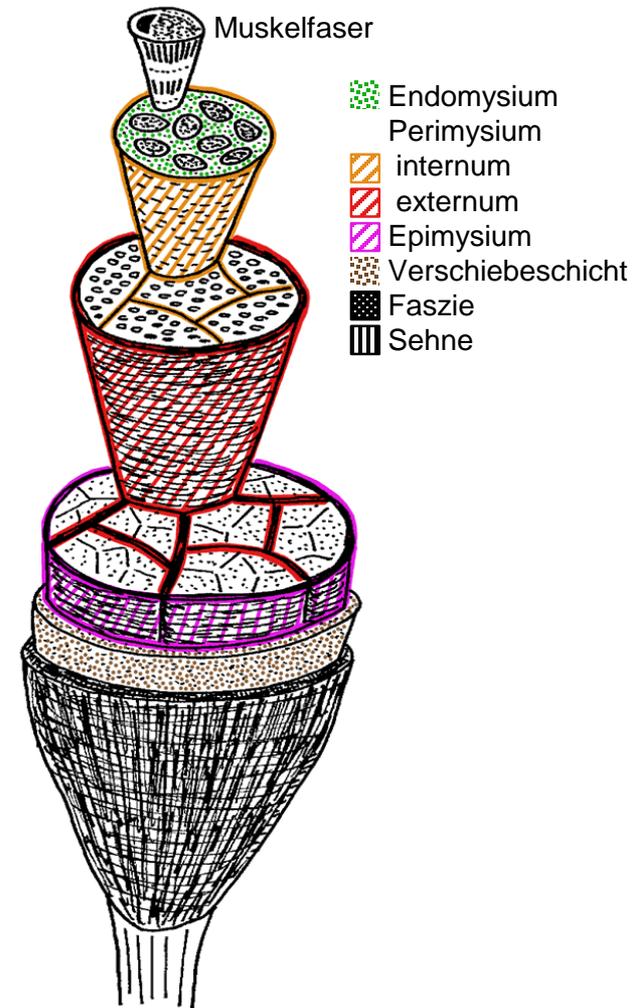
Faser-Typ	I	IIA	IIX
Schnelligkeit	-	+	++
Ausdauer	++	+	-
Oxidation	++	+	(+)
Glykolyse	(+)	+	++
Myoglobin	++	++	(+)
Mitochondrien	++	++	(+)
Fetttropfen	++	+	(+)
Glykogen	(+)	+	++
SR	(+)	+	++
Parvalbumin	-	(+)	++



Muskelfasertypen am Querschnitt

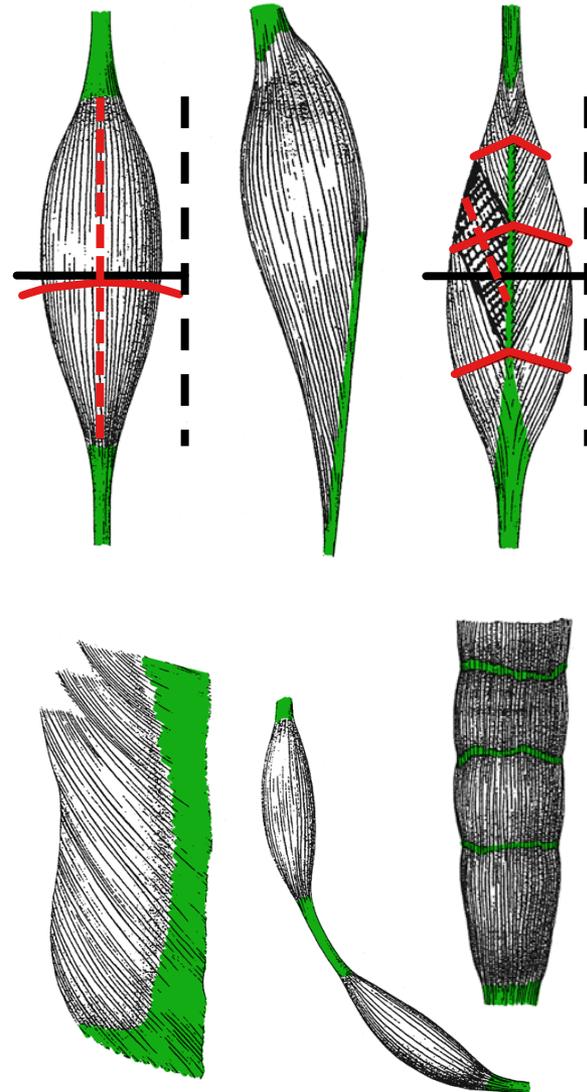
Muskel

- *Muskel = Organ*
 - *Parenchym = Muskelfasern, Länge max 4-10 cm, myomyonale Verbindungen (End-End, End-Seit)*
 - *Stroma = Bindegewebe mit Leitungsbahnen*
- *Stroma*
 - *Faszie (straff) → Muskelloge, ev Muskelursprung*
 - *Epimysium (locker) bedeckt Oberfläche, mit Faszie verwachsen oder durch Verschiebeschicht getrennt*
 - *Perimysium externum um Sekundärbündel (makroskopische Fleischfaser)*
 - *Perimysium internum um Primärbündel = Faszikel (Querschnitt ca. 1 mm², 150-250 Muskelfasern)*
 - *Endomysium umgibt einzelne Muskelfasern, führt Blutkapillaren, Nervenfasern(-Bündel)*
- *Trainingseffekte*
 - *Krafttraining → Faserhypertrophie, Aktivierung Satellitenzellen. Inaktivität → Faseratrophie.*
 - *Ausdauertraining → mehr Mitochondrien, Kapillaren / Muskelfasern 1.5-2 → 2.5)*



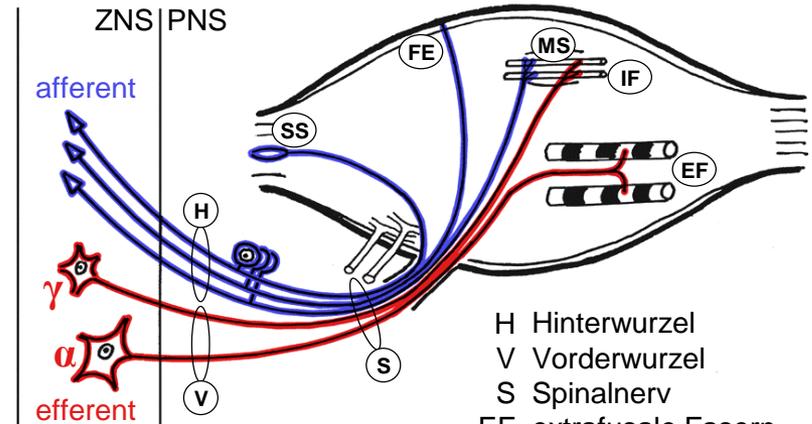
Muskeltypen

- *Querschnittsmasse*
 - anatomischer Querschnitt bestimmt Form & Volumen (dickste Stelle)
 - physiologischer Querschnitt bestimmt Kraft (Zahl parallel geschalteter MF)
- *Längenmasse*
 - Muskellänge bestimmt Form
 - Faszikellänge bestimmt Hubhöhe
- *Fiederung*
 - keine = spindelförmiger Muskel: maximal mögliche Faszikellänge
 - einfache, doppelte Fiederung: durch Summation mehr physiologischer Querschnitt - auf Kosten der Faszikellänge
- *Varianten*
 - platte Muskeln, Aponeurose = platte Sehne
 - Zwischensehne(n)



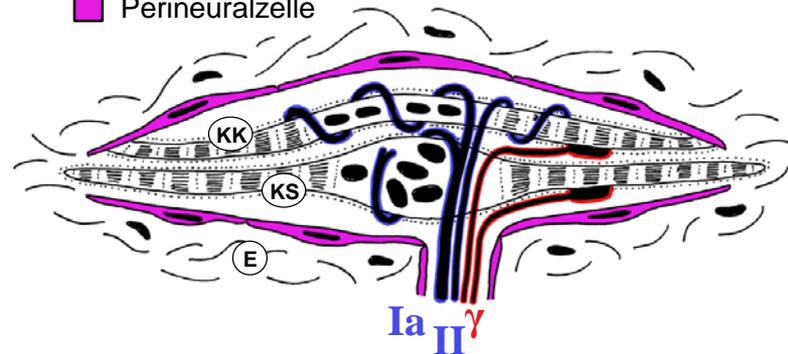
Muskelninnervation

- *Efferente Innervation*
 - *Motoneuron: Zellkörper im ZNS, Faser → Spinalnerv oder Hirnnerv*
 - *α-Motoneuron → extrafusale Fasern*
 - *γ-Motoneuron → intrafusale Fasern*
- *Afferente Innervation*
 - *primärafferentes Neuron: Zellkörper in sensorischem Ganglion des PNS*
 - *Rezeptoren: Muskelspindel: Dehnung, Sehenspindel: Spannung, freie Endigungen: Dehnung, Nozizeption*
- *Muskelspindel*
 - *im Endomysium eingebettet, Hülle aus Perineuralzellen*
 - *intrafusale Muskelfasern: 2-5 Kernkettenfasern, 1-3 Kernsackfasern*
 - *Ia Afferenz → Geschwindigkeit*
 - *II Afferenz → Amplitude*
 - *γ-Motoneurone → Längen Anpassung*



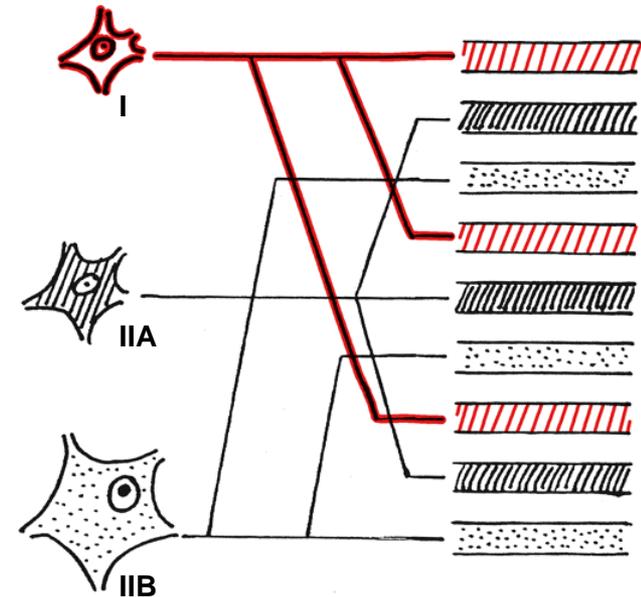
H Hinterwurzel
 V Vorderwurzel
 S Spinalnerv
 EF extrafusale Fasern
 IF intrafusale Fasern
 MS Muskelspindel
 SS Sehenspindel
 FE freie Endigung

KK Kernkettenfaser
 KS Kernsackfaser
 Basallamina
 E Endomysium
 ■ Perineuralzelle



Motorische Einheit

- *Definition*
 - α -Motoneuron plus alle über seine Axonkollateralen versorgte Muskelfasern
 - neuromuskuläre Synapse: ev. mehrere pro Muskelfaser durch Kollateralen des selben Motoneurons
 - Motoneuron bestimmt Fasertypen: gleicher Typ in ganzer Einheit, vorübergehende Typen-Koexistenz nur während Transformation
- *kleine und grosse Einheiten*
 - klein = hohe Präzision (äussere Augenmuskeln 5-10 Muskelfasern/ME, Fingermuskeln 200-300)
 - grosse = viel Kraft (*M. triceps surae* ca. 2000 Muskelfasern/ME)
- *Muskelquerschnitt*
 - Fasern einer Einheit verstreut \rightarrow gleichmässige Kraftverteilung bei gestaffelter Rekrutierung
 - Muskelfaserverlust \rightarrow Gruppierung



Sehne & Hilfseinrichtungen

- *Sehne*

- *Parenchym: Sehnenfasern (Kollagen I)*
→ Zugfestigkeit 1000kg/cm^2 , wenige elastische Fasern → 4% Dehnungsreserve, Flügelzellen = Fibroblasten

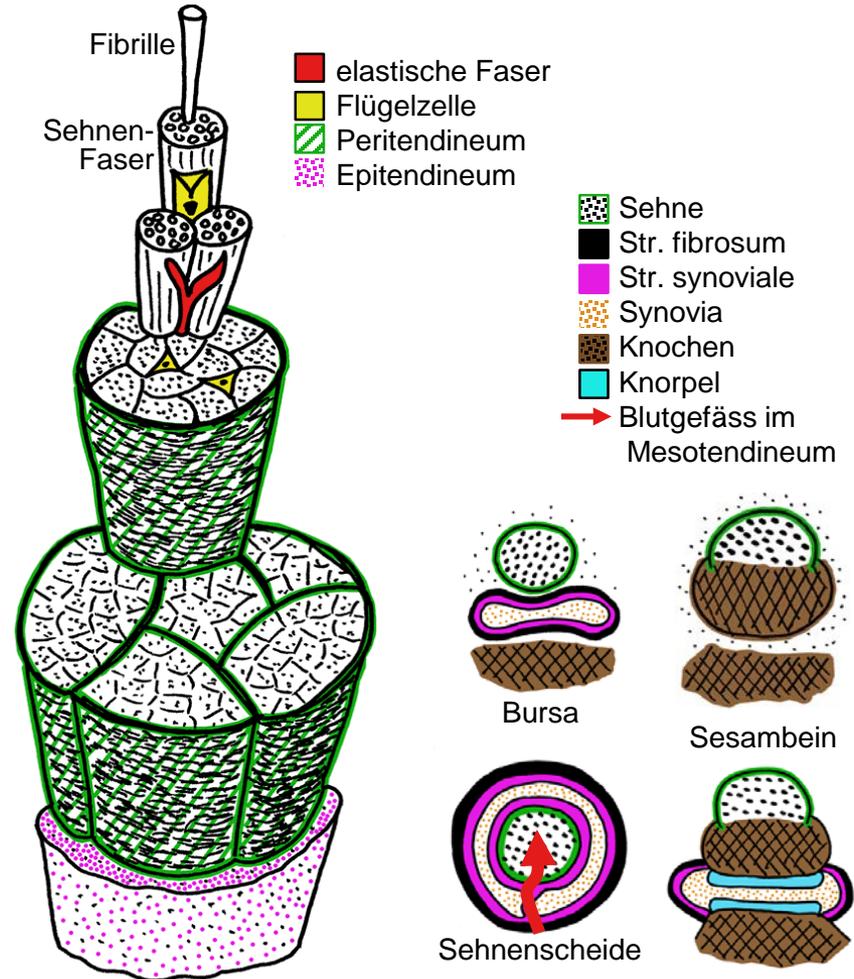
- *Stroma: Peritendineum um Sehnenfaserbündel (Leitungsbahnen), Epitendineum um ganze Sehne*

- *Hilfseinrichtungen*

- *Schleimbeutel (Bursa, Bursitis):*
Synovia, Wandaufbau wie Gelenkkapsel, verhindert Schaden durch Reibung, ev. mit Gelenkhöhle verbunden

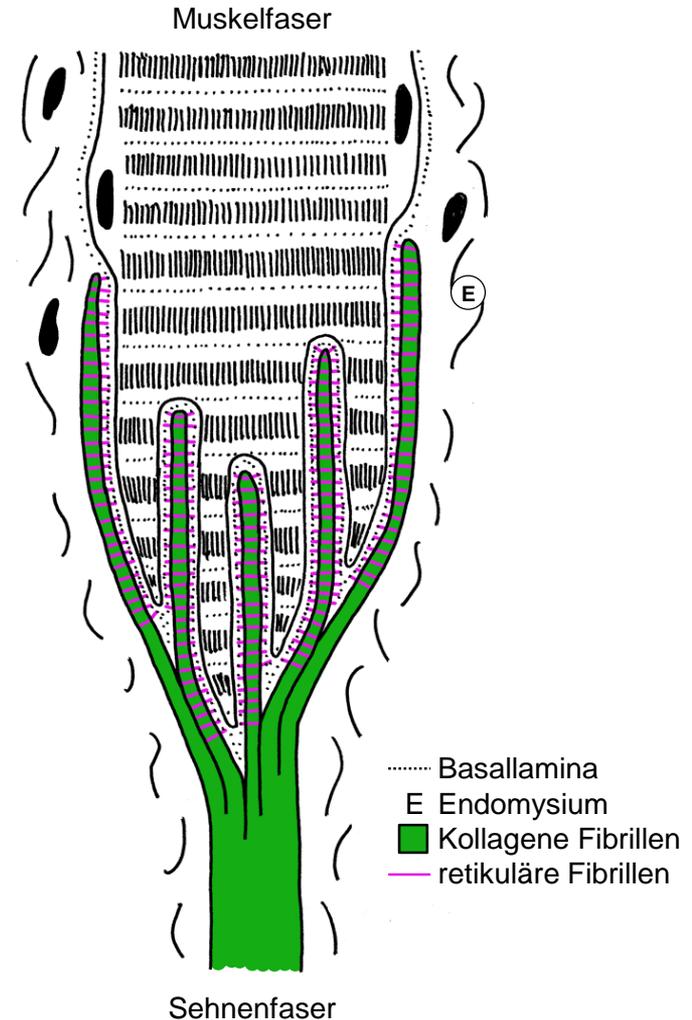
- *Sehnenscheide (Vagina tendinis, Tendovaginitis):* Führung über lange Strecke, Versorgung der Sehne via Mesotendineum

- *Sesambein: Verknöcherung gegen Schaden durch Druck. Druck + Reibung*
→ *planes Gelenk*



Muskelsehnenübergang

- **Prinzip**
 - *1 Muskelfaser verbunden mit 1 Sehnenfaser*
 - *stets Basallamina dazwischen*
 - *Vergrößerung Kontaktfläche durch fingerartige Fortsätze / Einstülpungen der Muskelfaser: Seit-zu-Seit-Kontakt*
- **Kontakte**
 - *Fokalkontakte mit Beteiligung endständigen sarkomerischen Aktins (via Integrin)*
 - *erweiterte Fokalkontakte mit Beteiligung des subsarkolemmalen Zytoskeletts: nicht sarkomerisches Aktin (via Integrin), Dystrophin (via Dystroglycan)*
 - *retikuläre Fibrillen binden an Basallamina und sind mit Sehnenfasern verwoben*



Sehnenansatz

- *Verbindung*
 - *Sehnenfasern strahlen in Periost und Knochen ein*
- *Dämpfung*
 - *Faserknorpel im Ansatzbereich, gewellter Verlauf der Sehnenfasern um Chondrone*
 - *Kompression + Deformation der Chondrone bei Erhöhung der Zugspannung und Streckung der Sehnenfasern (Druckkissen)*
 - *mineralisierte Zone: Abstufung der Materialeigenschaften*
- *Insertionstendinose*
 - *Entzündung und Schmerz bei (uniformer) Überbeanspruchung (zB Tennisarm)*

