
Vorlesung

Grundlagen der Diagnose & Beratung

Sascha Härtel, Gunther Kurz

Kraftdiagnostik

—

allgemeine Grundlagen



Gliederung

- 1. Systematisierung der Kraft**
- 2. Muskelfasertypen**
- 3. Muskelarchitektur**
- 4. Muskelkennlinien**

Aktivierungskennlinie

Kraft-Geschwindigkeit-Kennlinie

Kraft-Längen-Kennlinie



Systematik der Kraftfähigkeiten

Ausdauerfähigkeiten

resultieren aus den sauerstoff- und energiebereitstellenden Prozessen des Organismus.



Beweglichkeit

wird vom Aktionsradius der Gelenke und der Dehnfähigkeit der Muskulatur bedingt.



Kraftfähigkeiten

werden von Muskelleistungen bei größeren äußeren Widerständen erbracht.



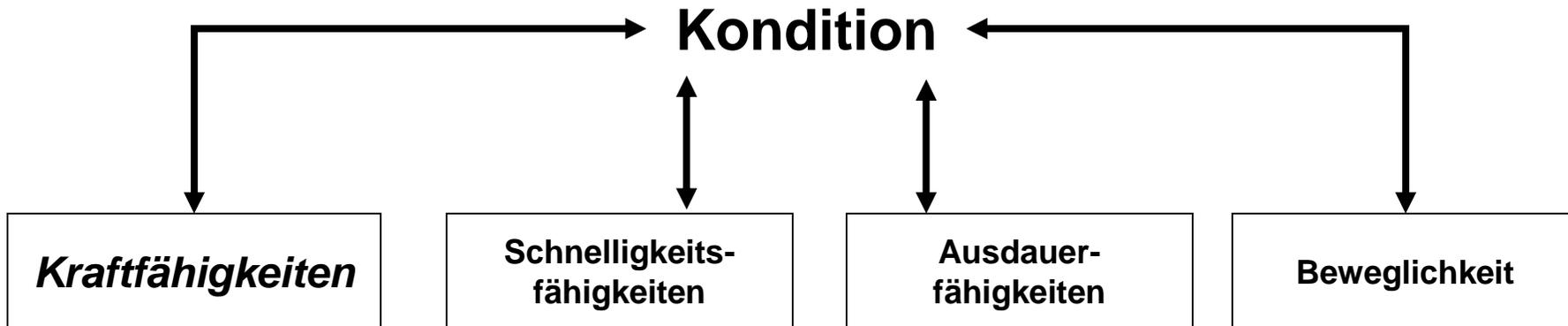
Schnelligkeitsfähigkeiten

basieren auf dem neuromuskulären Zusammenspiel bei schnellen Bewegungen.



Systematik der Kraftfähigkeiten

Subgruppen der konditionellen Fähigkeiten



Maximalkraft

Schnellkraft

Reaktivkraft

Kraftausdauer

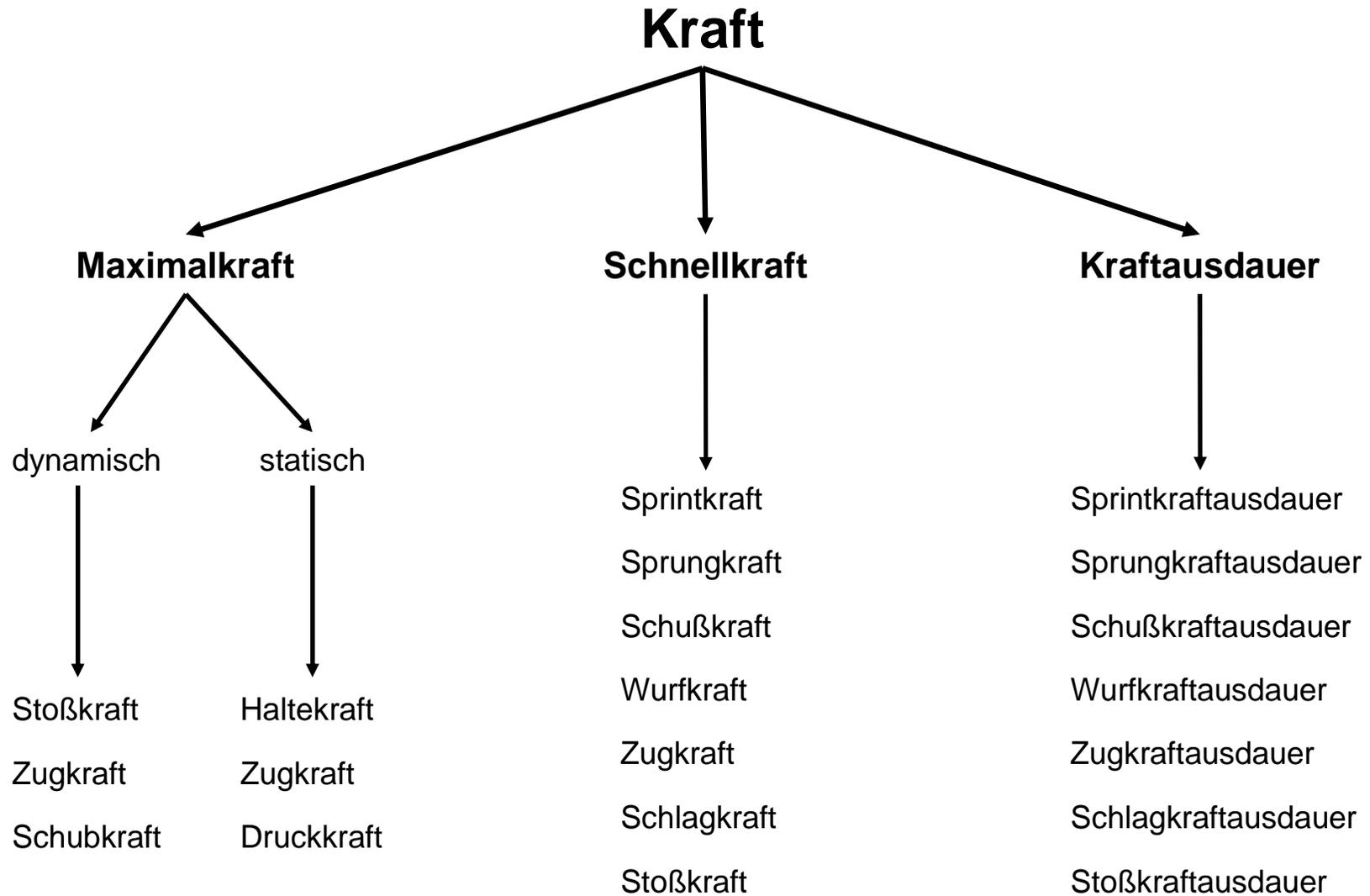
Reaktionsschnelligkeit
Beschleunigungsfähigkeit
Bewegungsschnelligkeit

Kurzzeitausdauer
Mittelzeitausdauer
Langzeitausdauer

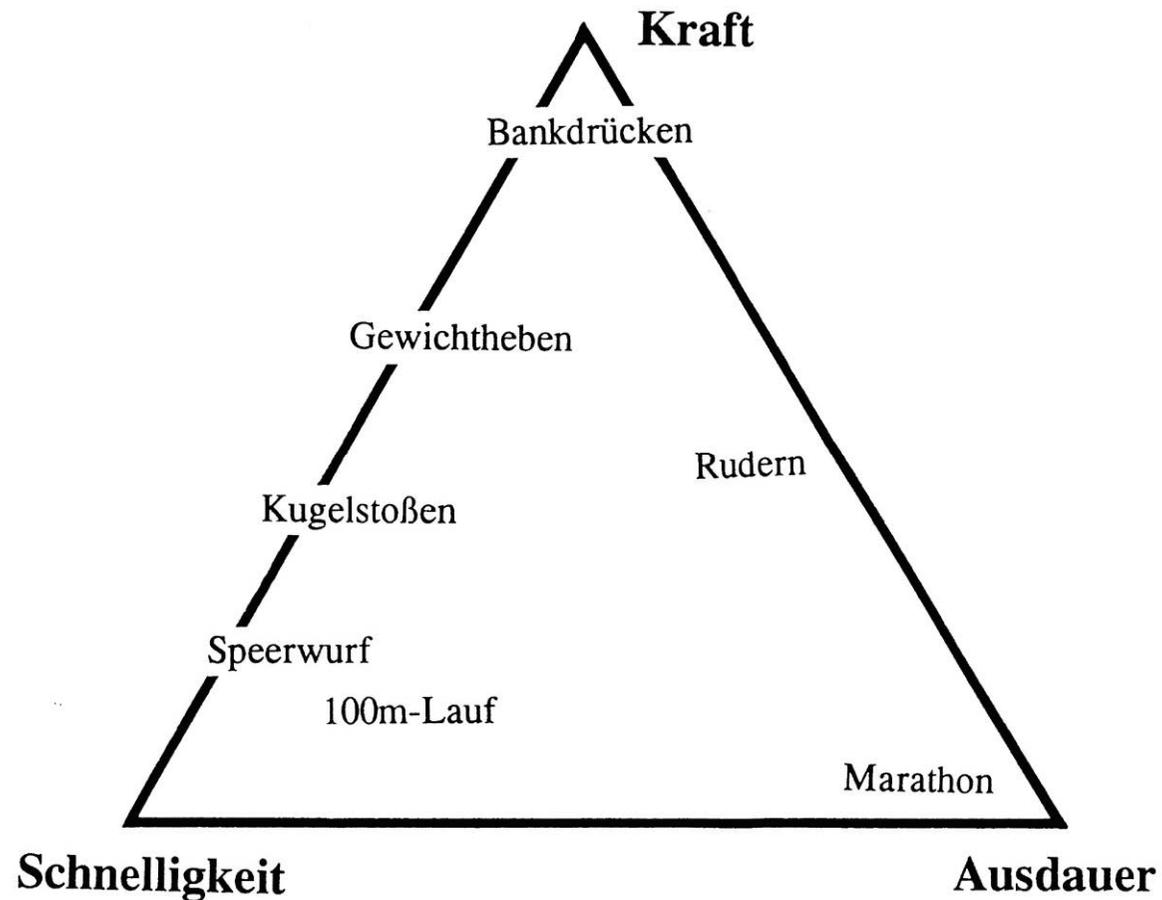
Gelenkbeweglichkeit
Dehnungsfähigkeit



Systematik der Kraftfähigkeiten



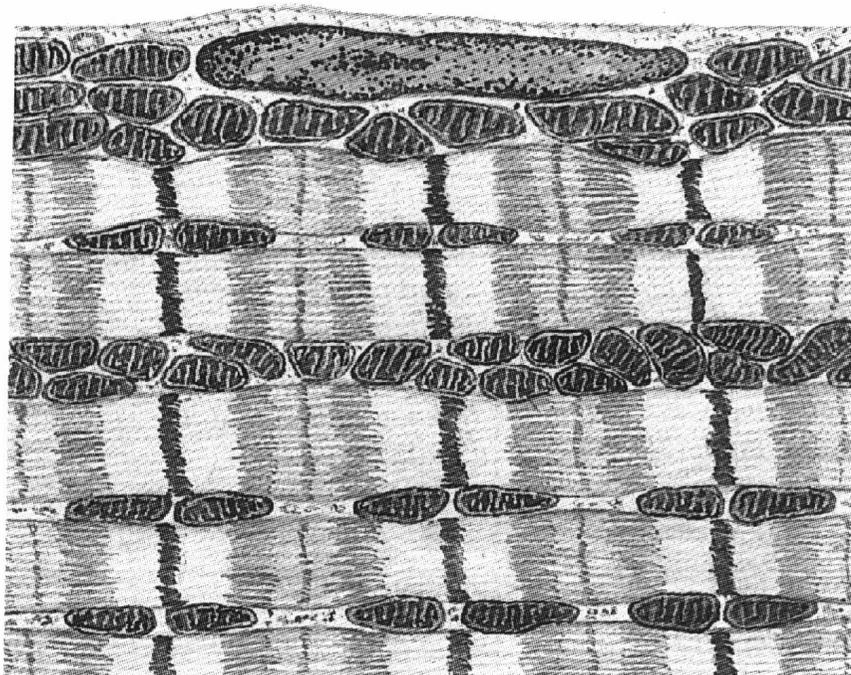
Disziplinen im Dreieck der konditionellen Fähigkeiten



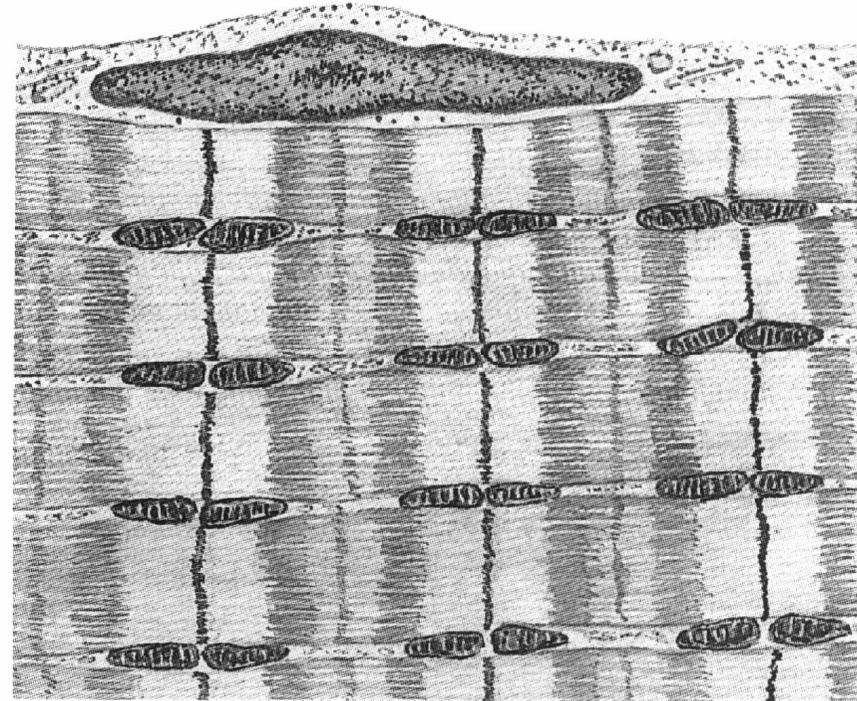
Muskelfasertypen

Histologische Unterschiede zwischen schnellen und langsamen Fasern:

STO-Faser



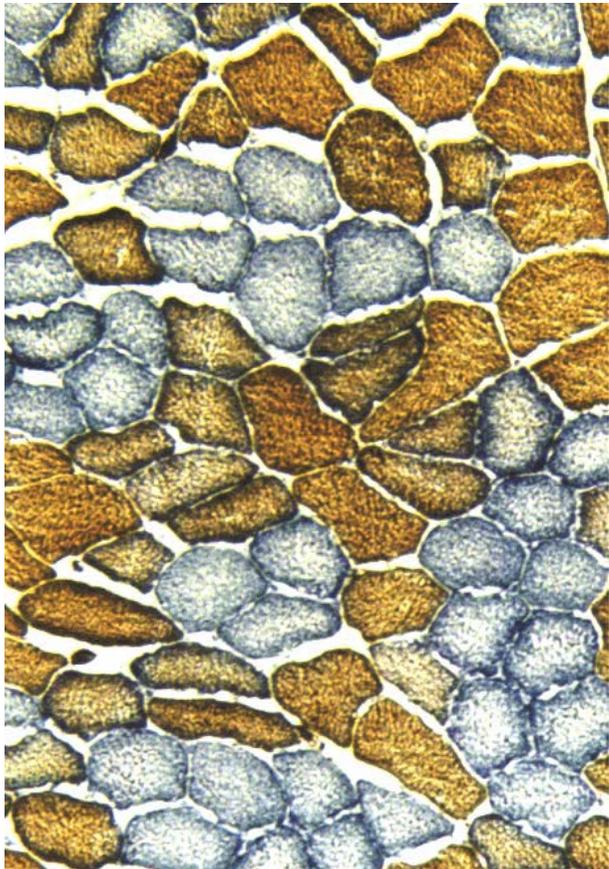
FTO-Faser



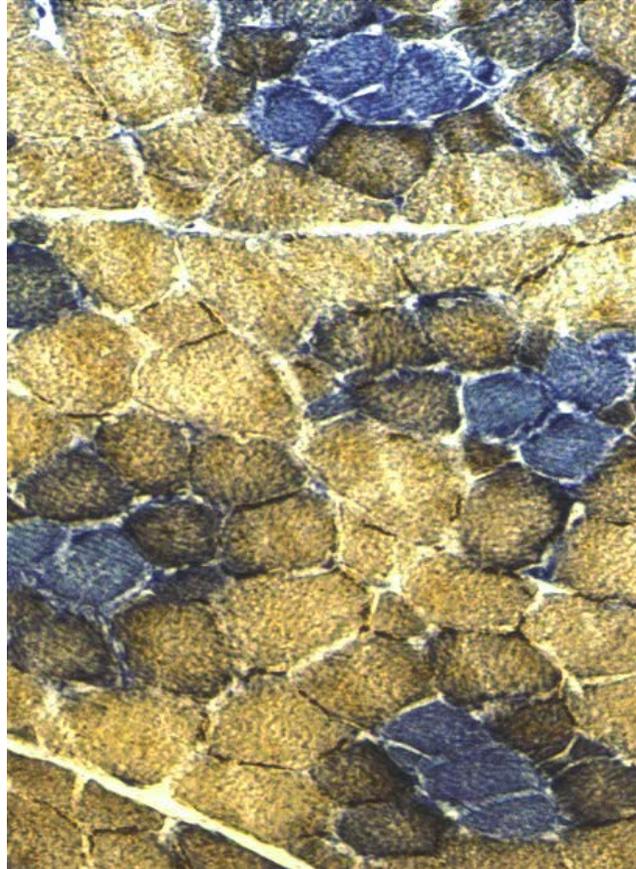
Unterschiedliche Mitochondrienzahl im elektronenmikroskopischen Bild



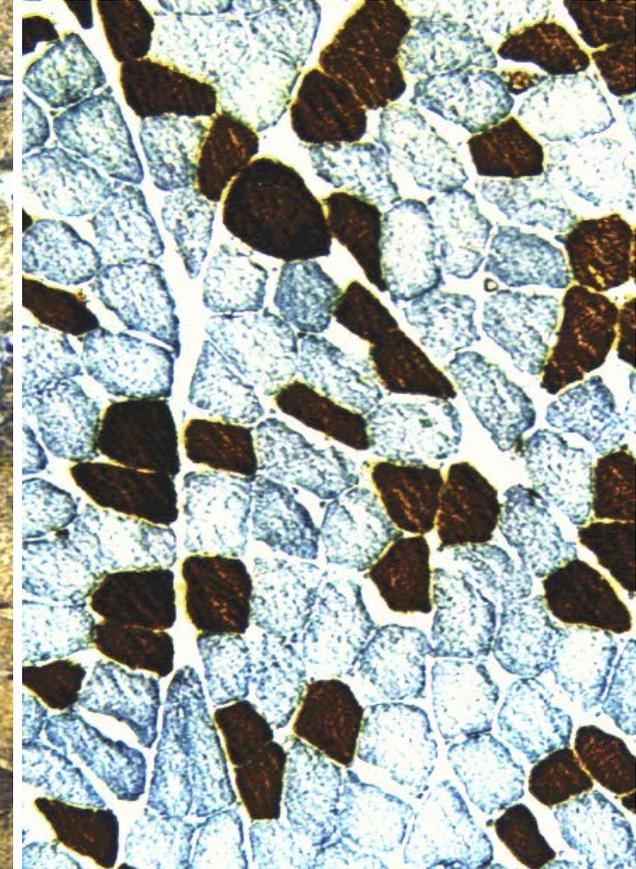
Muskelfasertypverteilung unterschiedlicher Muskulaturen



M. gastrocnemius



M. tibialis anterior

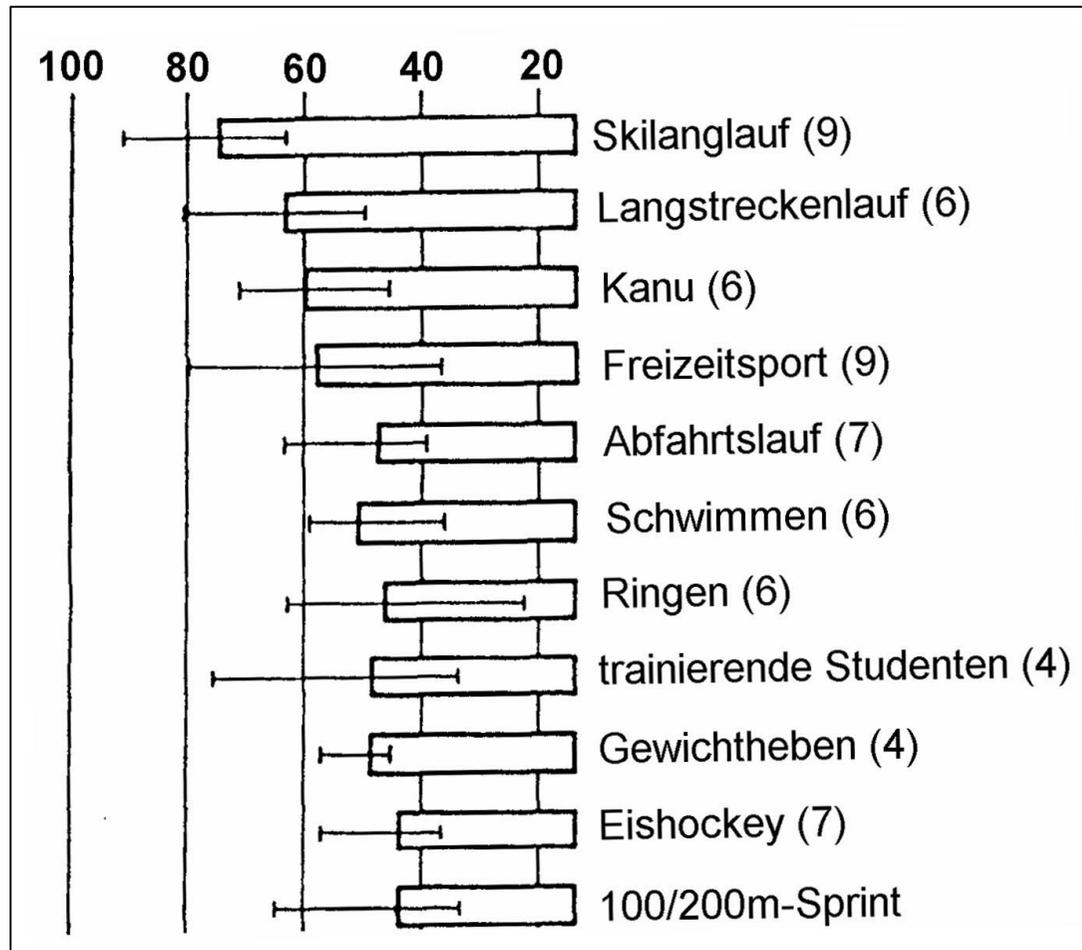


M. soleus

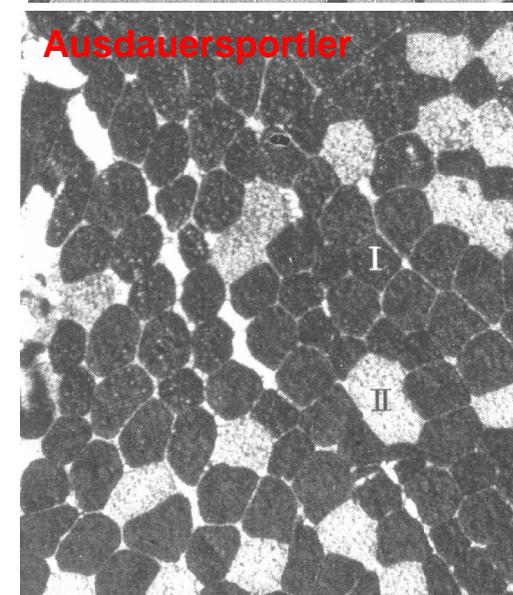
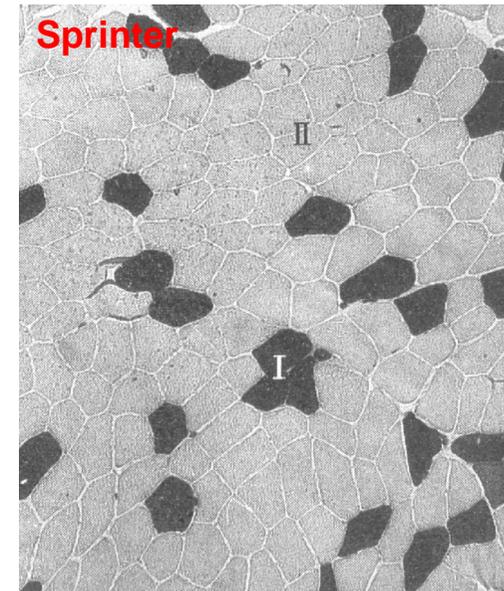
blau: STO-Fasern; gelb-blau: FTO-Fasern; gelb: FTG-Fasern



Muskelfasertypverteilung bei Spitzenathleten



Anteile (%) der STC-Fasern (Beinstrecker) von Leistungssportlern (Karlson 1975)

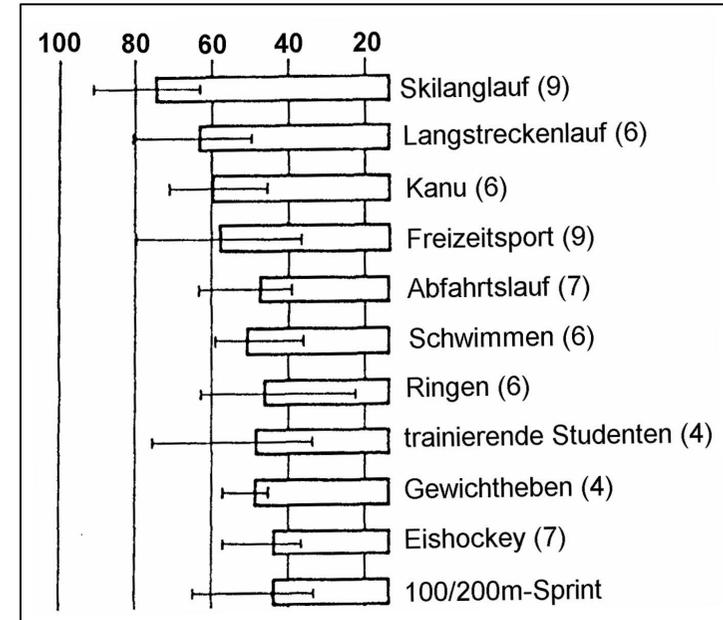


Muskelfasertypverteilung bei Spitzenathleten

Muskelfasertypen

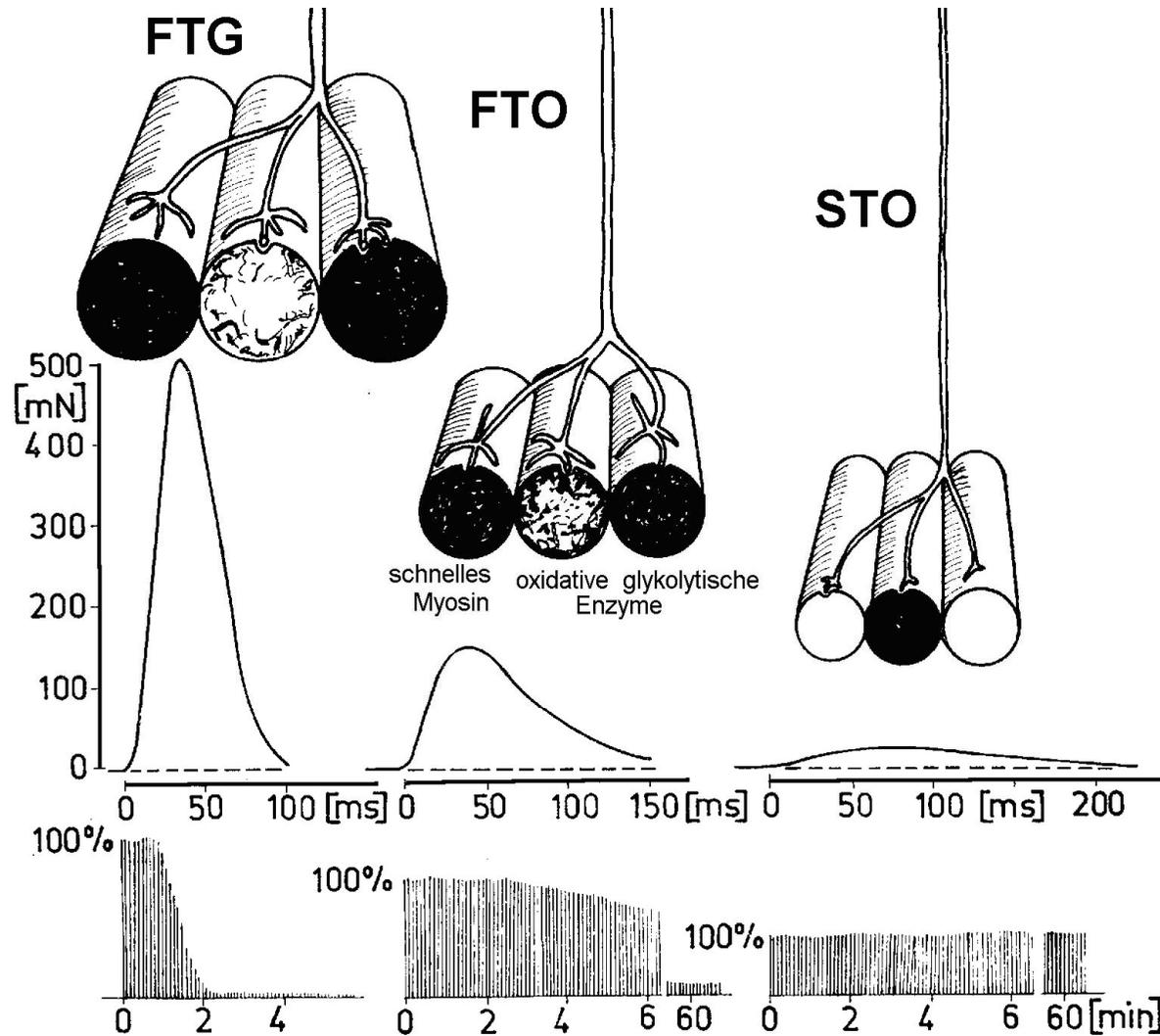
Unterschiede in der Muskelfasertypverteilung bei Spitzenathleten:

- Proportion von schnellen und langsamen (ermüdungsresistenten) Muskelfasern ist weitgehend genetisch determiniert
- Selektion von Personen mit hohen Anteilen an schnellen Fasern in den Schnellkraftsportarten bzw. mit vielen ST-Fasern in den Ausdauersportarten.
- spezifisches Training bedingt in erster Linie eine selektive Querschnittserhöhung von Fasertypen, die Fasertypumwandlung ist langwierig und nur begrenzt möglich



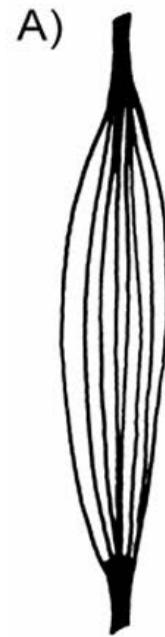
Muskelfasertypen

Faserspektrum



Muskelarchitektur

Anordnung der kontraktilen Komponenten



fusiform



unipennat



bipennat

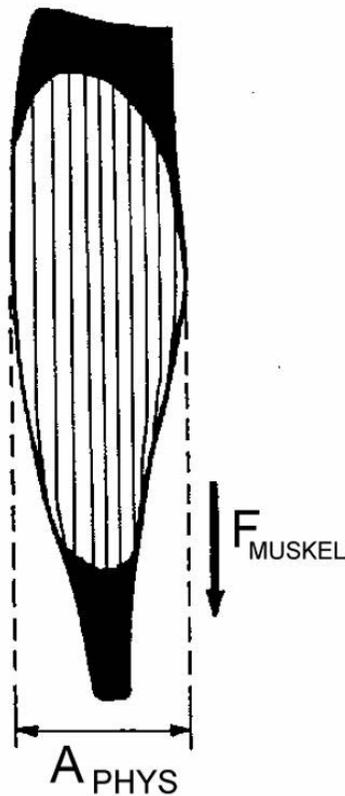
- Muskelgewebe kann pro cm² Querschnittsfläche eine Kraft von ca.30N entwickeln (spezifische Muskelspannung=30N/cm²).
- Je größer der Querschnitt, um so stärker die maximale Kraft.



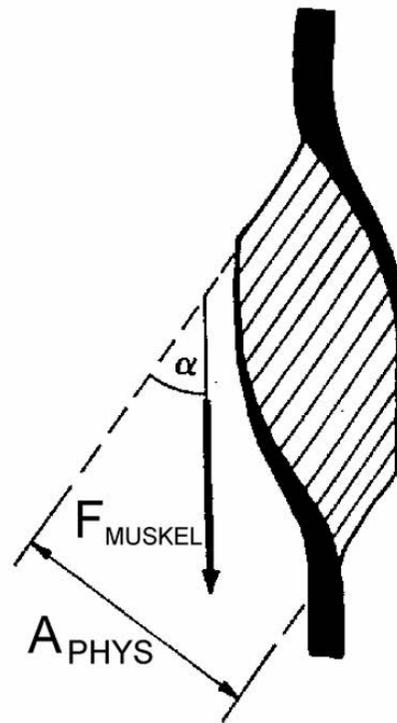
Muskelarchitektur

Berechnung der Muskelkraft für fusiformen und unipennaten Muskel:

fusiform



unipennat



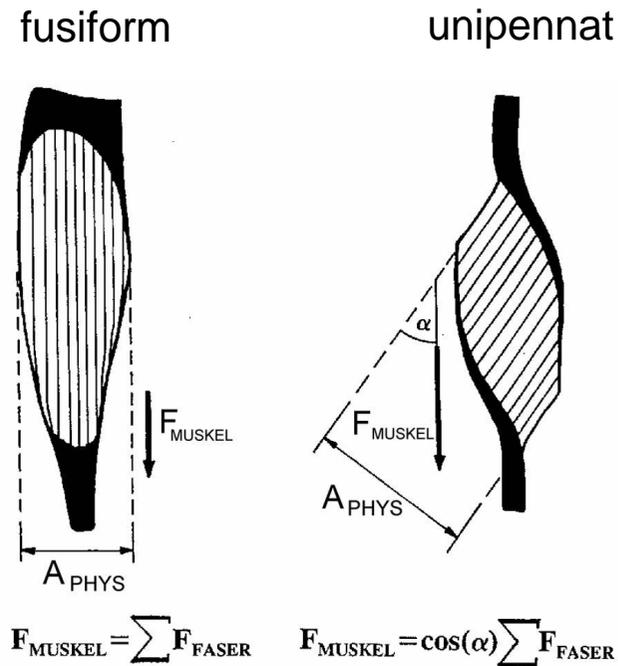
$$F_{MUSKEL} = \sum F_{FASER}$$

$$F_{MUSKEL} = \cos(\alpha) \sum F_{FASER}$$



Muskelarchitektur

Vorteile fusiformer und unipennater Muskel



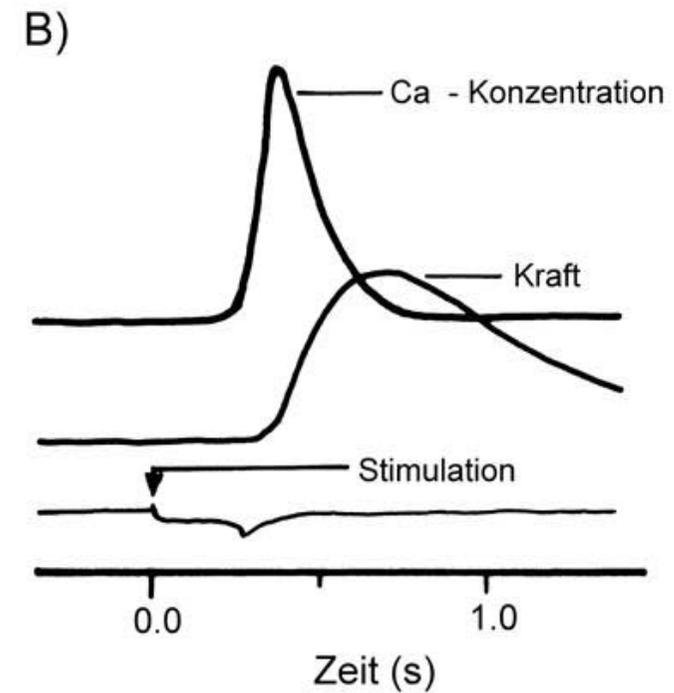
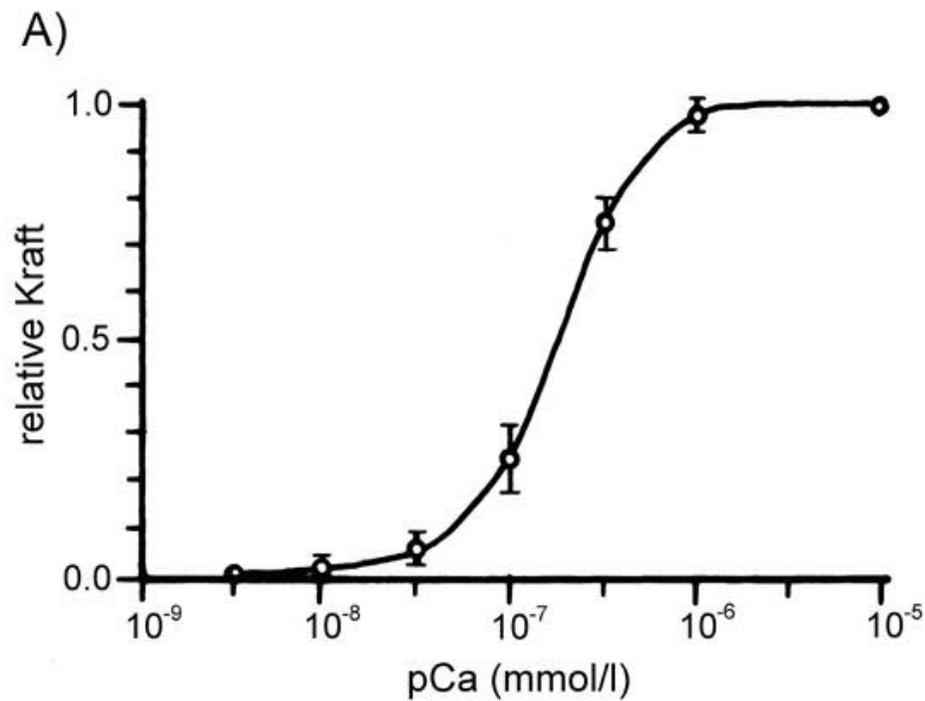
Die Summe der Faserkräfte berechnet sich mit dem Produkt aus Faserfläche und spezifischer Muskelspannung

- Der Vorteil pennater Muskeln liegt in der Entfaltung hoher Muskelkräfte (größerer physiologischer Querschnitt).
- Fusiforme Muskeln besitzen einen großen Arbeits-längenbereich und erreichen höhere Kontraktionsgeschwindigkeiten (größere Muskelfaserlänge).



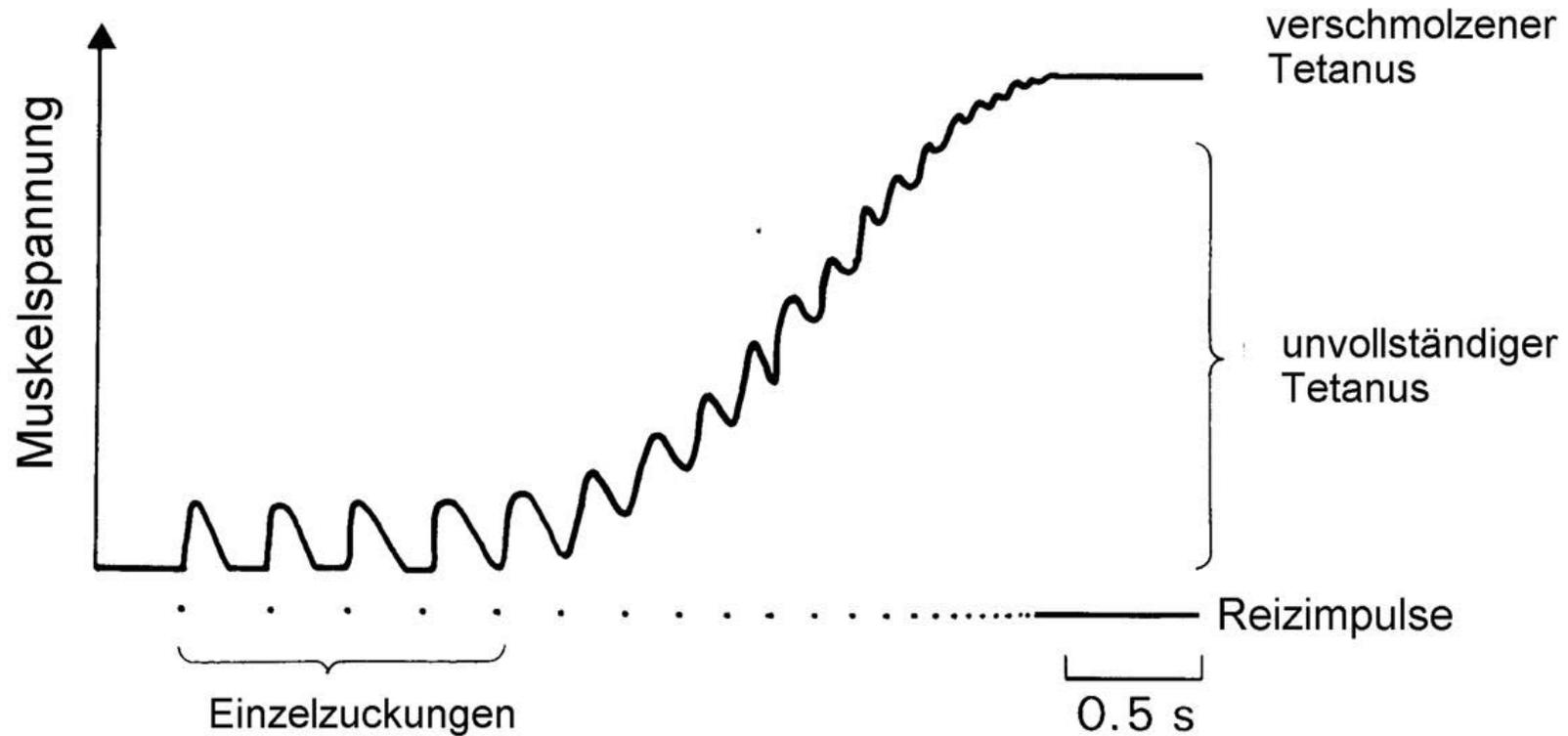
Aktivierungskennlinie - Muskelaktivierung

Zusammenhang zwischen Stimulation, Kalziumkonzentration im Sarkoplasma und Kraftentfaltung an den Myofilamenten (Froschmuskel, 0°C)



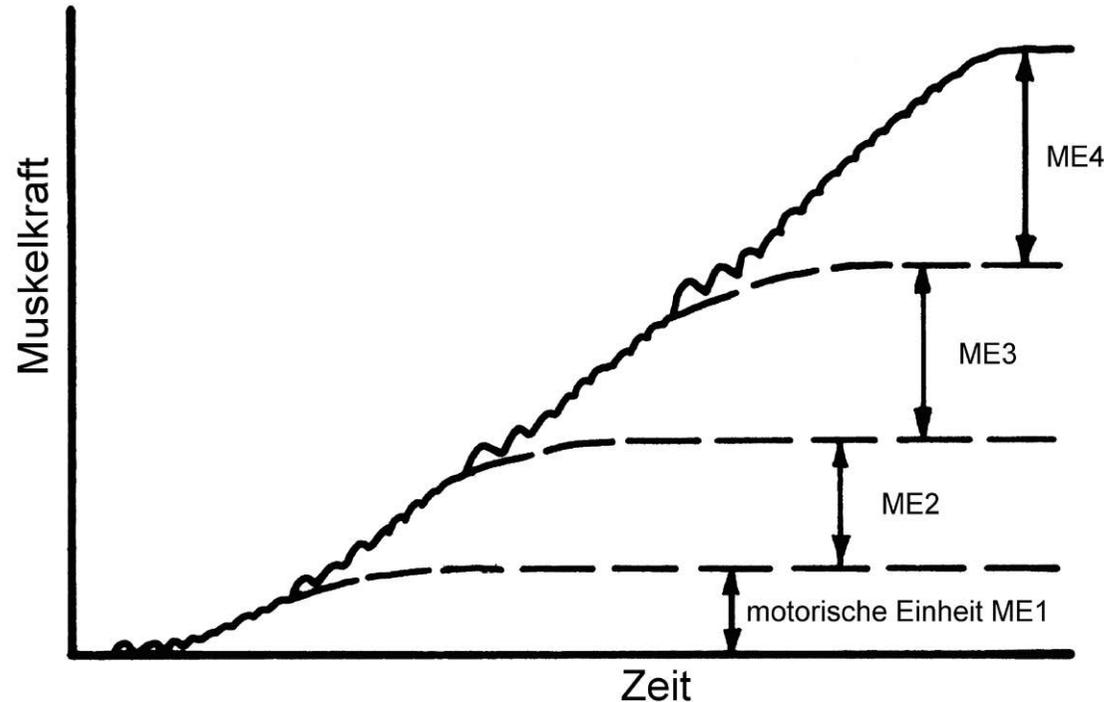
Aktivierungskennlinie

Einzelzuckung und tetanische Kontraktion



Aktivierungskennlinie

Rekrutierungsschema nach Henneman (1974)

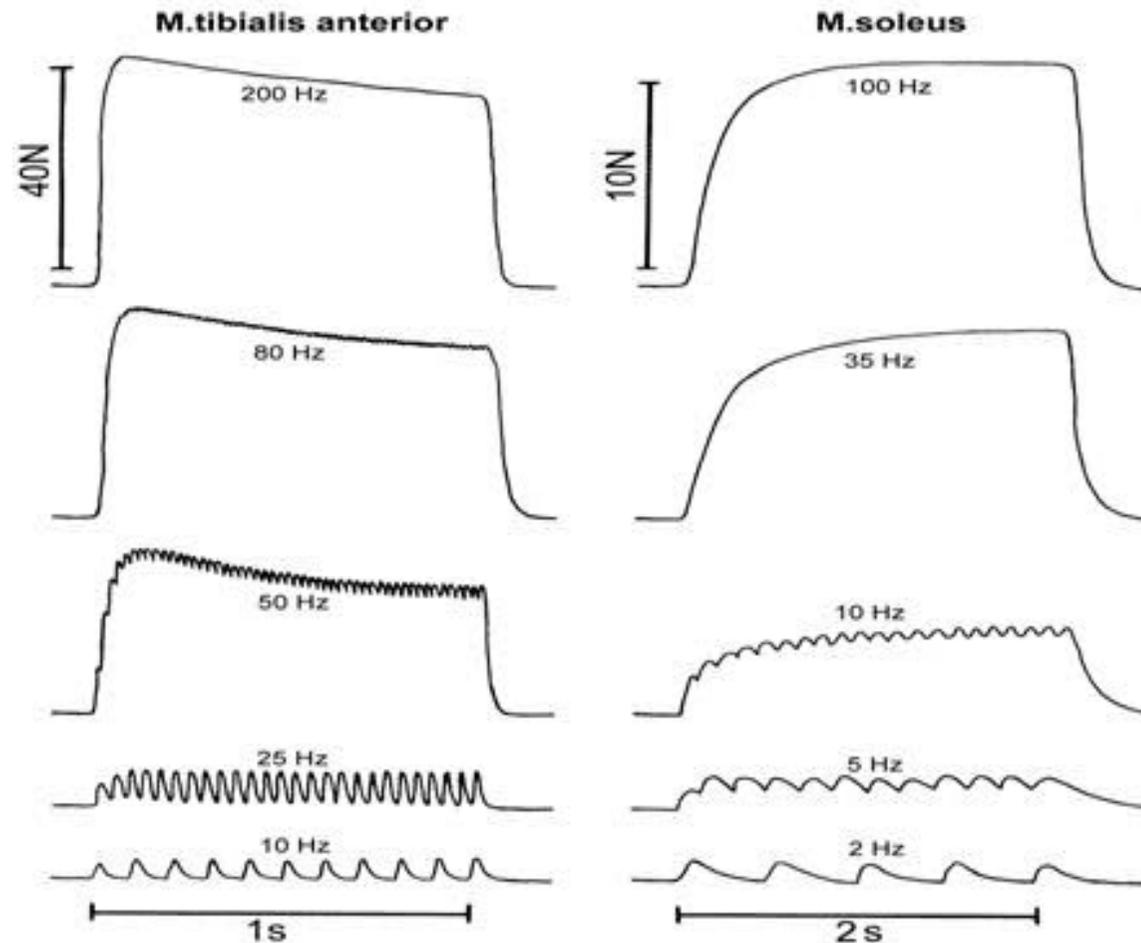


- zu Beginn der Aktivierung werden die kleinsten Einheiten (mit den wenigsten Muskelfasern) zuerst eingeschaltet (ermöglichen feine Koordination in geringer Abstufung)
- die größten motorischen Einheiten werden zuletzt aktiviert (keine Feinregulation der Kraft möglich, da das Kraftpotential einer großen Einheit zu hoch ist)
- ST-Fasern werden mit geringeren Reizfrequenzen als FT-Fasern angesprochen



Aktivierungskennlinie

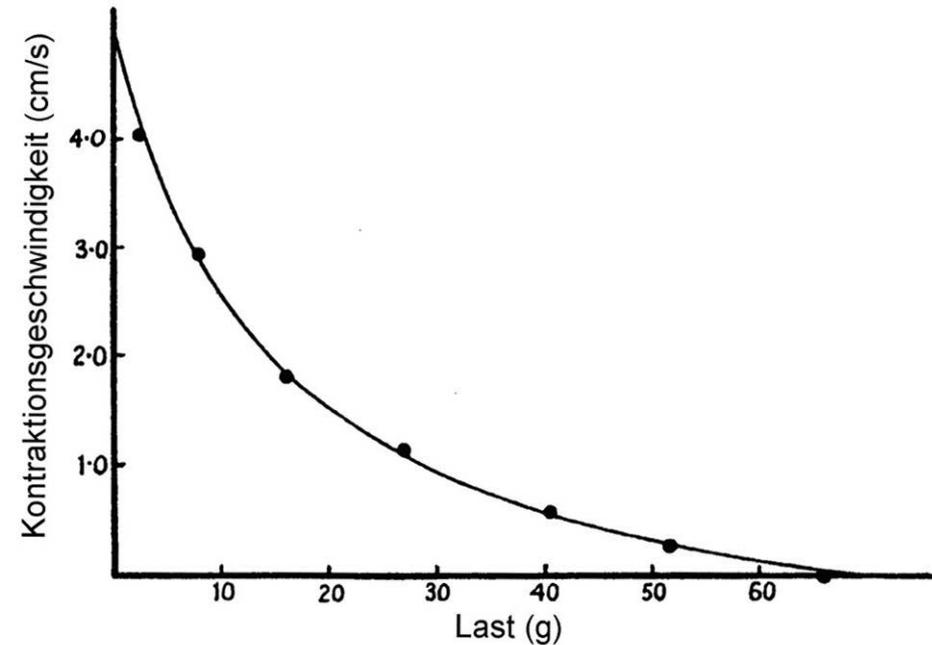
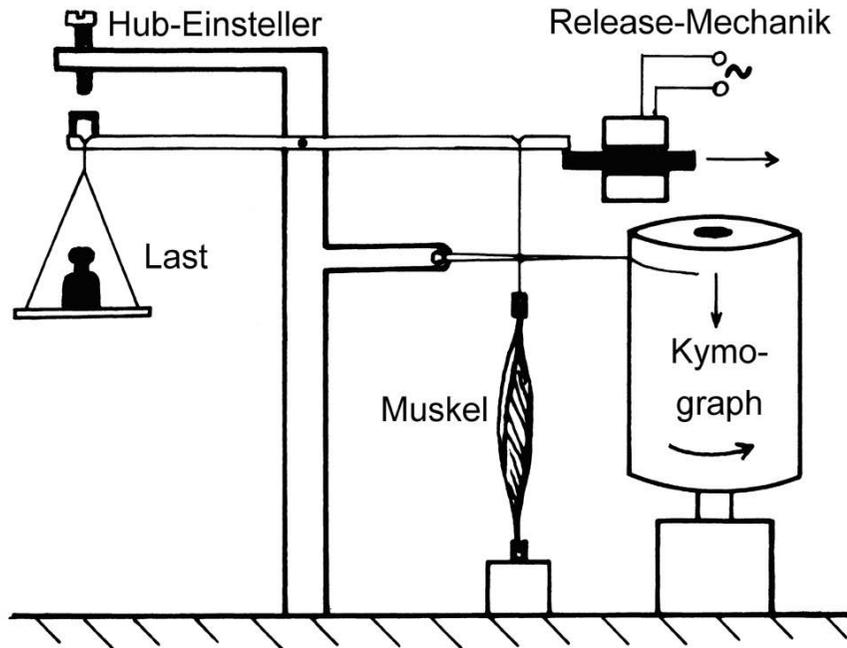
Kontraktionsverlauf ST- bzw. FT-Faser dominierter Muskel



- Kraftanstieg bei Muskeln mit vielen schnellen Fasern 3x so schnell wie bei Muskeln mit überwiegend ST-Fasern
- Verschmelzungsreizfrequenz für Muskeln mit überwiegend ST-Fasern geringer als bei FT-Muskeln



Kraft-Geschwindigkeits-Kennlinie (HILL'sche Gleichung)



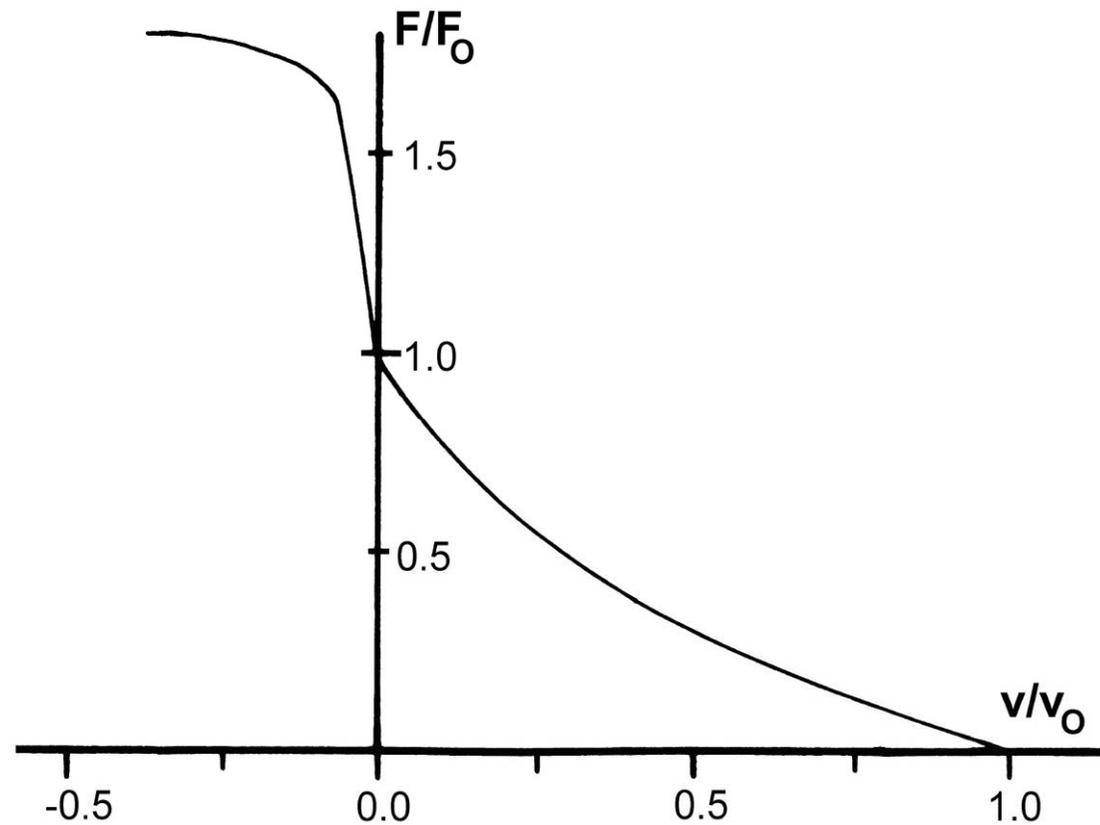
Ausgangspunkt für die Herleitung der Hillschen Gleichung war eine Messreihe der mittleren Kontraktionsgeschwindigkeit eines Froschmuskels bei unterschiedlichen Lasten (Hill, 1938).

Die Hillsche Gleichung beschreibt den hyperbolischen Zusammenhang zwischen der Last (als Kraft eingesetzt) und der Kontraktionsgeschwindigkeit.

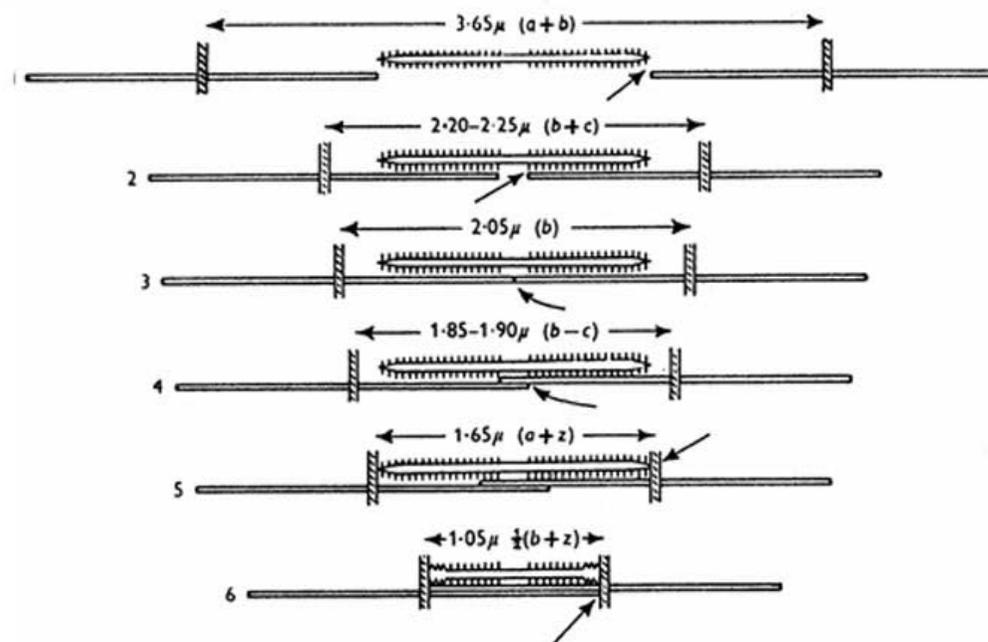
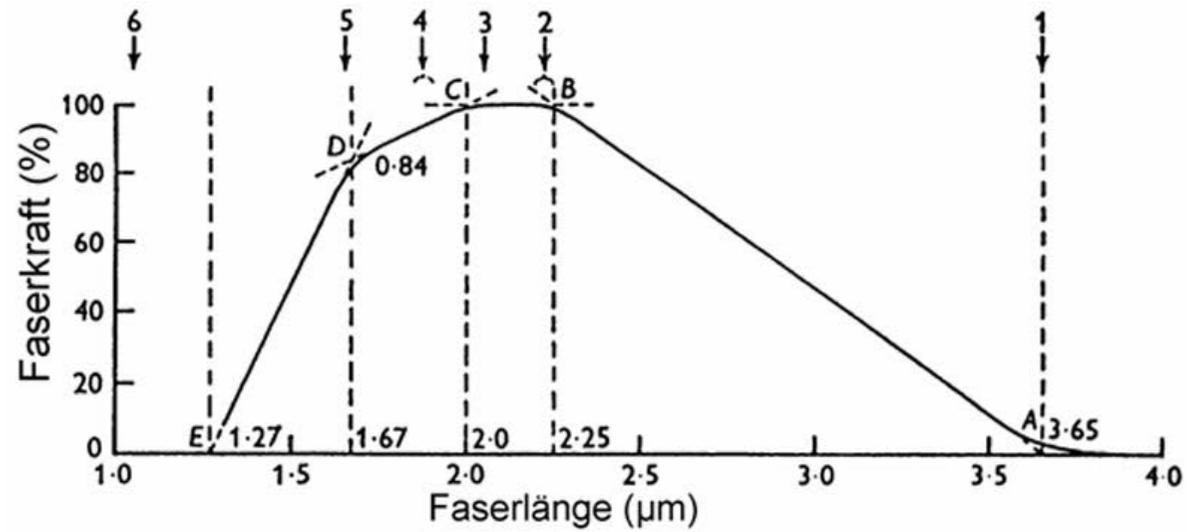


Kraft-Geschwindigkeits-Kennlinie

Exzentrische Kontraktionen



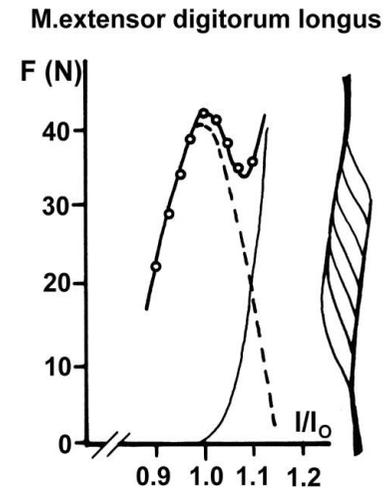
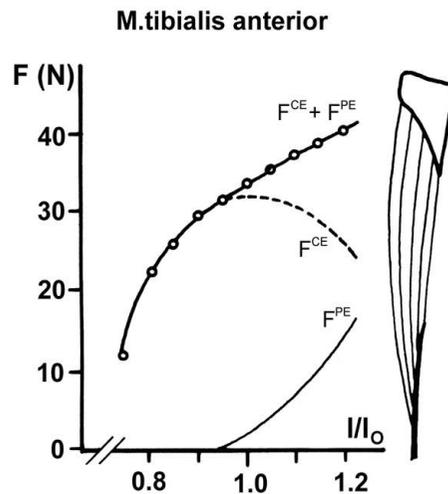
Kraft-Längen-Kennlinie



Kraft-Längen-Kennlinie

Kraft-Längen-Kennlinie

Aufgrund der unterschiedlichen Überlappung von Aktin und Myosin erreicht eine Muskelfaser in Abhängigkeit von der aktuellen Muskellänge unterschiedlich hohe Maximalkräfte – die optimale Sarkomerlänge beträgt $2.0\text{-}2.3\mu\text{m}$

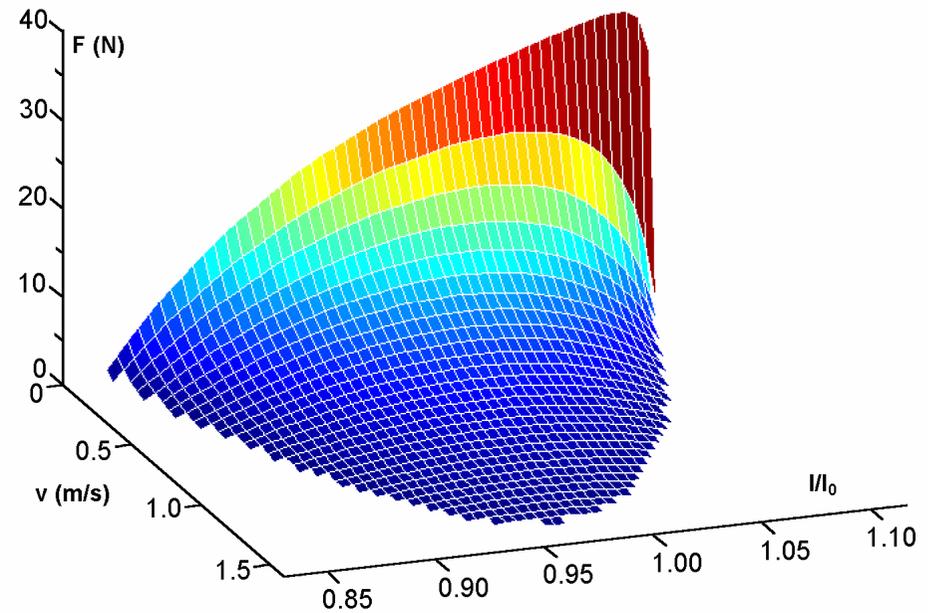
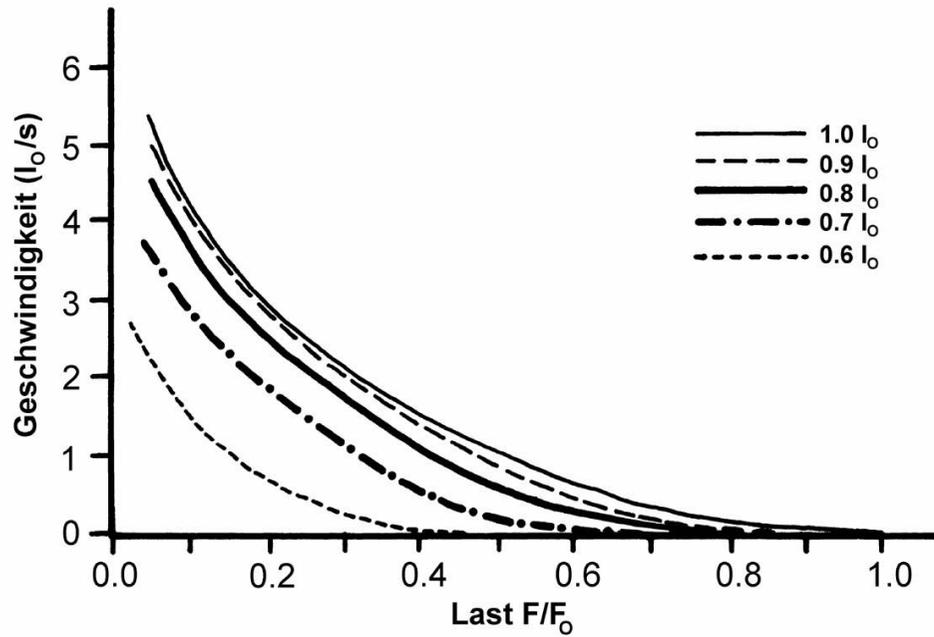


Kraft-Längen-Relationen von Muskeln weisen ähnliche Verläufe auf wie die von Muskelfasern. Der Gesamtlängenbereich ist jedoch geringer und maßgeblich von der Muskelarchitektur (fusiform oder pennat) abhängig.



Kraft-Geschwindigkeits-/ Kraft-Längen-Kennlinie

in Abhängigkeit der Muskelausgangslänge



Literatur

Dirix, A.; Knuttgen, H.G.; Tittel, K. (1989) Olympia Buch der Sportmedizin. Deutscher Ärzte Verlag, Köln

Grosser, M.; Hermann, H.; Tusker, F.; Zintl, F. (1987) Die sportliche Bewegung. BLV Verlagsgesellschaft, München

Komi, P.V. (1992) Strength and Power in Sports. Blackwell Scientific Publications, Oxford

Martin, D. (Hrsg.) (1991) Handbuch Trainingslehre. Hofmann, Schorndorf

McComas, A.J. (1996) Skeletal muscle form and function. Human kinetics, Champaign

Netter, F.H. (1987) Farbatlanten der Medizin. Band 7: Bewegungsapparat. Thieme, Stuttgart

Nigg, B.M., Herzog, W. (1994) Biomechanics of the muskulo-skeletal System. Wiley, Chichester

Nordin, M.; Frankel, V.H. (1989) Basic biomechanics of the muskuloskeletal system. Lea & Febiger, Philadelphia

Schmidt, R.F.; Thews, G. (1995) Physiologie des Menschen. Springer, Stuttgart

