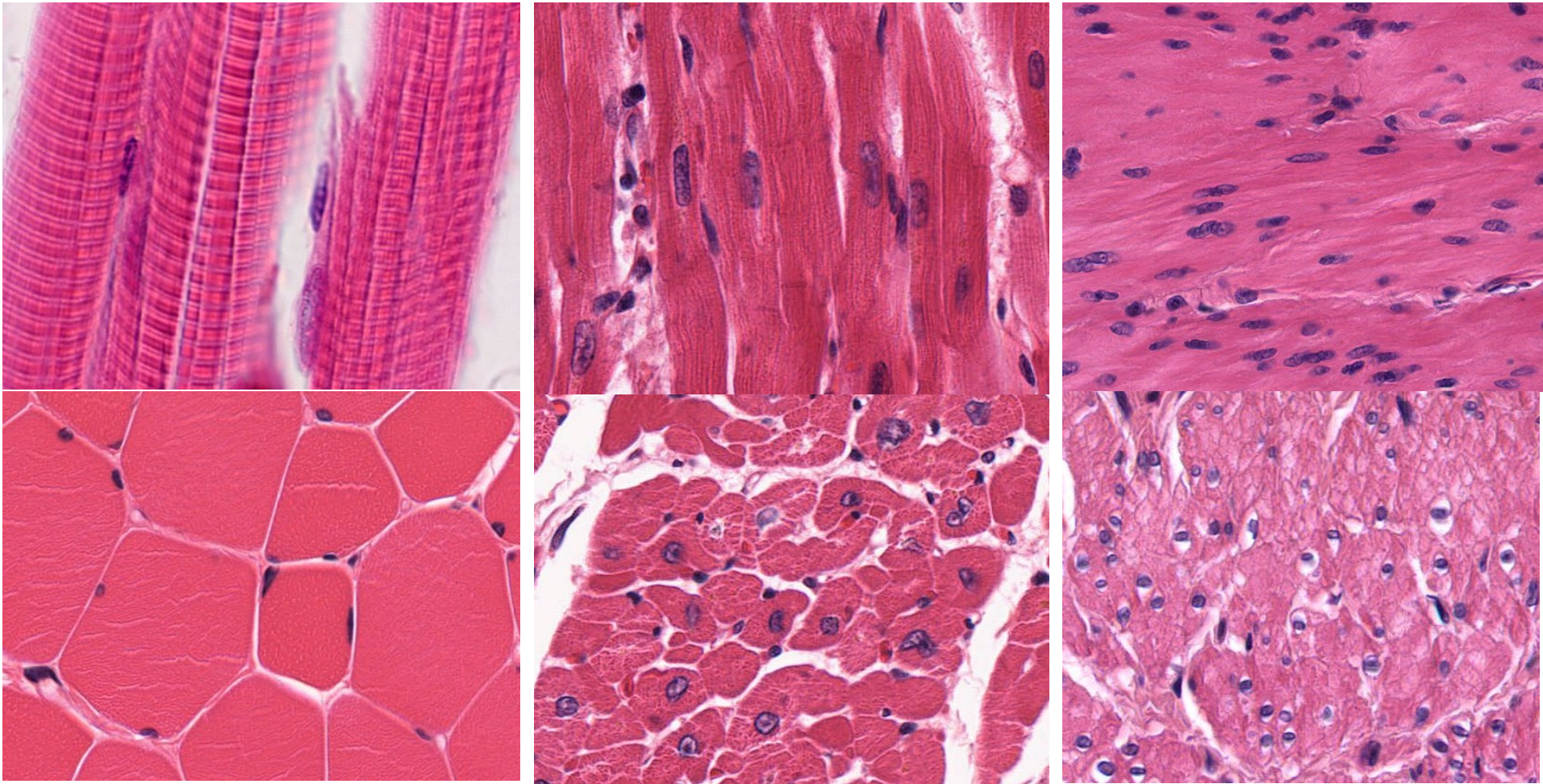


Muskelgewebe



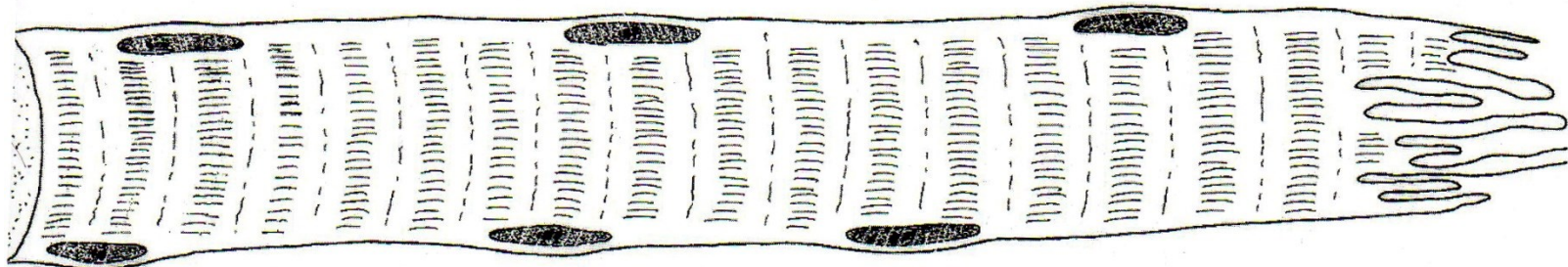
Dr. Emese Pálfi

Semmelweis Universität

Anatomisches, Histologisches und Embryologisches Institut

Muskelgewebe

- chemische Energie in mechanische Arbeit umgewandelt
- Skelettkomponent: Aktin
Kontraktionselement: Myosin



Quergestreifter Muskelfaser



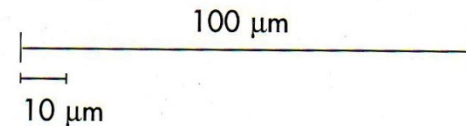
Herzmuskelzelle



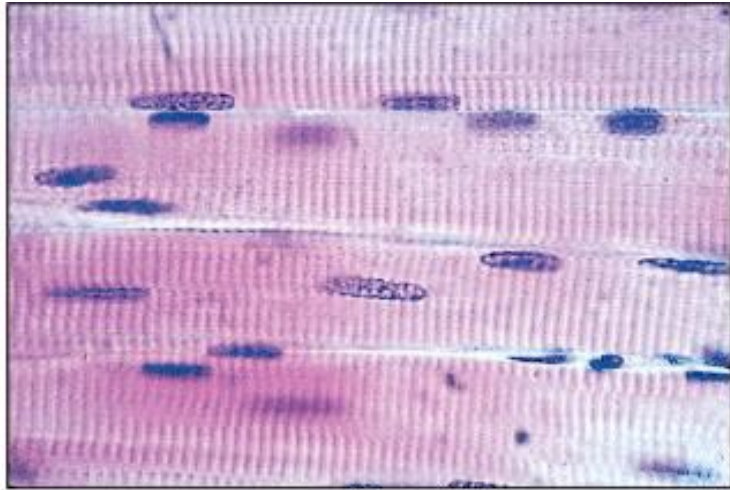
Glatte Muskelzelle aus der schwangeren Gebärmutter



Glatte Muskelzelle (Gefäßwand)



Quergestreifte Muskulatur

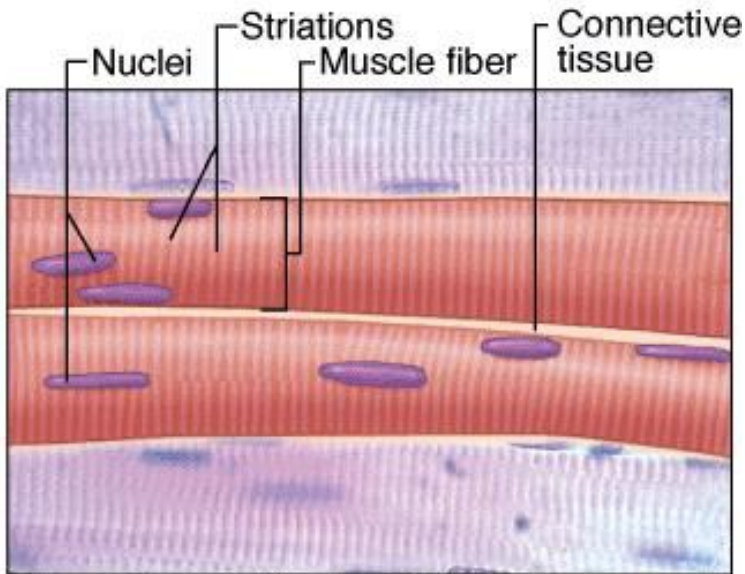


Einheit: **Muskelfaser**

$d = 5-10 \mu\text{m}$

$l = 1-2 \text{ mm}-50 \text{ cm}$

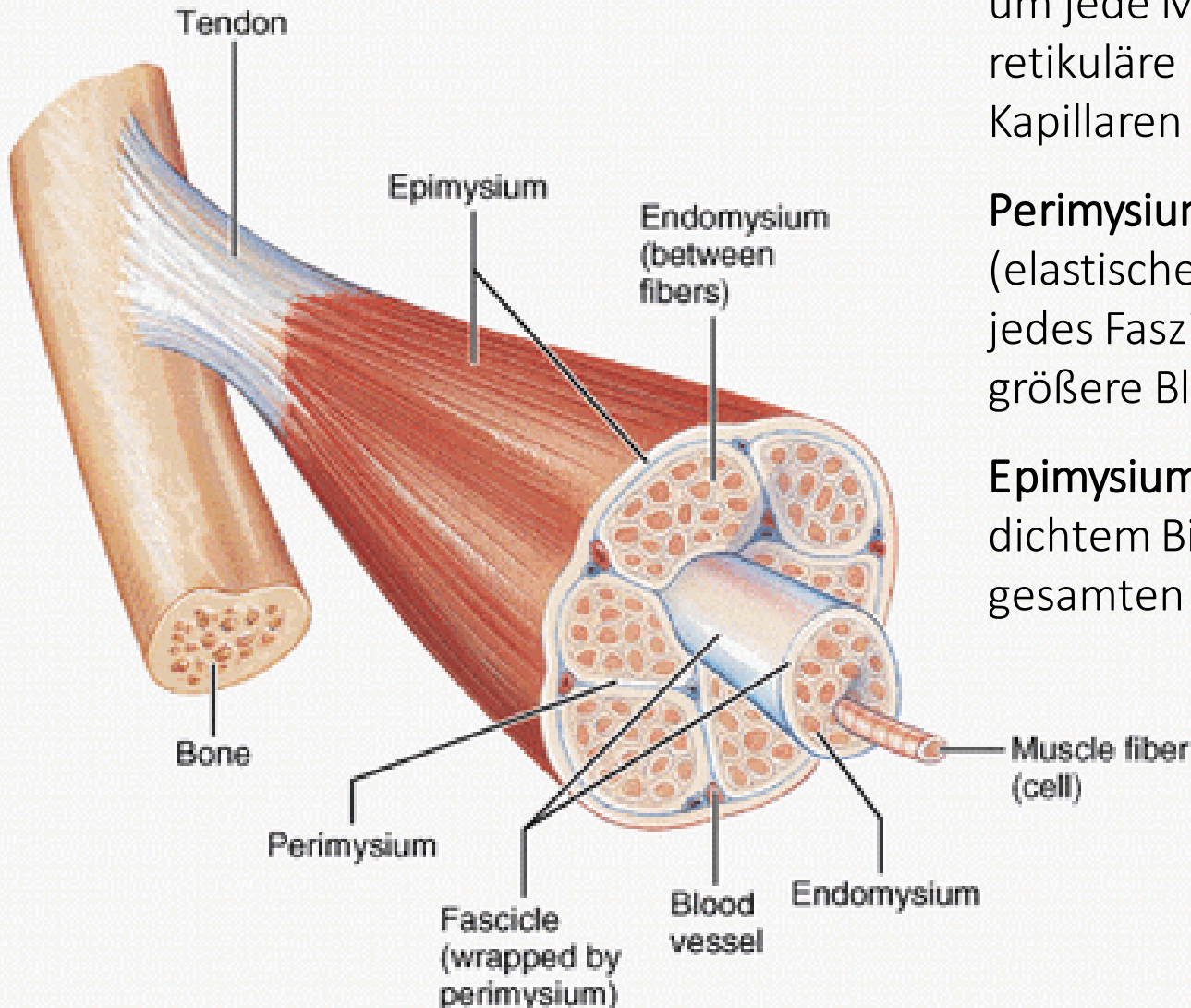
- Basallamina
- Myoblastenfusion >> Syncytium
- abgeflachte ovale Kerne (bis zu 100/Muskelfaser)
- unter dem Sarkolemm
- viele Mitochondrien (ATP)
- Reservenergie: Lipidtröpfchen, Glykogenpartikeln
- Satellitenzellen: innerhalb der Basallamina, Stammzellcharakter



a Skeletal muscle

- fast
- immer willkürlich innerviert
- schnell, für kurze Zeit große Kraft zu entwickeln

Bindegewebscheiden



Endomysium: lockeres Bindegewebe um jede Muskelfaser (Basallamina, retikuläre Fasern, Fibroblasten), das Kapillaren enthält

Perimysium: Bindegewebe (elastische und Kollagenfasern) um jedes Faszikel (Muskelfaserbündel) größere Blutgefäße

Epimysium: äußere Hülle aus dichtem Bindegewebe, die den gesamten Muskel umgibt

Schnelle / glykolytische / weiße Muskelfaser (1):

Nur wenige Mitochondrien

Hoher Glykogengehalt

Großer Durchmesser

Wenige Kapillaren - heller

Schnelle, kraftvolle Muskeln: zB.: M. biceps brachii, M. rectus abdominis, Augenmuskeln

Langsame / oxidative / rote Muskelfaser (2):

Viele große Mitochondrien

Hoher Lipidgehalt

Niedriger Glykogengehalt

Kleiner Durchmesser

Dunkler aufgrund der vielen Myoglobine und Kapillaren

Langsame Müdigkeit: M. masseter, Zwerchfell,

Autochtone Rückenmuskeln

Intermedier Muskelfaser:

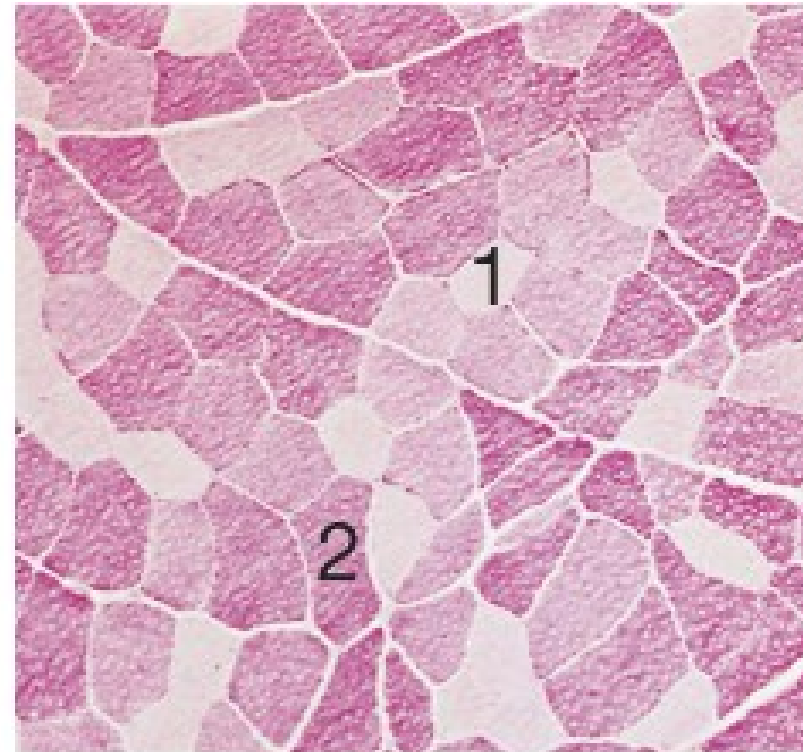
Viel Myoglobin

Viele Kapillaren

Mäßiger Glykogengehalt

Kleiner und mittlerer Durchmesser

schnelle Kontraktion, mittich ermüdbar

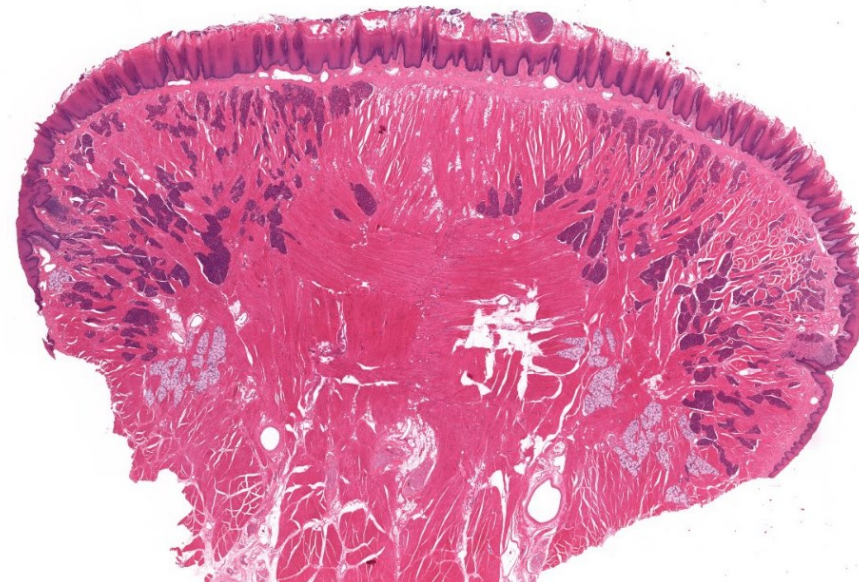
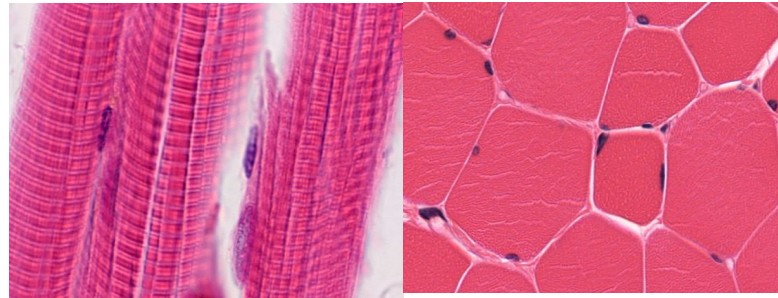


Skeletal:

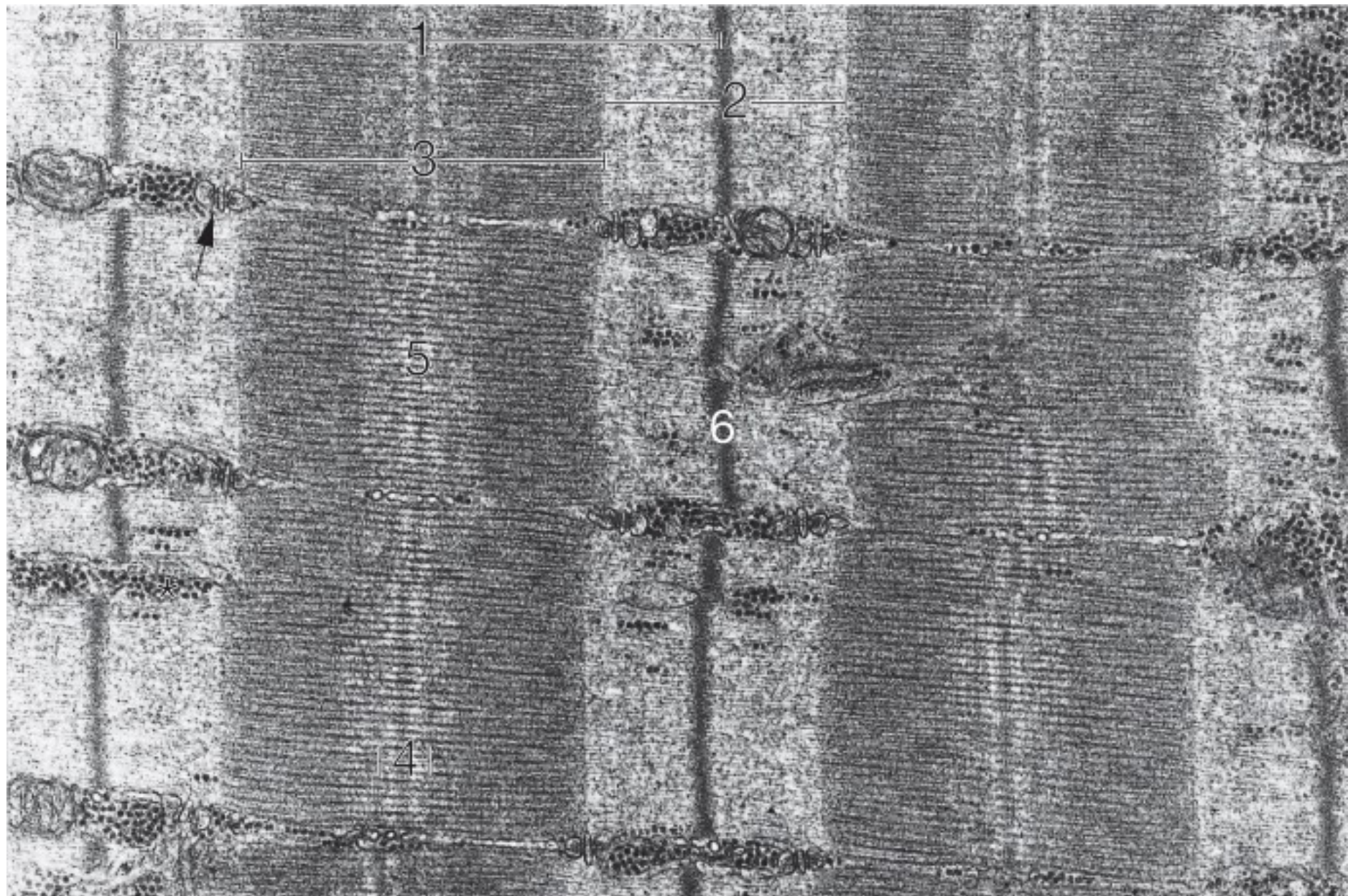
- Histologische Einheit: vielkernige Muskelfasern
- Ursprung und Ansatz an knöchernen Strukturen

Visceral:

- innere Zungenmuskeln, oberes Drittel der Speiseröhre
 - Histologische Einheit: vielkernige Muskelfasern
 - unabhängig von Skelettelementen



Sarcomer



Aktin

1. Aktin (dünnes Filament)

G-Aktin (globulär) = Aktinmonomer

- ATP-Bindungsstelle
- Myosinkopfbindungsstelle

F-Aktin (filamentäres)

- $d = \sim 6-8 \text{ nm}$, $l = \sim 1 \mu\text{m}$

2. Tropomyosin (filamentöses Protein)

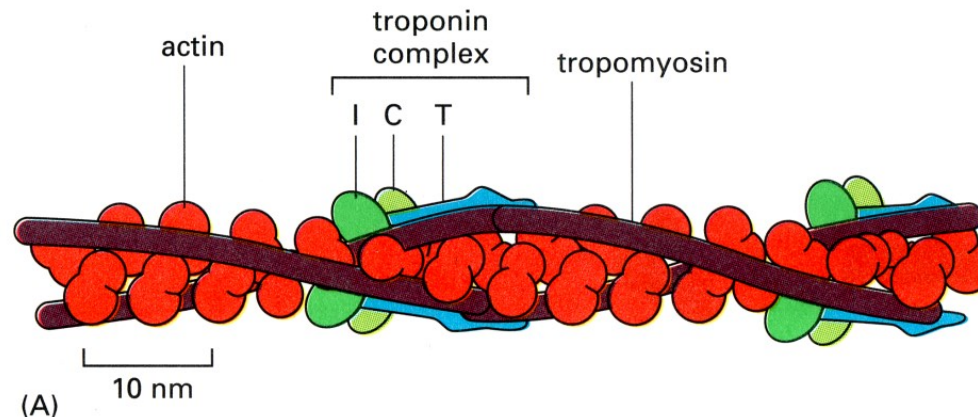
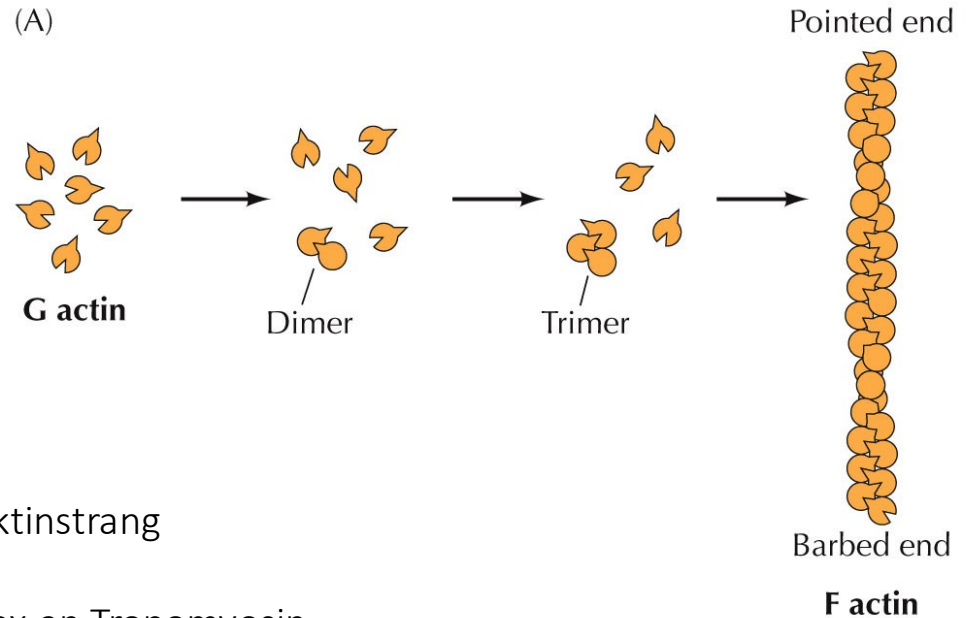
blockiert die Myosin-Bindungsstelle am Aktinstrang

3. Troponin-Komplex

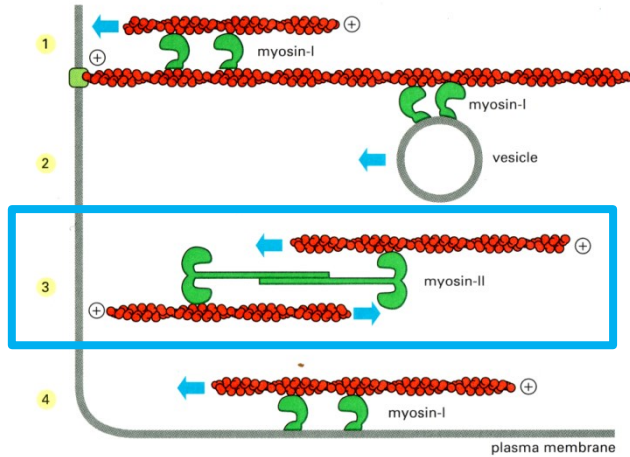
TnT - bindet den Komplex an Tropomyosin

TnC - kann Kalzium binden

TnI - hemmt im Ruhezustand die Bindung der Myosinköpfe an das Aktin



Myozin



Myozin I

Myozin II

1. Bewegt der Aktinfilamente relativ zueinander (Myosin I)
2. Vesikulärer Transport (Myosin I)
3. Kontraktion (Myosin II)
4. Bewegung des Aktinfilaments relativ zur Membran (Myosin I)

Myosin II (dickes Filament)

$d = \sim 15 \text{ nm}$

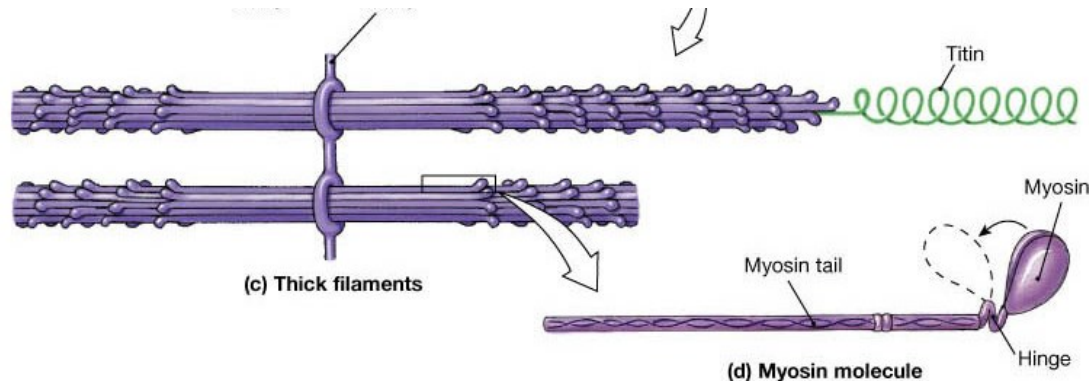
$l = \sim 1,5 \text{ }\mu\text{m}$

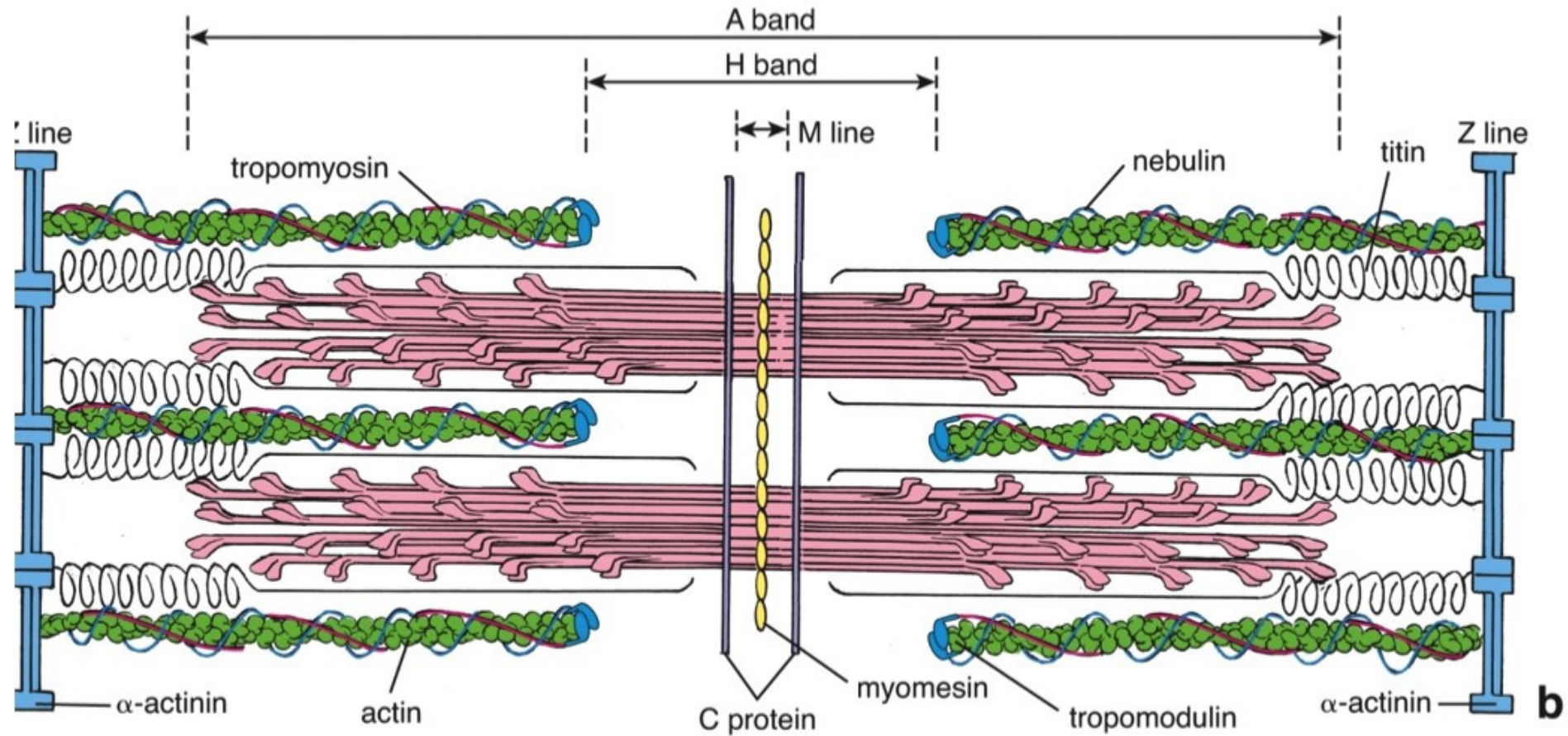
Hauptbestandteil: Bündel von Myosinfilamenten (~ 350 Myosinmolekülen)

- Das ATP-abhängige Motorprotein bewegt sich zum (+) Ende des Aktins

Myosinmolekül

- 2 schwere Ketten bilden Schwanz und globuläres Ende (Kopf)
- Kopf: ATPase-Aktivität
- 2 leichte Ketten - Halsbereich
- Halsteil ist beweglich \gg Gelenkregion





Nebulin - Bestimmung der Actin-Länge

Titin - Bietet Elastizität und Dehnungsbeständigkeit für Muskelfasern

Sarcomer: (2-3 μm) zwischen 2 Z Linien

A-Band: anisotrop, doppelt brechend, dicker, dunkel
(1,5 μm lang, 15 nm dick)
vorwiegend Myosin + überlappende Aktinfilamente
seine Länge bleibt während der Kontraktion unverändert

I-Band: isotrop, einfach brechend, dünner, heller
(1 μm lang, 7 nm dick)
vorwiegend Aktin
verkürzt sich während der Kontraktion

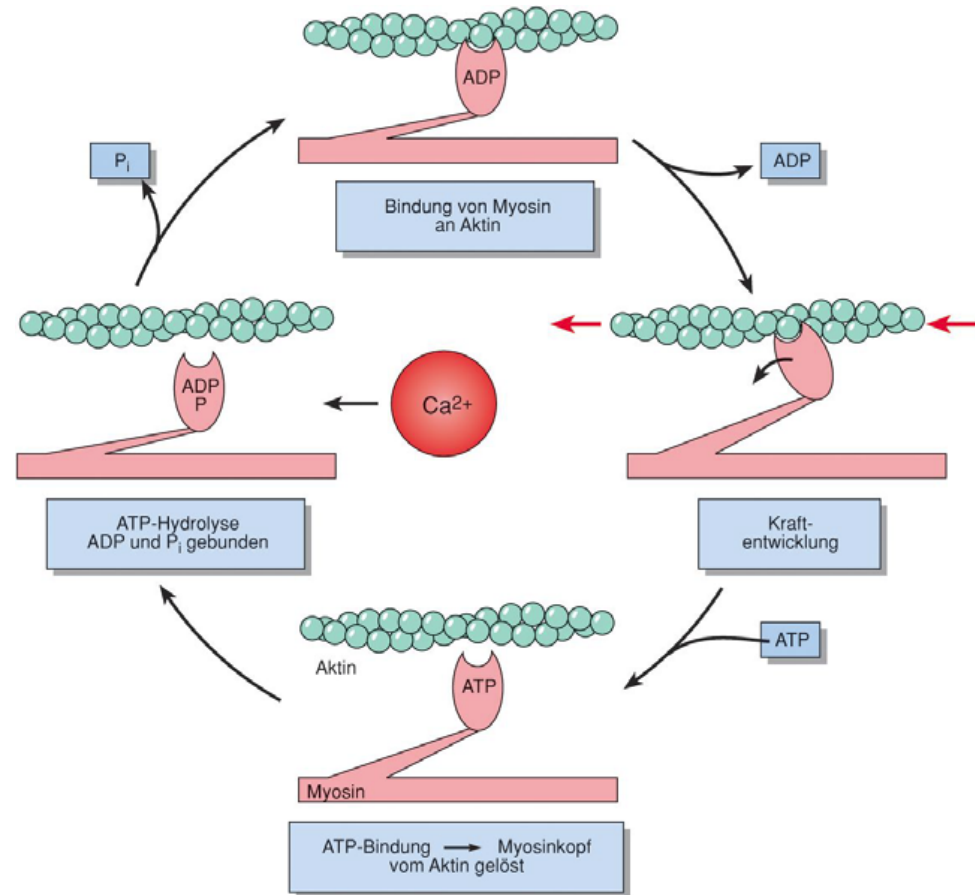
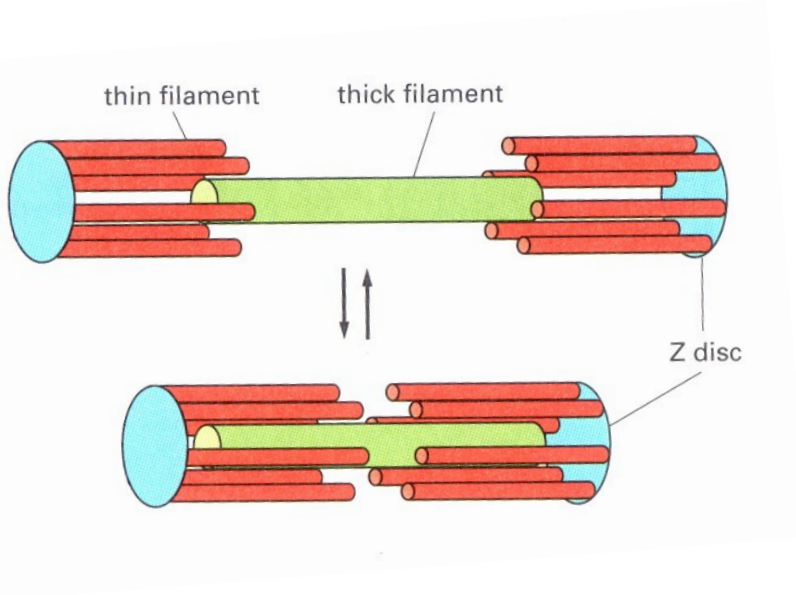
Z-Linie (Zwischenstreifen):
 α -Aktinin, Desmin

H-Streifen (Hensen-Streifen):
ein heller Bereich in der Mitte des A-Streifens
nur Myosin

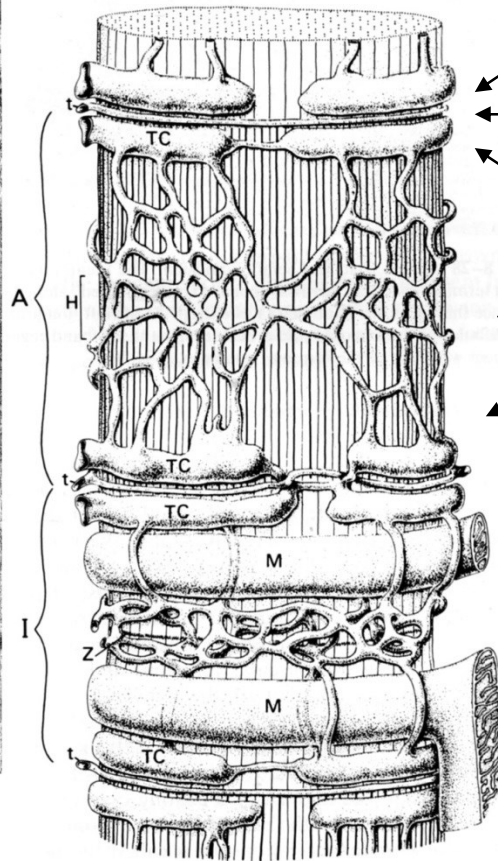
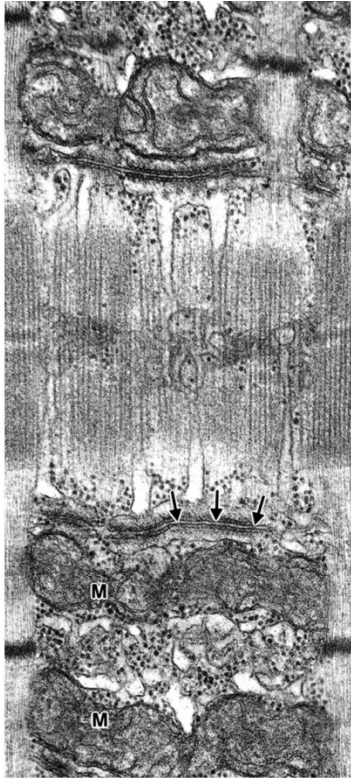
M-Linie (Mittelsterife):
Bindungsstelle von Myosinbündeln



Gleitfasermodell



Sarkoplasmatisches Retikulum



Terminalzisterne
 T-tubulus (transverse)
 Terminalzisterne

T
R
I
A
D

Longitudinale
 Tubulus von SR

M: Mitochondrium

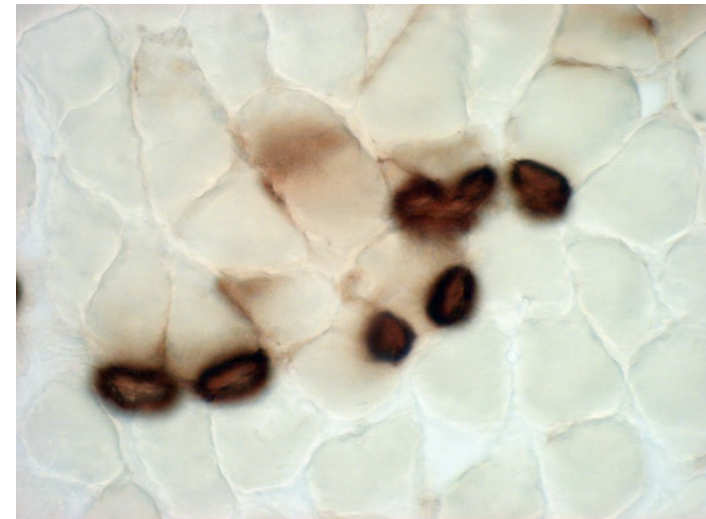
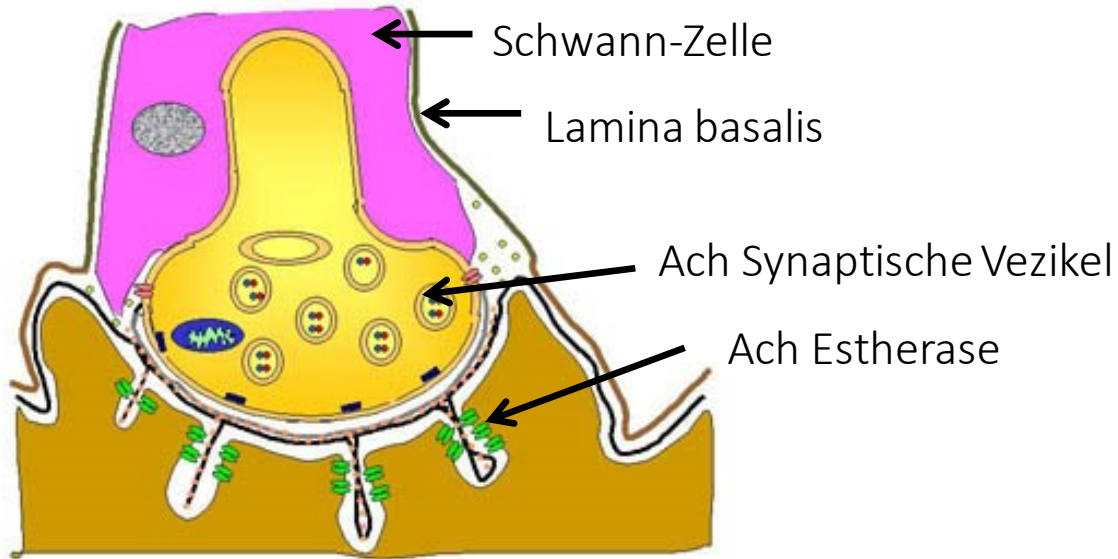
- endoplasmatisches Retikulum mit glatter Oberfläche
- speichert (sequestriert) in Ruhephasen Kalzium
- setzt es bei Erregung der Zellen frei

- beim H-sterifen bildet sich ein Netzwerk
- Terminalzisternen (junktionales Retikulum)
- T-Tubulus: Einstülpung von Zellmembran

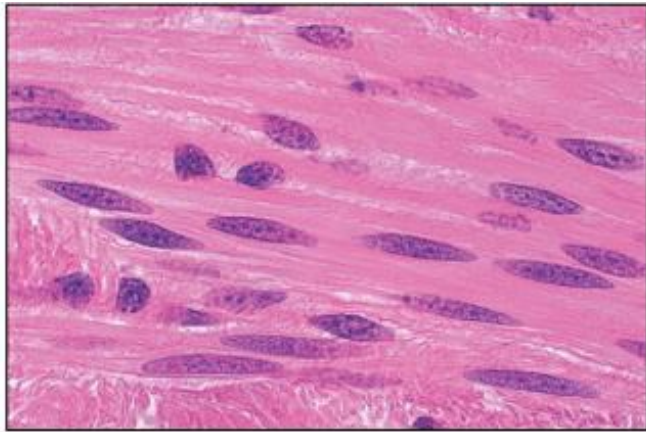
Erregung (T-Tubulus) → Ca^{2+} Ausfluss aus SR → Ca^{2+} TnC-gebunden → Tropomyosin ist verdrängt → Aktin + Myosinkopfbindung

Motorische Einheit

Neuromuskuläre Junction



Glatte Muskulatur



Einheit: **glatte Muskelzelle** (Myozyt)

d = 3-8 μm

l = 15-800 μm

- Basallamina
- einkernig, Kern stäbchenförmig, zentral
- Zytoplasm: intensiv eosinophil
- keine Querstreifung: glatt!



- langsame aber dauerhafte Kontraktion
- große Kraft
- geringer Energiebedarf
- wird vom vegetativen (autonomen) Nervensystem innerviert

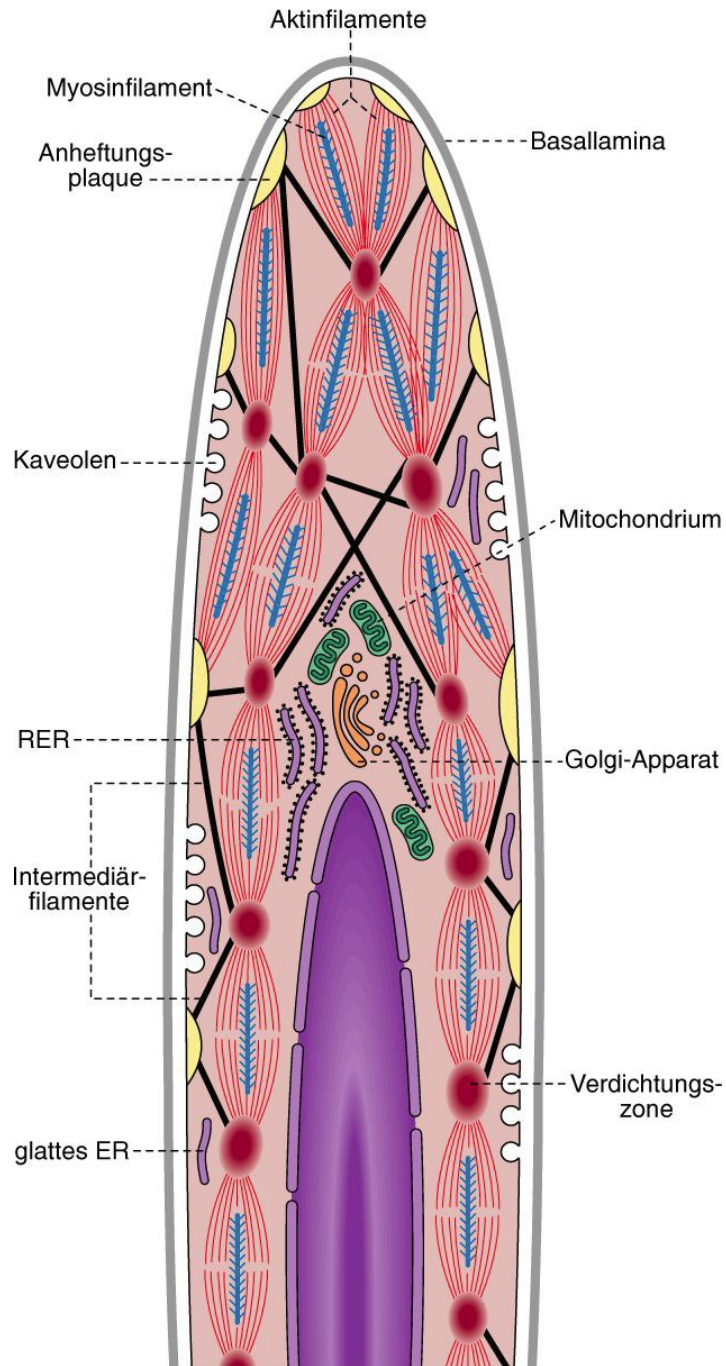
Kann in Lamellen (einander kreuzend) oder in Bündel bzw. geflecht Organisiert sein.

Die meisten Hohlgane des Menschen (Gastrointestinalum, Atemwege, Geschlechtsorgane, Gefäße) aber auch im Augapfel und in der Haut.

c Smooth muscle

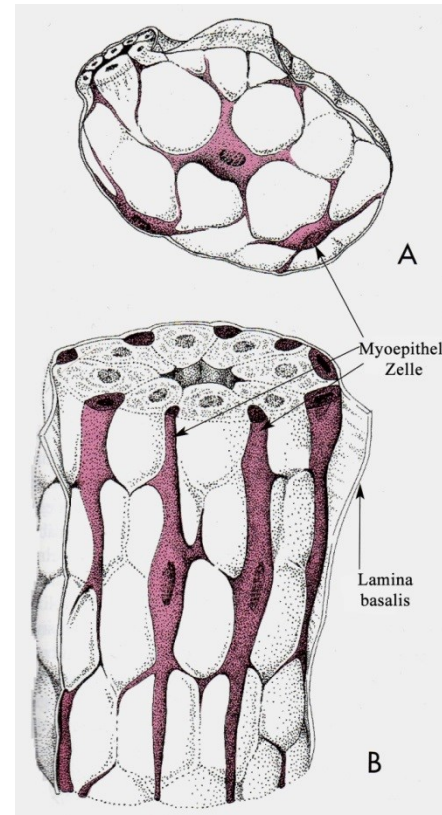
Source: Mescher AL: *Junqueira's Basic Histology: Text and Atlas, 12th Edition*: <http://www.accessmedicine.com>

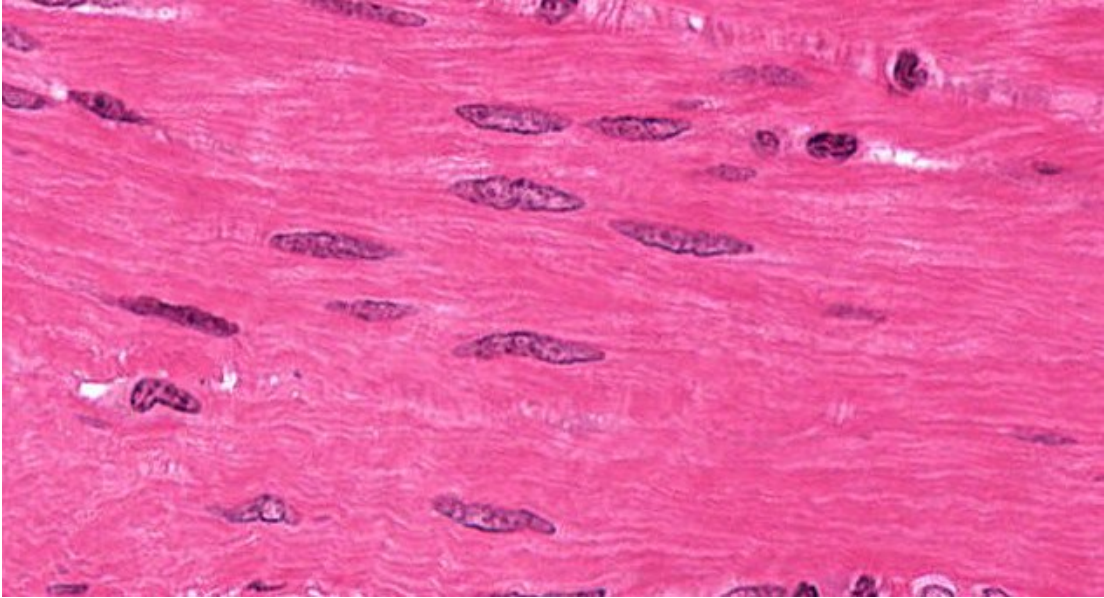
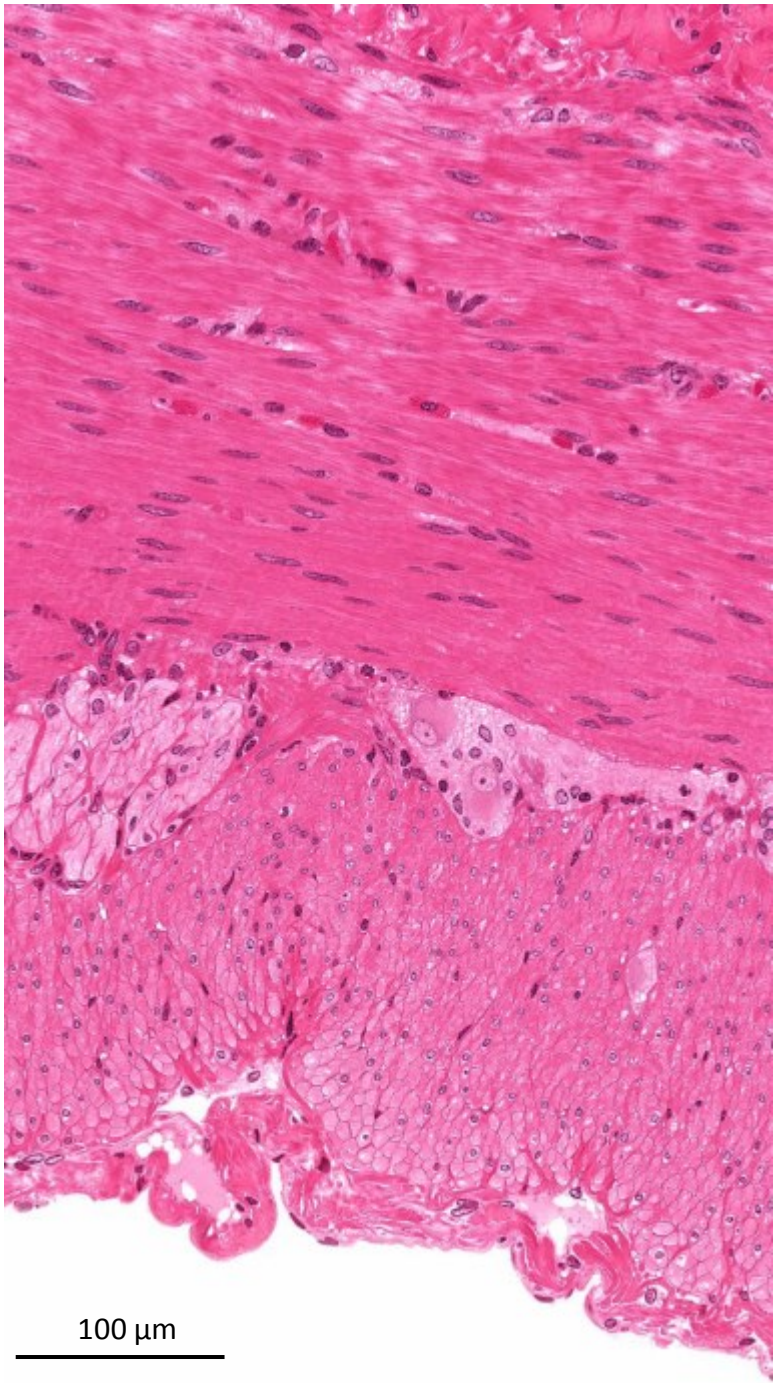
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.



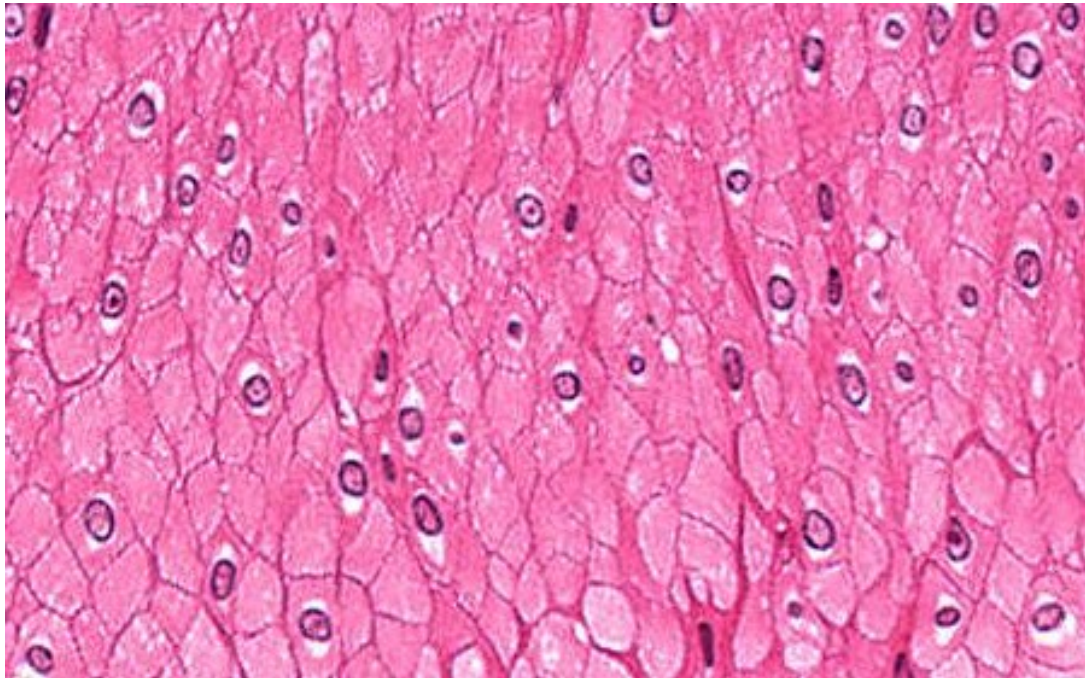
- Aktin >> Myosin
- Gap Junction >> Stimulation (spontane Aktivität!)

Myofibroblasten: Matrixproduktion (Kollagen, Laminin, Fibrillin, Elastin und Proteoglykane)
Myoepithelzellen

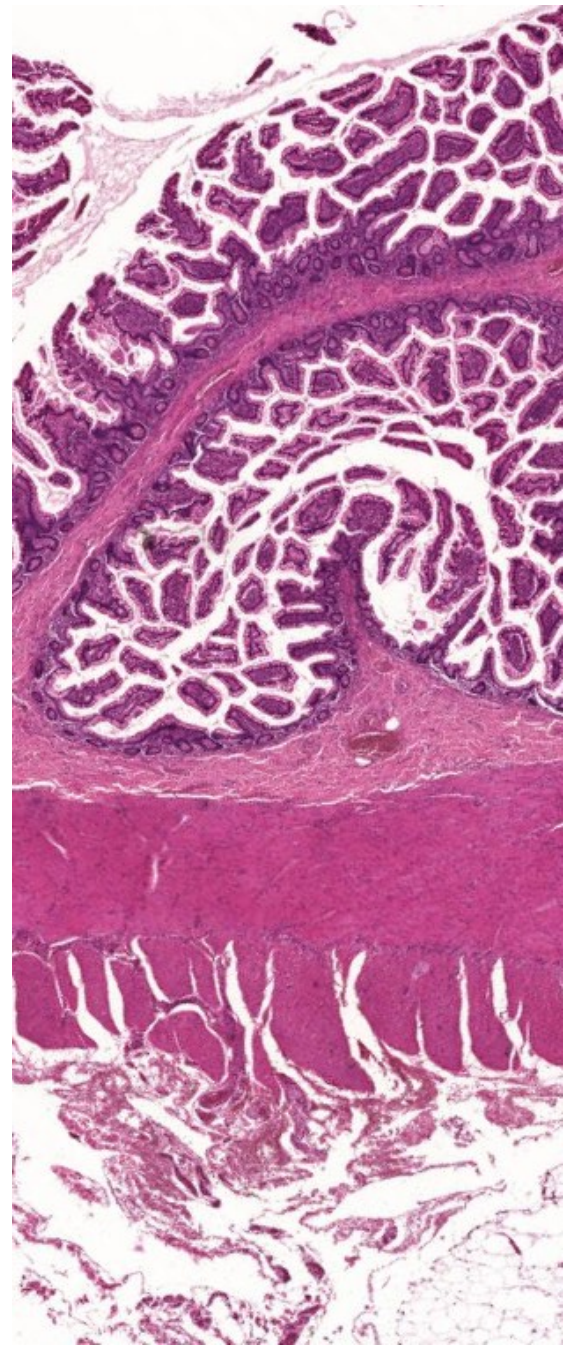
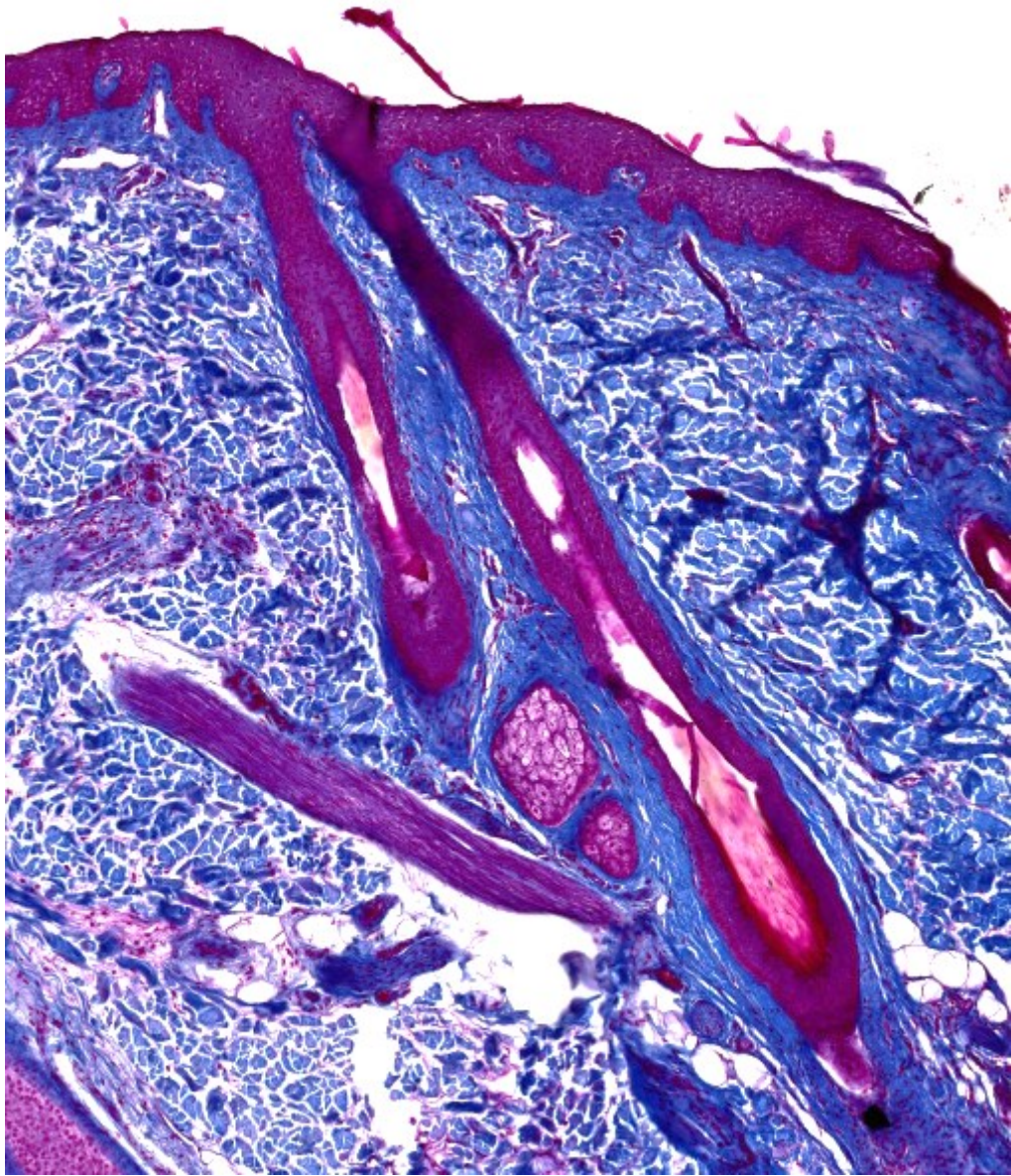




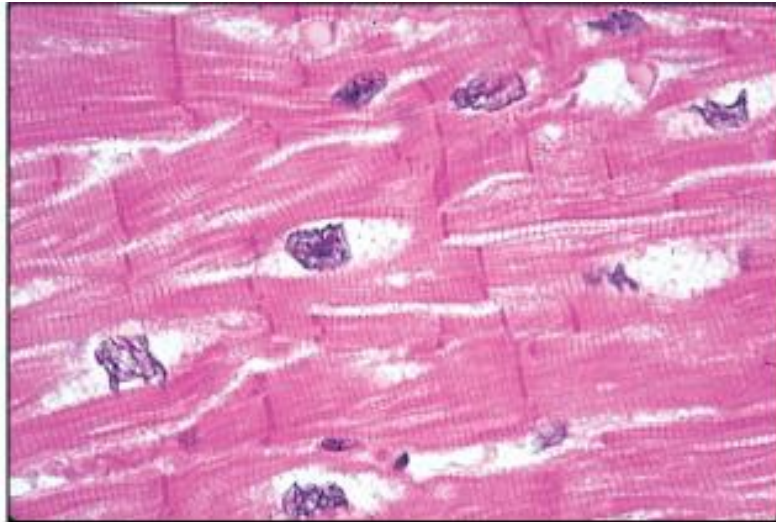
25 μm



25 μm



Herzmuskulatur

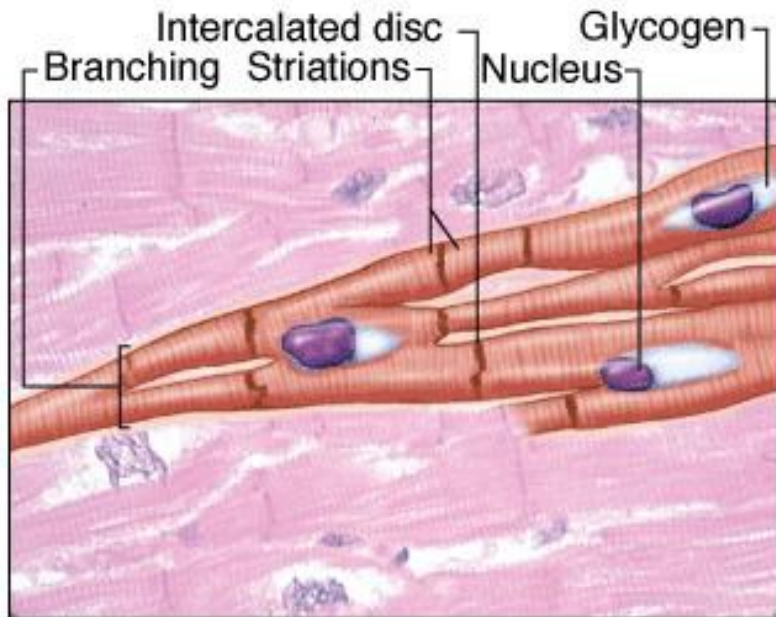


Einheit: **Herzmuskelzelle** (funktionelles Syncytium)

l= 50-120 μm

d= 15-20 μm

- Y-förmig
- interdigitierende Zellfortsätze
- 1 Zellkern, zentralgelegt
- eosinophiles Zytoplasma
- Querstreifung
- Glykogen- und Lipidtröpfchen, Lipofuscin Granülen
- ermüdet nicht, arbeitet lebenslang
- in den Vorhöfen: Hormonbildung

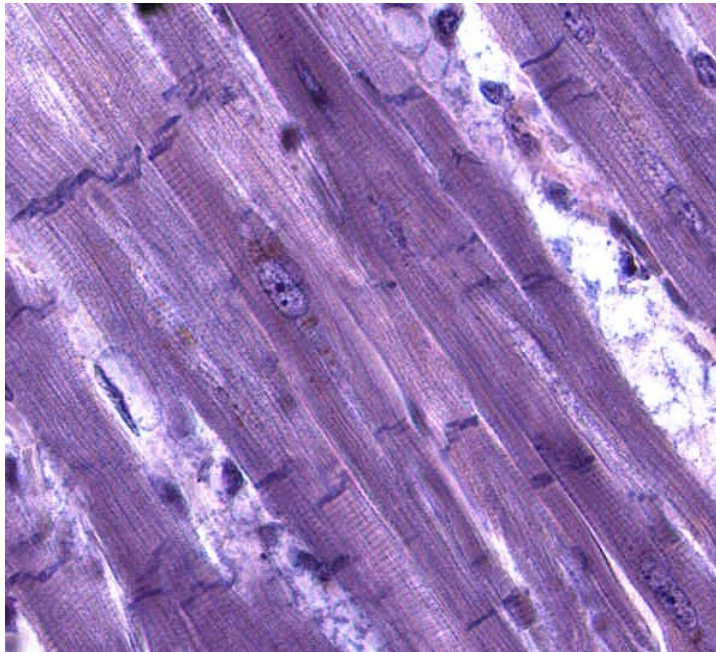
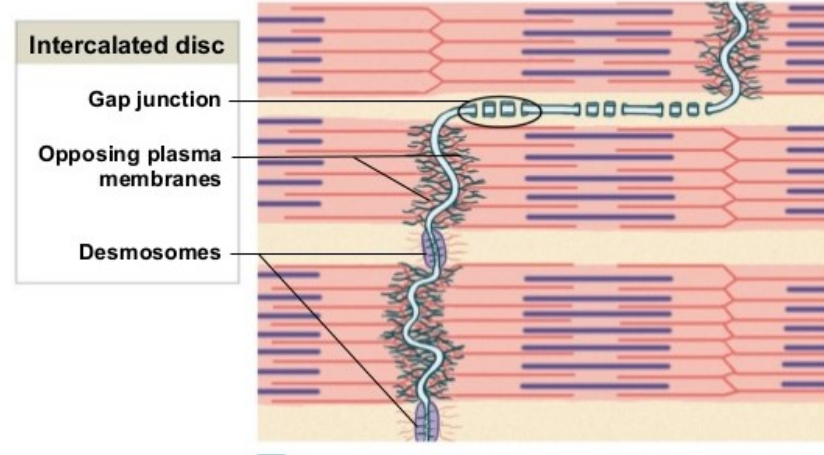
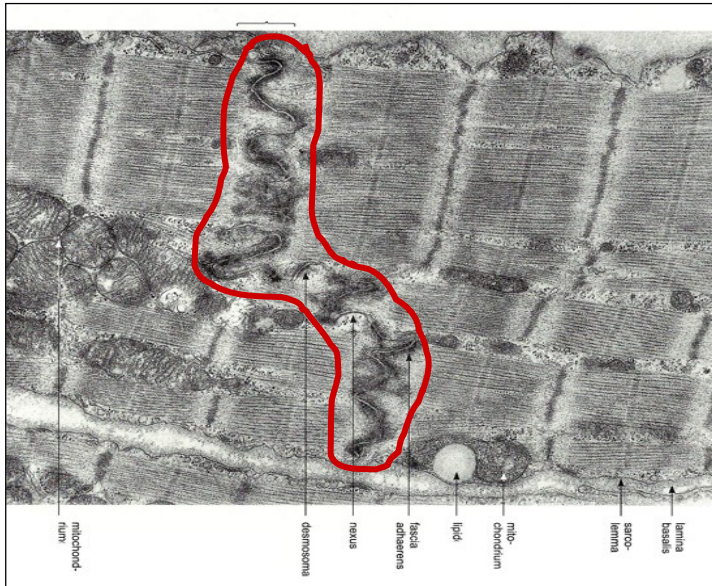


Purkinje Fasern:

modifizierte Herzmuskelzellen

reich an Glykogen

Discus intercalaris / Eberthsche-Linie / Glanzstreife



20µm

- mechanische und elektrische Verbindung zwischen Zellen
- LM: eine quere Linie
- EM: treppenförmig

transversale Teile:

Fascia adherens, Desmosom

verankerung der I-Streifen „Z-Linie“; Zelladhäsion mit Cadherinen

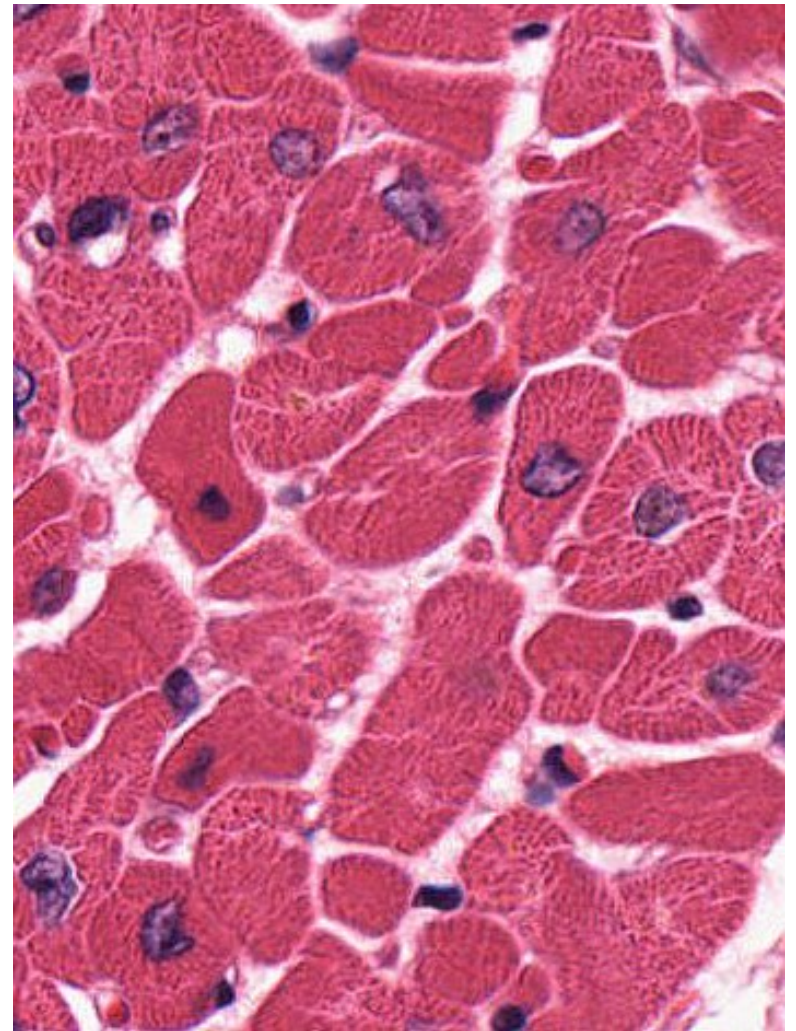
longitudinale Teile:

Nexus oder Gap junction (Connexin 43)

schnelle Erregungsleitung von Zelle zu Zelle (funktionelles Syncytium)



25μm



25 μm

Erregungsleitung

Sinusnoten

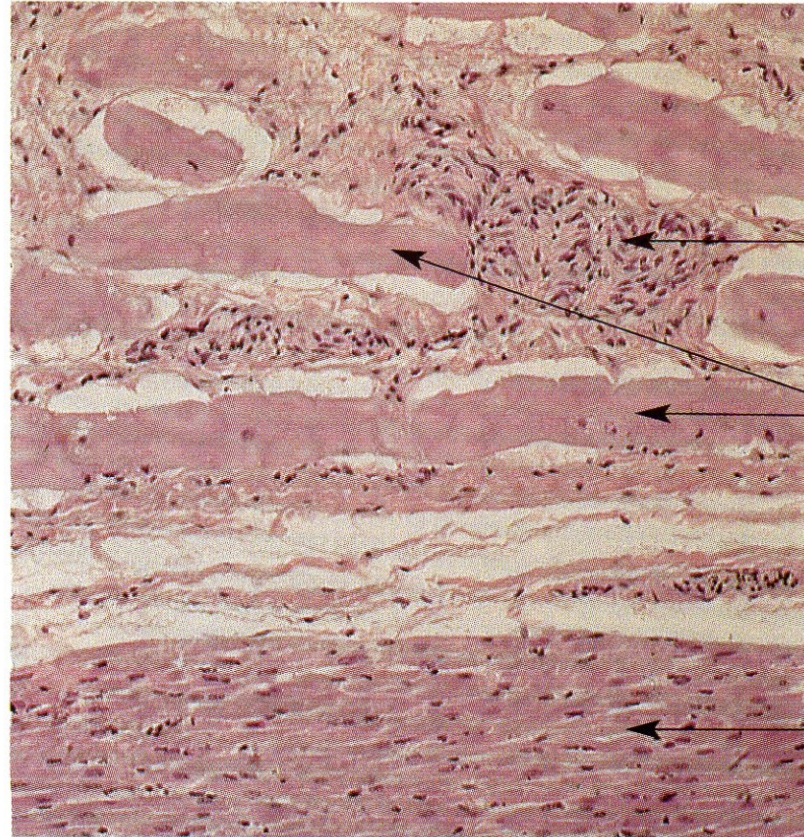
- P-Zellen
- viel Nexus

AV Knoten

- vorübergehendere Zellen
- weniger Nexus (Stimulationsverspätung)

Purkinje-Fasern

- distalen Teile des Erregungsleitungssystem
- große (kurze aber dicke) Zellen
- mehrkernig
- glikogenreich
- keine T-Tubuli
- viele Gap junctions (Nexus)
- hohe Acetylcholinesteraseaktivität



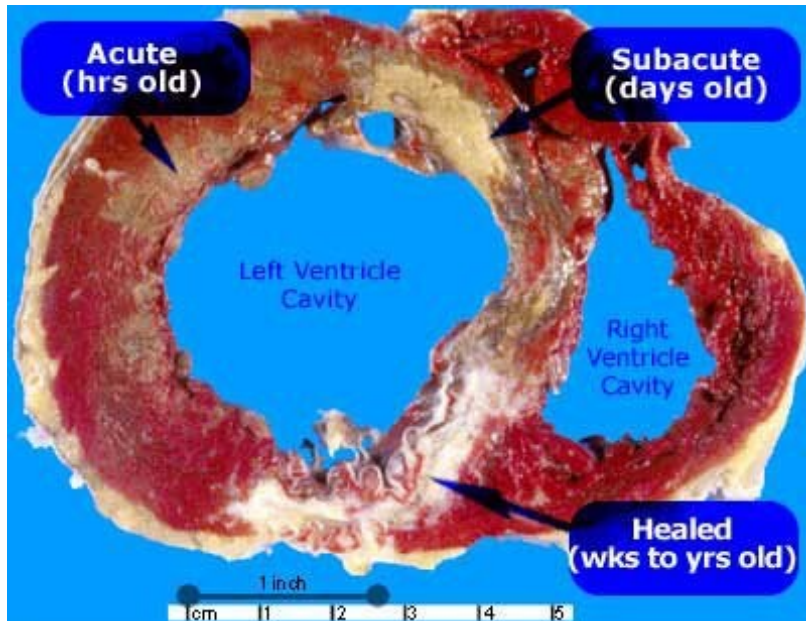
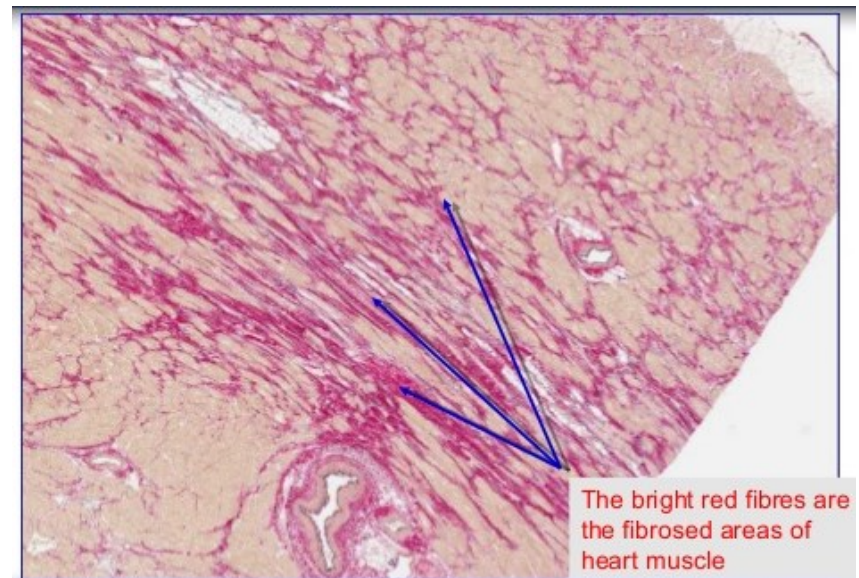
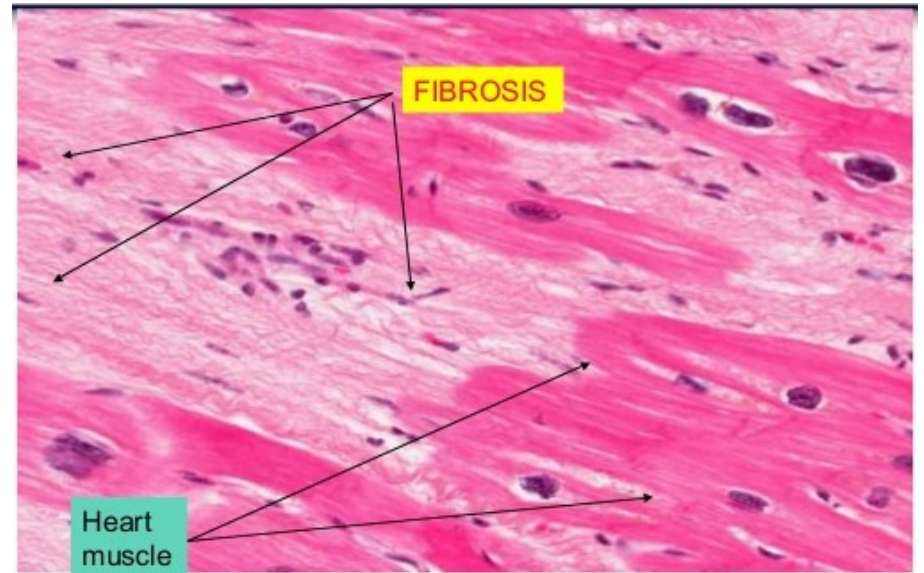
Peripherer Nerv

Purkinje-Fasern

Arbeits-
muskulatur

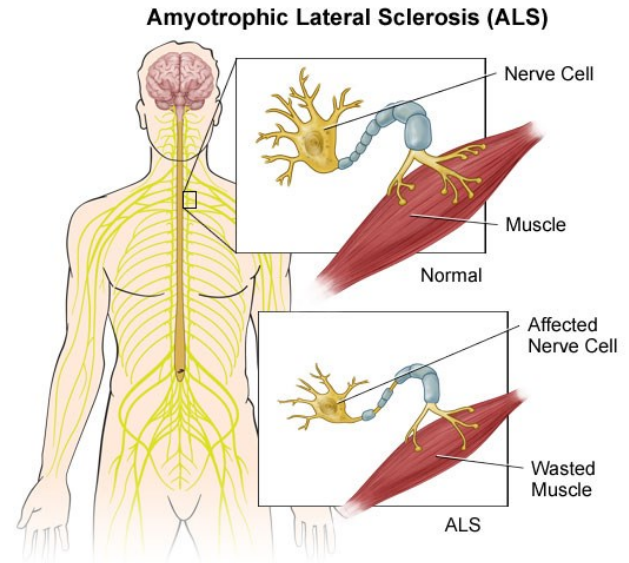
Klinik

Herzinfarkt



Muskeltrophie/Muskelschwund

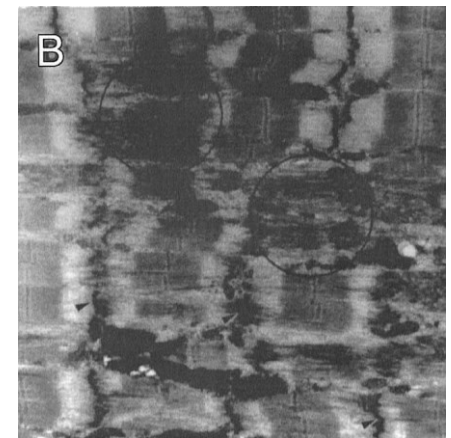
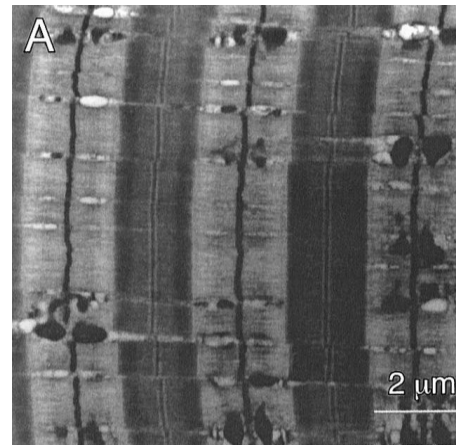
Amyotrophe Lateralsklerose (ALS)



Hypertrophie



Muskelkater



Quellen

Dr. Alpár: Izomszövetek

Dékány Bulcsú: Izomszövet

Alberts: Molecular biology of the cell (Third edition 1994, Garland Publishing Inc.)

Kovács János: Sejtan (1999, ELTE Eötvös Kiadó)

Röhlich: Szövettan

Szentágothai-Réthy: Funkcionális anatómia I. (1994, Semmelweis Kiadó)

Welsch: Lehrbuch Histologie (2010, Elsevier)

www.histologyguide.com

Welsch: Histologie

Qatar Cardiovascular Research Center