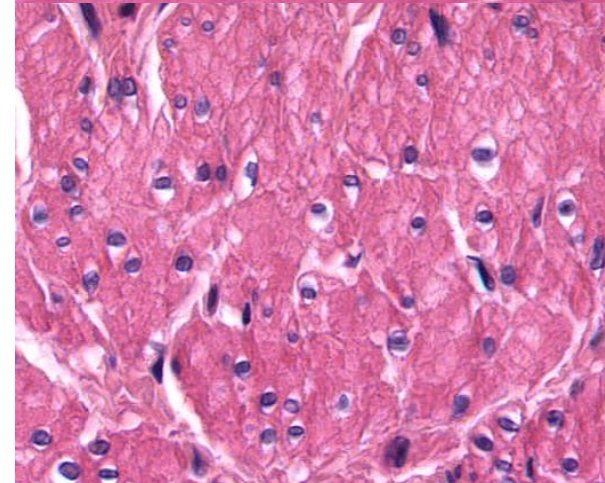
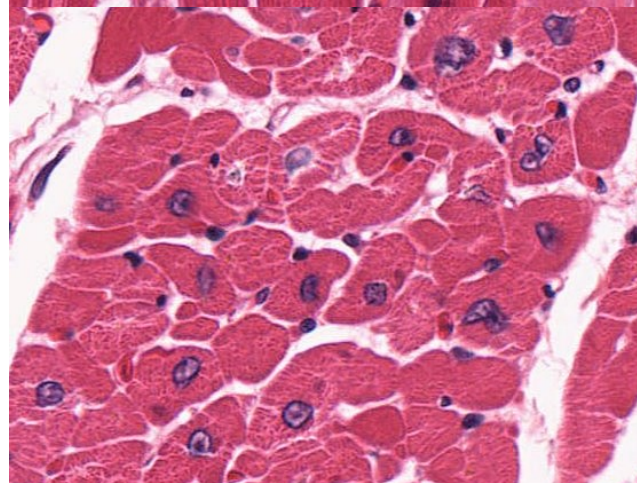
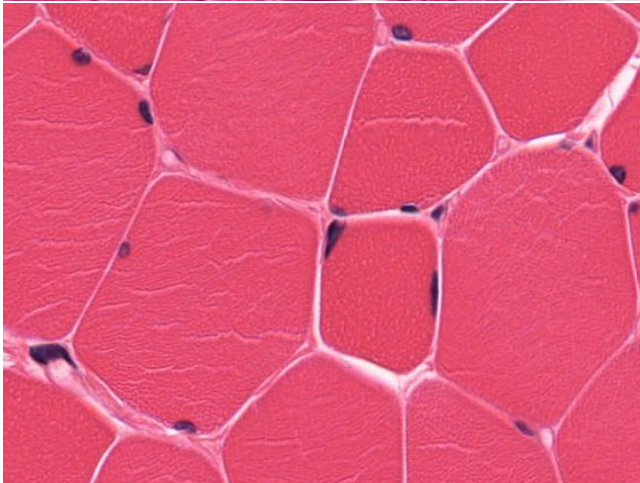
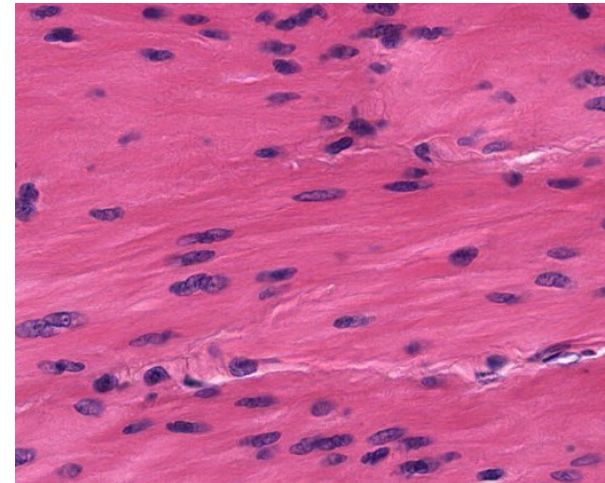
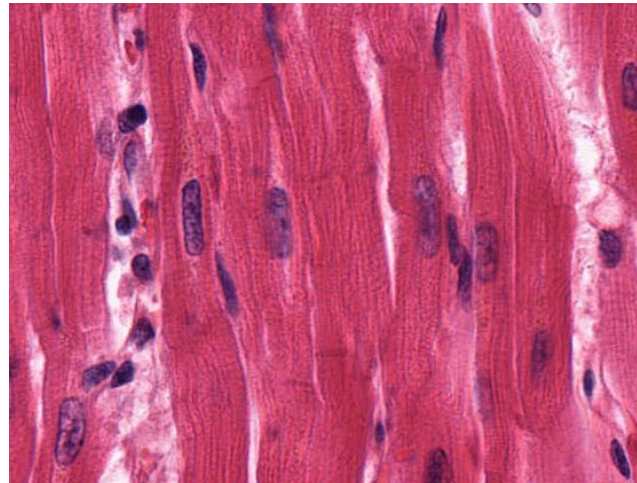
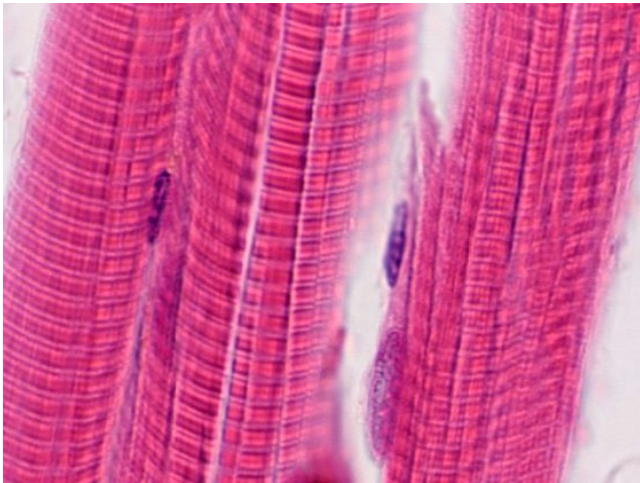


# Izomszövet



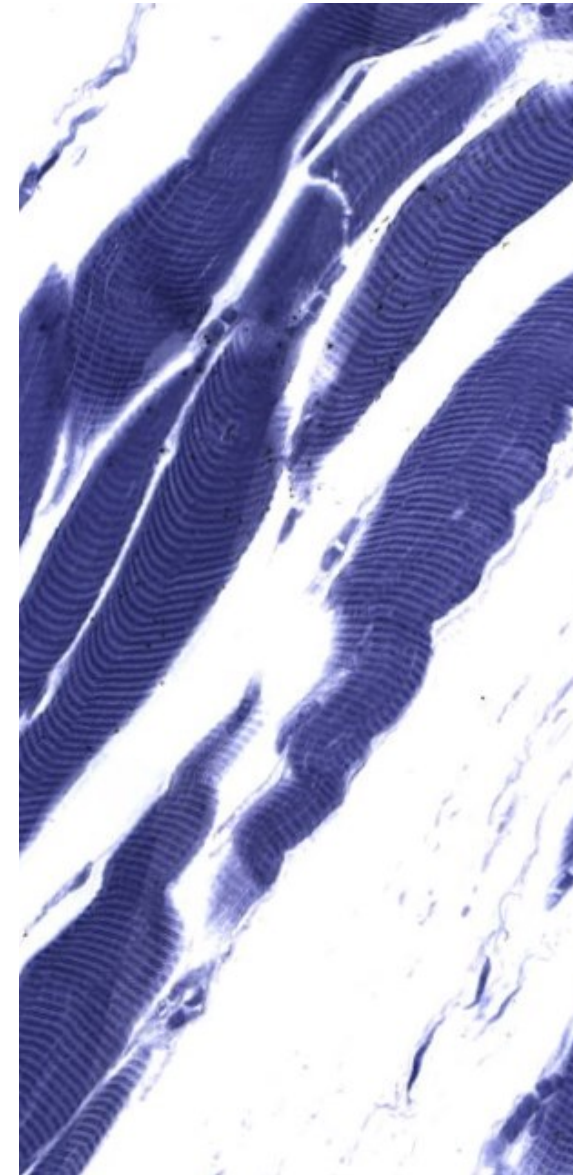
Pálfi Emese  
Semmelweis Egyetem  
Anatómiai, Szövet- és Fejlődéstani Intézet

# Az izomszövet

- kémiai energia mechanikai munkává alakítása >> izomszövetben igen fejlett
- sejtvázkomponens: aktin  
összhúzóelem: miozin
- Harántcsíkt izom
- Simaizom
- Szívizom

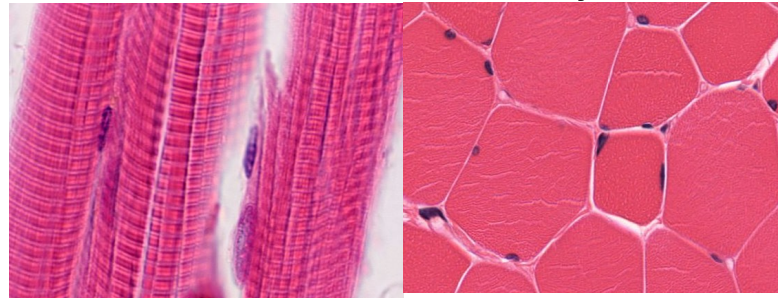
# Harántcsíktolt izomszövet

- Többmagvú óriássejt (syncytium) – **Izomrost**
- Membrana basalis
- Plazmamembrán - **Sarcolemma**
- Tartaléksejt – **Szatellita sejt**
- Cytoplazma - **Sarcoplasma**
- Sima felszínű endoplazmás retikulum – **Sarcoplasmás retikulum**
- Mitokondrium - **Sarcosoma**
- Kontraktilis egység- **Sarcomer**



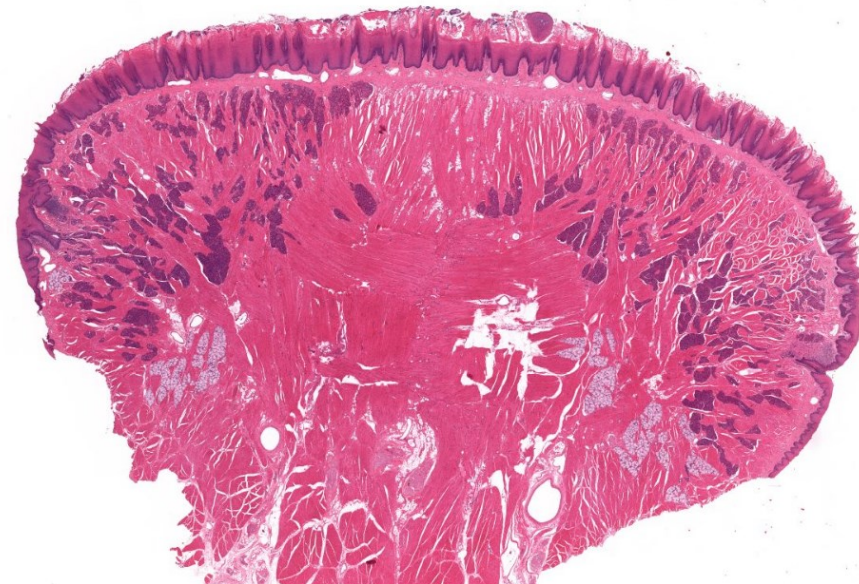
## Vázizom (skeletalis)

- szövettani egysége: sok magvú izomrost
- csontos struktúrákon ered és tapad
- contractio idegi ingerület hatására jön létre



## Zsigeri (viscerális)

- nyelv saját izmai, nyelőcső felső harmada
- szövettani egysége: sok magvú izomrost
  - vázelemektől független
  - contractio idegi ingerület hatására jön létre



### Gyors összehúzódású/glikolitikus/fehér izomrost (1):

Kevés mitokondrium

Magas glikogéntartalom

Nagy átmérőjű

Kevés kapilláris - világosabb

Gyorsan, nagy erőt adó izmok: pl.: m. biceps brachii, m. rectus abdominis, szemmozgató izmok

### Lassú összehúzódású/oxidatív/vörös izomrost (2):

Sok nagyméretű mitokondrium

Nagy lipidtartalom

Alacsony glikogéntartalom

Kis átmérőjű

Sötétebb a sok myoglobin és kapilláris miatt

Lassan fáradó izom: m. masseter, rekeszizom,

testtartást biztosító izmok

### Intermedier izomrost:

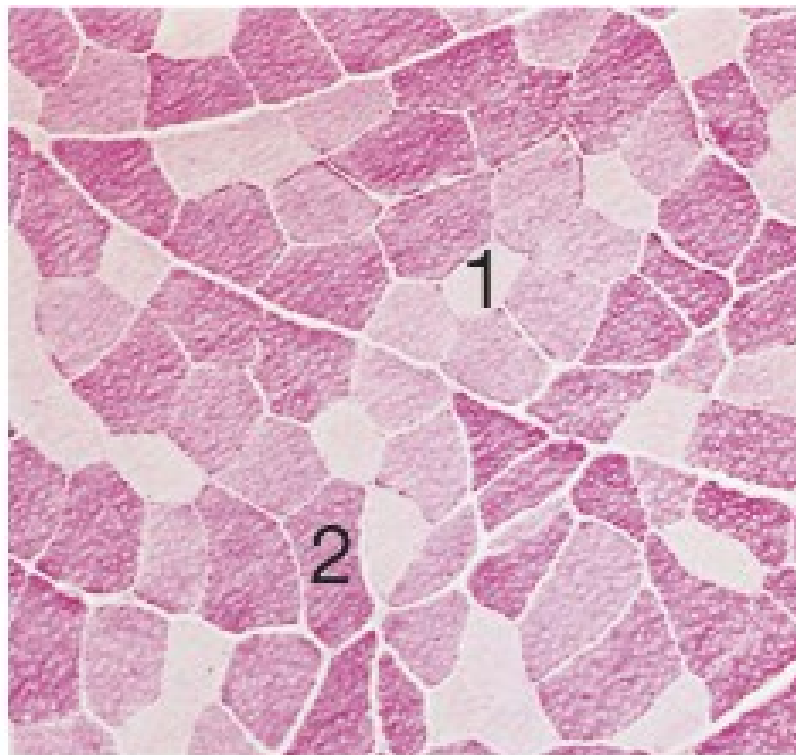
Sok myoglobin

Sok kapilláris

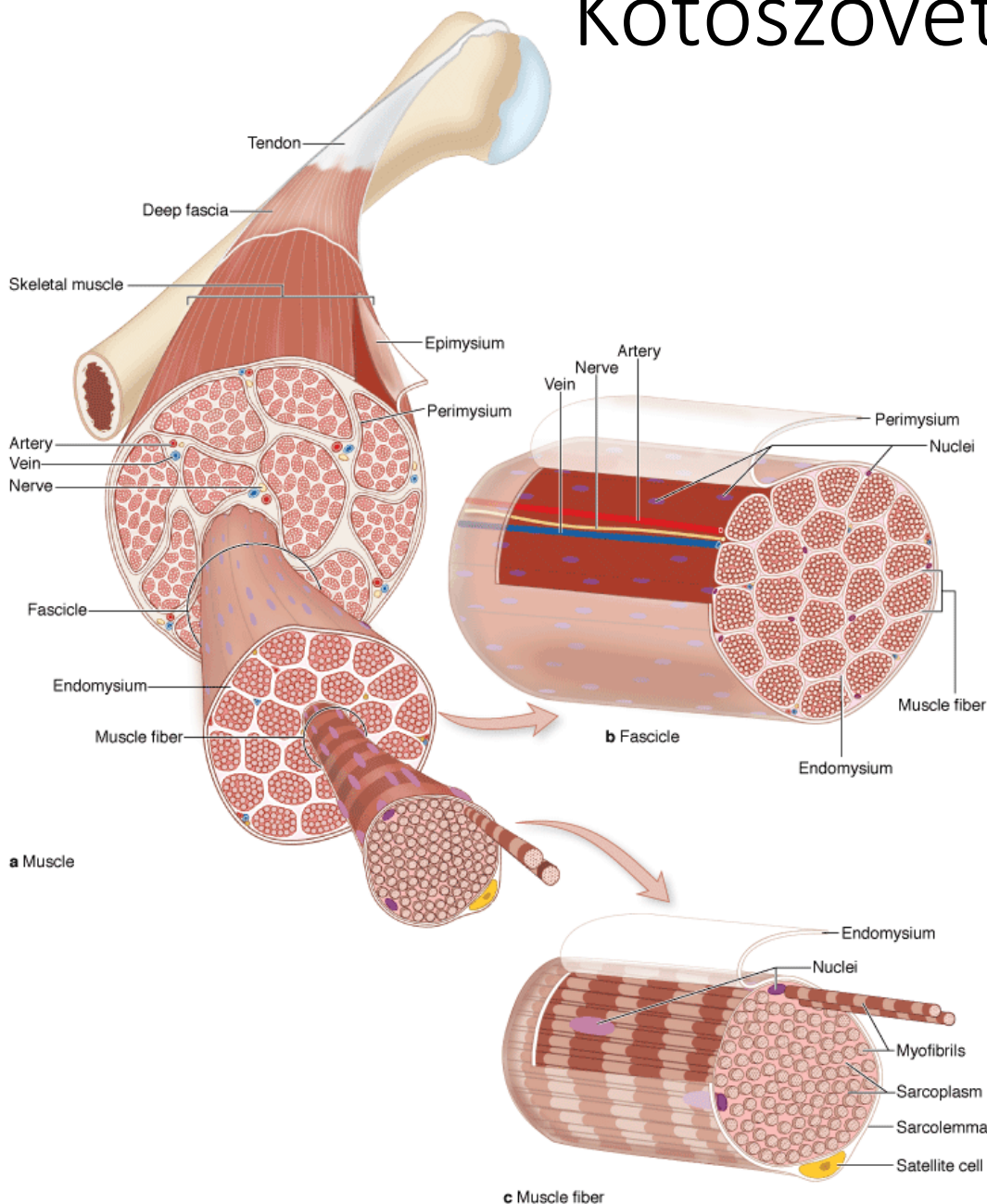
Közepes mennyiségű glikogéntartalom

Kis és közepes átmérőjű

Gyors összehúzódásra képesek, fáradékonyságuk köztes



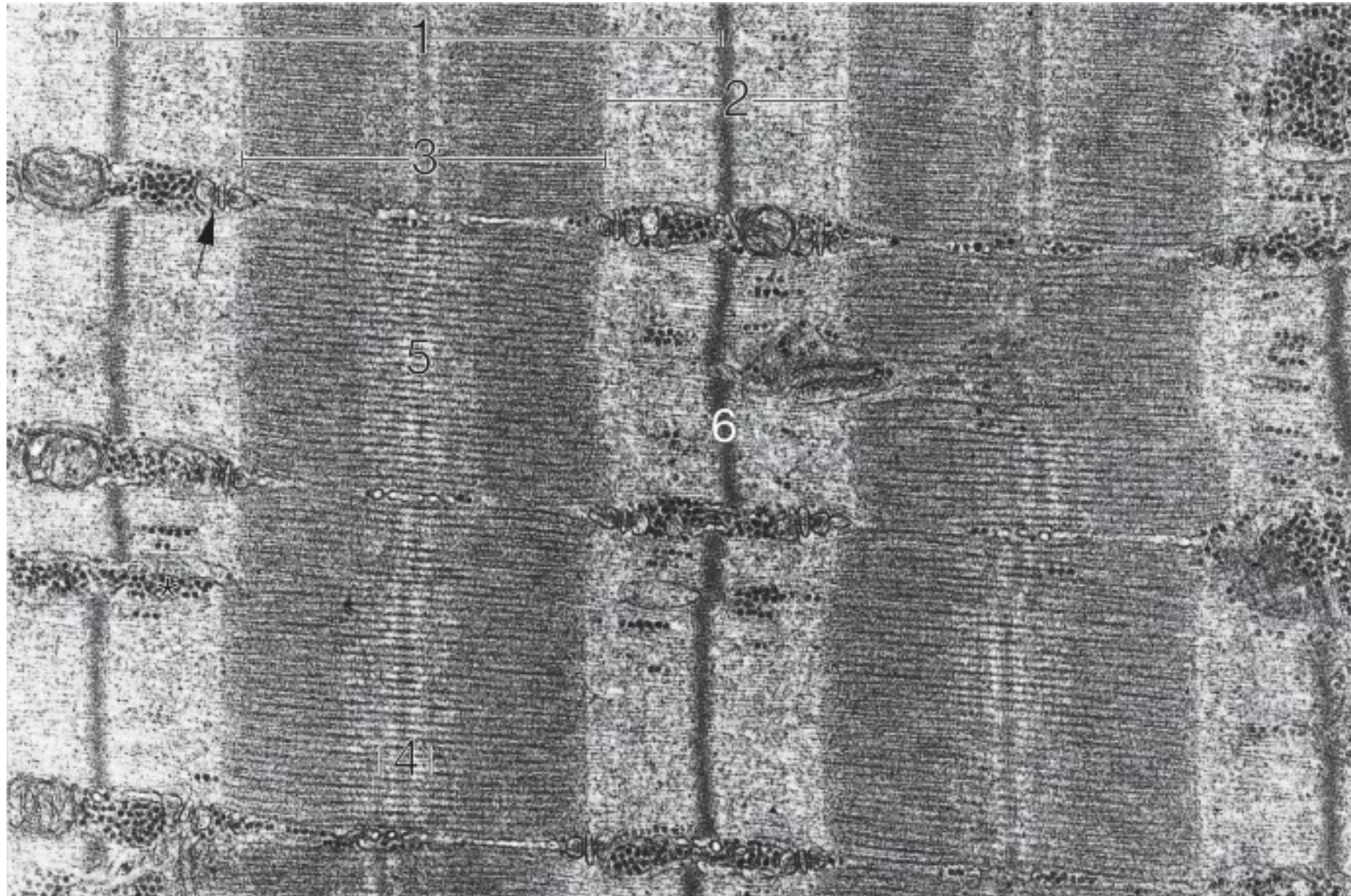
# Kötőszöveti hüvelyek



**epimysium** - izom  
**perimysium** - fasciculus  
(izomrostköteg)  
**endomysium** - izomrost

- fasciculus (izomnyaláb)
- izomrost (miofibrillum)
- miofilamentum (aktin, miozin)
- sarcomer (alapegység)

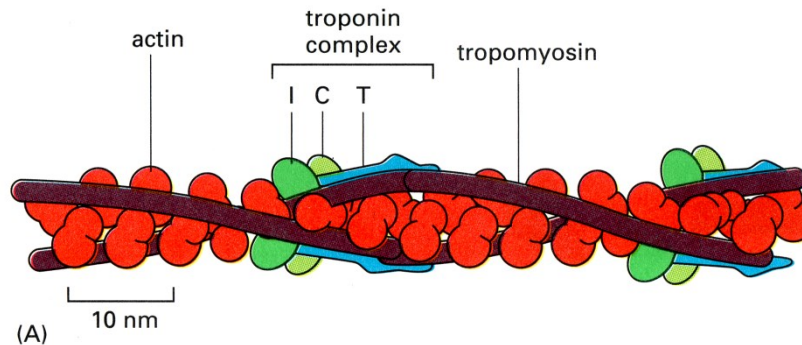
# A sarcomer



# Aktin

## Vékony filamentum

1. Aktin
  - G-aktin – globuláris = aktin monomer
    - ATP kötőhely
    - nagy affinitású miozin fej kötőhely
  - F-aktin – filamentáris
  - aktinfonal átmérője: kb. 6-8 nm , hossz: kb. 1  $\mu\text{m}$
  - taposómalom állapot: gyors (+) vég annyi monomerrel épül, mint amennyi a lassú (-) végen leválik
  - aktinhoz asszociált fehérjék irányítják az aktinhálózat szerveződését (vö. a mikrotubuláris rendszerrel)
2. Tropomiosin – filamentozus protein
  - blokkolja a miosin kötőhelyet az aktin szálon
3. Troponin komplex - TnT - tropomiosin-kötő alegység  
TnC -  $\text{Ca}^{2+}$  - kötő alegység  
TnI - gátolja az aktin-miozin ATP-áz aktivitást



- hegyes vég – tropomodulin molekula képez rajta sapkát és gátolja a növekedést
- bajszos végek (barbed end) a Z-lemezbe ágyazódnak (kötődnek)



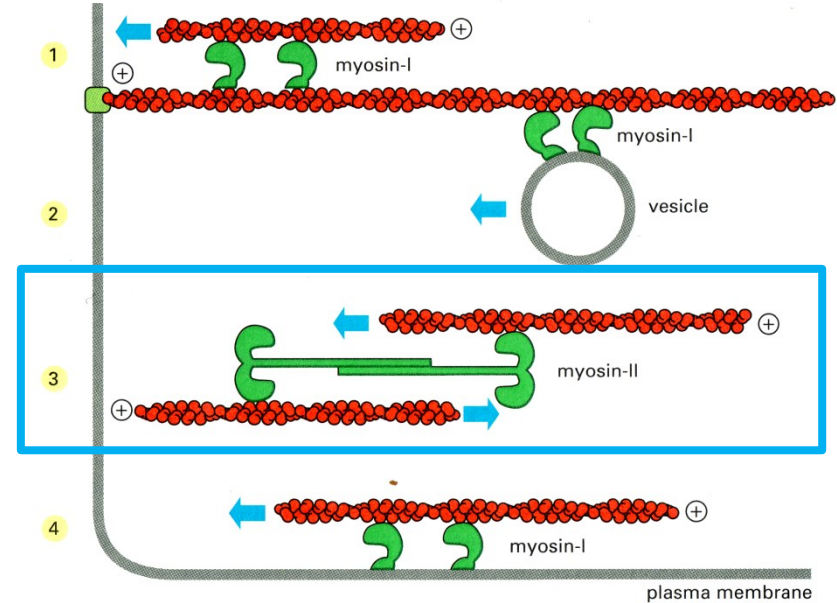
# Miozin

**Miozin:** ATP hidrolízisre képes (+) aktin filament motor

**Miozin I**

**Miozin II**

1. Aktin fonalak egymáshoz képest való elcsúszása (miozin I)
2. Vezikula szállítás (miozin I)
3. Aktin fonalak egymáshoz képest való elcsúszása kontrakciót okozva (miozin II)
4. Aktin fonal a membránhoz képest való elmozdulása (miozin I)



**Miozin II - Vastag filamentum**

Átmérő: kb. 15 nm, hossz: kb. 1,5  $\mu\text{m}$

- fő alkotói a miozin filamentumok kötegei

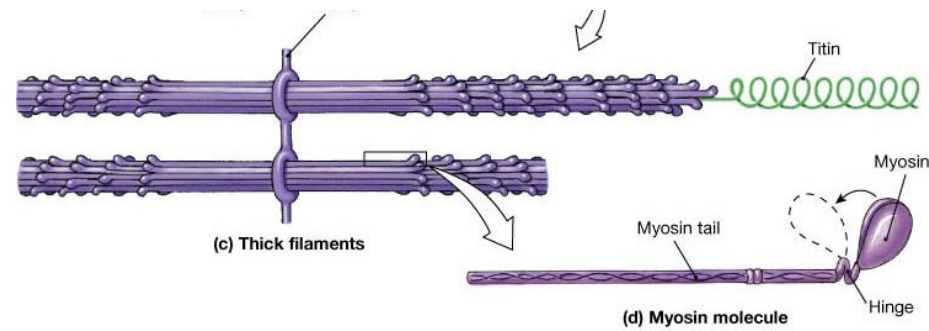
- ATP függő motor protein  $\rightarrow$  (+) vég felé mozognak az aktinon

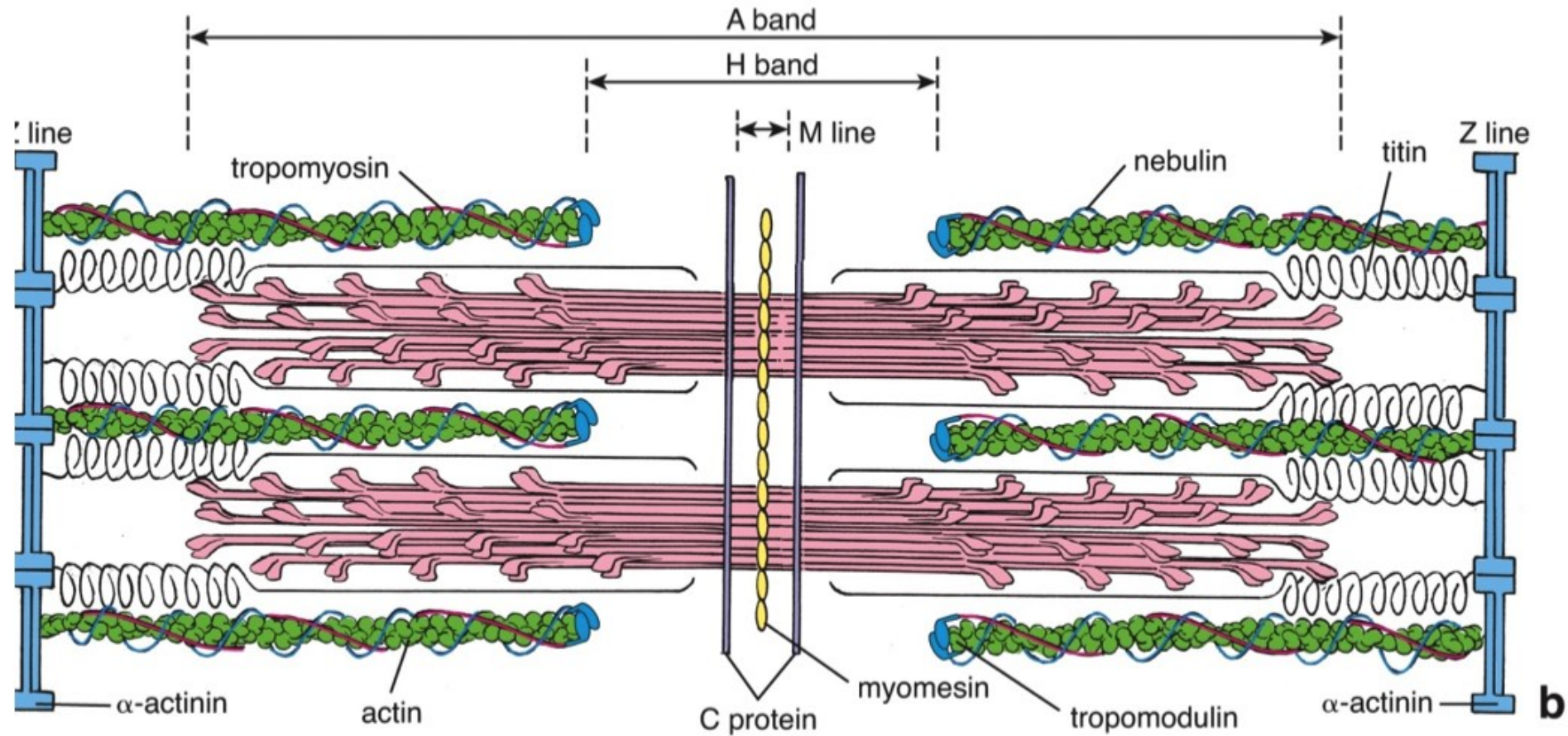
- a miozin molekula 4 láncból áll

- 2 nehéz lánc nagyjából egymás körül csavarodott farkat és egy-egy globuláris fejet alkot

- 2 könnyű lánc - nyaki régió a fej és a fark között szöveget alkot

- nyaki régió mozgékony





**Nebulin** – aktin hossz meghatározása

**Titin** – izomrostok rugalmasságát és a nyújtással szembeni ellenállást biztosítja / átéri a fél sarcomert

## Szarkomer: (2-3 $\mu\text{m}$ ) két szomszédos Z-vonal között

**A-csík:** anizotróp, kettősen fénytörő, vastagabb, sötét

(1,5  $\mu\text{m}$  hosszú, 15 nm vastag)

túlnyomóan miozin + átfedő aktin filamentumok

hossza a kontrakció során változatlan marad

**I-csík:** izotróp, egyszeresen fénytörő, vékonyabb, világosabb

(1  $\mu\text{m}$  hosszú, 7 nm vastag)

túlnyomóan aktin

a kontrakció során megrövidül

**Z-vonal:** (Zwischenstreifen) a szarkomer határa

$\alpha$ -aktinin, dezmin molekulák

**H-csík:** (Hensen-Streifen)

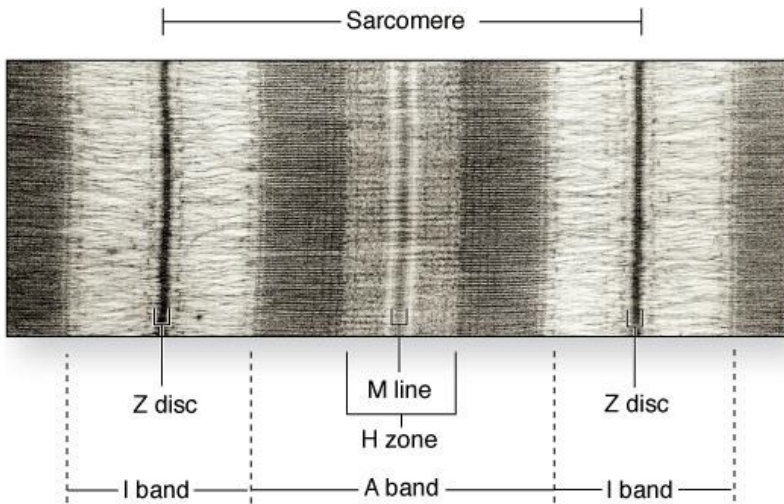
világos rész az A-csík közepén

kizárólag miozin

**M-vonal:** (Mittenmembran) A-csík közepén

a miozinkötegek rögzülési helye

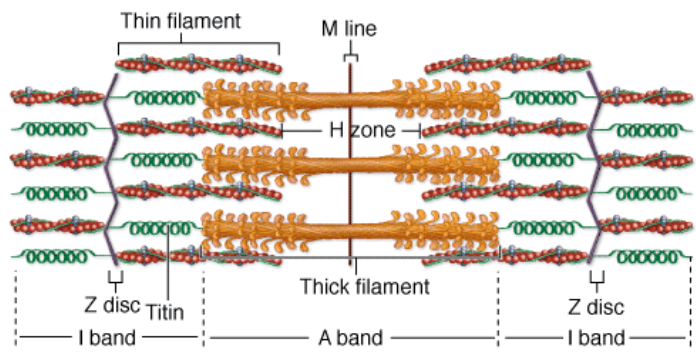




anizotróp (A): H-csík, M-csík  
 izotróp (I): Z-vonal

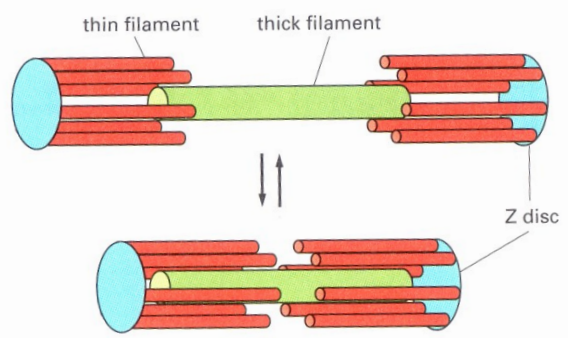
Kontrakció: A csík változatlan, I csík rövidül >> *csúszó filamentum modell*

d

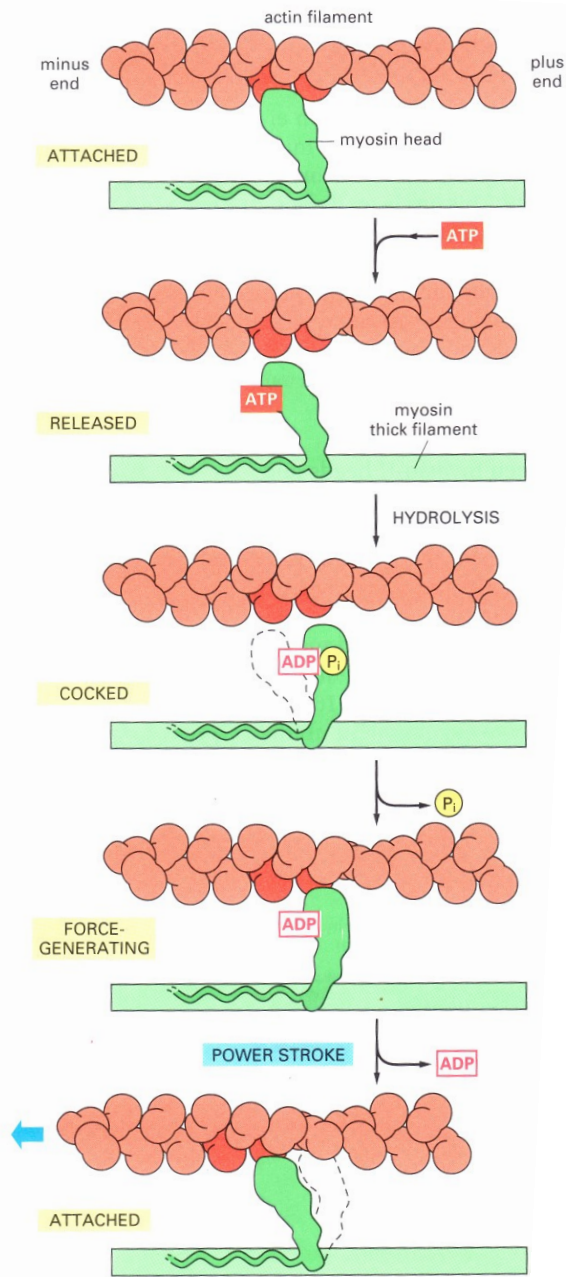


vékony filamentum (aktin) 6-9 nm  
 vastag filamentum (miozin) 12-15 nm

c



sejtvázkomponens: aktin  
 mozgató molekula: miozin



## RIGOR állapot

miozin fej aktinhoz kötve  
*rigor mortis*

## NYUGALMI állapot

miozin fej + ATP → konformáció változás

## AKTIVÁLT állapot – gyenge kölcsönhatás

miozin fej ~5 nm-t elmozdul

ATP hidrolízis, végtermékek miozinhoz kötve maradnak

## AKTIVÁLT állapot - erőgenerálás

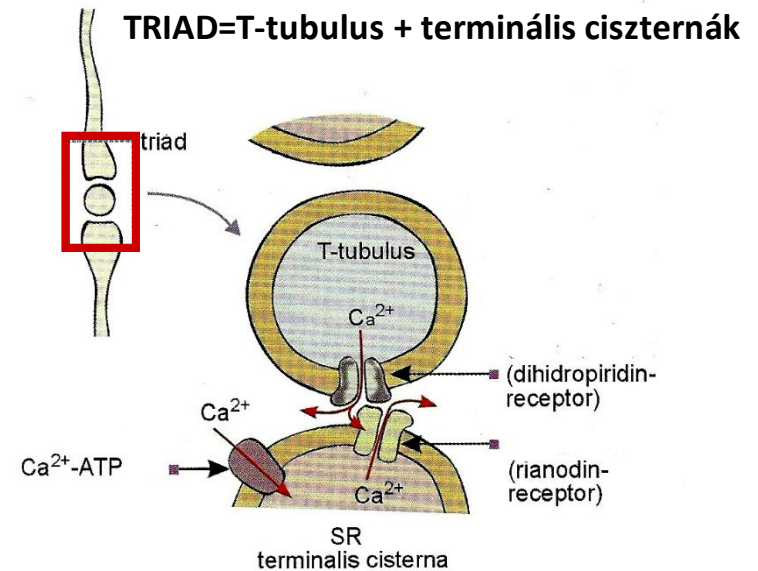
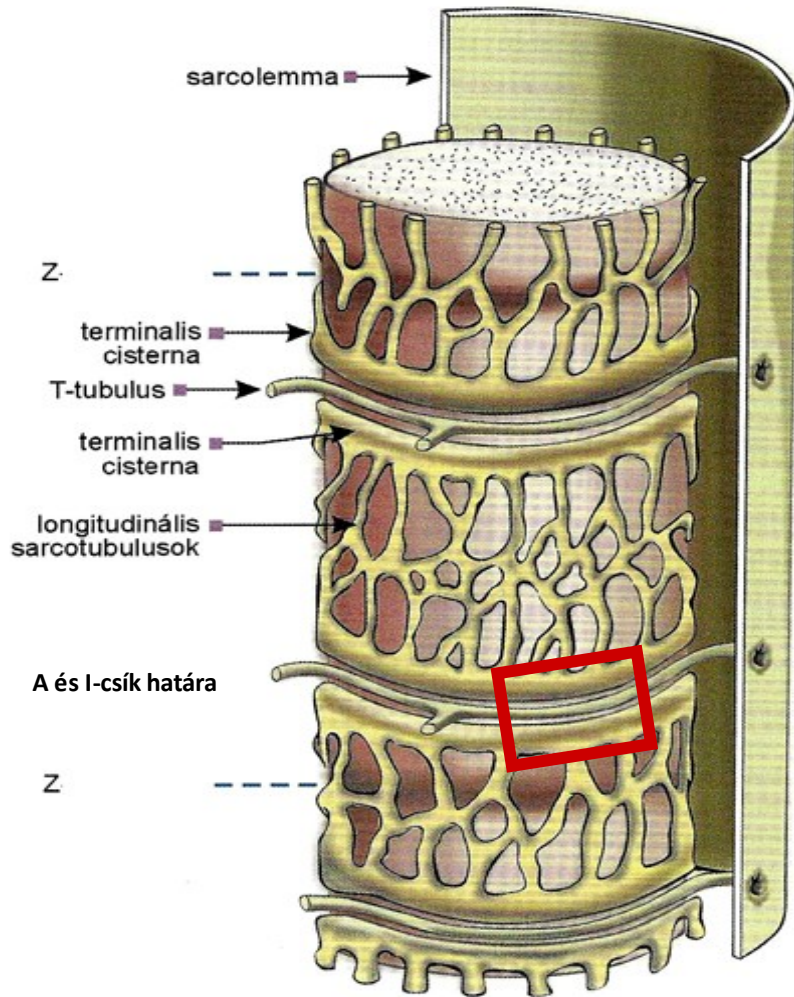
miozin fej gyengén az aktinhoz köt

foszfát-csoport leválik → konformáció változás → erős aktin kötés

## RIGOR állapot

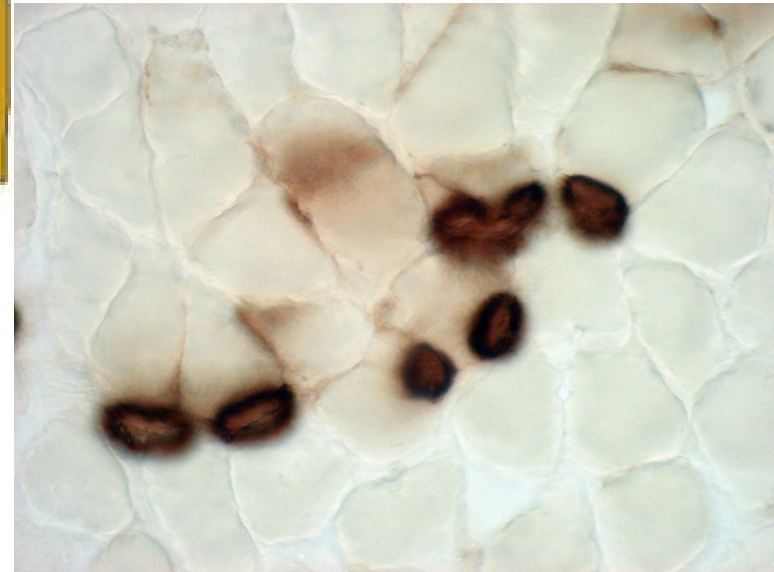
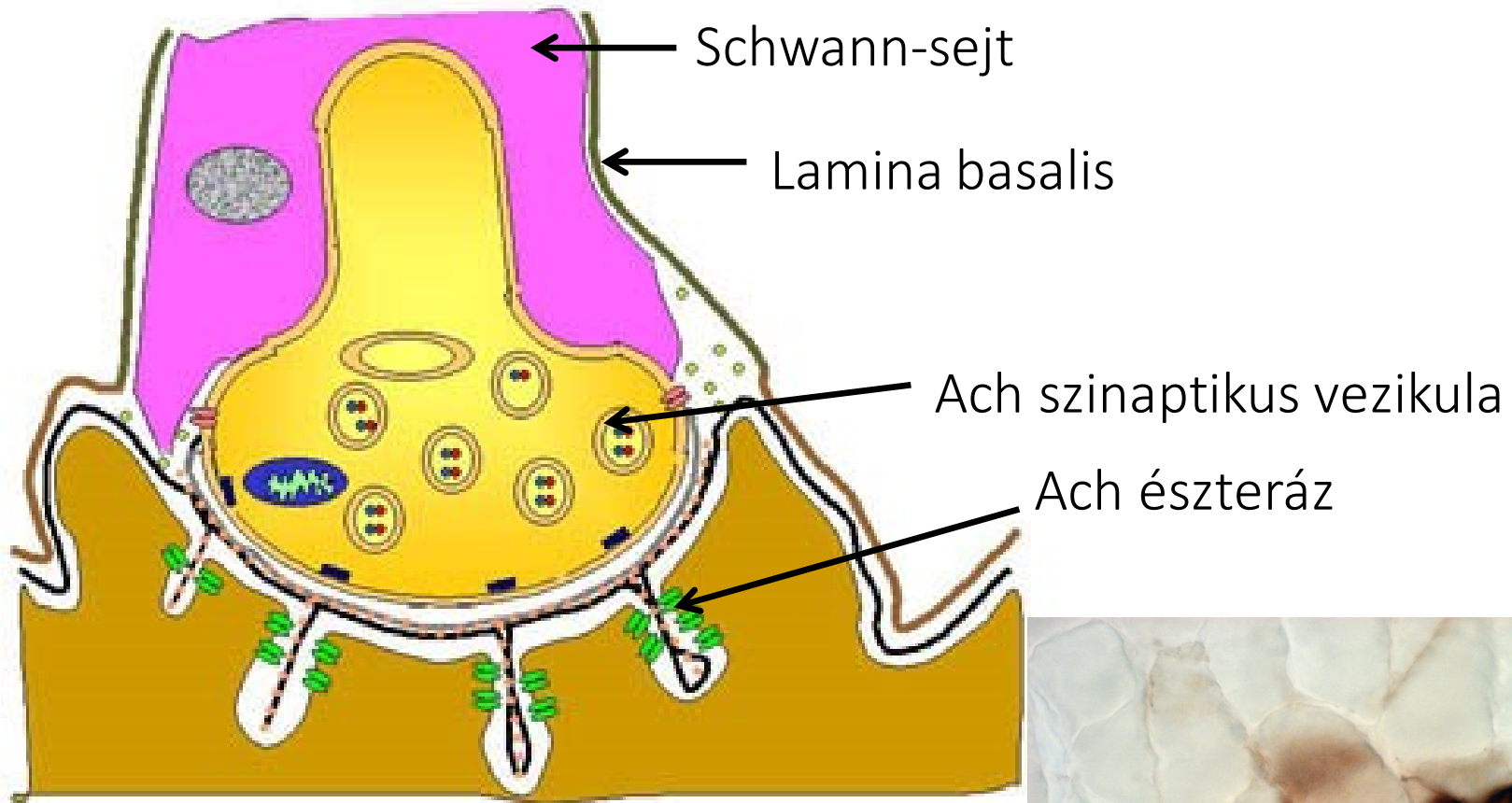
# Sarcoplasmás retikulum

- sarcoplasmás retikulum
  - simafelszínű endoplazmás reticulum
  - $\text{Ca}^{2+}$ ot tárol és pumpál
  - terminális ciszterna
- T-tubulus: szarkolemma betüremkedése

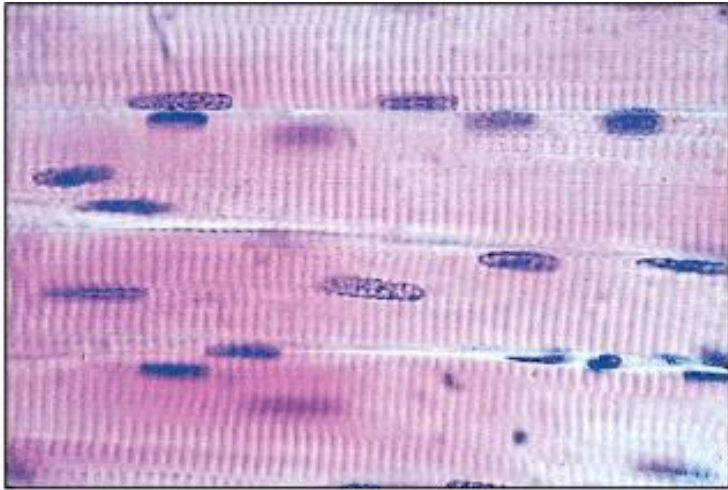


Ingerület (t-tubulus)  $\rightarrow$   $\text{Ca}^{2+}$  kiáramlás az SR-ból  $\rightarrow$   $\text{Ca}^{2+}$  TnC-hez köt  $\rightarrow$  tropomiozin elmozdul  $\rightarrow$  aktin + miozinej kötődése

# Motoros véglemez - Neuromuszkuláris junkció



# Harántcsíktolt izom



Egysége: izomrost

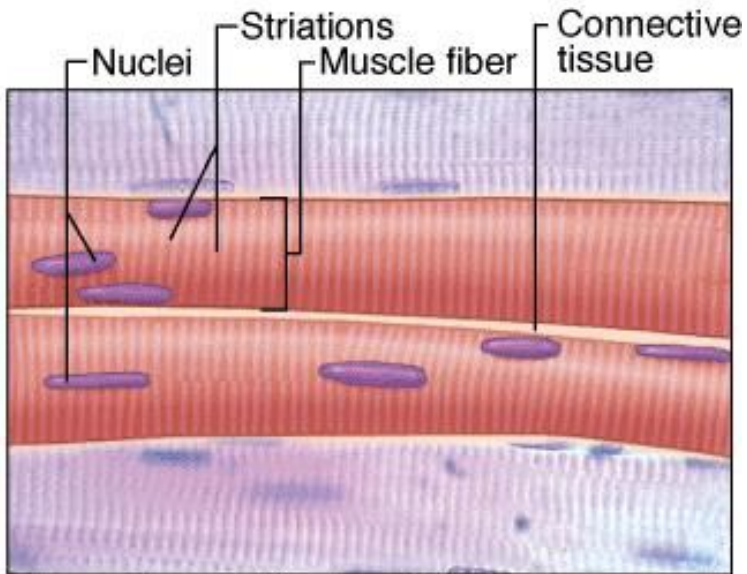
$d=5-10\ \mu\text{m}$

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

myoblastok fúziója >> syncytium

lelapult, ovális sejtmagok (akár 100/izomrost)

szarkolemma alatt



Szarkolemma=sejtmembrán+lamina basalis

Szarkoplazma=izomrost cytoplasmája

- myofibrillumok között:

- sok mitokondrium (ATP)

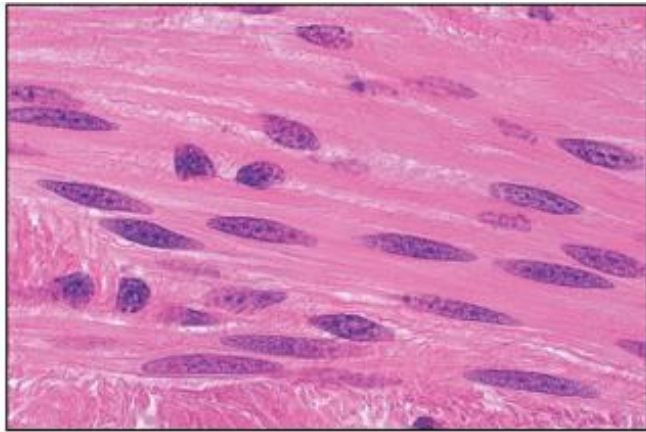
- tartalék energia: lipidcseppek,

glikogén szemcsék

**a** Skeletal muscle



# Simaizom



Egysége: simaizom sejt (myocyta):

$d=3-8 \mu\text{m}$

$l=15-800 \mu\text{m}$

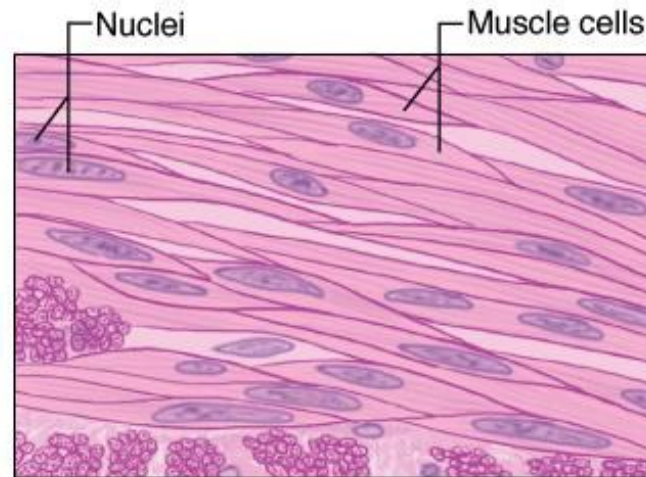
orsó alakú sejt

sejtmag pálcika alakú, sejt közepén, lekerekített vég

endocitotikus vezikulák

glikogénszemcsék

myofilamentum kötegek



- sejtek között retikuláris rostháló
- gap junction >> ingerületátvitel (spontán aktivitás!)
- lassú, elnyújtott kontrakció

Előfordulás:

Egyenként, csoportban, nyaláb, réteg, háló

*Tunica muscularis, erek fala, praekapillárisok*

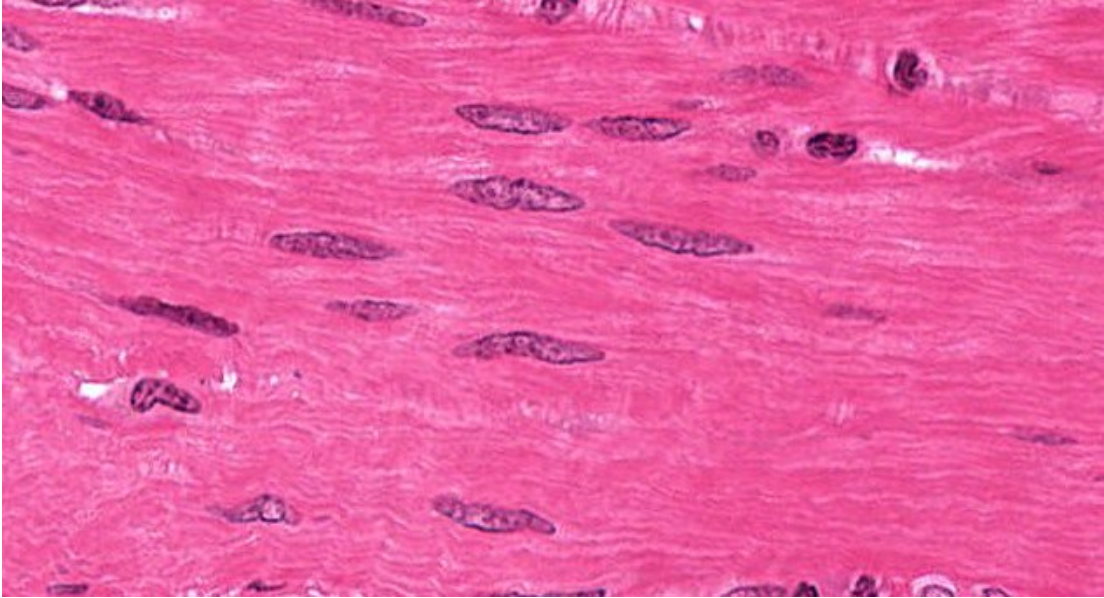
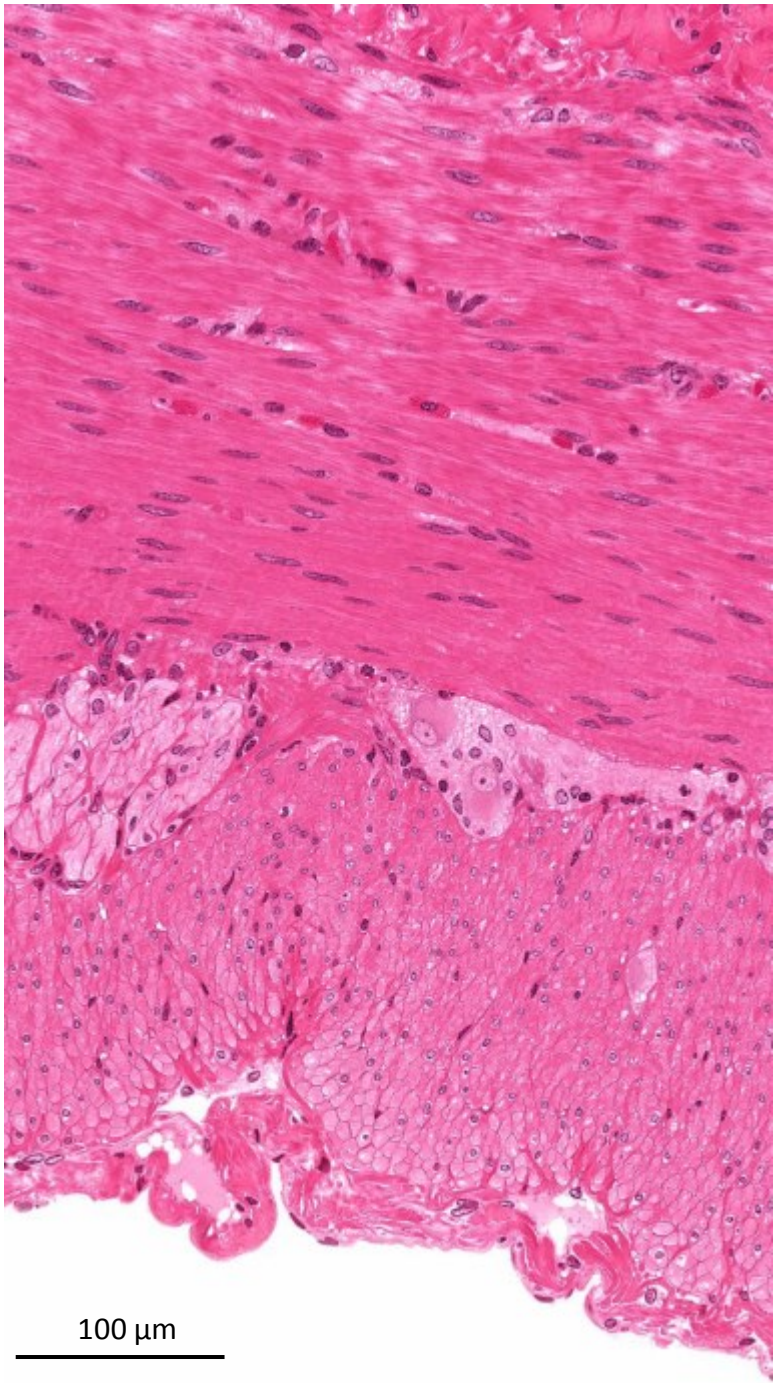
myofibrocyta

myoepithelsejt

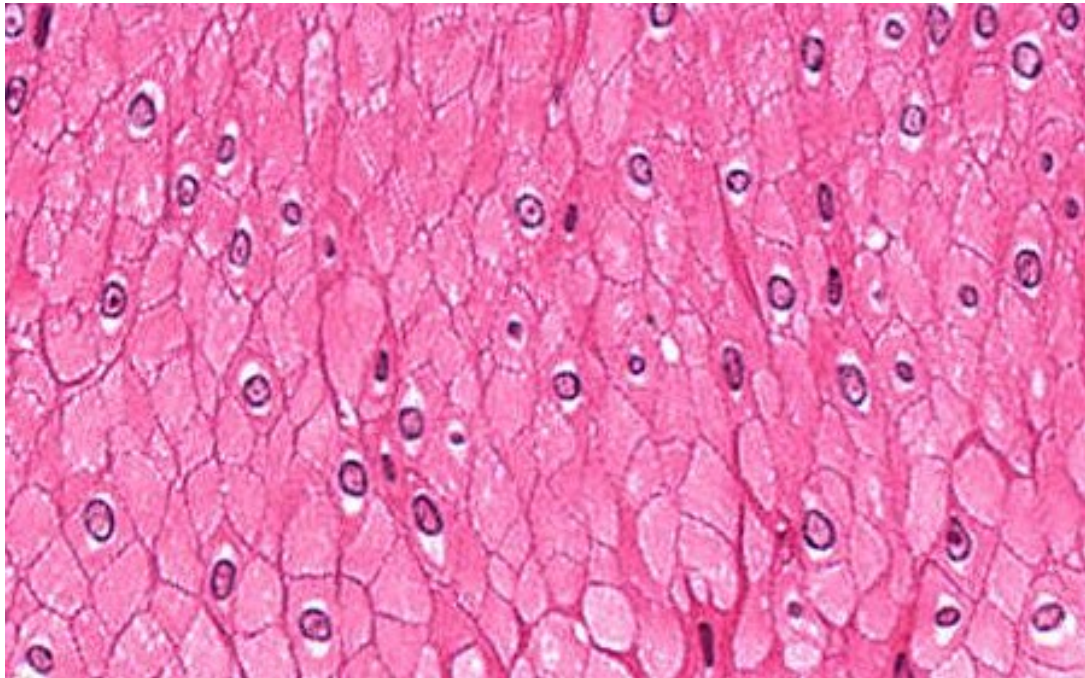
**c Smooth muscle**

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

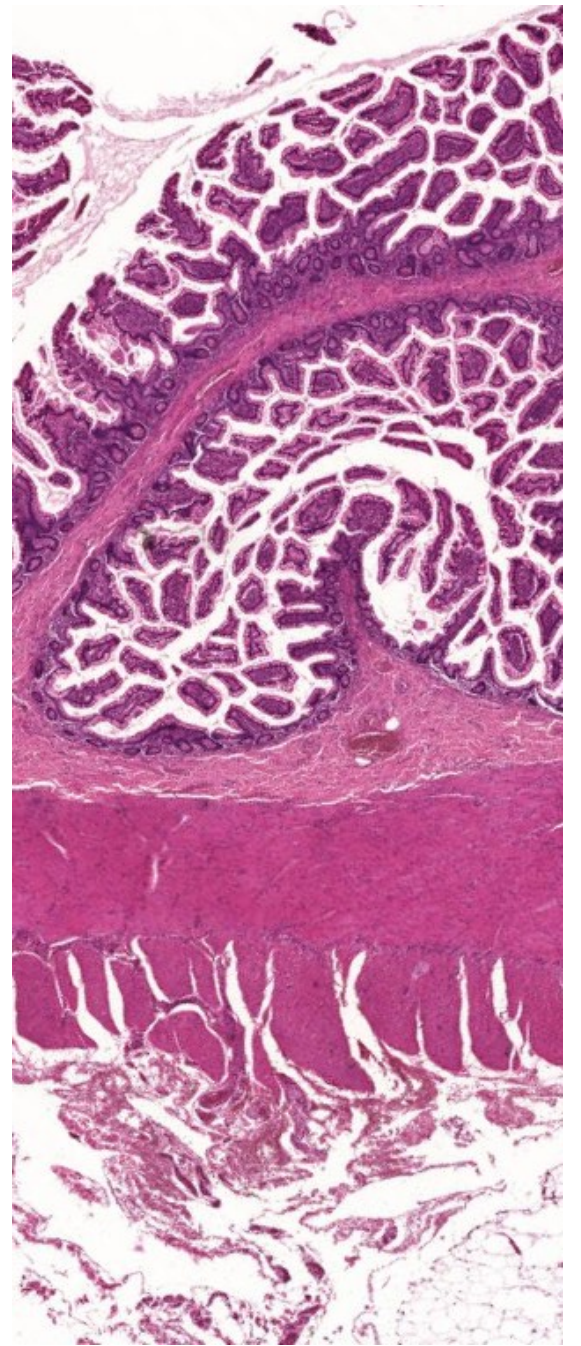
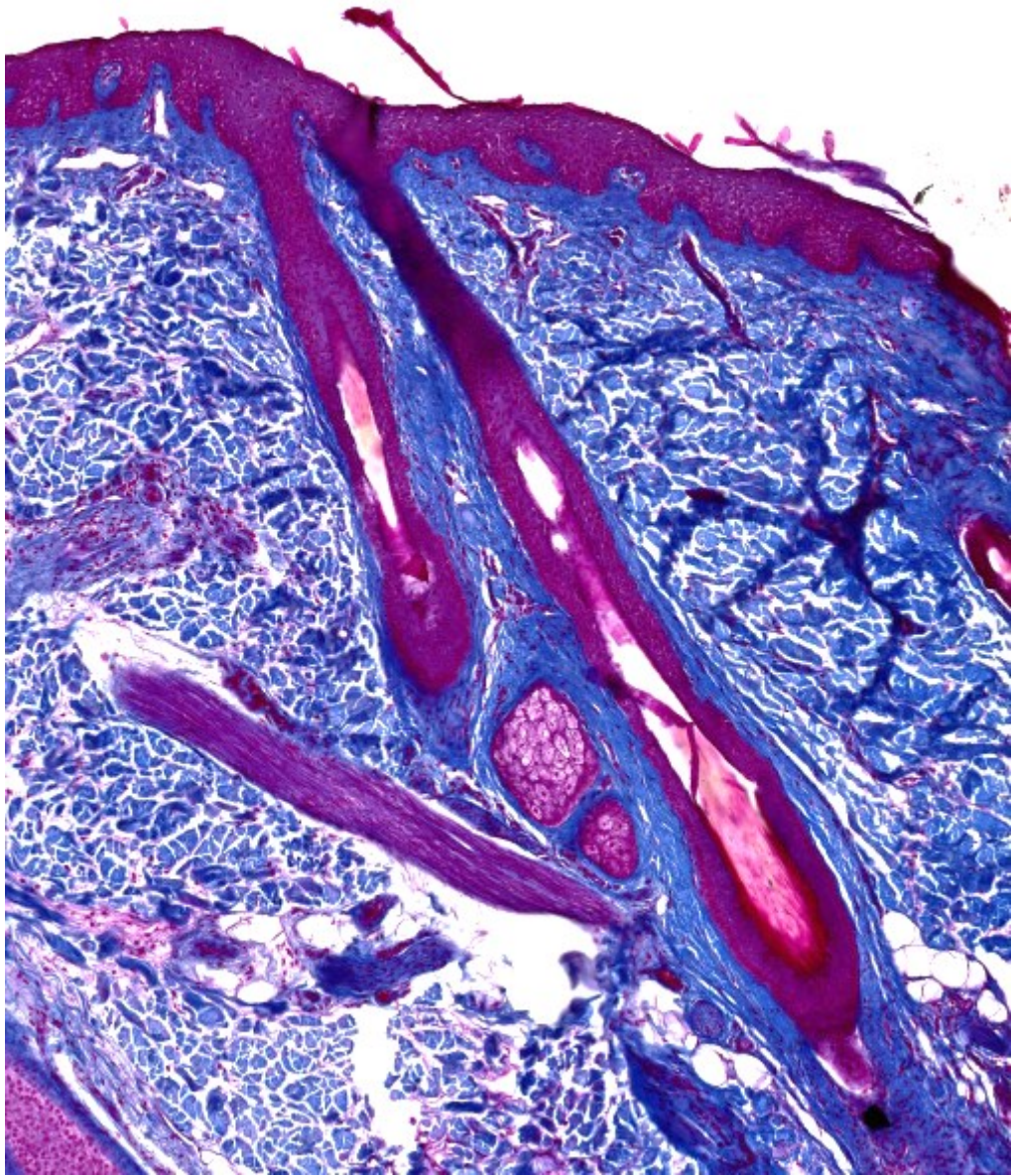
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.



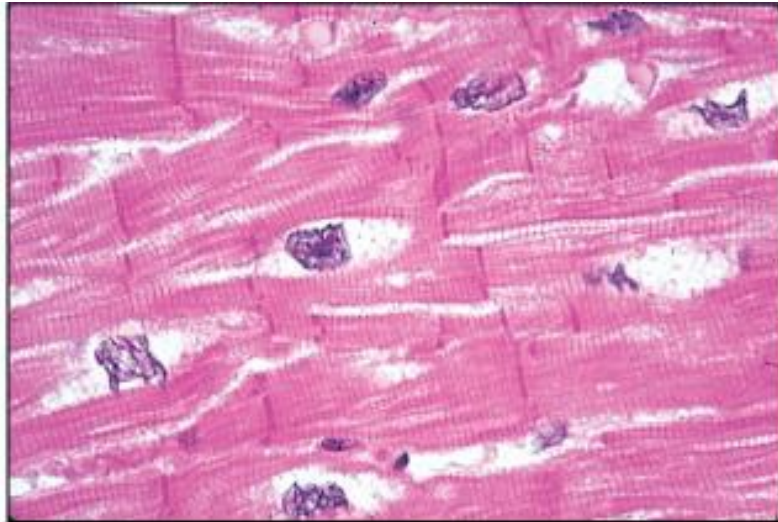
25  $\mu\text{m}$



25  $\mu\text{m}$



# Szívizom

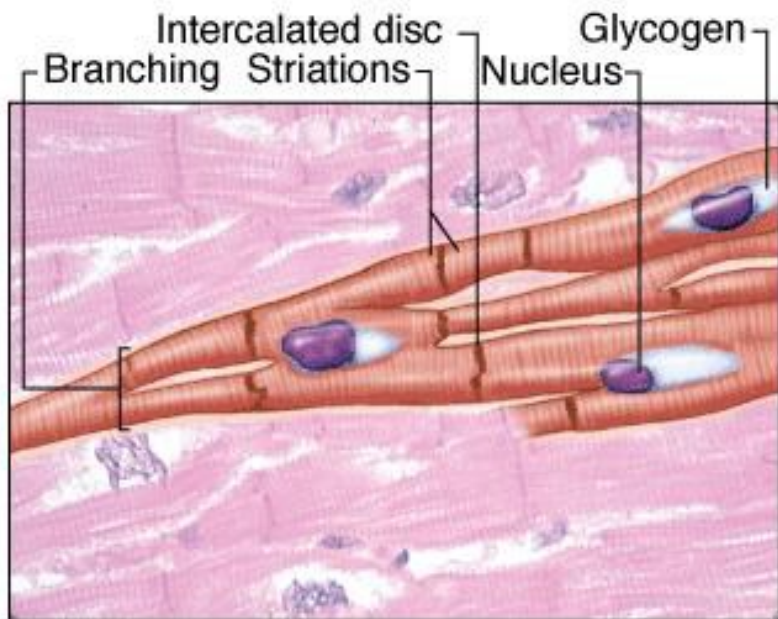


munkaizomzat + ingerületképző és vezető rendszer

egyedi izomsejtek + sejtkapcsoló struktúrák



discus intercalaris  
Eberth-vonal



Egysége: szívizomsejt (functionalis syntitium)

1-2 sejtmag a sejt közepén

glikogén- és lipidcseppek

osztódásra nem képesek >> „kopási

pigment” lipofuscin granulum

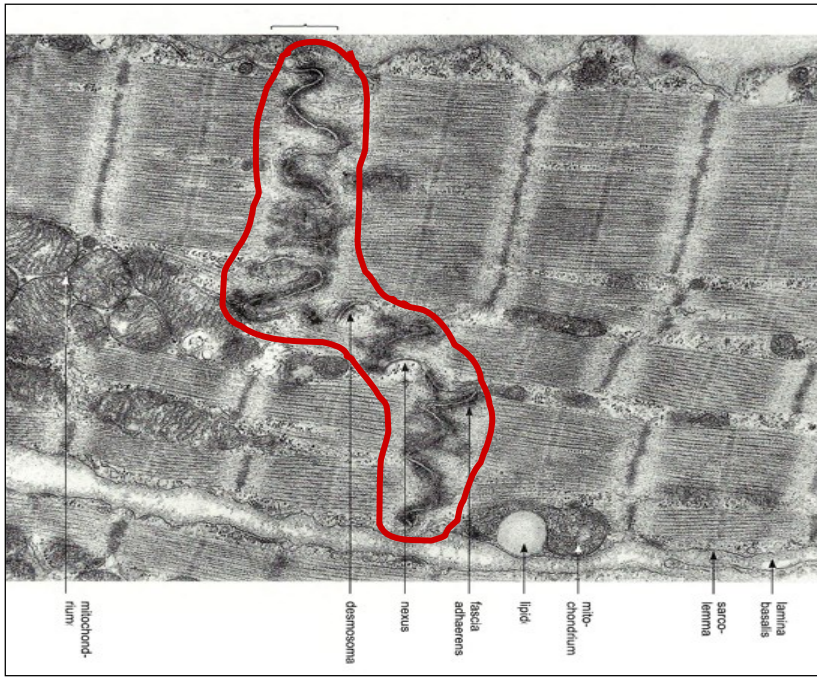
sok, nagyméretű mitokondrium

Purkinje rostok:

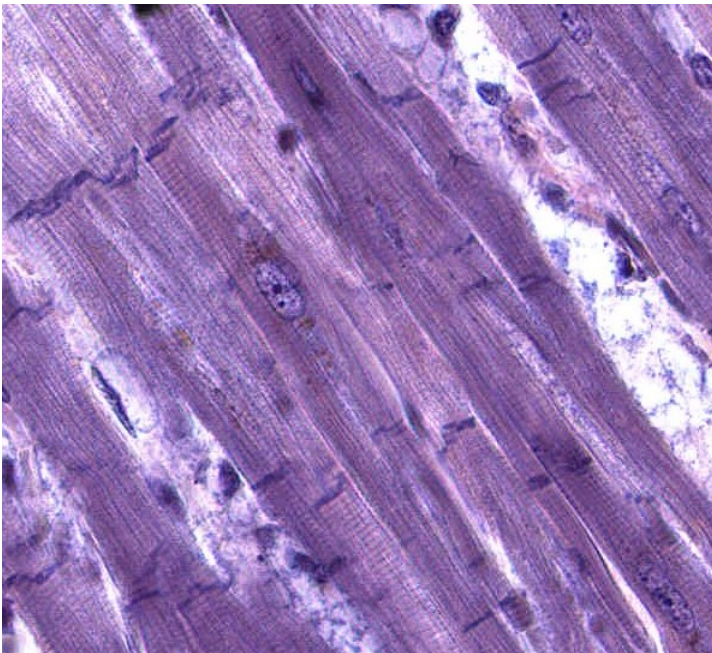
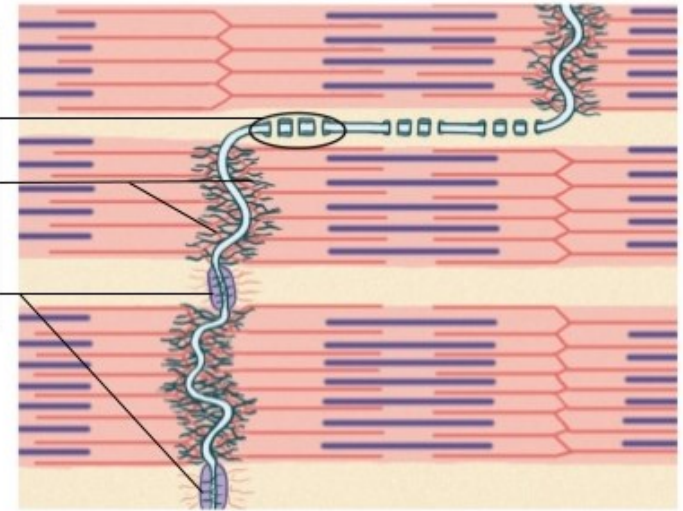
endocardium alatti módosult szívizomsejtek

glikogénben gazdag

**b** Cardiac muscle



**Intercalated disc**  
**Gap junction**  
**Opposing plasma membranes**  
**Desmosomes**

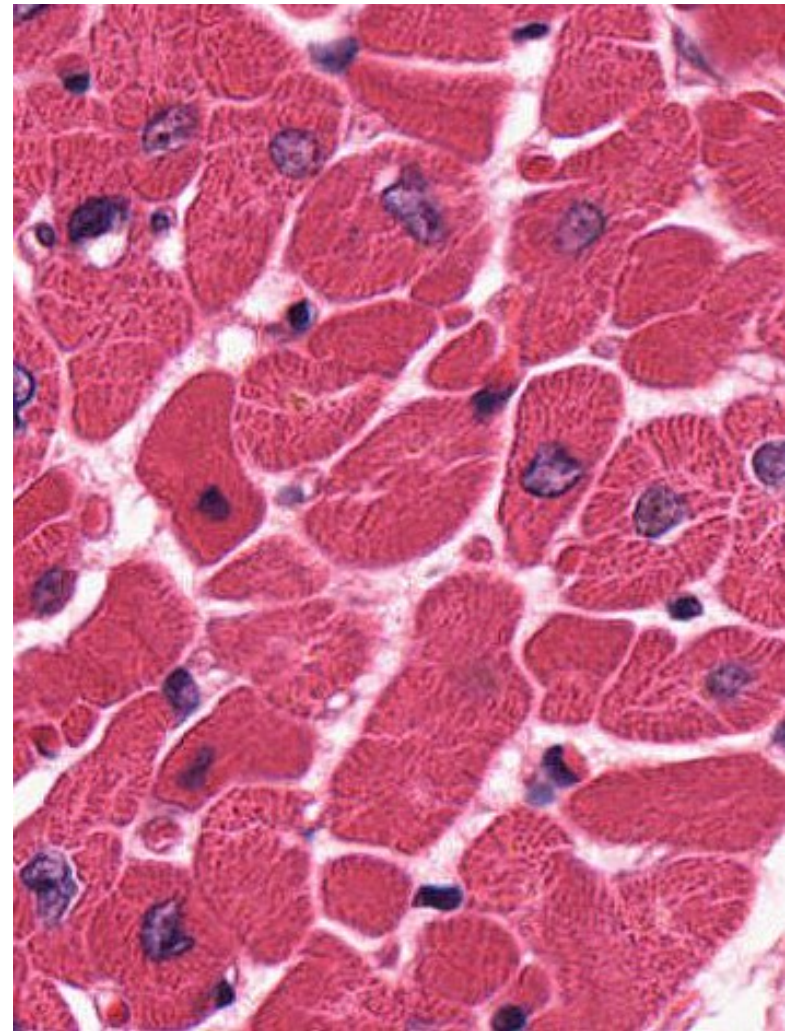


20µm

mechanika és elektromos kapcsolat a sejtek között  
 nexus (gap junction)  
 desmosoma  
 fascia adherens



25μm



25 μm

# Ingerületvezetés

## Sinus csomó

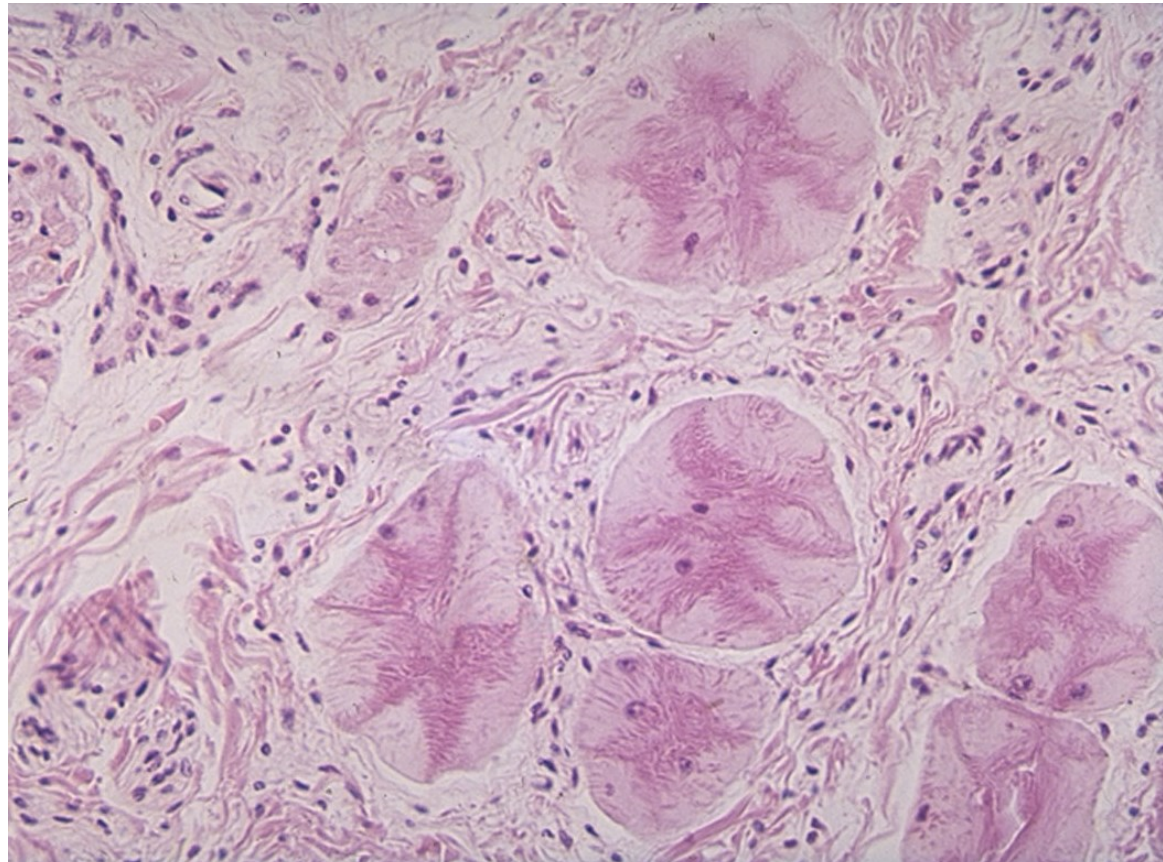
- P-sejtek
- sok nexus

## Pitvar-kamrai csomó

- több átmeneti sejt
- kevesebb nexus (ingerület-vezetés késleltetés)

## Purkinje-rostok

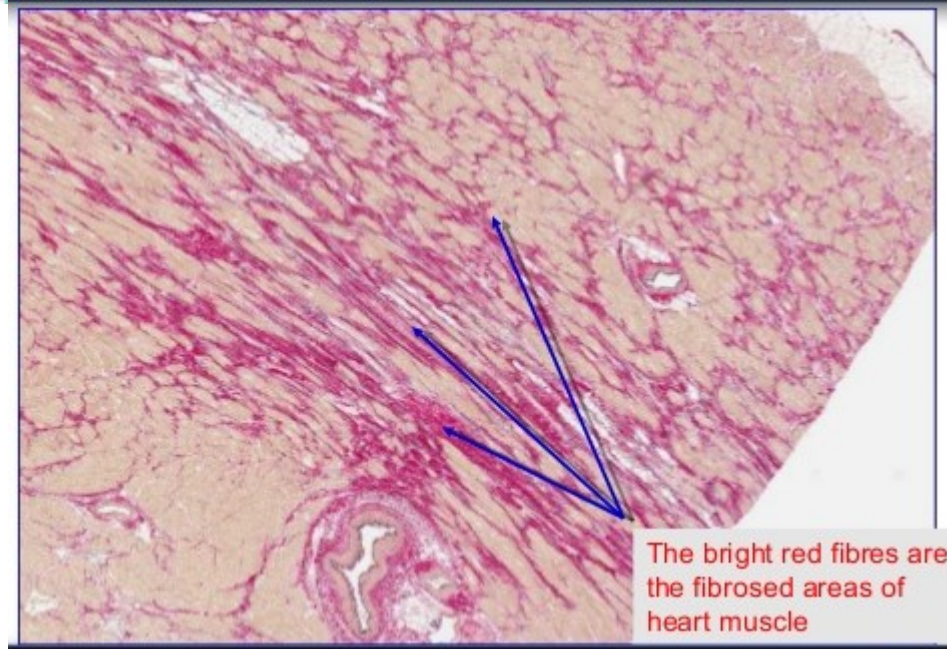
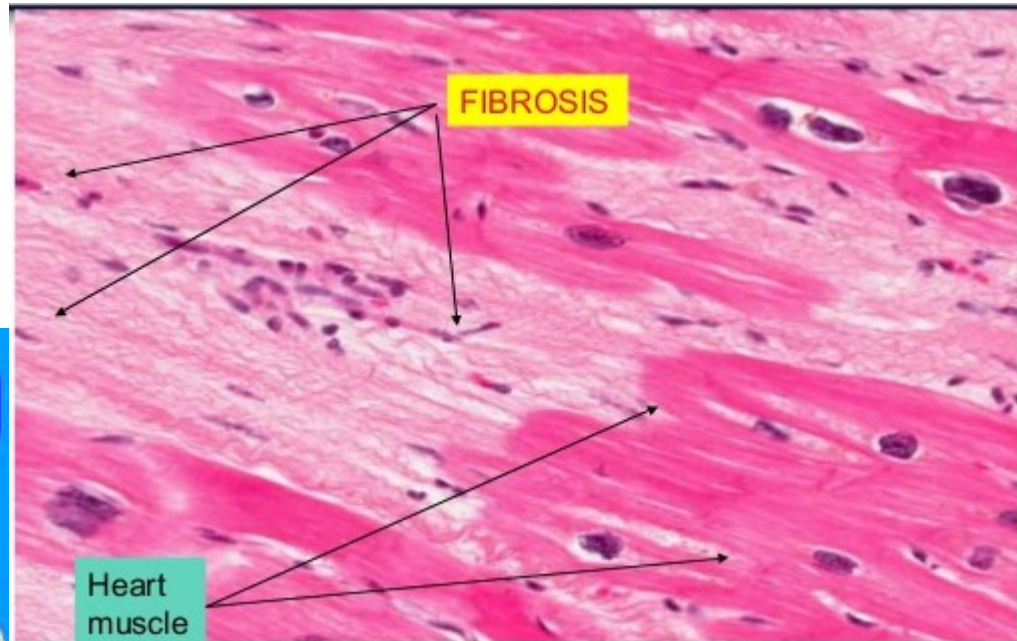
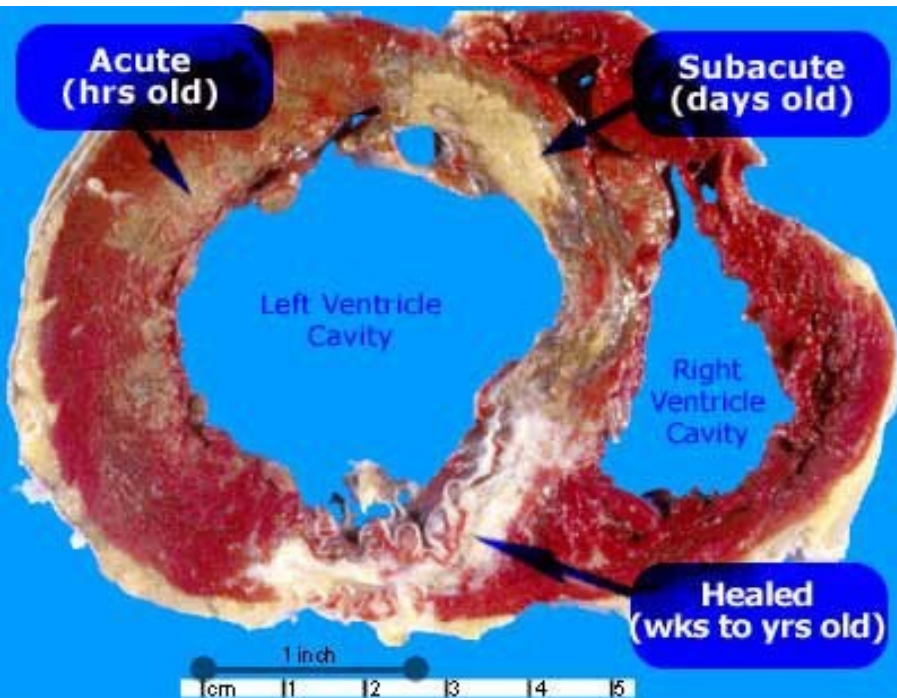
- kevés myofibrillum
- sok mitokondrium
- nincs T-tubulus
- nagyszámú nexus



# Klinikai vonatkozások



# Szívinfarktus



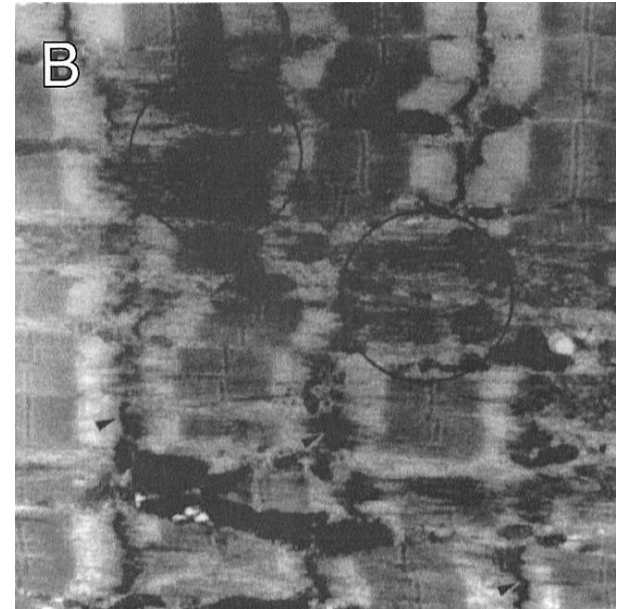
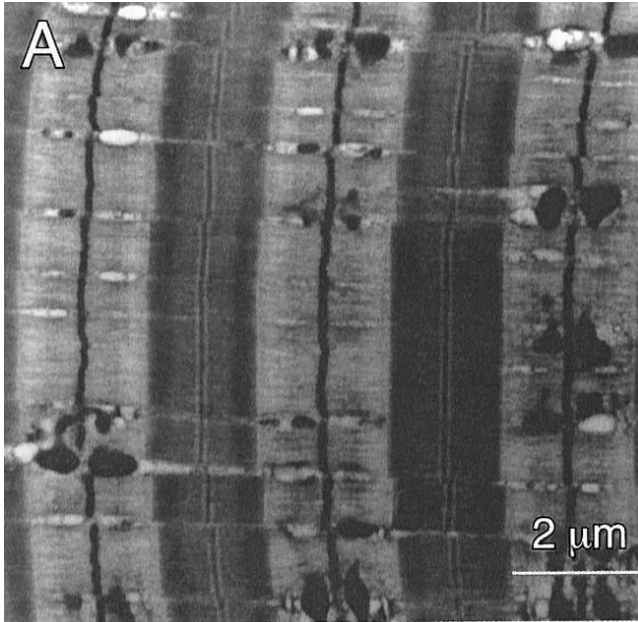
Inaktivitási atrófia  
Denervációs atrófia



Spinális izomatrófia

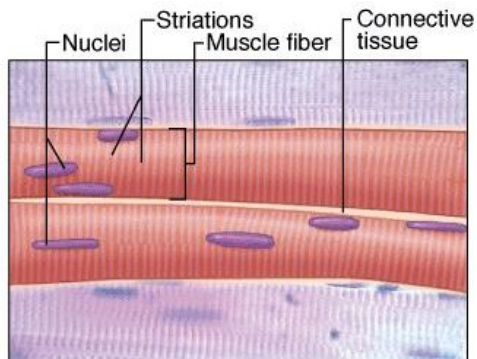
Hypertrophia

# Izomláz

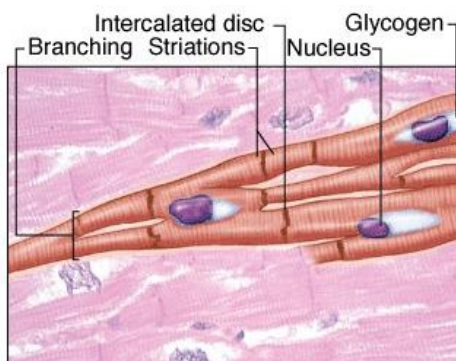


- mikro szakadások
- gyulladásos jelenség – leukocyták, monocyták
- cytokinek – nociceptív receptorok direkt aktivációja

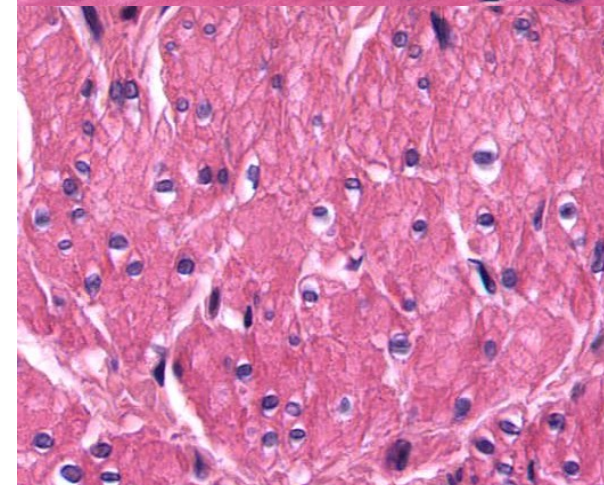
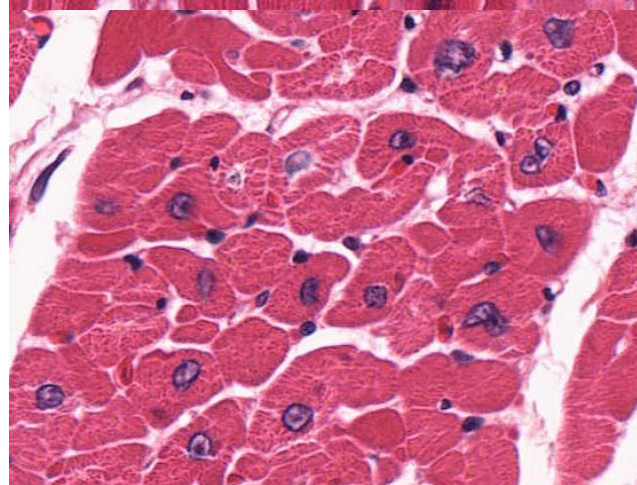
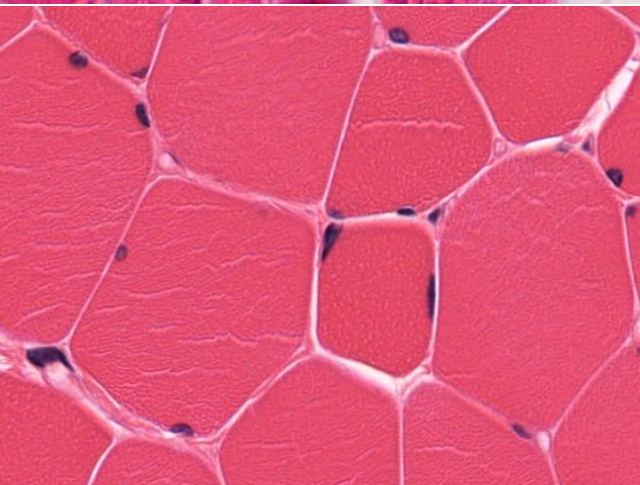
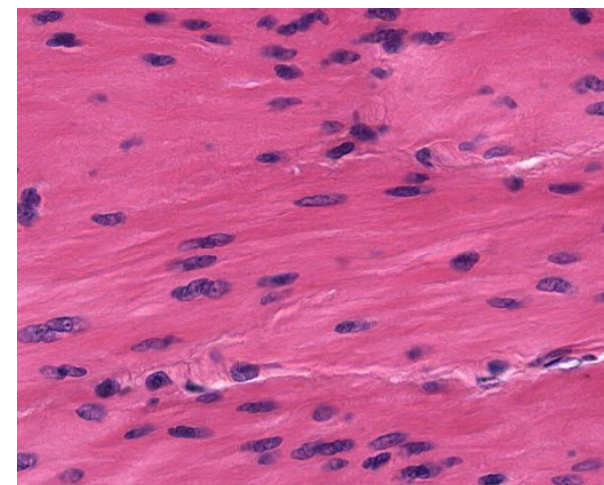
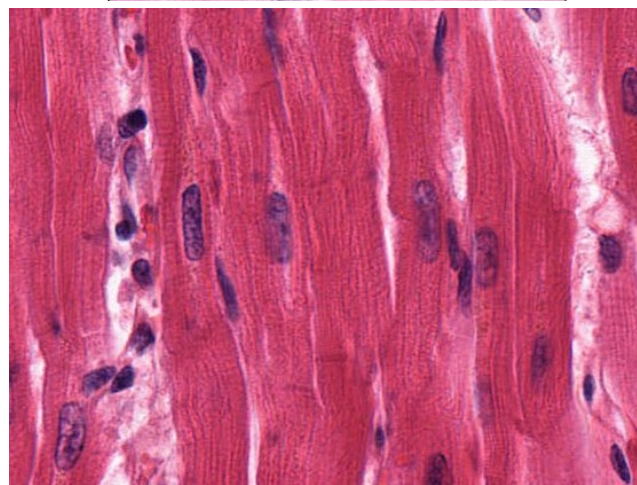
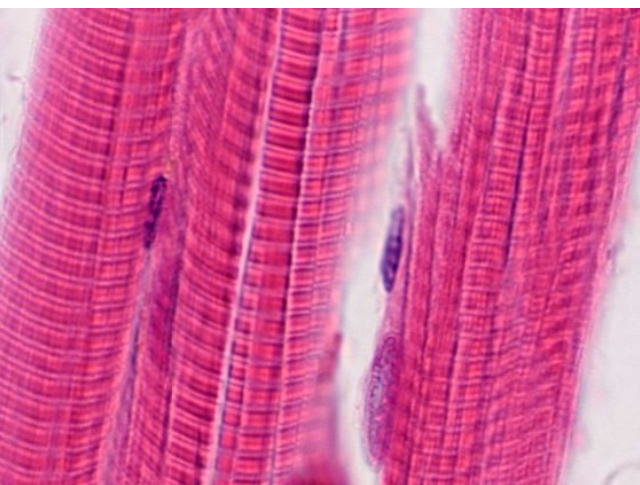
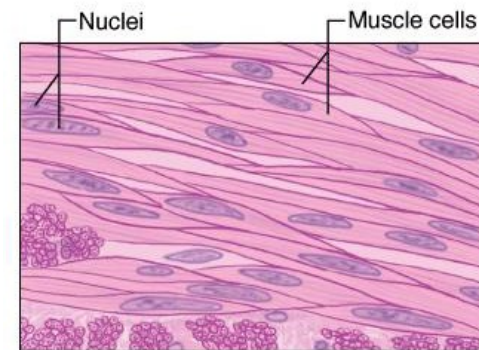
# harántcsíkolt izom



# szívizom



# simaizom



# Források

Dr. Alpár: Izomszövetek

Dékány Bulcsú: Izomszövet

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

Kovács János: Sejttan (1999, ELTE Eötvös Kiadó)

Röhlich: Szövettan

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

Képek:

[www.histologyguide.com](http://www.histologyguide.com)

Welsch: Histologie

Qatar Cardiovascular Research Center