

IZOMSZÖVET

Az emberi szervezetben háromféle specifikus kontraktilis szövet fordul elő:

simaizomszövet: tápcsatornában, tüdőben, méhben, húgyhólyagban,
vegetatív idegrendszer irányítja,

harántcsíkt (váz-) izomszövet, szomatikus idegrendszer irányítja

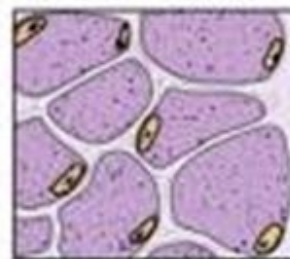
szívizomszövet: vegetatív idegrendszer irányítja

IZOM TÍPUSOK

Skeletal muscle

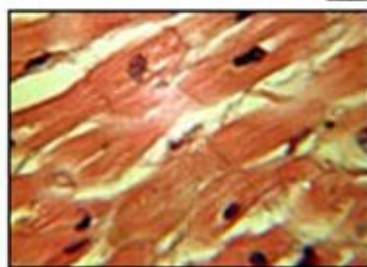


Cross sections

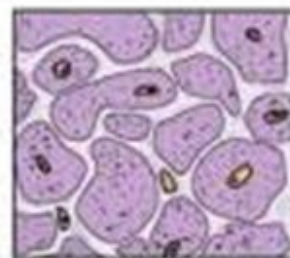


Strong, quick
discontinuous
voluntary
contraction

Cardiac muscle

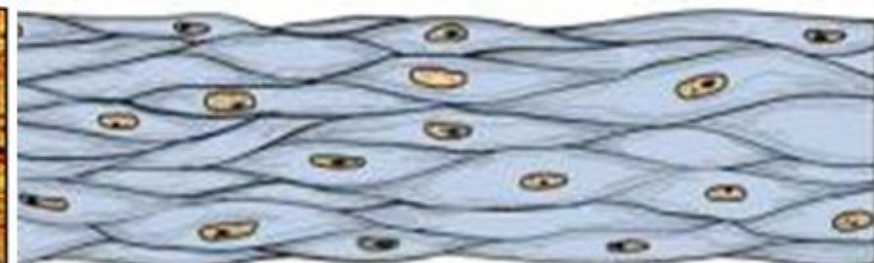
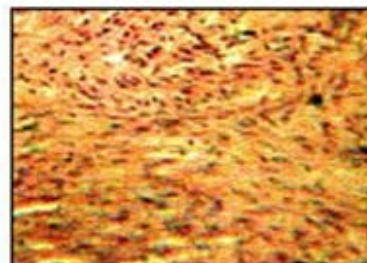


Nuclei

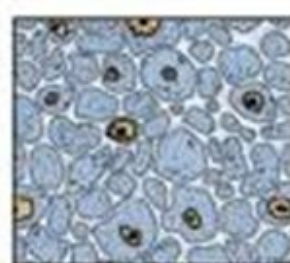


Strong, quick
continuous
involuntary
contraction

Smooth muscle



Intercalated disks



Weak, slow
involuntary
contraction

Simaiom:

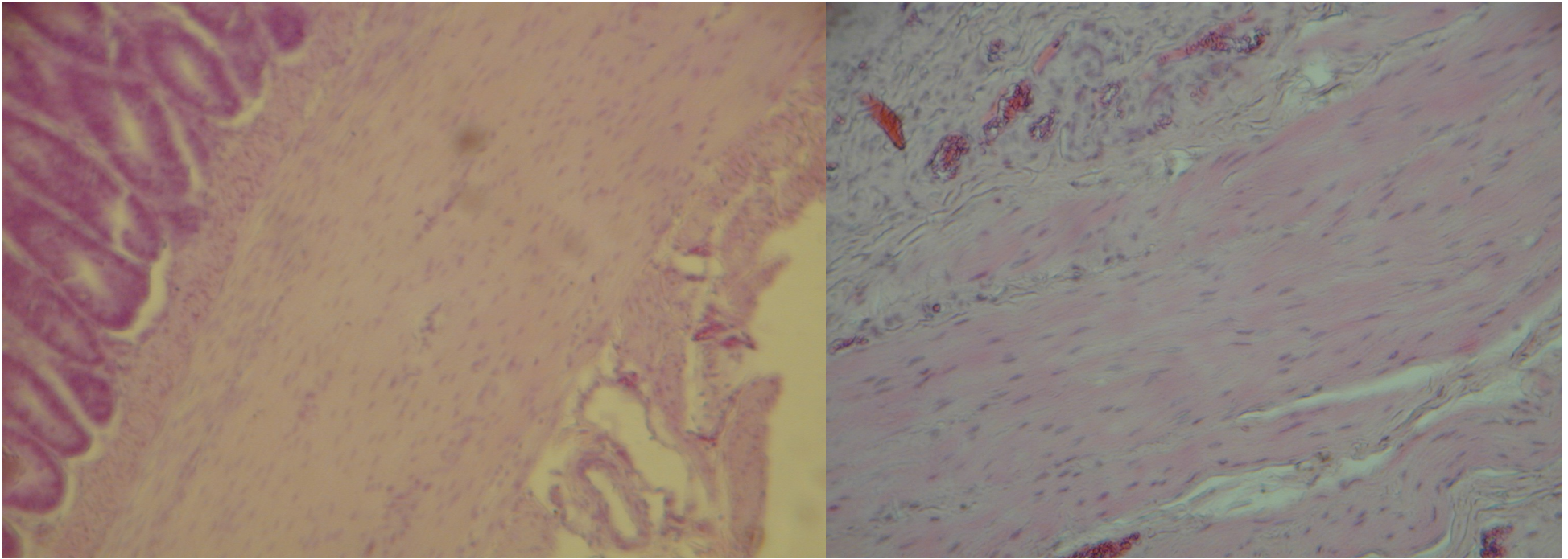
A sima izomsejtek kötegeket, rétegeket vagy lemezeket alkotnak.

A sejt hossz tengelyével párhuzamosan futnak a miofibrillumok, de fénymikroszkópiusan nem különülnek el, rajzolódnak ki.

A sejtek plazmája egyenletesen pirosra festődik, a sejtmag megnyúlt pálcika alakú, a sejt középpontjában helyezkedik el.

Elektronmikroszkópos képen látszik, hogy a sejtorganellumok a sejtmag pólusainál koncentrálódnak. A citoplazma nagy részét 6-8 nm-es aktin és 8-10 nm-es intermediér filamentumok töltik ki. A 16 nm-es miozin filamentumok kimutatásához speciális technikák kellenek.

A simaizomszövet szoros kapcsolatban áll kötőszöveti elemekkel (rugalmas, kollagén rostok), hajszálerekkel vagy idegrostokkal.



Balra: vékonybél simaizomsejtjei: halványrózsaszínű rész az erősen festődő hám és a picit sötétebb kötőszöveti rész alatt.

Jobbra: simaizomsejtek kötőszövetben. Halványrózsaszínű plazmájú sejtek a világosabb zsírsejteket tartalmazó kötőszövetben.



Simaizomsejtről készült elektronmikroszkópos felvétel. A sejtmag és a körülötte levő organellumok láthatók. Kívül pedig a kontraktilis fibrillmok.

A simaizomsejtek plazmamembránján és a SER közelében is, nagyon sok pinocitotikus vezikulum látható, ezek a simaizomsejtek fő Ca^{2+} raktárai. Egyes simaizomsejtekben jelentős szekréciós tevékenység is folyik, a sejtek főleg kollagént és elasztint szekretálnak.

Harántcsíkolt izomszövet:

Sokmagvú izomrostokból állnak, melyek *hosszirányban* párhuzamos lefutásúak.

Az izomrostok többmagvú szincíciumok, amelyek az egyedfejlődés során kicsi, egymagvú sejtek, a mioblasztok fúziójával jönnek létre.

Az izomrostokat myofibrillumok, a miofibrillumokat kontraktilis filamentumok építik fel. A myofibrillumok szarkomerekből épülnek fel, ezek a harántcsíkolt izomrost funkcionális egységei. A szarkomeren belül a kontraktilis filamentumok nagyfokú rendezettsége miatt sötét és világos csíkok váltják egymást.

A sötét anizotróp csík vas-haemetoxylinnal jól festődik, míg a világosabb, izotróp csík kevésbé. Az izomrost számos, pálcika vagy ovális alakú periférikus sejtmagot tartalmaz. Az izomrostok sejtmagjai közvetlenül a plazmamembrán, a sarcolemma alatt helyezkednek el.

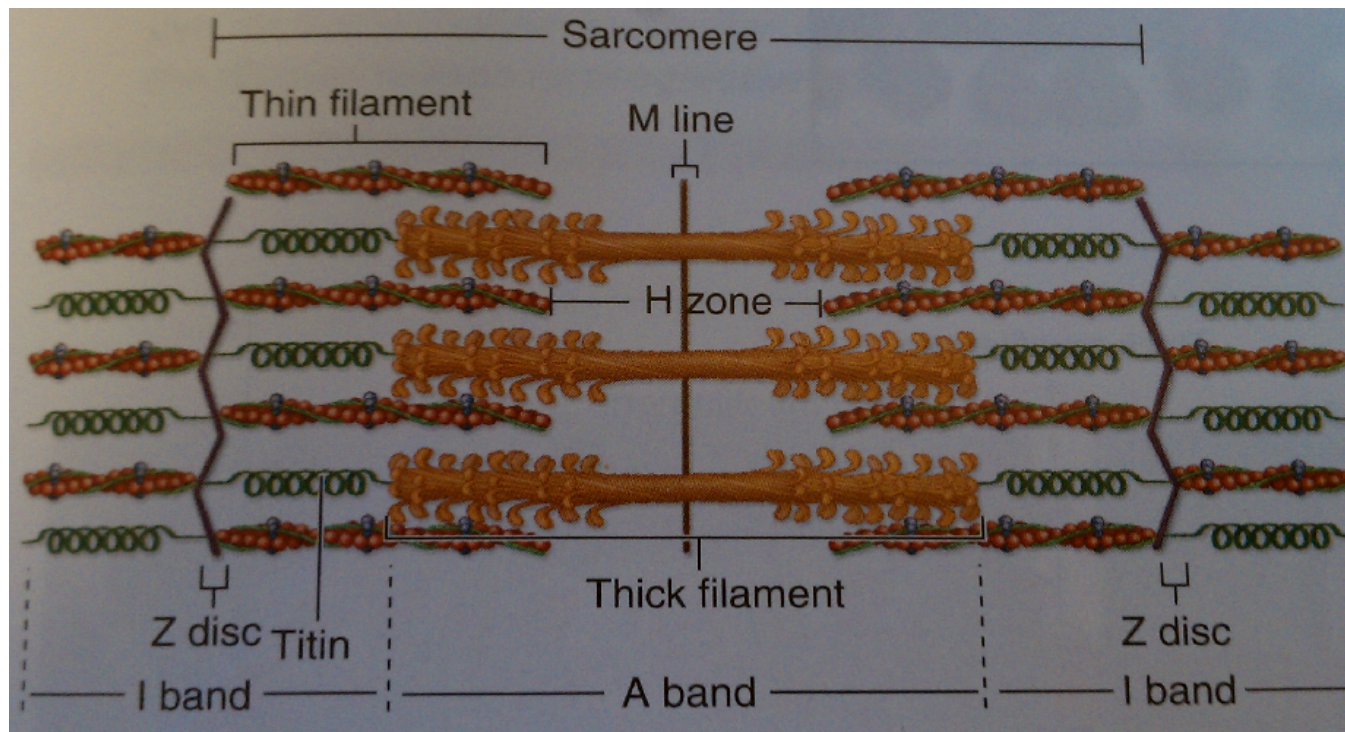
I csíkban csak aktin filamentumok vannak.

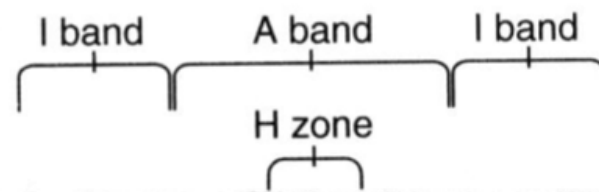
Z lemez: alfa-aktinint és más aktinkötő fehérjéket tartalmaz, a két szomszédos szarkomer világos, I csíkját választja ketté.

A csík: aktin filamentumok és a miozin filamentumok fedésbe kerülnek,

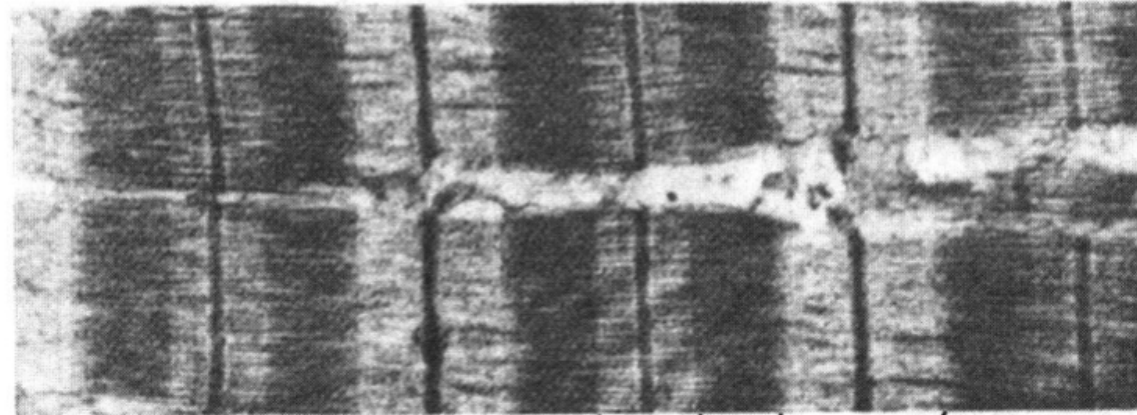
H csík: A csík közepén világos rész ahol csak a miozin filamentumok látszanak

M csík H csík közepén EM-pal látszik csak, ahova a miozin filamentumok kapcsolódnak.

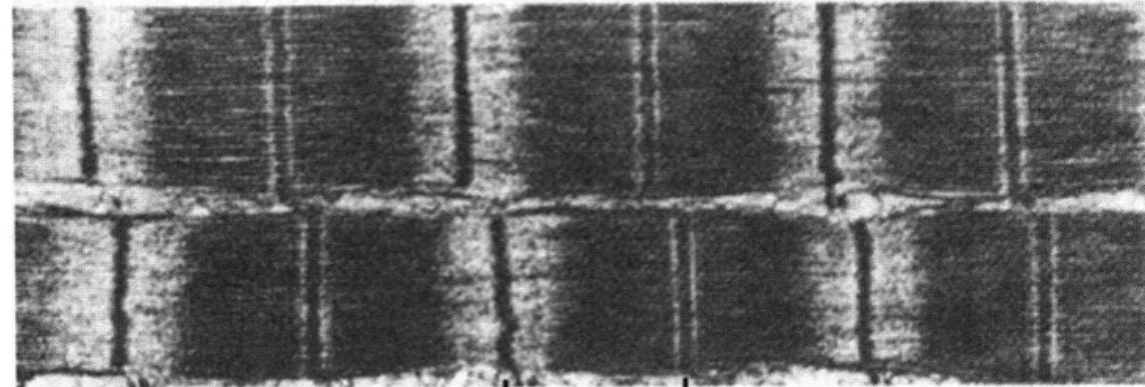




A

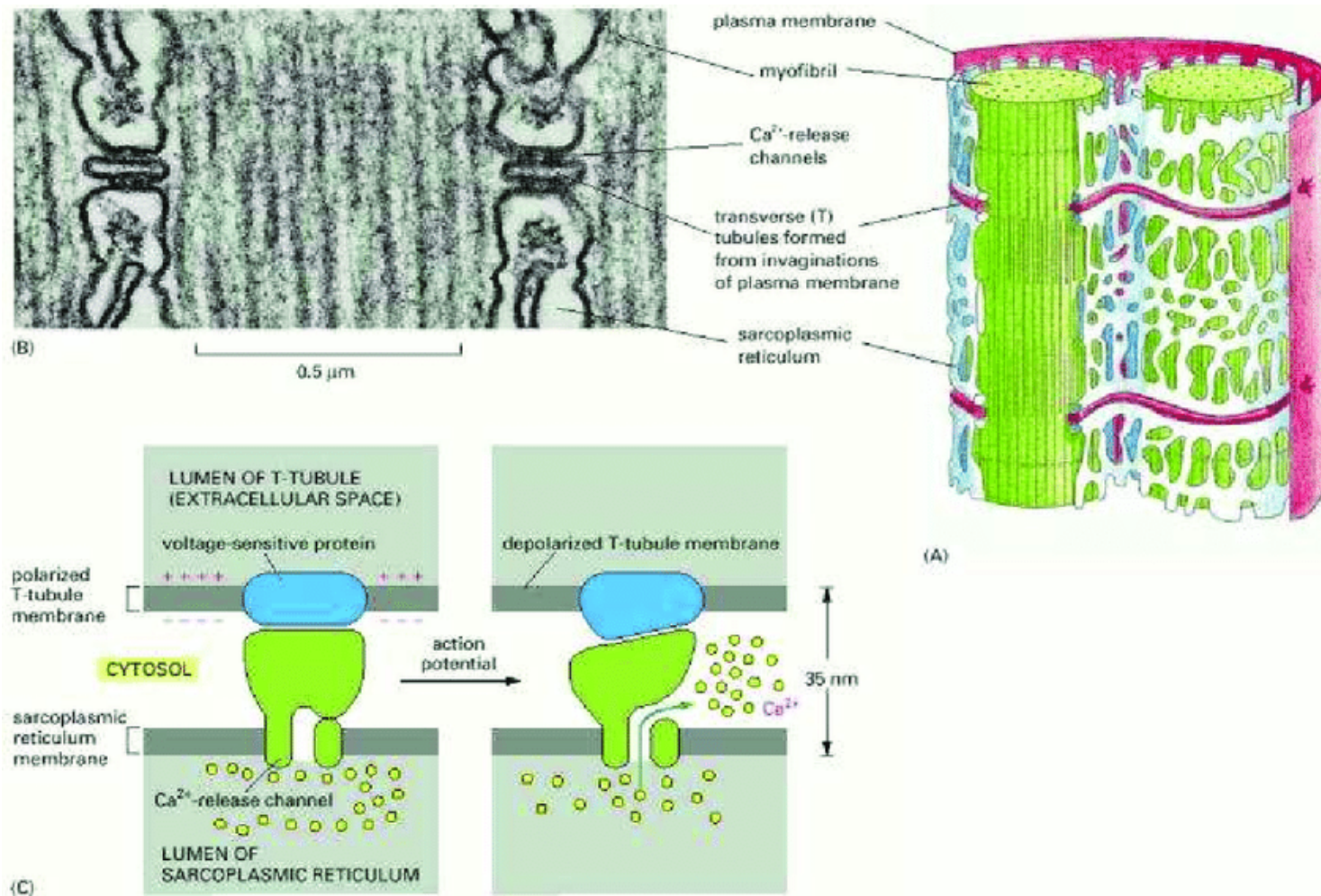


B



Z line M line

Szarkoplazmatikus retikulum



A szarkoplazmatikus retikulum sematikus rajza és elektronmikrosz-kópikus képe.
(from Molecular Biology of the Cell, 3rd Edition, Alberts et al., 2002).

Izomkontrakció folyamata:

Kontraktilis filamentumok:

- . Aktin
- . Miozin

Szabályozó elemek:

- . Tropomiozin: kettős hélix, aktin filamentek között helyezkedik el.

Nyugalmi állapotban megakadályozza a miozin fejek és az aktin közötti kapcsolat kialakulását.

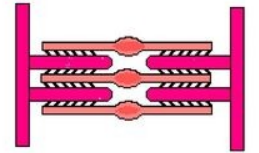
- . Troponin: aktin filamenthez kötődő 3 alegységből álló komplex
 - . Troponin T (**TnT**) – troponin komplex aktinhoz és tropomiozinhoz rögzítése, Troponin I (**TnI**) – ATPáz gátló, Troponin C (**TnC**) – Ca^{2+}

Csúszófilamentum elmélet:

- az A-csík változatlan, míg az I-csík rövidül
- nem változik sem az aktin, sem a miozin filamentumok hossza
- az aktin és miozin elcsúszik egymáson
- minél nagyobb az átfedés, annál nagyobb feszülés

A kontrakció mechanizmusa

Csúszó filamentum teória



az ATP hidrolízis során a kémiai energia mechanikai energiává alakul

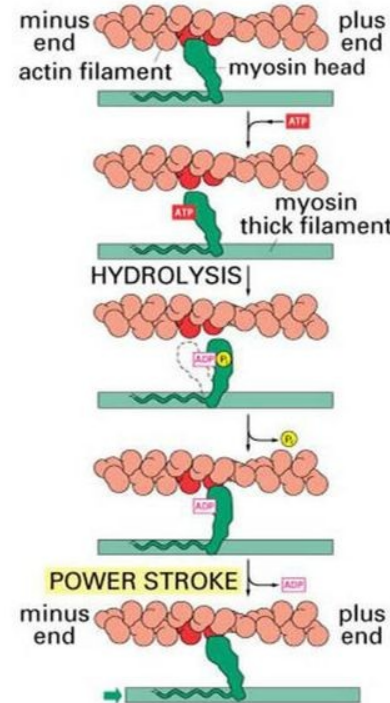
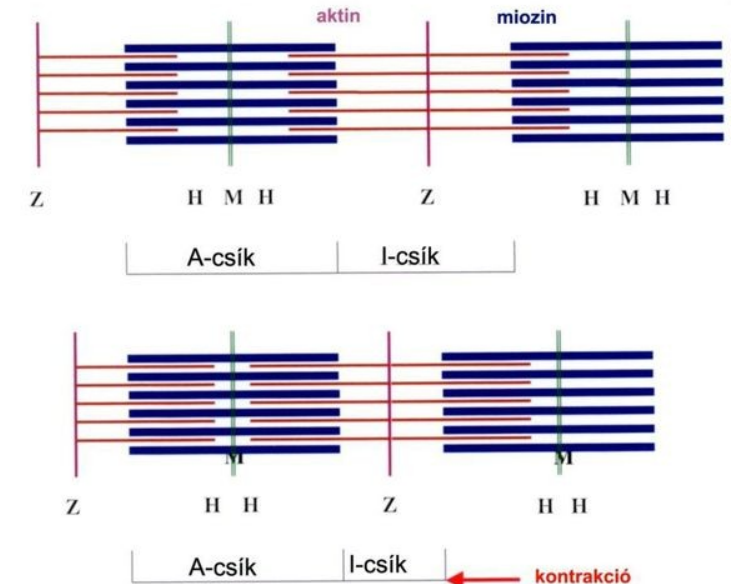


Figure 17-45 Essential Cell Biology, 2/e. (© 2004 Garland Science)



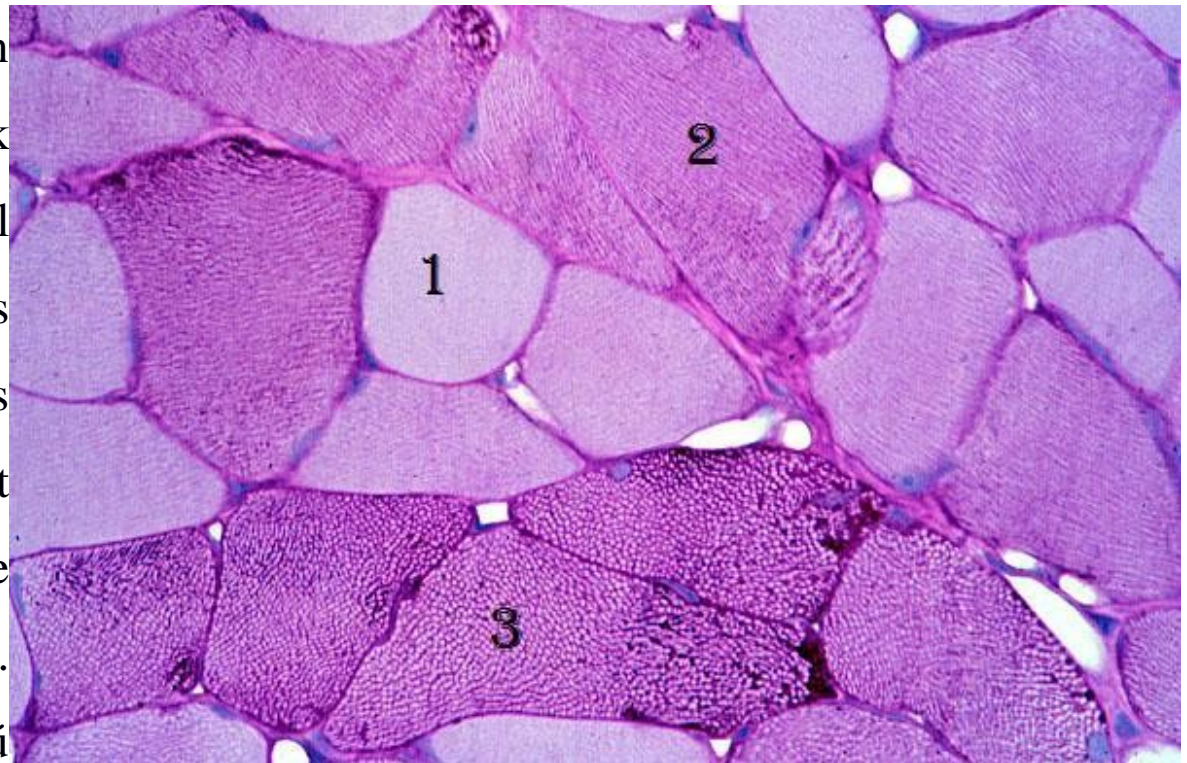
- az elcsúszást a filamentumok közötti kereszthidak elmozdulása okozza
- a kontrakciót a SR-ból felszabaduló Ca^{2+} ionok indítják be
- a sejtmembrán ingerületét a z-lemezeknél betüremkedő T-tubulusok juttatják a SR-hez

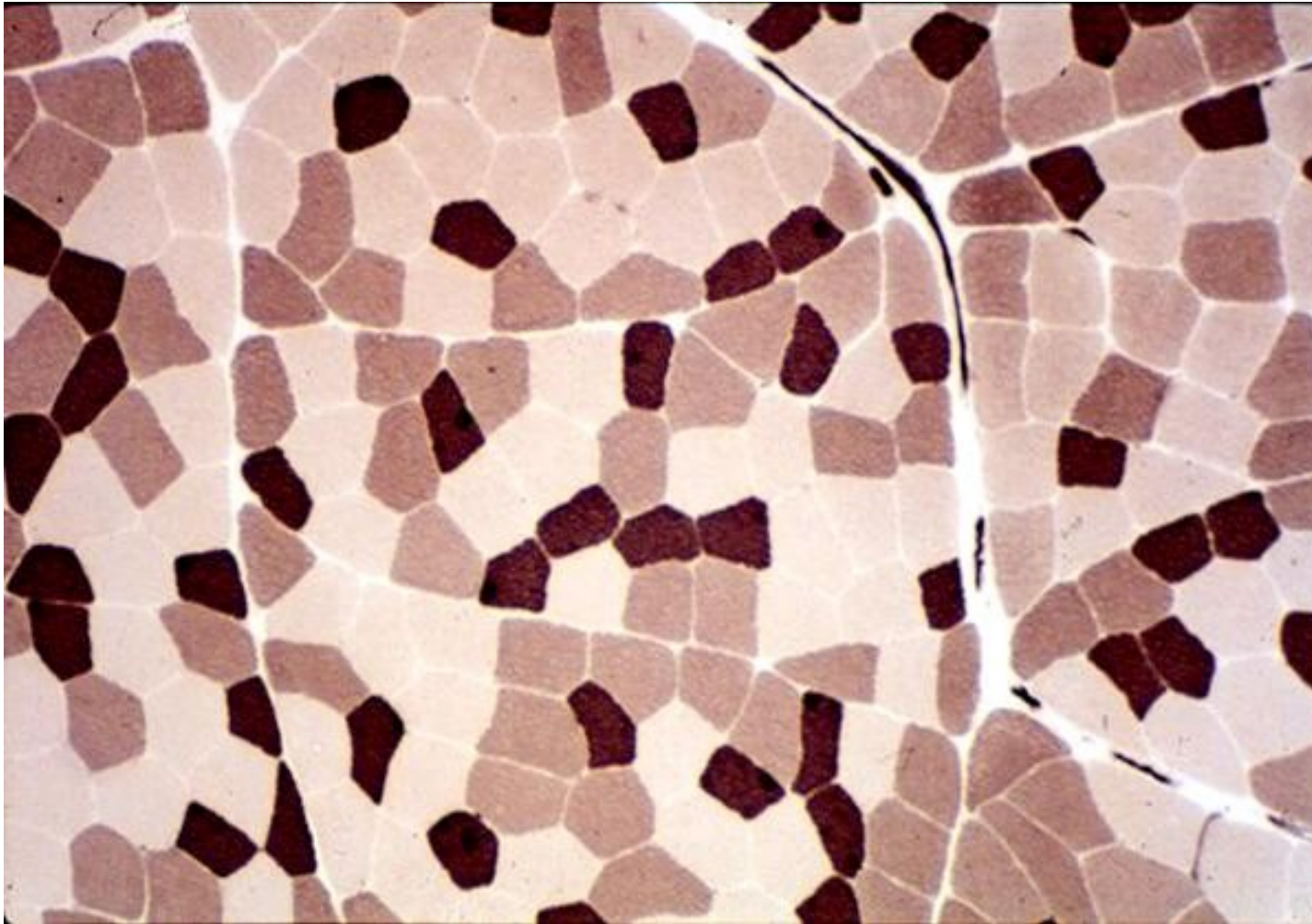
A vázizomszövet rostjainak átmérője, színe különbözik egymástól. Leglátványosabb különbség a vörös és fehér izom rostok között figyelhető meg.

A vörös rostok vagy lassú rostok vérellátása jó, viszonylag sok pigmentfehérjét, myoglobint tartalmaznak, energiát oxidatív folyamatokban, vagyis a citromsav ciklusban és a terminális oxidáció során termelnek. Kitartó működésre képesek.

A fehér vagy gyors rostok myoglobin tartalma alacsony. Vérellátásuk rosszabb, elsősorban glikolízissel bontják a glükózt és tejsavas erjedéssel termelnek energiát, vagyis főleg anaerob folyamatokat használnak. Gyors, nagy erő kifejtésre képes izmok, de gyorsan fáradnak.

1. gyors izom, 2 kevert izom, 3 lassú izom





Mitokondriumok mennyiségét kimutató antitesttel készült festés: világos rostok az anaerob anyagcserét folytató gyors izmok, sötétek az aerob anyagcserét folytató lassú, kitartó izmok.

Izomműködés és metabolizmus összehangolása

Metabolikus utak energia termelése:

Glükolízis: 2ATP/glükóz (6C atom), nem kell O_2 hozzá

Cori ciklus: 15 ATP/glükóz (6C atom) Máj és izomsejtek közötti tejsav áramlás segítségével valósul meg

Glükóz komplett oxidációja a citromsav ciklusban és terminális oxidációban: 38 ATP/glükóz (6C atom)

44%-a a glükóz kötés energiáinak, többi hőveszteség

O_2 kell hozzá

Izom anyagcsere:

Glükózt főleg saját glikogén raktáraiból és keringésből nyeri.

Azok kimerülésekor: más szövetekből származó glükózt, májból származó glikogént, zsírsavakat zsírszövetekből és keton testeket májból.

Preferált energianyerés: glikolízissel, gyors izmokban glükózból tejsav, amit lassú izmok, agyi illetve szívizmok használnak fel, vagy a májban a Cori cikluson keresztül visszaalakul glükózzá.

Lassú izmokban és szívizomban a glükóz komplett oxidációja zajlik.

Izmok glükózzal ellátása:

Ha izomműködésre kerül sor, először vér adrenalin szintje megemelkedik.

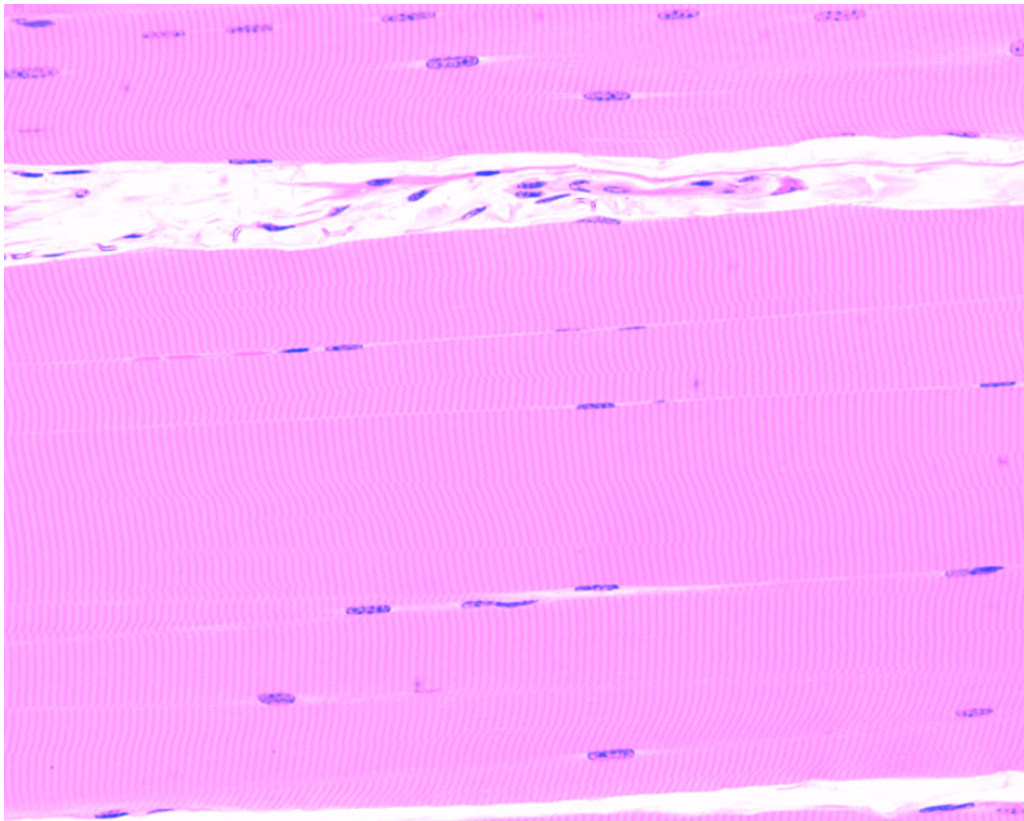
Szimpatikus idegrendszeri aktivitás: adrenalin felszabadulás. Adrenalin blokkolja az inzulin felszabadulást.

Adrenalin növeli az izmokban a glikogén lebontást.

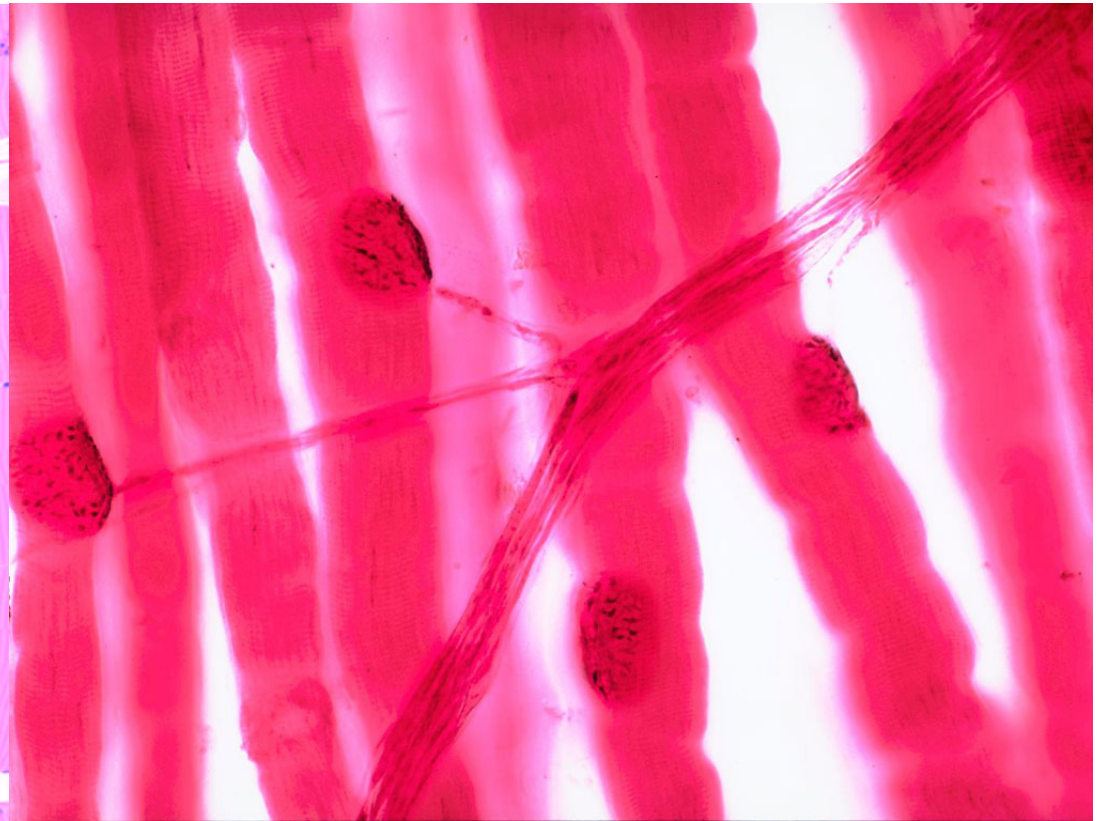
A megnövekedett glükóz igényt inzulin antagonistá hormonok: GH, adrenalin, glukagon, kortizol hatására, glikogén bontás, glükolízis, lipolízis biztosítja

Izomban nincs glükoneogenezis.

Glikogén raktárak következő étkezéskor töltődnek fel.



Rostok



neuromusculáris kapcsolat

http://medcell.med.yale.edu/histology/muscle_lab.php#slides

Szívizomszövet:

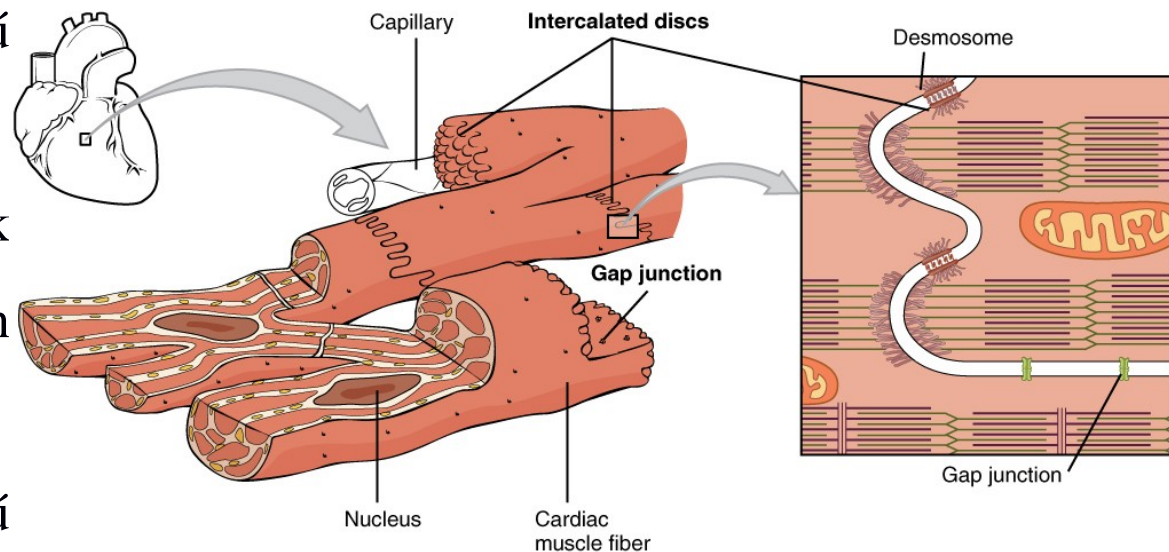
A szívizomrostokat jól körülhatárolható, Y-alakban elágazó egymagvú sejtek alkotják. A szívizomszövet kevésbé rendezettnek tűnik, mert a felépítő szívizomsejtek különböző irányban lefutó elágazó kötegekbe rendeződnek (villás elágazás). A szívizomsejtek között jelentős mennyiségű kötőszövet húzódik.

A szívizomsejtek citoplazmája acidophilen festődik.

A centrális elhelyezkedésű

mag alakja a metszési síktól függően változó. A magokat szarkoplazmában dús udvarok vehetik körül.

A kontraktilis filamentumok rendezettsége megegyezik a vázizomnál leírtakkal.

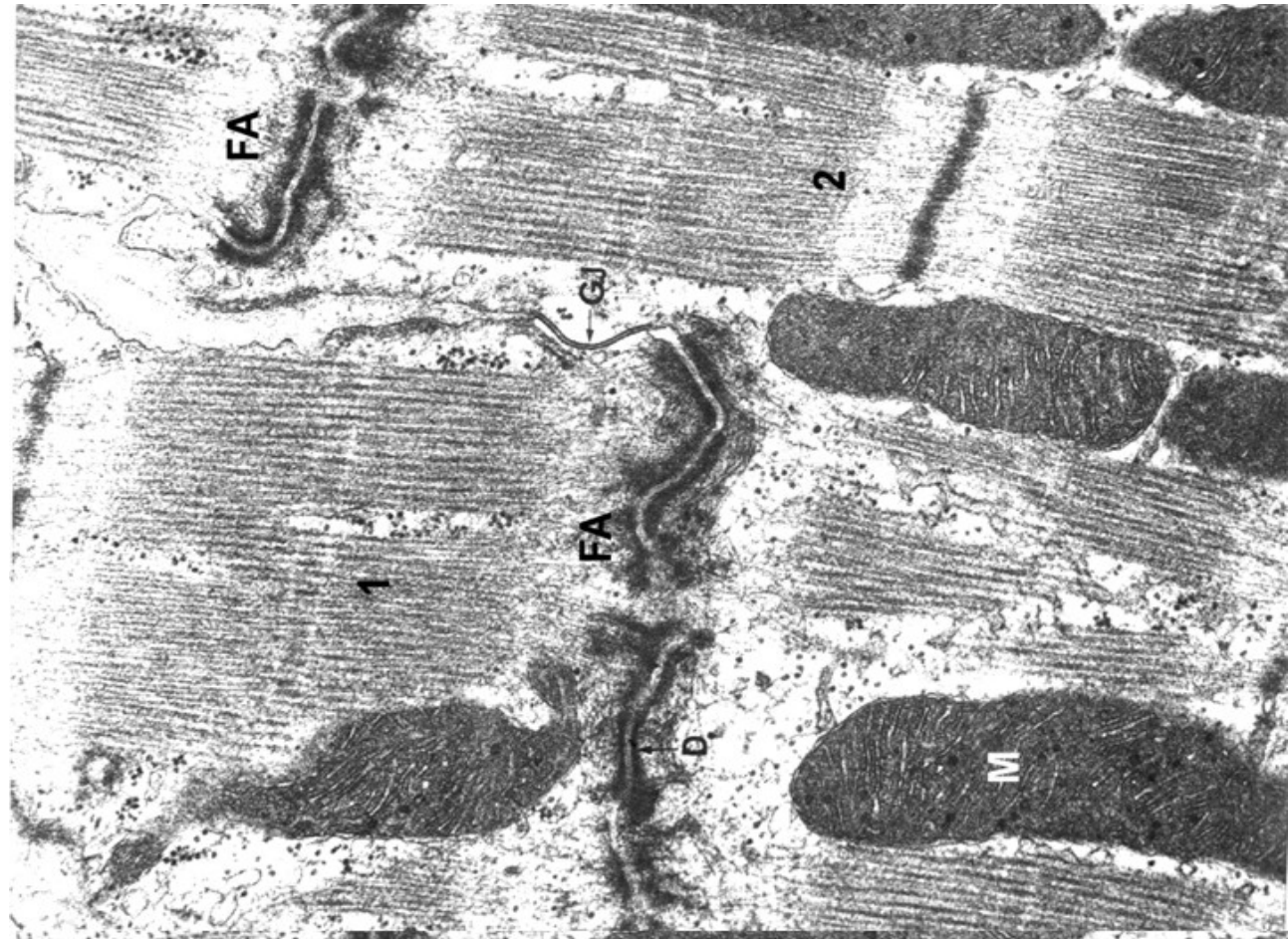


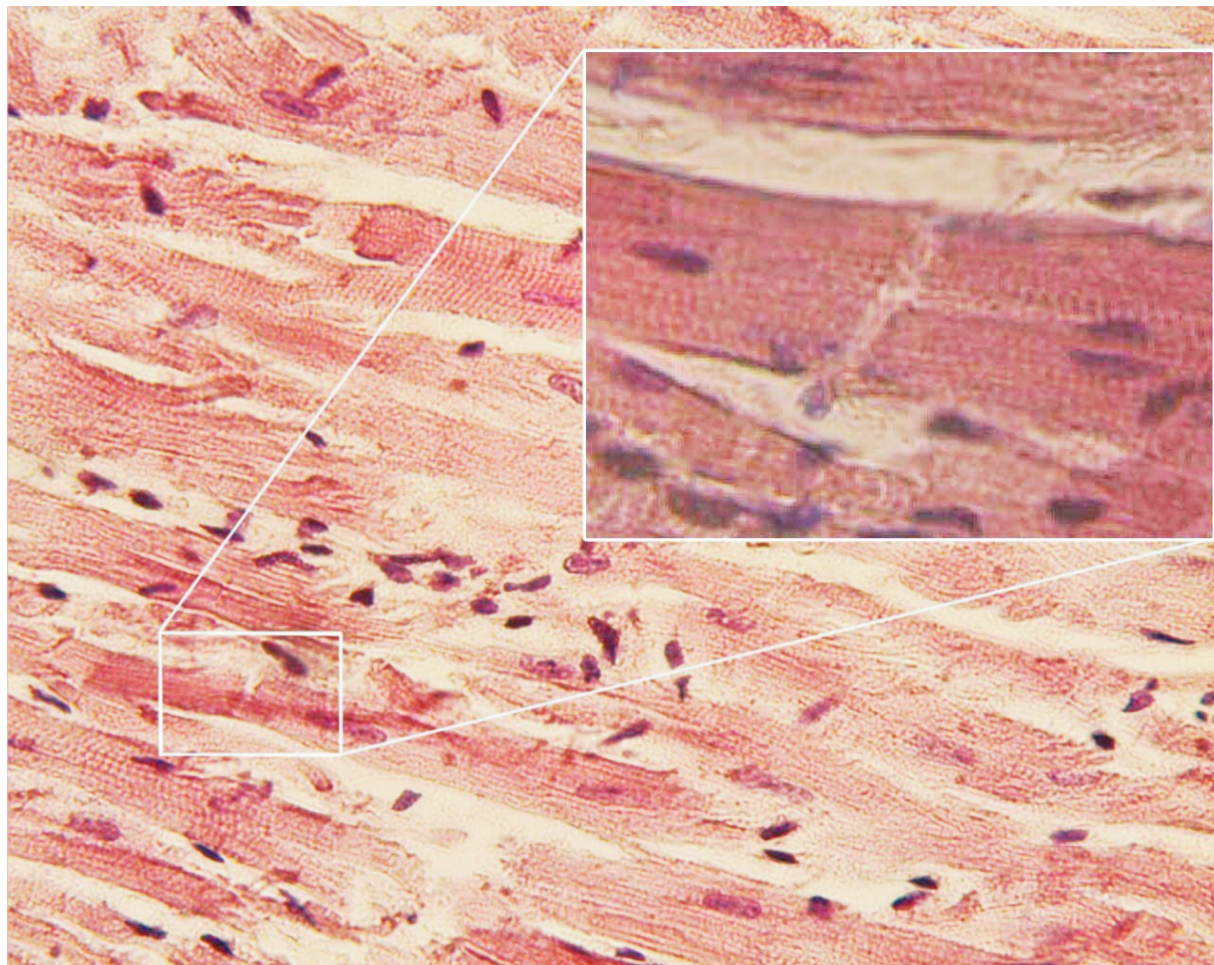
A szarcomereknek a vázizomnál megismert csíkolata mellett a szövettani preparátumokon sötétre festődő, lépcsőzetesen elhelyezkedő csíkok is látszanak, ezek a discus intercalarisok vagy Eberth-féle vonalak. Ezek a párhuzamosan egymás mellett futó szívizomsejteket kapcsolják össze.



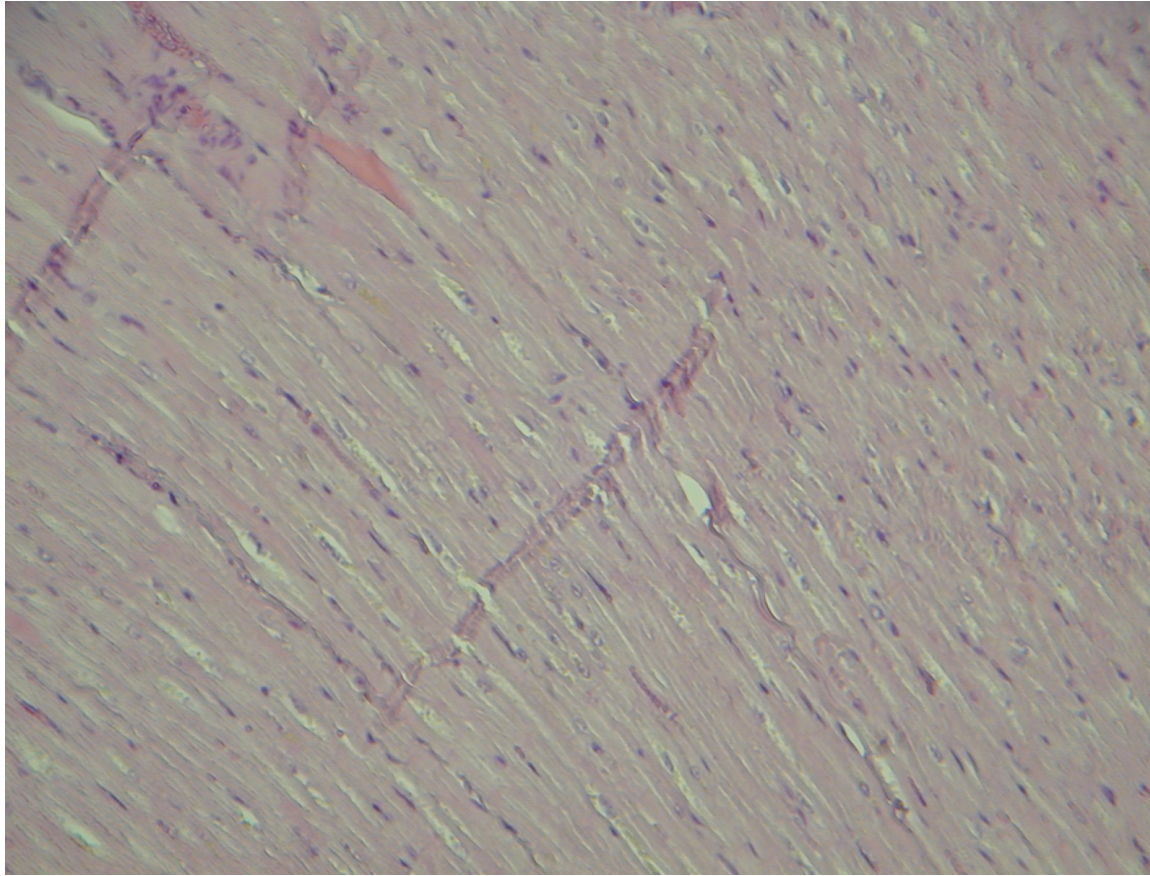
Elektronmikroszkópos képeken jól látszik, hogy a discus intercalaris egy összetett sejtkapcsoló struktúra, amelyben a különböző adherens kapcsolatok a szívizomszövet mechanikai integritását biztosítják, míg a benne lévő réskapcsolatok, mint elektromos szinapszisok működnek, s lehetővé teszik, hogy a kontrakciós impulzusok átjussanak egyik sejtről a másikra.

Szívizom EM felvétel: M
mitokondrium, GJ gap
junction, D desmosoma FA:
Eberth-féle vonalak





Nagyobb nagyításnál a vázizimhoz hasonló csíkoltság kivehető. A szívizom rostjai villás elágazásúak a sejtmag mindig a sejtek közepén található.



A szívizom rostok között sok a kötőszövetes elem. Ebben futnak a szívet tápláló erek, szívbe érkező idegek. A kötőszövetes részek miatt a szívizom megjelenése mindig „lazább” mint a vázizomé, ahol a rostok szorosan egymás mellett helyezkednek el.

Izomszövet-regeneratio

Szívizom: regeneratív képességgel – a fiatal gyermekkort leszámítva – nem rendelkezik. A szívizomelhalást kötőszövetes hegeképződés követi, mely károsan befolyásolja a szív működését.

Simaizomszövet: újdonszövetképződése jó. Szövetkárosodást követően simaizomsejtek és pericyták osztódva állítják helyre az eredeti anatómiai állapotot.

Harántcsíkolt izom: regeneratív hajlama gyér, rostjai önmagukban mitózisra nem képesek.

Regeneráció a rostok mentén, a lamina basalis alatt megbúvó primitív myoblastsejtekből, (satellitasejt) történik. Ezek osztódnak, majd a leánysejtek fúziója révén alakítanak ki izomrostokat.