

**Keringés: erek típusai, felépítésük,**  
**kapillárisokban lejátszódó transzport-**  
**folyamatok, nyirokkeringés**

## **Keringési rendszer**

Az erekben folyó vér feladata a szervek/szövetek  $O_2$ -vel és tápanyagokkal ellátása és a bomlástermékek elszállítása.

Keringési szervek rendszere:

Vérerek és szív

Vér és vérképző szervek

Nyirokrendszer

## Vérkeringés

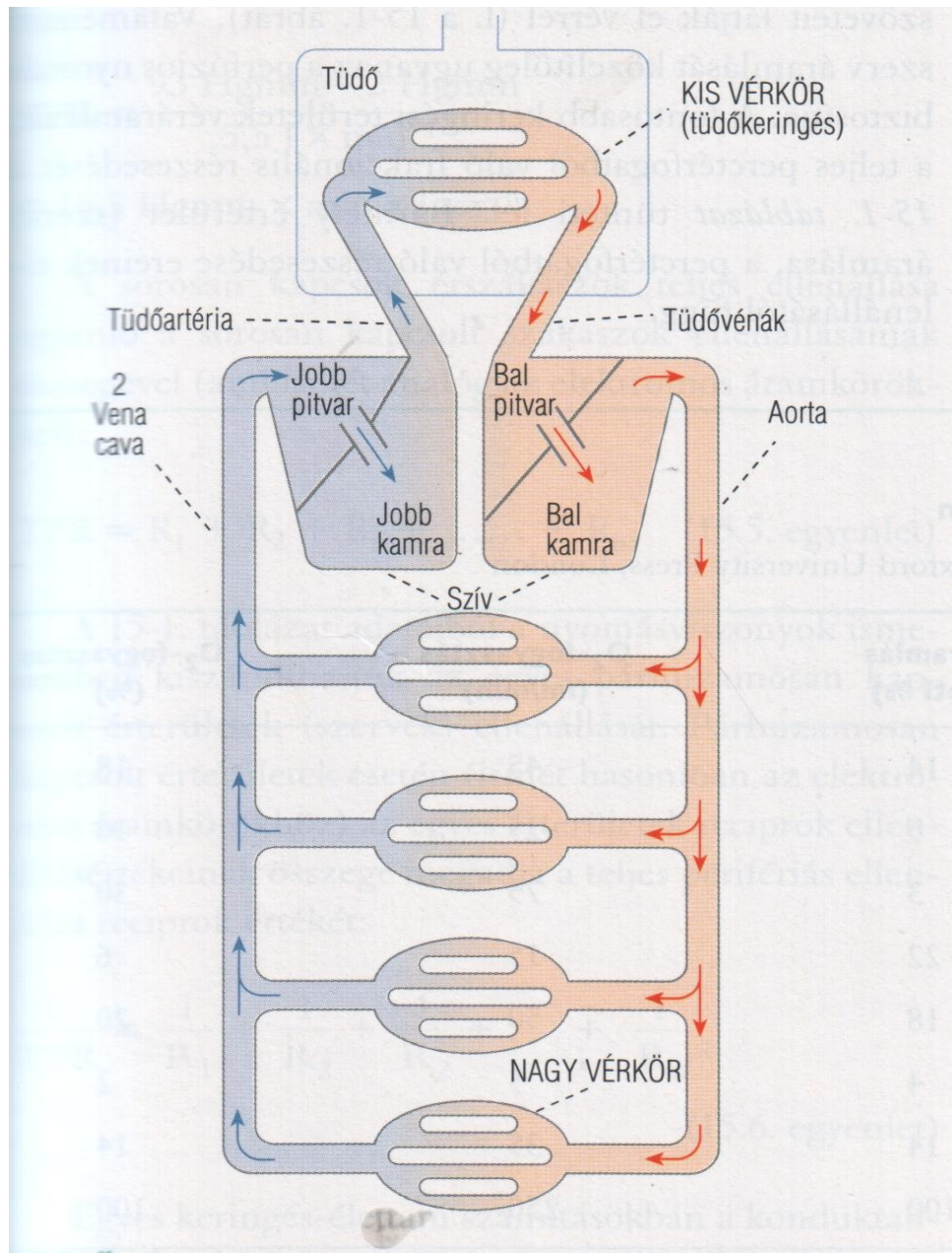
### Zárt vérkeringési rendszer:

áramlás intenzitása (ml/perc) azonos a keringés minden egyes keresztmetszetén (különben vér gyűlne fel).

Egy adott érszakaszon a sebesség fordítottan arányos a teljes keringési keresztmetszettel.

Véráramlást szív működés tartja fenn.

A véráramlás egyenirányítása a billentyűk segítségével valósul meg.



Két vérkör sorba kötve

Mindkét vérkör számos

párhuzamosan kapcsolt elágazásból

áll.

Nagyvérkör: különböző szervek

Kisvérkör: truncus pulmonalis

elágazódásai

*Nagyvérkör: szisztémás keringés:*

bal kamra, aorta, egyre vékonyabb artériák - arteriolák, szövetek  
kapillárisai - venulák - egyre vastagabb vénák, fő véna - jobb pitvar

*Kisvérkör: pulmonalis keringés:*

jobb kamra - tüdőartéria - tüdőkapillárisok - tüdővéna - bal pitvar

## Vérkeringés szervrendszere: *Erek:*

### Intima:

- Lapos endothelsejtek
- gátolják vérlemezkék összecsapzódását,
- lefedik az érfal kollagén rostjait
- transzportfolyamatok jellegét meghatározzák (kapcsolati struktúrák)

### Media:

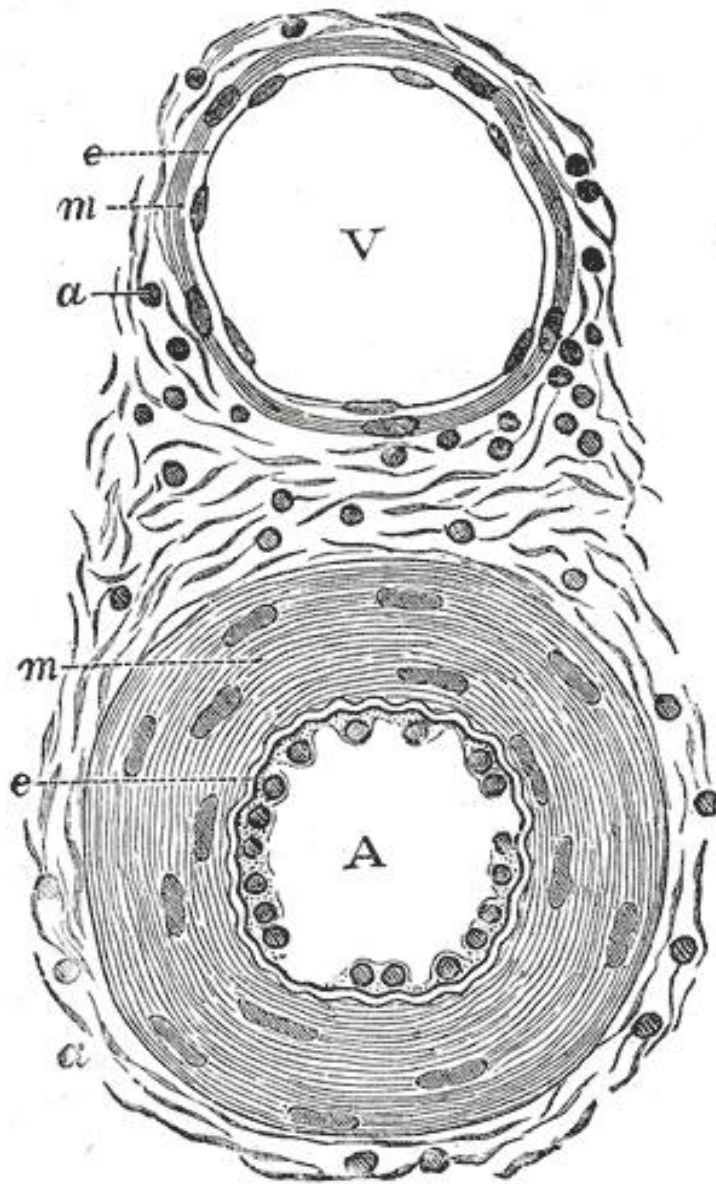
kötőszövet: rugalmas és kollagén rostok

simaiizom (érátmérő aktív szabályozását teszi lehetővé)

### Adventitia

kötőszövet, zsírsejtek

Ereket ellátó kis vérerek és az autonóm idegrendszer idegrostjai itt futnak.

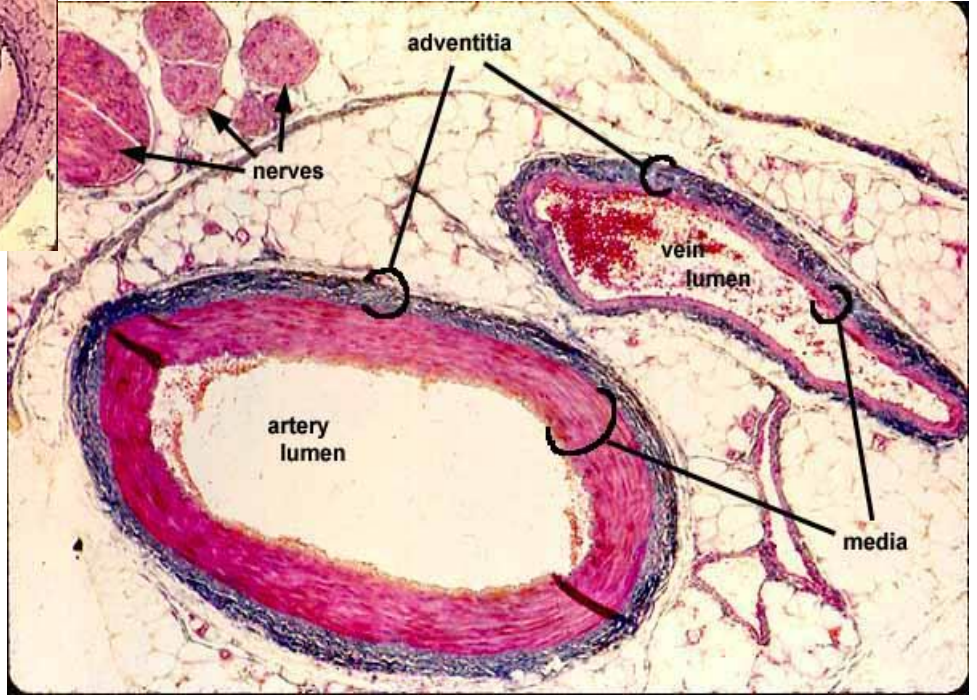
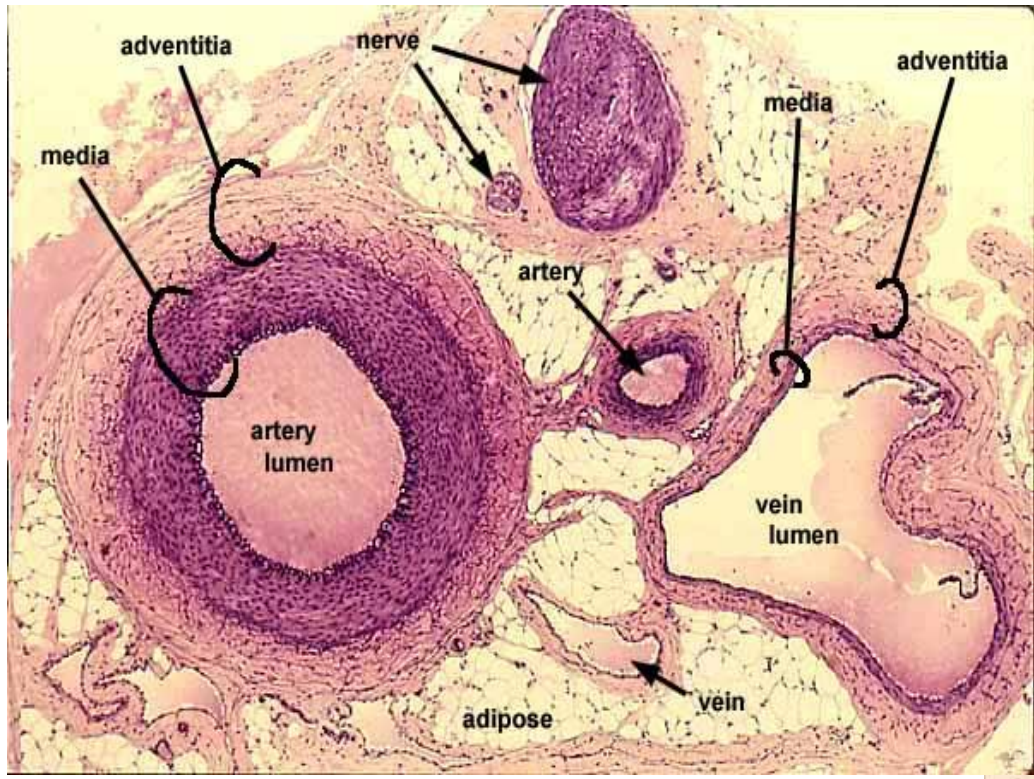


Artéria és véna falának összehasonlítása:

Ugyanaz a 3 réteg borítja az artériákat és vénákat, csak az öszsvastagság és az egyes rétegek aránya tér el.

(Gray H: Anatomy of the Human Body. Philadelphia, Lea & Febiger, 1918)







Artériák: Aorta, nagy artériák jelentős tágulékonyság, vastag kötőszöveti réteg, vékonyabb izomréteg, pulzáló véráramlás.

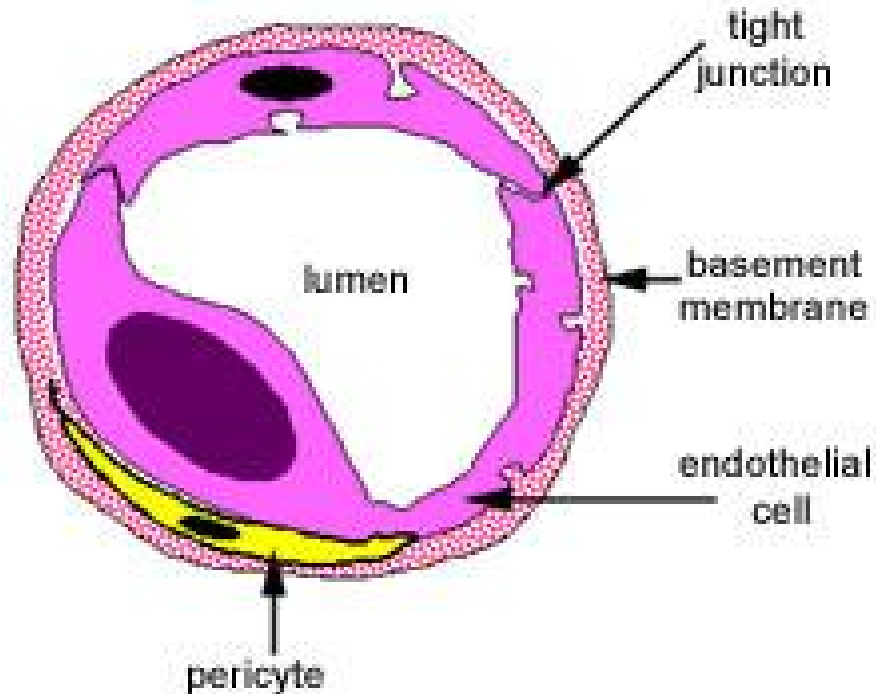
Arteriolák: vékony kötőszöveti réteg vastag izomréteg, gyűrűs izmok: átmérő változtatása, kiegyenlített véráramlás, nagy nyomásesés

Vénás erek: vékonyabb fal mint a hasonló átmérőjű artériának. kevesebb rugalmas rost, több kollagén, közepes vénákban billentyűk, szervezet legnagyobb vérraktára, nyugalmi állapotban vér 70%-a itt.

Kapilláris: artériák vénák kapcsolása

valódi kapilláris: soha sincs az összes nyitva, gyűrűs izom szabályozza nyitásukat, lassú véráramlás, vékony fal, anyagcsere

## Kapilláris felépítése:



Bazális membrán

Endothel sejtek

Bazális membrán alatt folyamatos kapillárisok esetén gyakran található pericyta sejt, amely a fibroblasztokat termeli.

Endothel sejtek tight junction-nal kapcsolódnak egymáshoz.

## Kapilláris szerkezet és permeabilitás

Endothel réteg lipidoldékony anyagok számára átjárható: gázok, kisebb apoláris molekulák (alkohol, éter),

Hidrofil anyagok nagyobb apoláris molekulák csak karrierek segítségével juthatnak át.

Vízpermeabilitás:

membránon keresztül

aquaporin csatornák mennyiségétől és típusától függ

## *Kapillárison keresztüli transzport:*

Se energiát se speciális fehérjét nem igénylő folyamatok:

Membrán fizikai állapotának megváltozásával változik

a) diffúzió: lipidekben oldódó kisebb molekulák, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> számára a sejtek teljes felülete átjárható

víz, K<sup>+</sup> ionok átjutnak kismértékben

b) vezikuláris transzport: endocitózissal: folyékony fázisú anyagok "körbefolyása" membránnal, unspecifikus, csak méretbeli korlát

Speciális változatok: kaveolák

receptorhoz kötött anyag "körbefolyása".

c) zona occludens-en keresztül: (endothélium sejteket összekötő kapcsoló struktúrák): izomsejtekben kb 4nm-ig átenged.

Passzív transzport membránfehérjék segítségével:

Nem energiaigényes, koncentrációgradiens irányában történik

Szabályozható a transzporter molekulák mennyiségének és típusának változásával

d) uniporterekkel koncentráció gradiens irányába  
glükóz, aminosavak,

Aktív transzport membránfehérjékkel

Végső soron ATP-t igényel

Szabályozható: transzporter molekulák mennyiségével, iongradiensekkel, ATP mennyiségével

e) transzporterek (syn- és antiporterek)

glükóz, aminosavak,

A glükóz és aminosavak transzportja valamilyen ion (legtöbbször  $\text{Na}^+$ ) koncentráció gradiense irányában történik, ez szolgáltatja az energiát a glükóz és aminosavak koncentráció gradiensük ellenében szállításához.

f) ATPázok

ionok

homeosztatisz funkció, ATP bomlása közben ionok szállítása koncentráció gradiensük ellenében



## *Endothélium típusai:*

folyamatos: izom

endothel réteg folyamatos, egymás melletti sejteket junkcionális rések, pólusok választják el

### Capillary Exchange: Diffusion and Transport

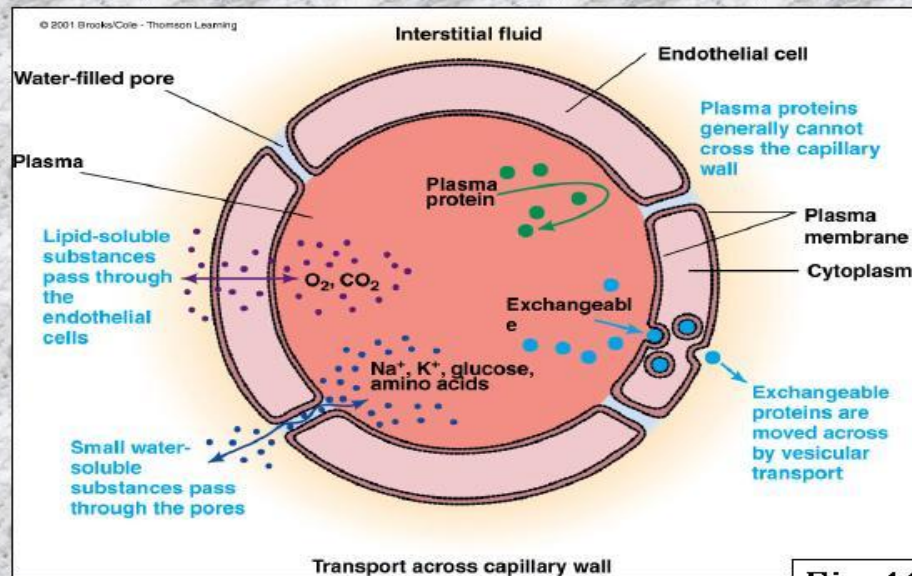


Fig 10-19

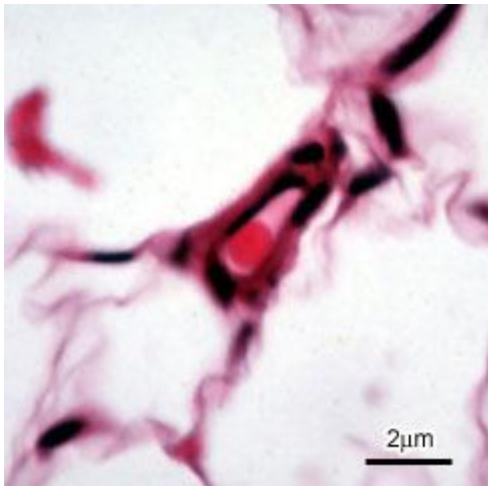
vizet kisebb ionos és nem ionos molekulákat engednek át pinocytózis és endocytózis lehetséges

zárt: agyi és retinális

Laphámsejtek tight junction-nal kapcsolódnak egymáshoz: kapilláris

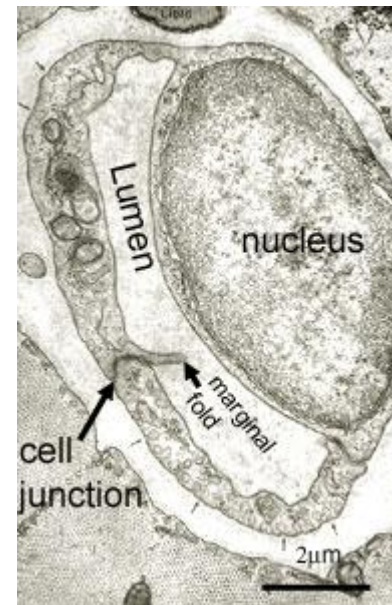
lumene szeparált a sejtek közötti tértől: agyi kapillárisok

vezikulaképződés sincs.



Fénymikroszkópos kép:

kapilláris ürege egy vvt-tel



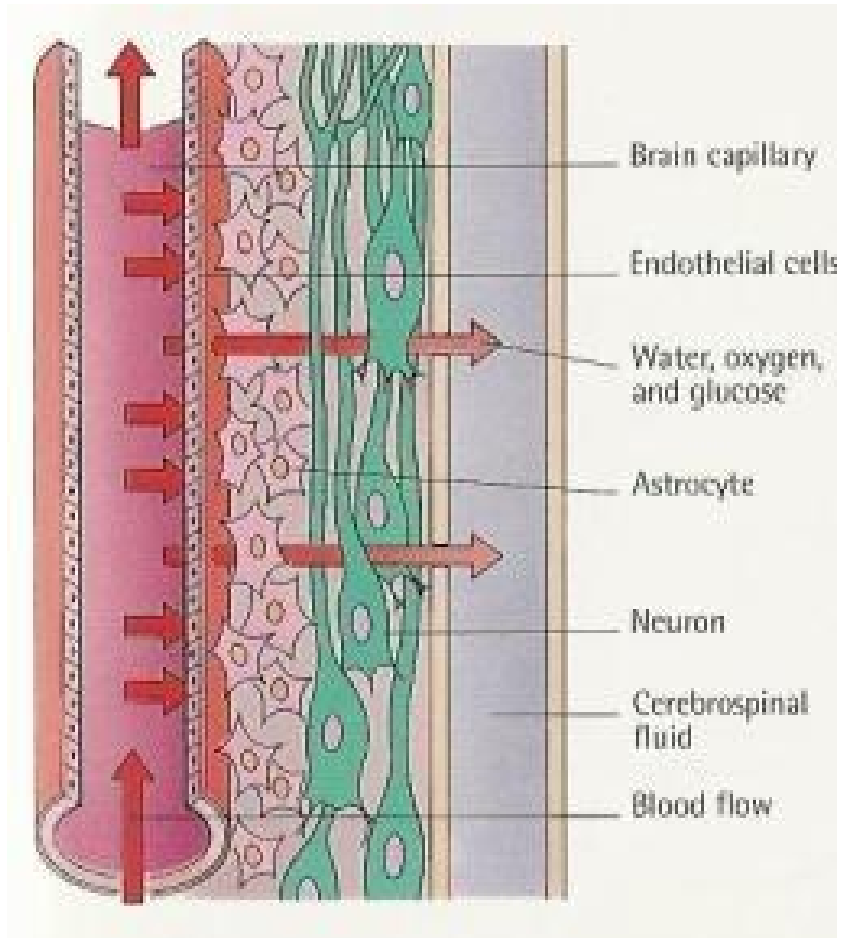
EM-os kép: endothel sejt a kapilláris üregébe

bedomborodó sejtmaggal, két endothel sejt között

tight junction

## *Vér-agy gát:*

Elsődlegesen az agyi kapillárisokhoz kapcsolódó glia sejtek alkotják.



Az agyi kapillárisokon a zona occludensek hermetikusan zárnak, nincs vezikuláris transzport, még  $K^+$  ionok sem jutnak át szabadon.

a) diffúzió:  $O_2$ ,  $CO_2$  kisebb lipid oldékony anyagok (nicotine, heroin, etanol, butanol, )

b) karrier mediált transzport: glükóz: passzív, (vérplazma magasabb glükóztartalmú)

aminosavak: 3 független karrier rendszer

L-rendszer nagy apoláros aminosavak, koncentráció gradiens hajtja (L-DOPA, fenilalanin)

A rendszer: kis méretű aminosavak: aktív:  $Na^+$ -mal kapcsolt;

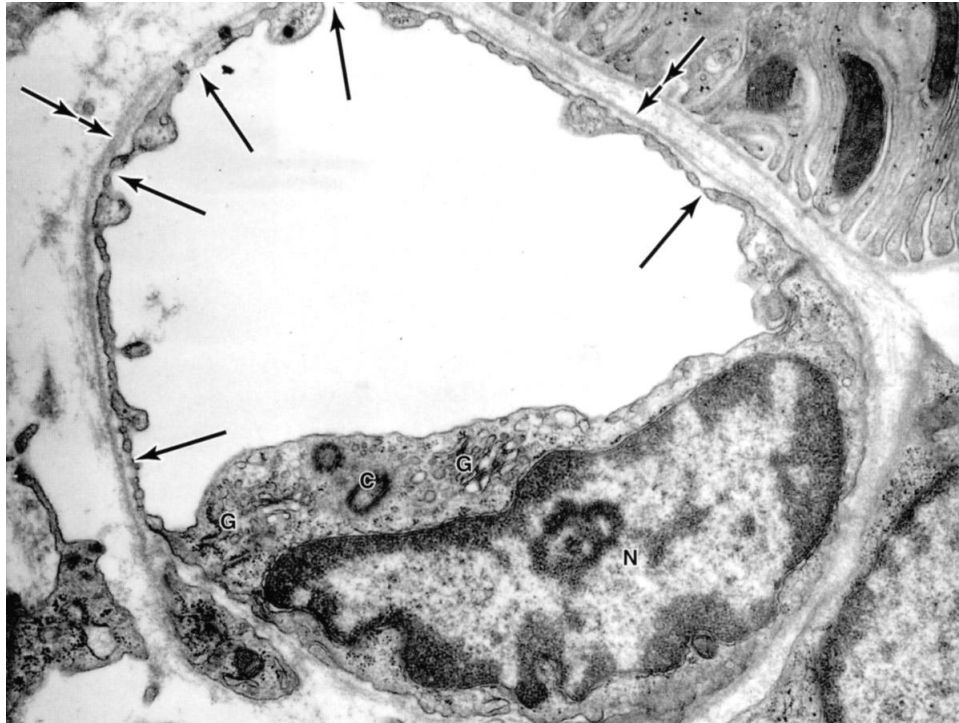
ABS rendszer. aktív,  $Na^+$  függő transzport: ALA, SER, CYS, agyból kifelé irányuló transzport.

c) ioncsatornákon keresztül:  $K^+$

d) pumpákkal:  $Na^+-K^+$ ,  $Na^+-H^+$  és  $Cl^-HCO_3^-$

ablakos: gyomor és bélrendszer, mirigyek

50-60nm-es molekulákat is átengedő ablakok



Az endothel sejtek pórusokkal átjártak amelyek csatornaként funkcionálnak és lehetővé teszik a kapilláris falon keresztüli anyagátáramlást

EM-os kép: a nyilak a mutatják a a kapilláris fal ablakait. N: sejtmag, G: Golgi komplex,

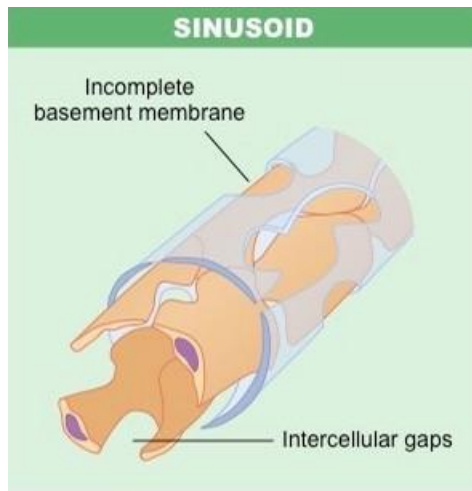
C: centriolum

A bazális membrán a kapillárisfelszínén folyamatos

Junqueira, LC and Carneiro, J, Basic Histology, 11th ed., McGraw-Hill, New York, 2005. p. 216.

diszkontinuus: szinuszok: máj, csontvelő, lép, adenohipofízis

endothel sejtek között plazmafehérjék szabadon átjutnak



Kapillárisoknál vastagabb, gyakran irreguláris lefutású erek.

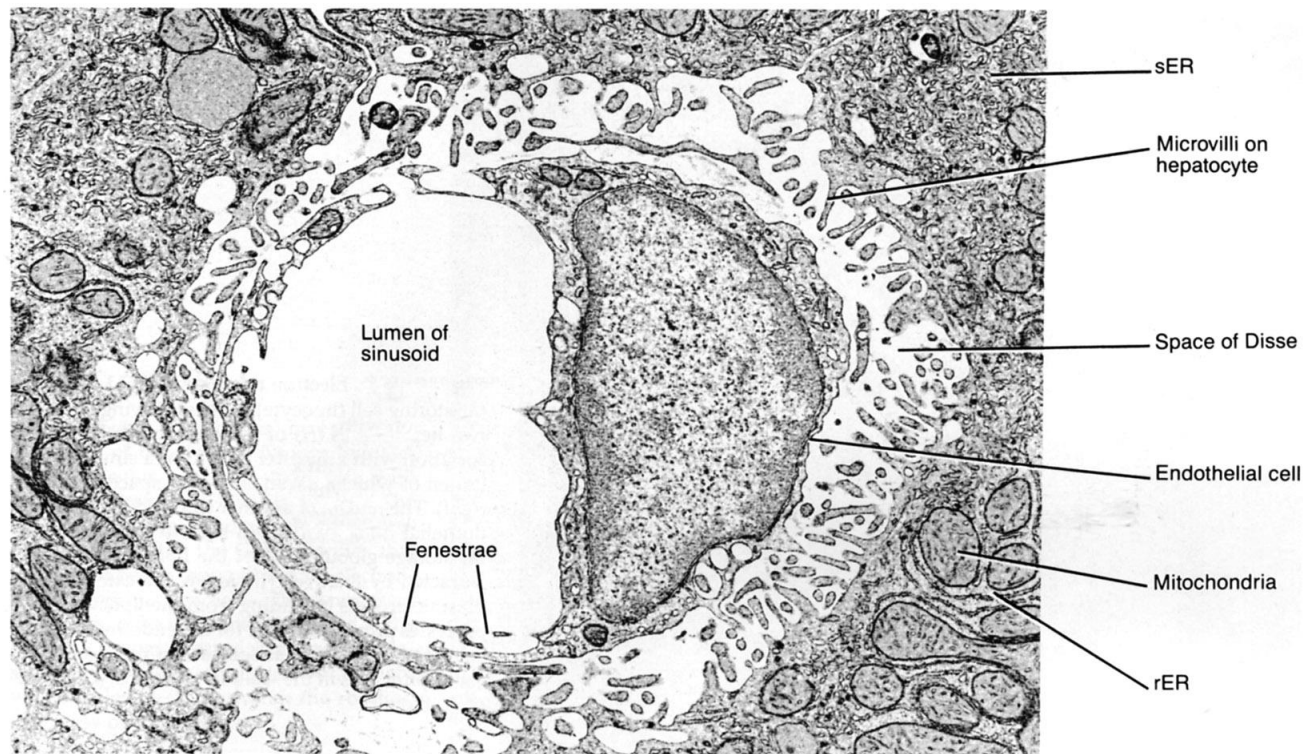
Endothel sejtek között tág rés van, sejtközötti állomány keveredik a vérrel.

A lamina bazális részben vagy teljesen hiányozhat.

Falukban: endothel sejtek

fagocitózásra képes sejtek (pl máj Kupffer sejtek).





Máj szinuszoidális kapilláris.

Disse: Hepatocyták és a szinuszok fala közötti tér Liver sinusoid in cross section (rat).

Kapilláris belseje, hepatocyták közötti tér közvetlen kapcsolatban van.

Cormack, D.H. Ham's Histology, 9th ed., Lippincott, Philadelphia, 1987, p. 531.

## Hidrodinamikai folyadékcsere:

Kapillárisokban a nyomás nagyobb mint a sejtközötti (interstitiális) nyomás  
víz és kis molekulák folyamatosan szűrődnek át az interstitiális térbe  
fehérjék számára nem átjárható: kolloidozmotikus nyomás ellensúlyozza a  
hidraulikus nyomást

nyomáskülönbségek eredője: effektív filtrációs nyomás

nettó transzkapilláris hidrosztatikai nyomáskülönbség és nettó

transzkapilláris ozmotikus (kolloidozmotikus) nyomáskülönbség egyenlege

Lehet pozitív (filtrációkor), negatív (abszorpciókor) és zérus

## Mikrocirkulációs rendszer:

Terminális arteriolák, metarteriolák prekapilláris sphincterek, kapillárisok és a legkisebb méretű posztkapilláris venulák összessége.

## Feladata:

- Anyagkicserélés vér és szövetek között  
Kapillárisok és posztkapilláris venulák végzik;
- Véreloszlás szabályozása a kapillárisokban folyó vérmennyiség meghatározásával  
a prekapilláris sphincterek, arteriolák, metarteriolák végzik

## Egyes elemek szövettani felépítése:

Terminális arteriolák: simaizom réteg, sphincterek

Metarteriolák: falában simaizom már csak elszórtan fordul elő, Kapillárisok  
posztkapilláris venulák: simaizom nincs. Átmérőjükben különböznek.

Nyugalomban általában a maximális áramlás 10%-a halad át egy adott szervben. (Nagyvérkörre jellemző)

Az odavezető arteriolák és sphincterek teljes ellazulásakor lesz az áramlás 100%.

## **Kisvérkör**

### Artériák:

Az artériák fala a kisvérkörben vékonyabb mint a nagyvérkörben. Az artériák arteriolák sokkal kevesebb simaizmot tartalmaznak.

A kisvérkör ereiben a nyugalmi térfogat 25%-a helyezkedik el.

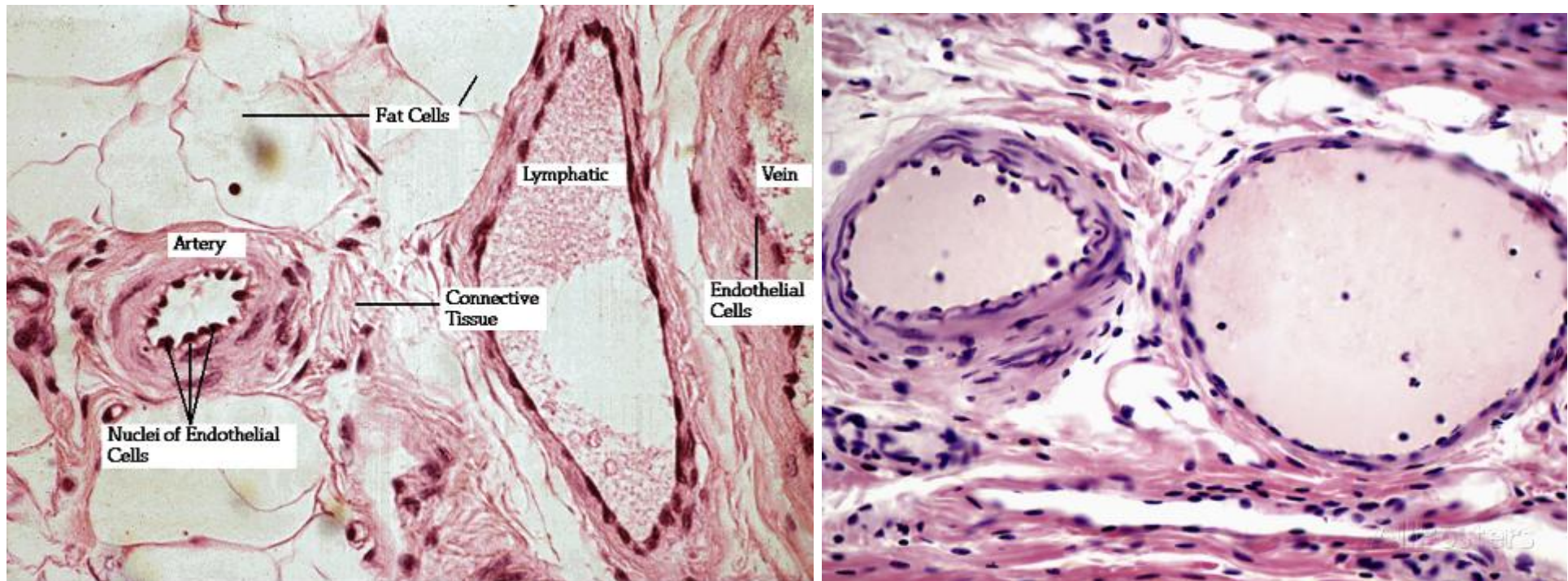
### Tüdőkapillárisok:

Nyugalmi állapotban kb 30%-a nyitott a tüdőkapillárisoknak.

Fokozódó izommunka esetén először újabb kapillárisok nyílnak meg, majd ha ez nem elég akkor gyorsul a véráramlás a tüdőben.

Extrém módon felgyorsult keringés esetén a gázok kiegyenlítődése az alveolusokban elégtelenné válhat.

## Nyirokerek:



Nyirokerek vénákhoz hasonlóan vékony falúak, endothel réteg nem folyamatos



## Nyirokrendszer:

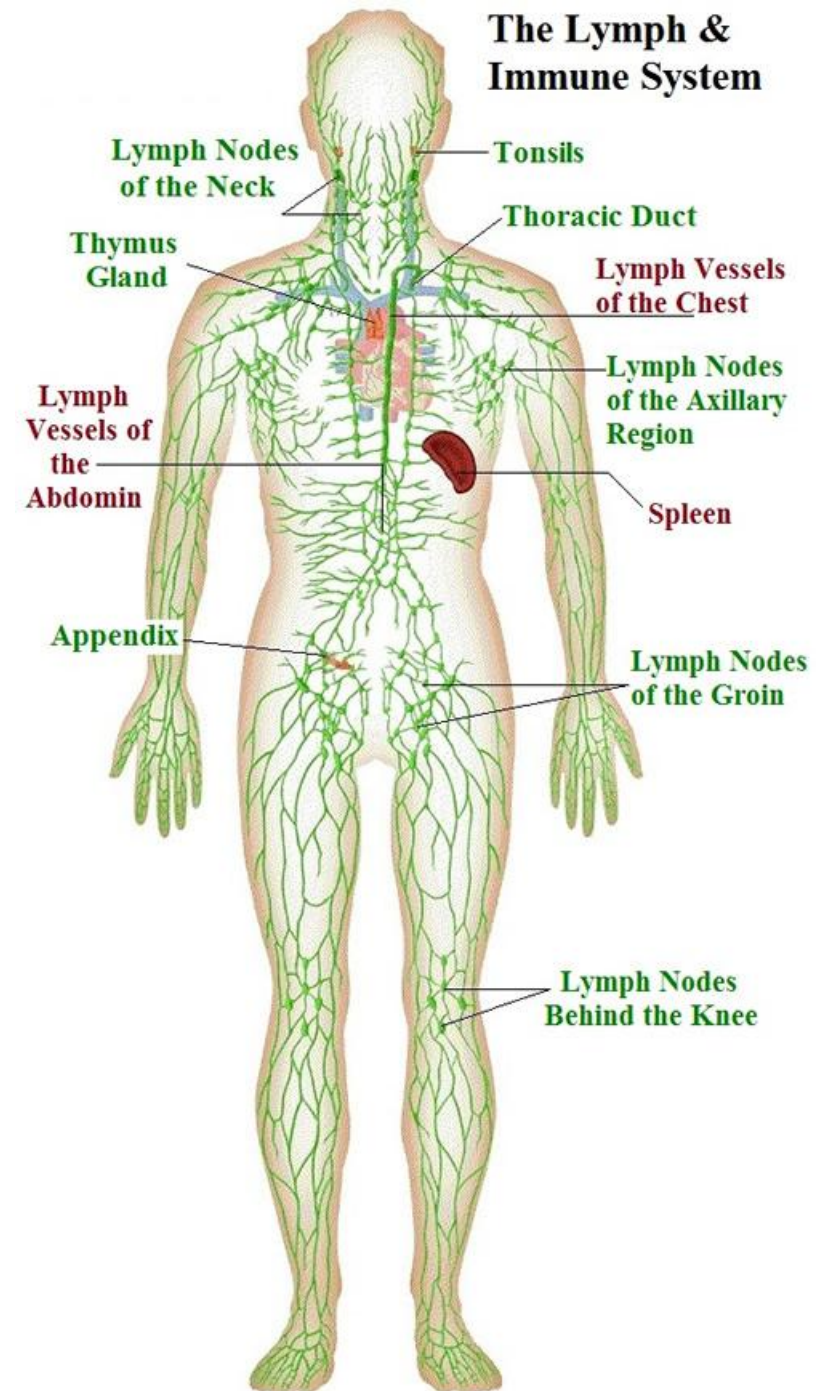
Vénás rendszerbe torkolló erek.

Nyirok végtagokban vérplazmához hasonló összetételű, bélrendszerből tejszerű emulzió (chylus) érkezik, bélbolyhok felől zsírt szállít.

Immunrendszerrel szoros kapcsolat

Nyirokcsomók: nyirokerek mentén. Mielőtt a nyirok eléri a vérrendszert legalább egy nyirokcsomón áthalad.

Nincs központi motor, keringést nyomásesés és izmok tartják fenn.



# The Lymphatic System

- **Lymphatic vessels** collect tissue fluid from loose connective tissue
  - Carry fluid to great veins in the neck
  - Fluid flows only toward the heart

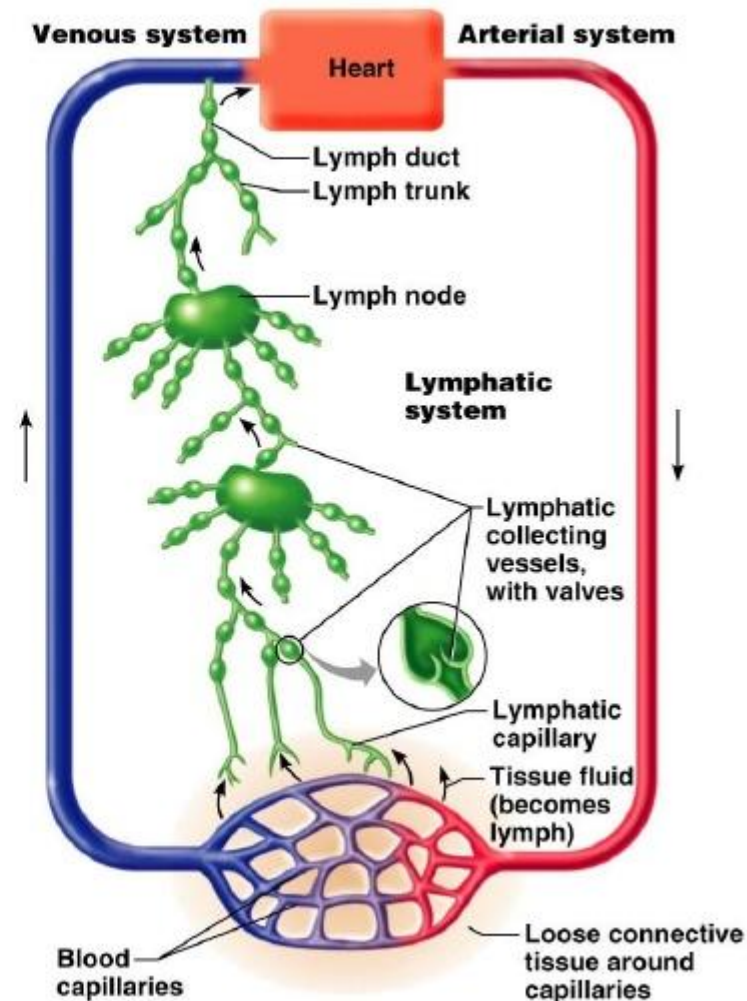


Figure 20.1

## **Nyirokkeringés:**

- A nyirokkapillárisok a szövet közötti térben vakon, járatokként kezdődnek. Falukat diszkontinuous endothel béleli amit finom kötőszöveti rostok stabilizálnak.
- Az interstitiális folyadék az endothel sejtek között áramlik a nyirokkapillárisok lumenébe.
- A nyirokkapillárisok egyre nagyobb nyirokerekké szedődnek össze, amelyeknek már folyamatos endothel bélésük van és a keringés vénás oldalára kerülnek vissza.
- Normál esetben a keletkező interstitiális folyadék mennyisége és a nyirokáramlás egyensúlyban van.

- Ha ez az egyensúly megbomlik ödéma keletkezik.

Okai: prekapilláris rezisztenciaerek tágulnak mikroerekben fokozódik a hidrosztatika nyomás.

posztkapilláris erek simaizmai összehúzódnak, és ezzel gátolják a kapillárisokból az eláramlást

fokozódik a vénás pitvari nyomás, a vénák ürülése a szív felé nehezített

plazmafehérje koncentrációja csökken: tartós éhezés, elégtelen fehérjebevitel miatt,

fehérjevizelés,

máj megbetegedése miatt csökken az albumin szintézise.

# Vérnyomás

## Artériás vérnyomás:

bal kamra verőterefogatának (pulzus térfogat, bal kamra szisztoléja alatt aortába kilökött vér)

a nagy artériák tágulékonyságának,

az artériákból történő vérkiáramlás sebességének függvénye.

Befolyásoló tényezők: perifériás ellenállás

arteriolák myogén tónus

arteriolák neurogén tónusa

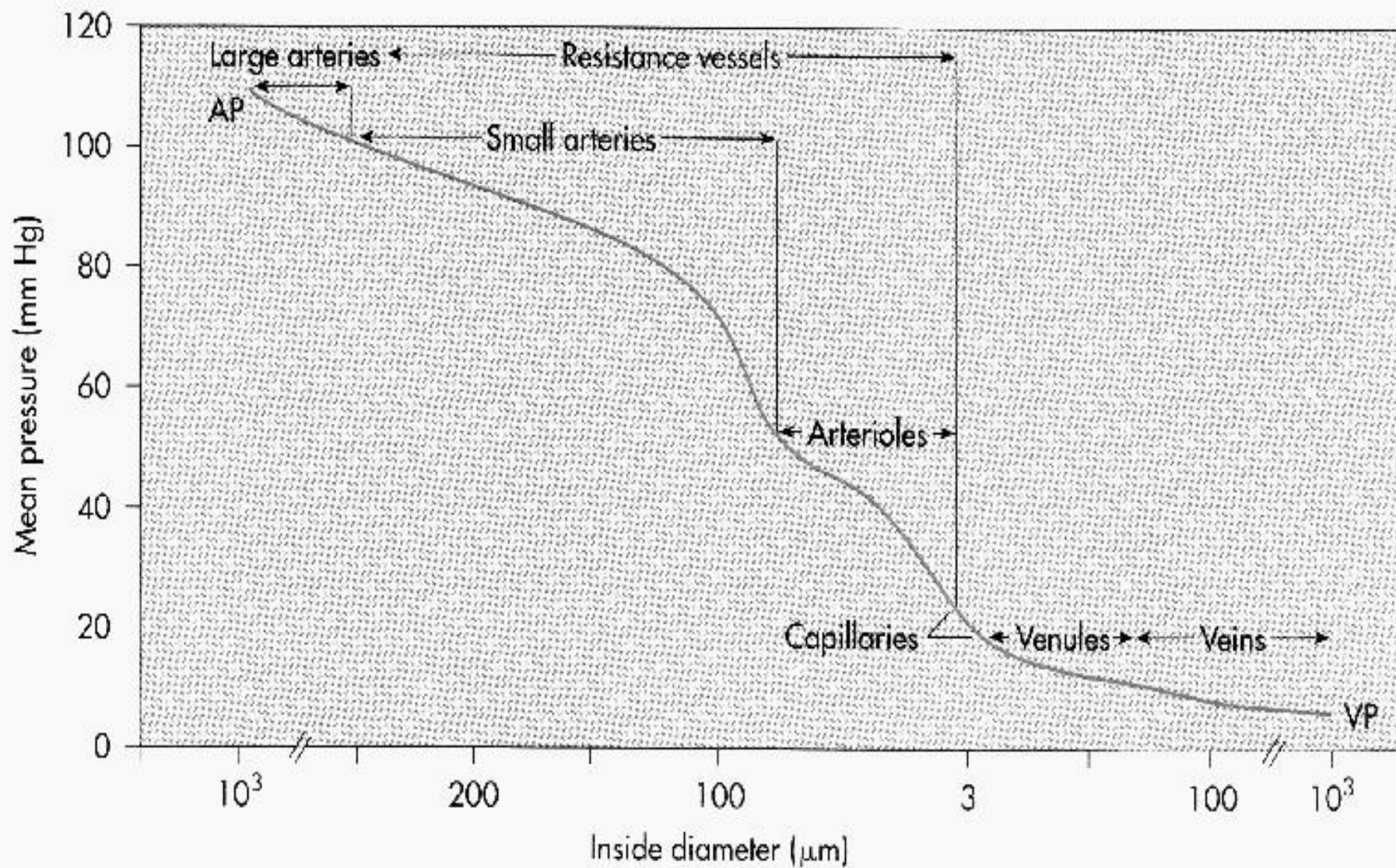


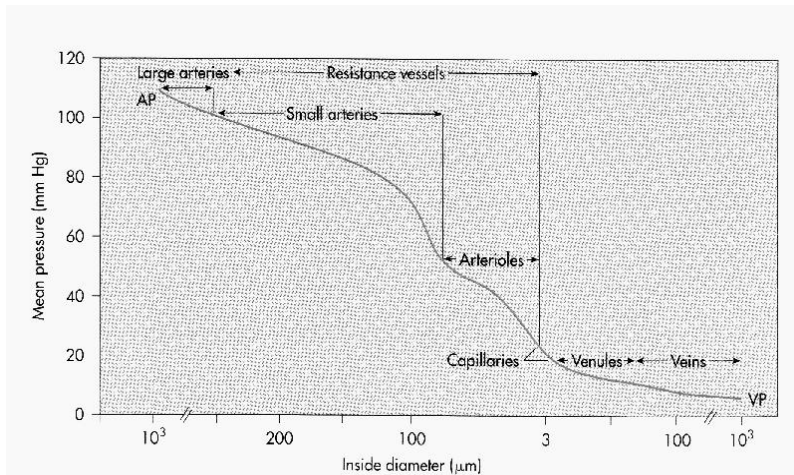
## Vénás vérnyomás:

vénás visszaáramlás és a jobb kamra perctérfogata határozza meg.

centrális vénás nyomás annak függvénye, hogy mennyi vér helyezkedik el a vénás rendszerben.

Befolyásoló tényezők: artériás félből kapillárisokon keresztül beáramló vér,  
posztkapilláris erek myogén tónusa  
posztkapilláris erek neurogén tónusa  
jobb kamra teljesítménye ami függ a légzés alatti  
mellúri nyomásváltozásoktól  
egyes szerveknél gravitáció és izomműködés





## Magas nyomású rendszer:

aortától a arterioláig terjedő rész: legnagyobb nyomáscsökkenés kis artériák és arteriolák végénél.

## Alacsony nyomású rendszer:

kapillárisok, vénák, jobb szívfél, bal pitvar

## *Vérnyomás értékek:*

Aortás vérnyomás:

Normálisan 120 (szisztolés, legmagasabb) és 80 (diasztolés, legalacsonyabb) Hgmm között ingadozik.

A különbség a pulzusnyomás, ennek normálértéke 40 Hgmm

### Középnomás

Artériákban fellépő hajtóerőt jellemzi

Súlyozott átlag; a súlyozás a szisztolé és diasztolé eltérő időtartama miatt van (nyugalomban a diasztolé hosszabb).

Növekedett szívfrekvenciánál, a diasztolé időtartama csökken, és így megközelíti a szisztolé időtartamát, (ilyenkor a súlyozott és súlyozatlan átlag közötti különbség csökken) a középnomás a szívfrekvencia növekedésével fokozódik.

*Miogén tónus:*

izom-összehúzódás alap foka, kontraktilis szerkezet részlegesen aktivált  
simaizomsejtek endogén sajátossága

*bazális értónus:*

rezisztencia erek nyugalmi tónusa

*miogén válasz:*

transmurális nyomás (éren belüli nyomás) emelkedése növeli a  
simaizomtónust, és vasoconstrictiot eredményez, transmurális nyomás esik,  
erek tágulnak

## *Áramlási autoreguláció:*

Perfúziós nyomás növekedése a prekapilláris rezisztencia erek ellenállás növekedését, csökkenése a prekapilláris ellenállás csökkenését eredményezi.

Vasculáris simaizomzat intrinsic tulajdonsága.

Biztosítja a kapilláris filtráció függetlenségét az artériás nyomástól

Mértéke az egyes szervekben eltérő.

Agy, vese erős, így az áramlás viszonylag független a perfúziós nyomástól.

Tüdőkeringés ereiben nincs, véráramlása a perfúziós nyomással arányos.

## *Metabolikus autoreguláció:*

szöveti anyagcsere intenzitásától függ a véráramlás.

CO<sub>2</sub>, H<sup>+</sup>, adenozin, K<sup>+</sup> értágító hatású

Azokban a szövetekben, amelyekben a teljesítmény aktuálisan az alapszint fölé emelkedik, ezzel párhuzamosan megnövekszik a vérellátás, csökken a prekapilláris rezisztencia (funkcionális vagy munkahyperaemia).

Ez megfigyelhető a munkát végző vázizomban, a nyugalminál nagyobb teljesítményt nyújtó szívben, az emésztő/felszívó vékonybélben.

A folyamat lényege, hogy a vazodilatáció az O<sub>2</sub>-kínálatot összehangolja az O<sub>2</sub> szükséglettel.

# Vérnyomás szabályozása:



**parakrin faktorok:** EDRF: (endothel derived relaxing factor):

NO, prosztaciklin

EDCF: (contraction): endothelin, thromboxanes

Endothelium termeli, vascularis tónus, perifériás ellenállás szabályozása,  
érfal épségének felügyelete, vérrögképződés megakadályozása

**Idegi szabályozás:**

*Szimpatikus:* szimpatikus idegek: NA , vasoconstrictor hatás

szimpatikus tónus: akcióspotenciál frekvenciája

*Paraszimpatikus:* NO, ACh, VIP, vasodilatator hatás

agy, nyálmirigyek paraszimpatikus idegek ACh és VIP

**Hormonális szabályozás:**

## **Hormonális szabályozás:**

### Katecholaminok (NA, A) mellékvesevelő hormonjai:

NA: noradrenalin

főleg  $\alpha_1$ R-en hat érszűkület:

$\alpha_1$ R-k csak nagy koncentrációjú keringő NA által hozzáférhető helyen vannak, erek kötőszöveti burkában.

A: adrenalin

főleg  $\beta_2$ R-en hat értágulat:

$\beta_2$ R-ek erek lumenjéhez közeli simaizomsejteken a váz- és szívizom arterioláiban és májban.

Emlős mellékvese főleg A-t választ ki:

kis intenzitású működés:

A: véráramlási átrendeződése

izomhoz, májhoz több vér

nagy intenzitású működés:

A és NA: artériás vérnyomás nő a perifériás ellenállás növekedése

(kapillárisok összehúzódása) és a szívre gyakorolt hatás miatt (verőtérfogat, szívfrekvencia nő).

Prekapilláris rezisztanciaerek: arteriolák

Összehúzódásuk növeli a perifériás ellenállást, csökkenti a kapilláris nyomást.

$\alpha_1$ R-ok, szimpatikus NA rostok, összehúzódás, perifériás vérkeringés gátlása

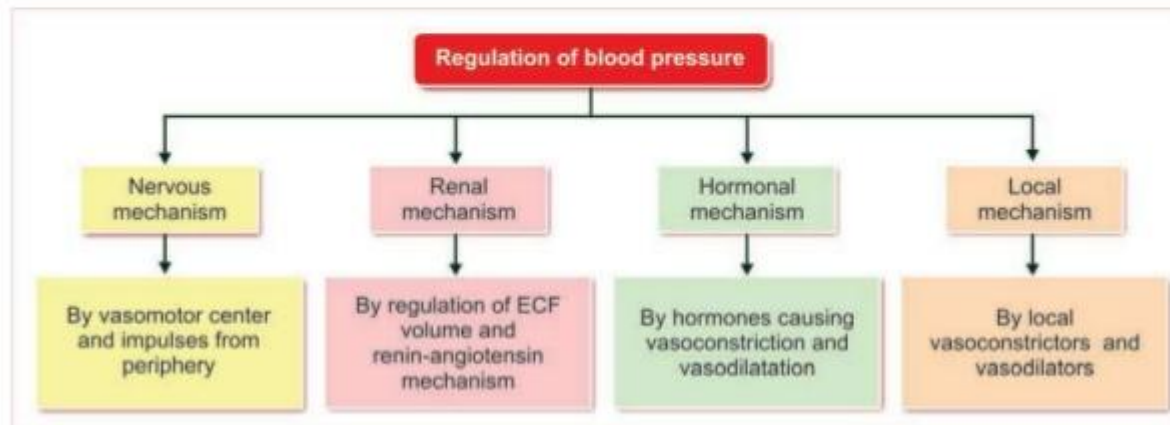
Posztkapilláris rezisztenciaerek: posztkapilláris venulák összefolyásából keletkezett venulák falában már van simaizom.

Összehúzódásuk növeli a kapilláris nyomást.

$\alpha_1$ R-ok, szimpatikus NA rostok, összehúzódás, vénás kapacitás csökkentése

# REGULATION OF ARTERIAL BLOOD PRESSURE

- Body has four regulatory mechanisms to maintain the blood pressure within normal limits



## **Keringésszabályozás a kisvérkörben:**

Vér ozmotikus nyomását érzékelő receptorok itt.

Szomjúság érzet, vese vízvisszaszívásának szabályozása a kisvérköri vér összetétele alapján

Azoknak az anyagoknak a feldúsulása amelyek alacsony  $O_2$  szintre utalnak azok vasoconstrictiot idéznek elő: ventilatio - perfusio kapcsolat

## **Keringésszabályozás a nagyvérkörben:**

Szisztémás keringésszabályozás: a nagyvérkör minden elemére vonatkozik.

Egyéni igényeket lokális szabályozással lehet figyelembe venni:

*Lokális szabályozás elemei:*

- áramlási autoreguláció
- lokális metabolitok

Ahonnán olyan jel érkezik, hogy a vérben kevés az  $O_2$ , magas energia felhasználásra illetve alacsony energia ellátottságra utaló metabolit van ott értágulat, odaáramló vér mennyisége nő.

## **Gyomor - bél rendszer keringése:**

Nyugalmi helyzetben a vér 25% itt, főleg a májban

Vérraktár: vészhelyzetben jelentős mennyiségű vér áramlik innen ki

### Máj:

Kettős vérellátású, ún kapu érrendszer

a. hepatica: vér 0.25-0.33%-a, O<sub>2</sub> fogyasztás fele

aránylag állandó ellátás

vena portae: hasi szervek felől,

felszívási fázisban több

izommunka során, vérvesztéskor jelentősen csökken

Artériás és vénás vér a májsejtek közötti szinuszoidokban keveredik



## Gyomor és bélrendszer:

heterogén véráramlás:

nyálkahártya véráramlása sokszorosa a simaizoménak

éppen aktív szakaszokban véráramlás nagyobb

Enterális idegrendszer szabályozza: ACh VIP felszabadulás

NO felszabadulás

vazodilatáció

Helyileg nagyfokú áramlásfokozódás, összességében 50% változás

Áramlásfokozódás nem jár együtt más szervek véráramlásának

csökkenésével

## Perctérfogat átrendeződése:

Hasi szervek fontos szerepe

vér 25% itt, de csökkent véráramlás mellett is tudnak működni.

Agy, szív fokozott vérellátási igénye innen

## Folyamata:

1. prekapilláris rezisztencia erek konstriktója

teljes perifériás ellenállás nagy hányadát ezek az erek képviselik

Purinerger hatás

2. vénák kiürítése

passzív tényezők: ideáramlás és vénás nyomás csökken, vénák összeesnek

aktív: noradrenerg  $\alpha_1R$ -on keresztüli vazokonstriktió

## **Vázizom vérkeringése:**

A testtömeg 40-50%-a nyugalomban hanyatt fekve véráramlás kevesebb mint 20%-a.

Maximálisan lehet akár 80% is

Szervek között véráramlás erőteljes átrendeződése

Lassú, tartós kontrakciót végző izmok:

aerob anyagcsere, nagy mioglobin koncentráció

sűrű kapilláris hálózat

Gyorsan rövid ideig összehúzódó izmok:

anaerob anyagcsere, alacsony mioglobin tartalom

ellátó kapillárisoktól távolabb esnek

## Vázizmok keringésének szabályozása:

- Nem elég csak a terhelést követően fokozni a véráramlást (a harc vagy menekülés első pillanatától csúcsteljesítmény szükséges)
- Helyileg keletkezett anyagcsere termékek szerepe (izommunka illetve  $O_2$  hiány miatt): összehúzódó izomrostokból kilépő anyagok adják a magas miogén tónust
-

## Katekolaminok:

- nyugalomban prekapilláris rezisztenciaerek szimpatikus vazokonstriktív tónus alatt állnak:  $\alpha_1R$  hatás
- izomtevékenység alatt csökken
- $\alpha_1R$  hatás teljes blokkolása: 2x véráram fokozódás csak
- $\beta_2R$ -ok is: aktiválás: vazodilatáció, adrenerg hatás
- Erek teljes vazodilatációja még maximális teljesítménykor sem jön létre

Perctérfogat növekedés hamarabb éri el a maximumát

- Izompumpa:

Fázisosan összehúzódó izmok vérellátása szakaszos

Izomösszehúzódás artériás beáramlást blokkolja vénás kiáramlást elősegíti

billentyűk miatt vénás visszaáramlás elernyedéskor sincs

- Oxigénextrakció maximálása:
- Hemoglobin erőteljesebb deszaturációja:
  - alacsony  $O_2$  koncentráció,
  - magas  $CO_2$ ,
  - $H^+$  koncentráció, hőmérséklet

## Oxigénadósság:

- nagyobb mértékű energia felhasználás mint amennyit az oxidációs folyamatok fedezni tudnak
- hiány pótlása: foszfokreatin bomlása
- tejsavképződés
- ATP- foszfokreatin készlet nagysága
- izomban elviselhető tejsavkoncentráció nagysága határolja be
- Izomaktivitás végeztével helyreállítás plusz O<sub>2</sub>-t igényel

## **Bőr vérkeringése:**

Anyagcsere igény alacsonyabb  
véráramlás hőszabályozás szolgálatában áll

### Apikális (acrális) területek:

ujjak, kéz- és lábfej, orr, ajkak, fülkagyló

felszín térfogat arány nagy

artériás és vénás plexusok között anasztomózisok amelyek átvezetik az  
artériás vért a vénákba

átmérőjüket szimpatikus vasoconstruktor hatás szabályozza  $\alpha_1$ R-okon

hőleadás/hővisszatartás mértékének jelentős szabályozása



## Nem acrális területek:

térfogat felülethez képest nagy

nincsenek anasztomózisok csak kapillárisok

Hőterhelésnél vazodilatáció szimpatikus aktivitás csökkenése miatt  
miogén tónus kikapcsolása miatt

## Meleg környezethez való alkalmazkodás:

>34 C fok felett hőleadást biztosító jelentős bőrvéráramlás kell ugyanakkor

agynak izomnak is kell vér

perctérfogat növelése

melegben végzet izommunkát a bőrerek véráramlás igénye korlátozza

## **Agy vérkeringése:**

Fontos a vérellátás folyamatossága

nyugalmi perctérfogat 15%-a

nyugalmi O<sub>2</sub> fogyasztás 25%-a

O<sub>2</sub> és glükóz fogyasztás magas, tartalék nincs

szürkeállomány véráramlása nagyobb mint a fehérállományé

Nagyfokú áramlási autoreguláció:

artériás vérnyomás esése erek ellenállása csökken,

artériás vérnyomás növekedése vasokonstriktció erek ellenállása nő

Az agyi keringés *autoregulációja miatt* az agyi vérátáramlás 50–150 Hgmm-es artériás középnyomási értékek között állandó.

Magasvérnyomás-betegségben az autoreguláció sávja feljebb tolódik (120–180 Hgmm közé). Ennek veszélye, hogy az alsó határ alá eső vérnyomásértéken a szöveti perfúzió romlik, az arteriolák a perfúziós nyomás csökkenésére nem ragálnak.

### Kémiai szabályozás:

agyi vérátáramlás artériás CO<sub>2</sub> nyomás függvénye

Normálisan pCO<sub>2</sub> 40 Hgmm.

60 Hgmm pCO<sub>2</sub> fölött az autoreguláció megszűnik, mivel a maximálisan tág erek már nem reagálnak a vérnyomás változására.

## Neurogen szabályozás:

Az agytörzsi vasomotor centrum elsősorban az agy globális vérátáramlásra hat.

Idegsejtek aktivitása lokálisan hat, regionális vérátáramlást szabályozza.

A kapillárisok tágassága a glia-neuron egység működésétől függ. A regionális vérátáramlás arányos az agyszövet  $O_2$  és glukózfogyasztásával. NO-n keresztül a

keletkező metabolitok, helyi  $H^+$   $K^+$  koncentráció növekedése vazodilatációt okoz helyi véráramlás fokozódása kismértékű az egészhez képest

agy erek nem vesznek részt az autonóm idegrendszer által közvetített általános érszűkítő, értágító hatásokban

Hiányzó neurogén vasoconstrictor tónus: agyi rezisztencia ereknek nyugalomban nincs kimutatható szimpatikus vasokonstriktív tónusa

szimpatikus hatás csökkenése nem vált ki agyi dilatációt

A vese keringésének jellemzői

A nyugalmi perctérfogat 20-25%-a a veséken áramlik keresztül

Speciális keringés: arteriola-kapilláris-arteriola-kapilláris-véna

Ha a vese vérátáramlása túl alacsony:

A transzportok nagy energiaigénye miatt gyorsan alakulhat ki ischaemias károsodás

„Salakanyagok” halmozódnak fel

Ha túl magas:

Csökken a kiválasztó működés hatékonysága

Erős nyugalmi myogentónus

Erős áramlási autoreguláció

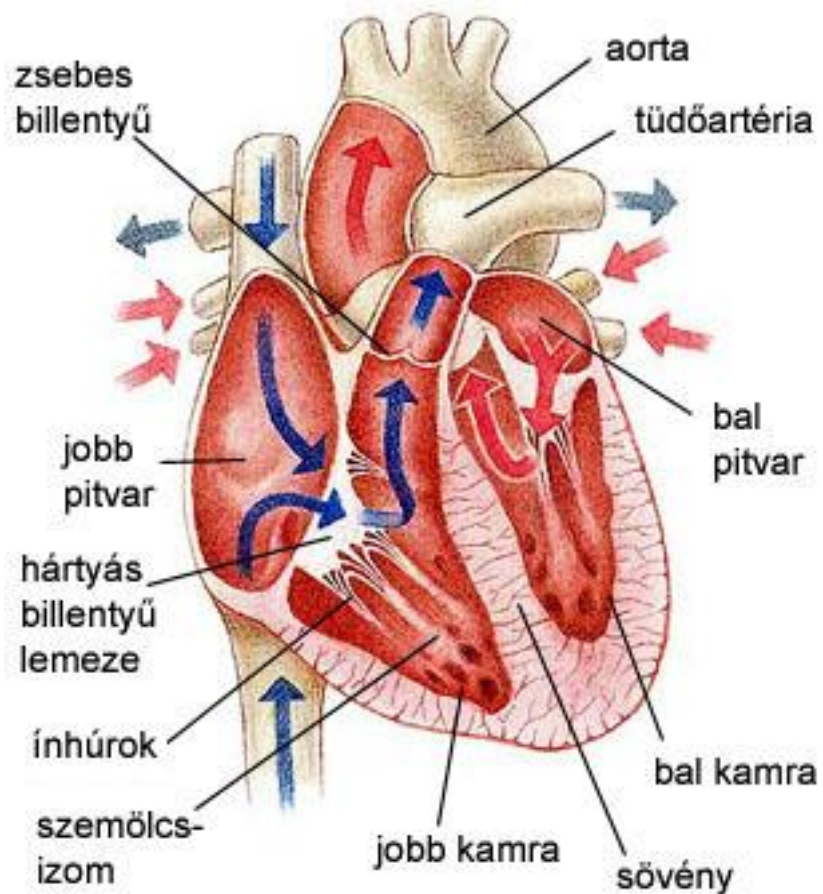
Ha muszáj, lehet vért elvonni a vesétől:

Direkt szimpatikus beidegzés, humorális faktorok, valamint egy belső, áramlásfüggő szabályozórendszer(a juxtaglomerularis apparátus)

gondoskodik arról, hogy átmenetileg a vese hatékony kiválasztó funkciója kisebb vérátáramlás mellett is megvalósulhasson

# Szívműködés

## Szív felépítése:



Keringési rendszer központja,

Mellüregben, a két tüdőfél között helyezkedik el.

Fala háromrétegű (módosult érdarab).

**Szívburok** borítja.

savós hártya

- zsigeri lemez (epicardium) szorosan a

szívizomhoz tapad

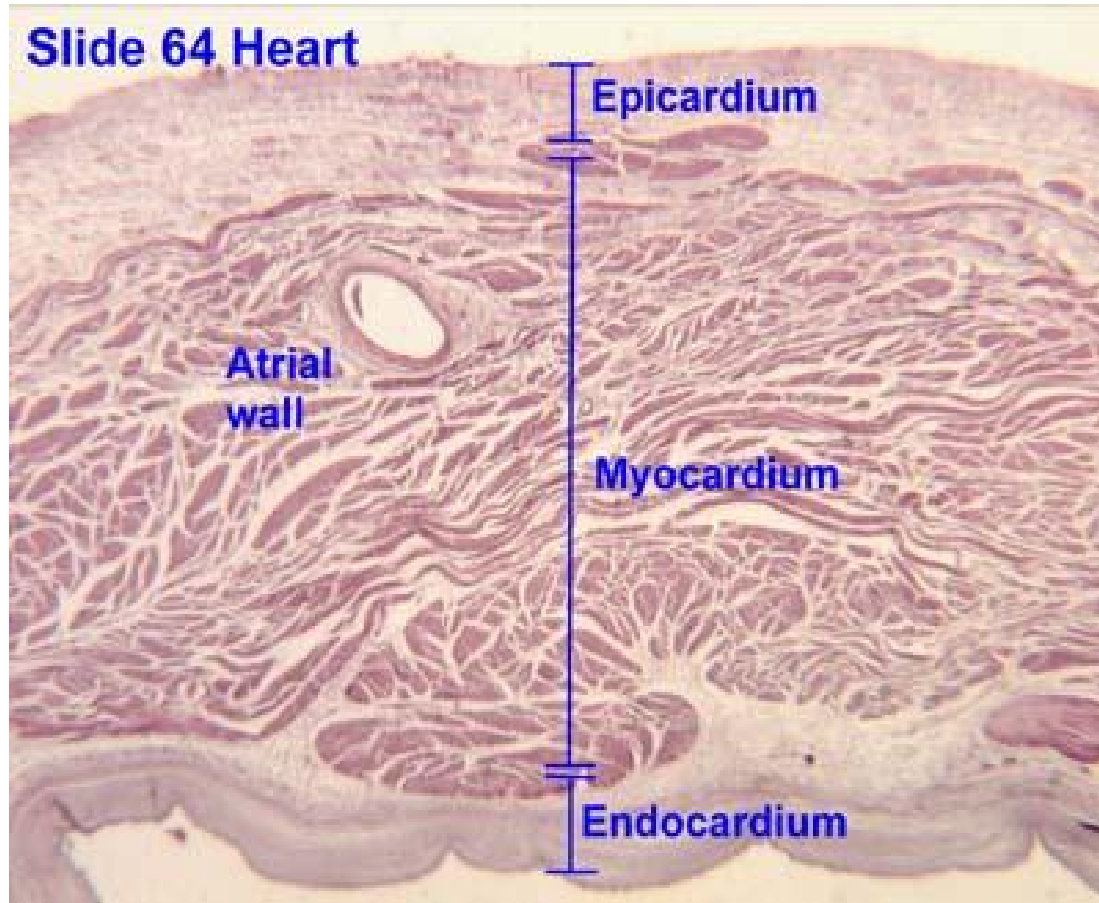
- fali lemez

köztük üreg (cavum pericardii) benne folyadék

(néhány csepp) (liquor pericardii)



Szívfal szerkezete:



Szívbelhártya (endocardium)

Szívizom (myocardium)

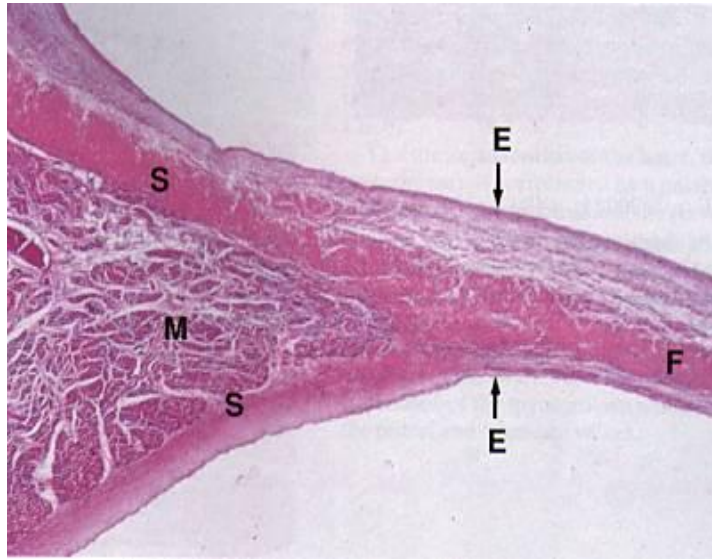
Epicardium (szorosan hozzátapad a myocardiumhoz)

A pitvarok vékonyabb, a kamrák vastagabb izomzatúak.

A pitvarokba torkollanak a vénák, a kamrákból indulnak ki az artériák.

# Szívbillentyűk

## 1. csúcsos v. vitorlás



- ínhúr

M=myocardium

S=fibro-elastic  
supporting layer

Burkitt, Young, Heath (1993) *Wheater's Functional  
Histology 3rd Ed. Fig. 8.5, p. 142*

1. pitvar-kamrai szájadéknál

jobb oldal 3 billentyű

bal oldal 2 billentyű

3 részük van: - vitorla (cuspis)

szájadék széléhez rögzül

- szemölcsizom

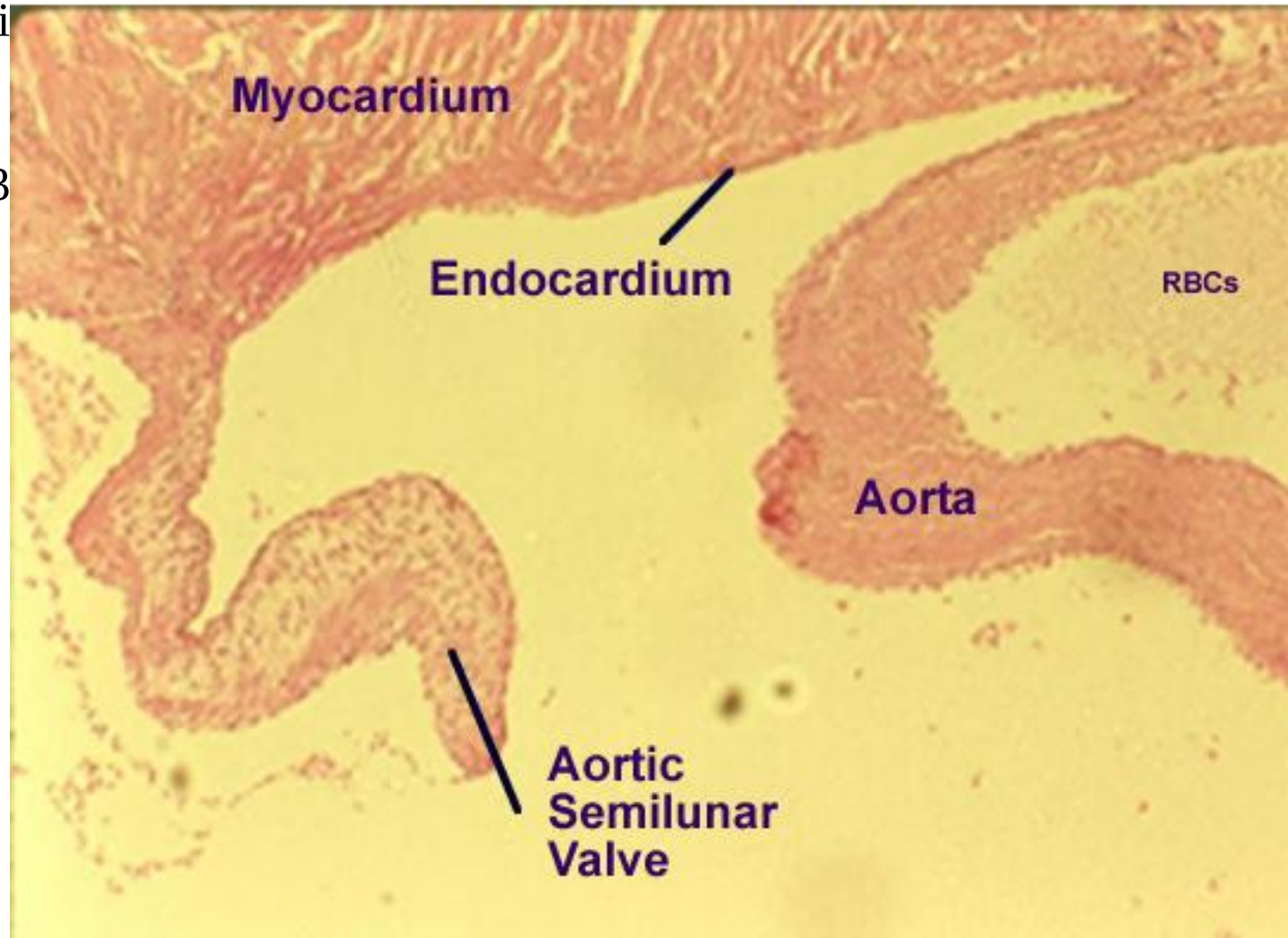
kamra belső felszínéről emelkedik ki

F=lamina fibrosa

E=endothelium

2. félhold v. zsebes  
nagyerek kezdeti  
szakaszán  
mindegyikben 3-3  
billentyű

## Cardiac Valves



## Nyugalmi szív működés:

70-75-ször húzódik össze percenként.

Egy-egy összehúzóással a jobb és a bal kamrából mintegy  $70-80 \text{ cm}^3$  vér kerül az érpályába.

Az egy perc alatt továbbított vérmennyiség, vagyis a **keringési perctérfogat** így kb. 5 liter.

(1 perc alatt a teljes vértérfogat megfordul mind a kis vérkörben, mind pedig a nagy vérkörben).

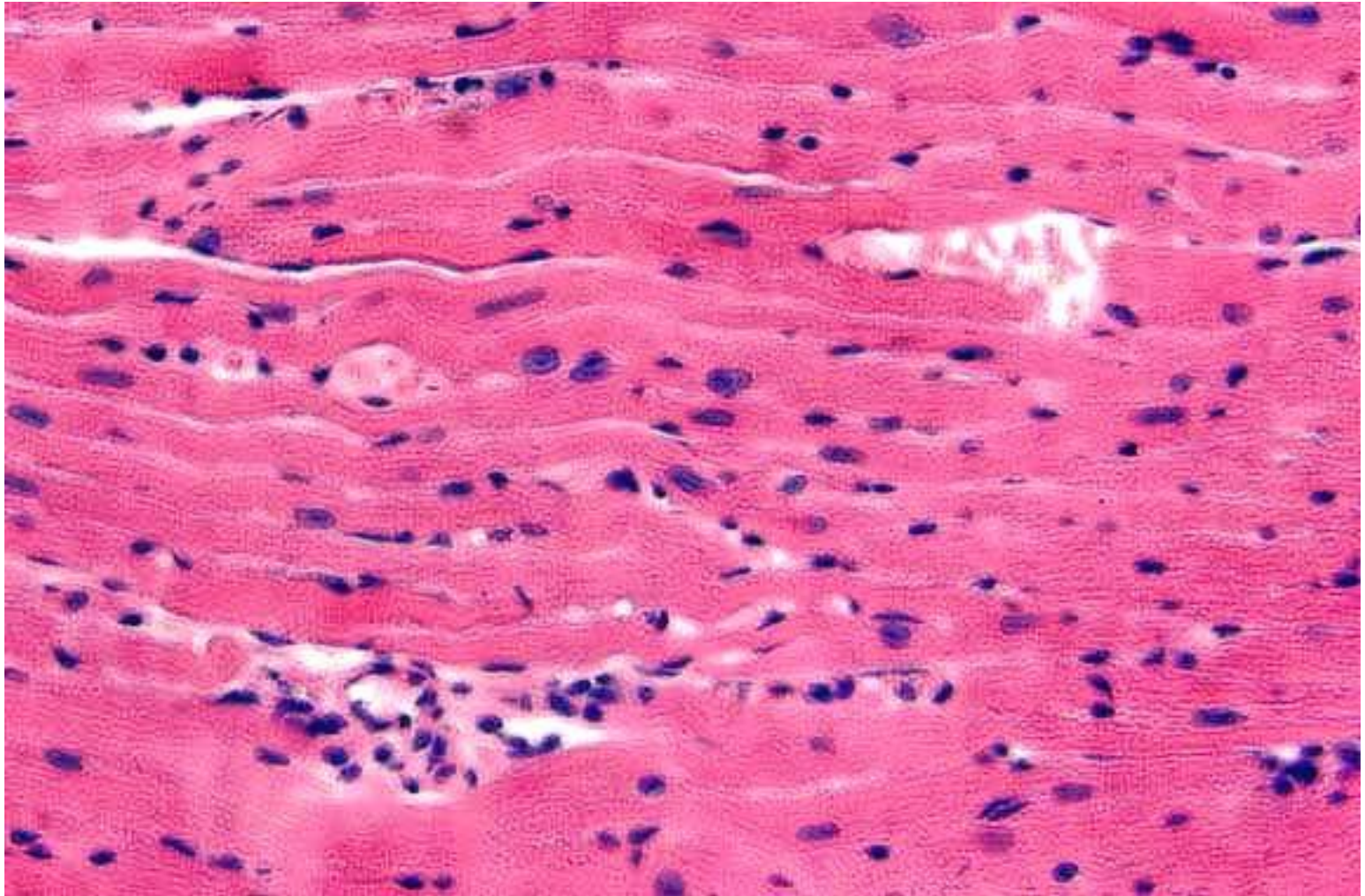
Nagyobb igénybevétel esetén emelkedik az egy összehúzóással továbbított vérmennyisége, valamint az összehúzódások száma is. Ennek következtében a keringési perctérfogat a nyugalmi érték többszörösére emelkedhet.



## Szívizomrostok típusai:

### Munkaizomzat:

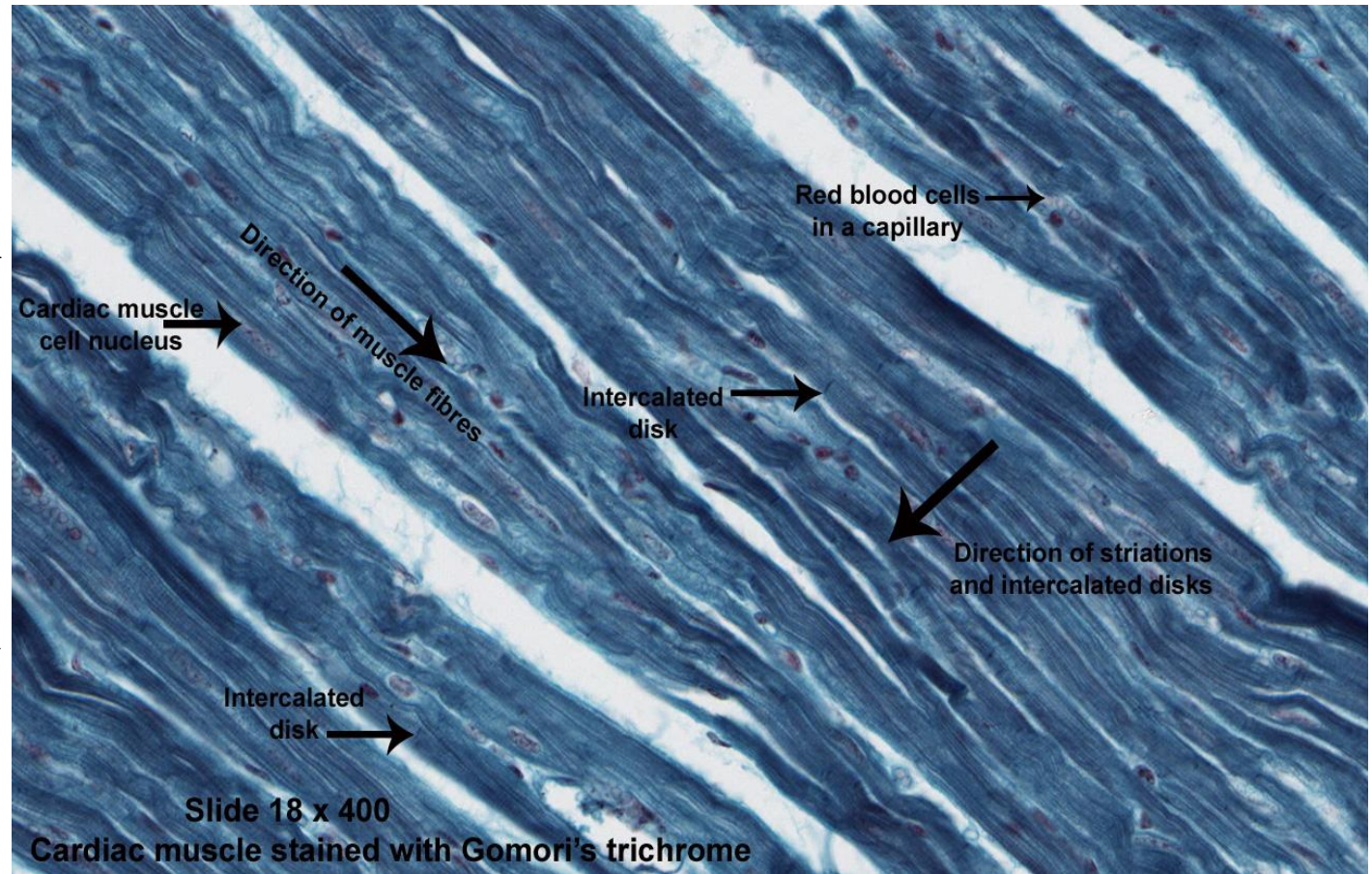
pitvari és  
kamrai  
myocyták,  
kontrakciós  
erőt  
generálják.





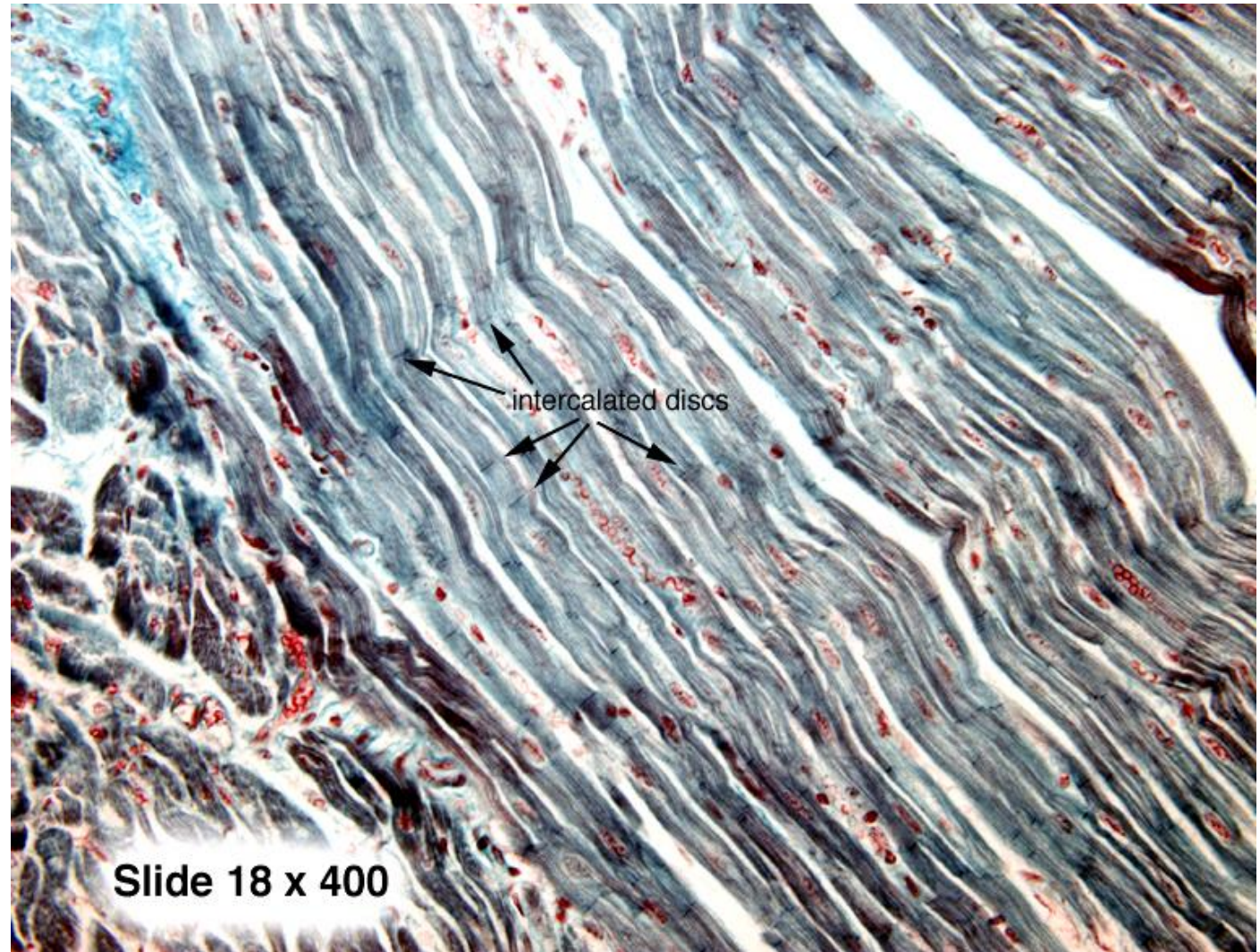
## Szívizom jellemzői:

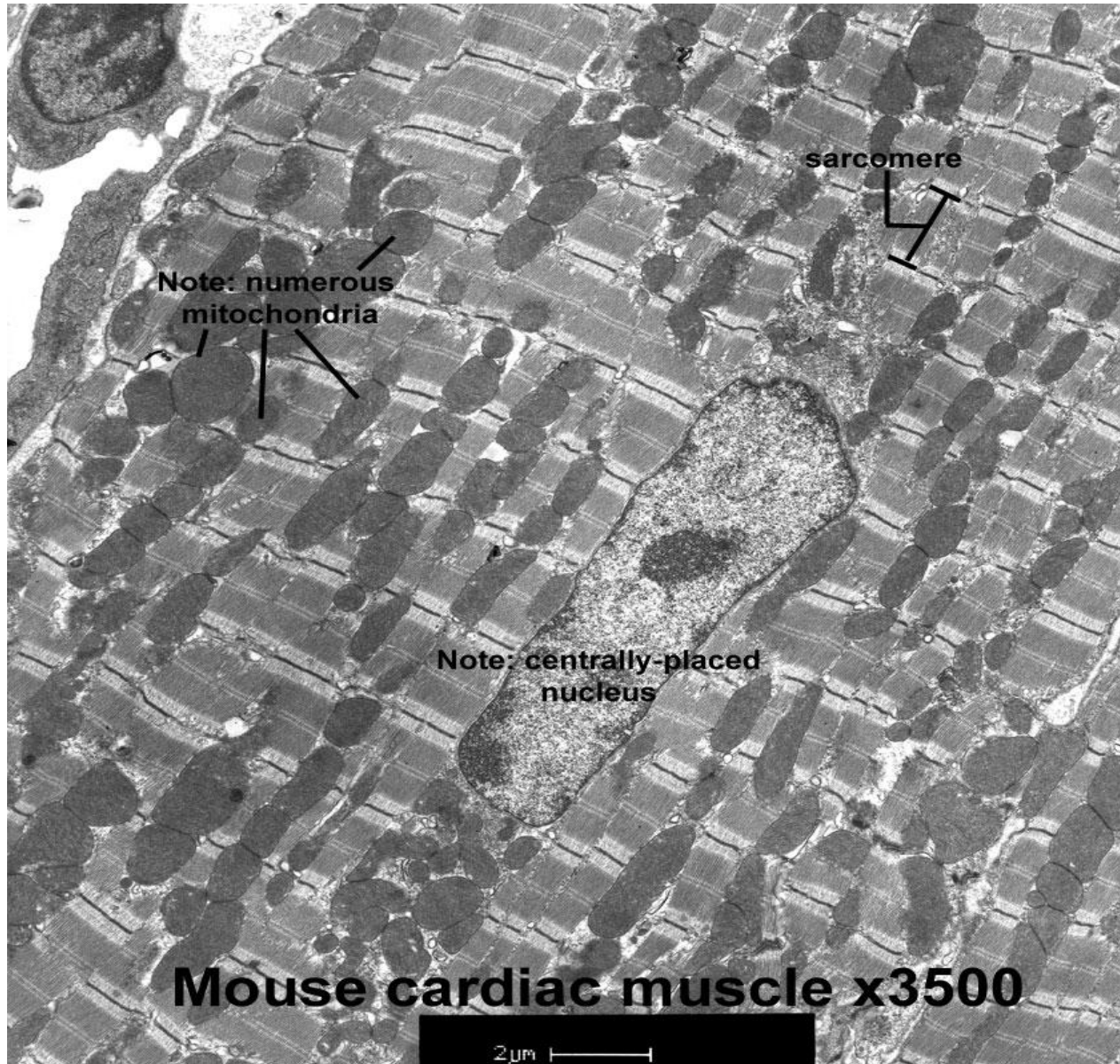
Több vérér és  
kötőszövet, mint  
harántcsíkolt izomban  
Villás elágazású  
sejtek;  
Központi  
elhelyezkedésű, kerek  
sejtmagok





Szívizomsejtek gap  
junctionnal  
kapcsolódnak  
egymáshoz  
A kontaktusok nem  
képeznek akadályt az  
ingerület terjedése  
útjában.





Fénymikroszkópos képen Z vonalak ritkán látszanak. EM-os képen viszont kifejezettek.

Sejtek közötti kapcsolat:

Eberth-féle vonalak (intercalat disks)

Eberth-féle vonalak

komponensei: **fascia adherens**, **macula adherens** and **gap junctions**.



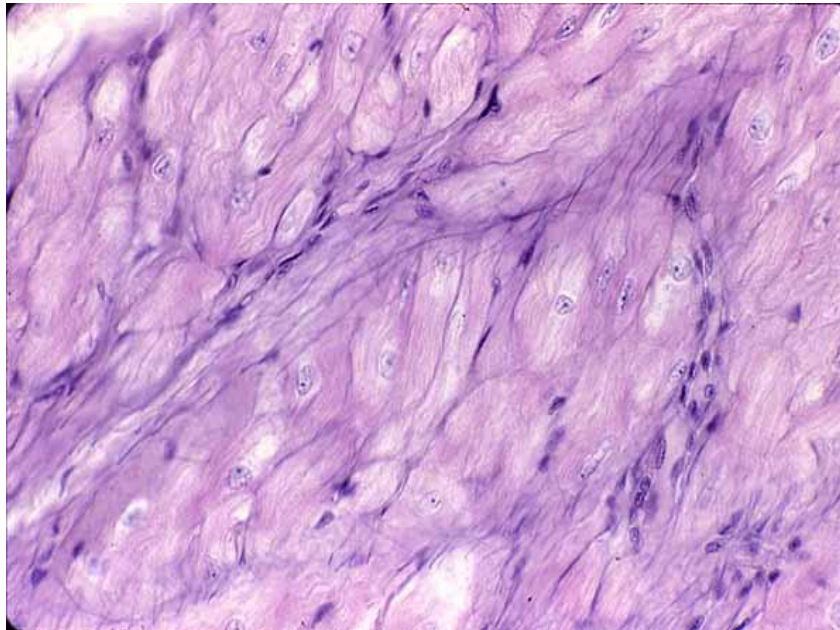
Ha egyetlen szívizomsejt ingerületbe kerül, az ingerületi állapot akadálytalanul, késés nélkül, átkerjed a hálózat összes többi sejtjére, valamennyi rost, gyakorlatilag egyszerre összehúzódik

A kamrák, és a pitvarok izomzata „ funkcionális szincícium” – vagyis, bár szerkezetileg különálló elemekből (egymástól elhatárolt sejtekből) épül fel – működésileg egységes egészet képez.

A pitvarok izomzatát egy rostos rész (anulus fibrosus) elválasztja a kamrák izomzatától, vagyis egy külön kamrai és egy külön pitvari egységről (izomtömlő) beszélhetünk, ezeket az anulus fibrosuson keresztülhatoló ingervezető rendszer köt össze.

Ingerképzésben résztvevő myocyták:

kontrakciós apparátus fejletlen. Sejtmembrán ioncsatornáit pacemaker aktivitást tesznek lehetővé.



## Az ingerképző és ingerületvezető rendszer felépítése:

### *1.Sinus csomó (nodus sinuatrialis) .*

A jobb pitvar hátsó falában a vena cava superior beszájazásánál található 2 cm hosszú, 0,5 cm széles nodális szövetből álló képlet.

### *2.Pitvar-kamrai csomó ( nodus atrio-ventricularis).*

A pitvarok közötti sövényben foglal helyet, közel a pitvar-kamrai határhoz.

### *3.His köteg (atrio-ventricularis köteg)*

a pitvar-kamrai csomóból ered. Áthalad a pitvarokat a kamráktól elválasztó rostos gyűrűn, majd a kamrák közötti sövényben halad lefelé.

### *4.Tawara szárok (jobb és bal).*

A His köteg a kamrák közti sövényben kettéválik. A két szár a kamrák közti sövény két oldalán az endokardium alatt fut a szív csúcs felé.

### *5.Purkinje rostok.*

A szív csúcsi részénél a Tawara szárok felrostozódnak és visszakanyarodnak.

Normálisan működő szívnél a sinus csomóban ritmikusan képződő ingerület a pitvarok egész izomtömlőjére átkerül.

Gyakorlatilag egyszerre kerül ingerületi állapotba a két pitvar.

A pitvarizomzatról az ingerület átkerül a pitvar-kamrai csomóra, ahol a további ingerületterjedés késést szenved ( a pitvar-kamrai csomó rostjai lassan vezetik az ingerületet  $0,05\text{m/sec}$ ).

Ennek a késésnek nagy jelentősége van: mielőtt ugyanis az ingerület rátkerülne a kamrákra , s ezáltal, kiváltaná azok összehúzódását, a pitvaroknak van idejük a kontrakcióra , arra, hogy a vért a még ellazult kamrákba préseljék.

A pitvar-kamrai csomótól a His-köteg, majd a Tawara szárok vezetik tovább az ingerületet.

A Tawara szárok és Purkinje rostok nagyon gyorsan (2,5-5 m/sec) vezetik az ingerületet, ezért rövid idő telik el a teljes kamrai izomzat aktivizálásáig.

Az egész kamrai izomtömlő viszonylatában előbb a csúcs aktiválódik, utolsónak a bázis epikardiális felszíne. A teljes kamrai aktiválás átlagosan 70 milliszekundumot vesz igénybe.

## **Szív beidegzése:**

### *Szimpatikus beidegzés:*

Transzmittere noradrenalin (NA),  $\beta$ 1-receptorok közvetítik hatását.

Szívműködés fokozása: a szívműködés minden összetevőjét érinti.

ingerképzését, ingerület szíven belüli vezetését, összehúzódások erejét.

Az összehúzódások száma nő, az ingerületvezetés az AV csomón keresztül gyorsabb, kontrakció erőssége nő, kontrakció utáni elernyedés gyorsabb.

### *Paraszimpatikus rostok: n vagus rostjai:*

Transzmitter. acetilkolin (ACh), muszkarinos ACh receptoron hat.

Szívösszehúzódások száma csökken: ingerképző és ingerületvezető rendszer beidegzése.

## Lassú akciós potenciál (AP):

sinuscsomó és atrioventricularis csomó egy részének sejtjei:

pacemaker aktivitás:

gyors  $\text{Na}^+$  csatorna nincs,

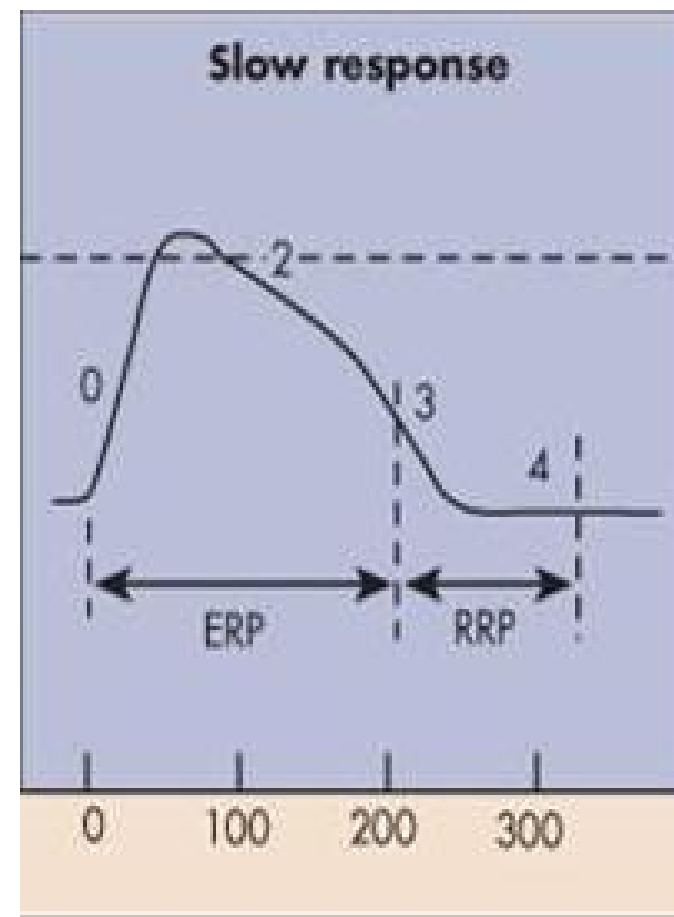
~100 ms hosszú  $\text{Ca}^{2+}$  potenciál alakul ki.

Depolarizáció:

f áram, T áram, L áram

Repolarizáció:

késői  $\text{K}^+$ , ACh aktivált  $\text{K}^+$  áram,





## Gyors AP:

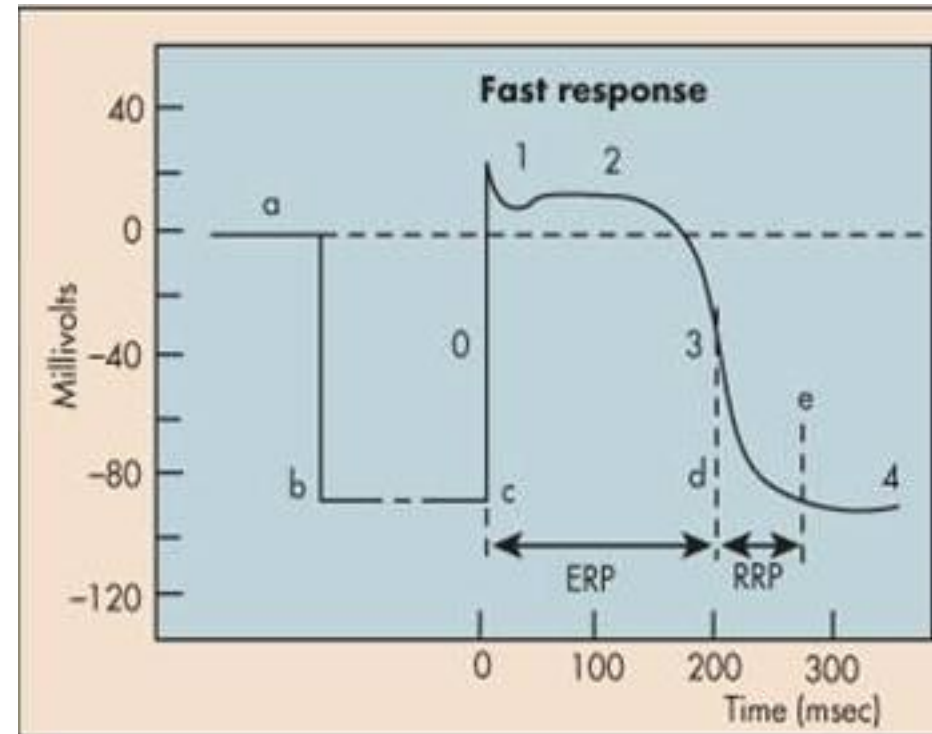
Ingerületvezető rendszer sejtjei, pitvari és kamrai izomsejtek

Depolarizáció:

Gyors  $\text{Na}^+$  áram, L típusú  $\text{Ca}^{2+}$  áram  
izomösszehúzódáshoz szükséges  $\text{Ca}^{2+}$   
biztosítása

Repolarizáció:

$\text{K}^+$  és  $\text{Cl}^-$  áramok



## Refrakter állapotok:

*abszolút*: nem lehet újabb kontrakciót kiváltani

AP plató fázisa

*relatív*: nagyobb ingerek már kiváltják az újabb

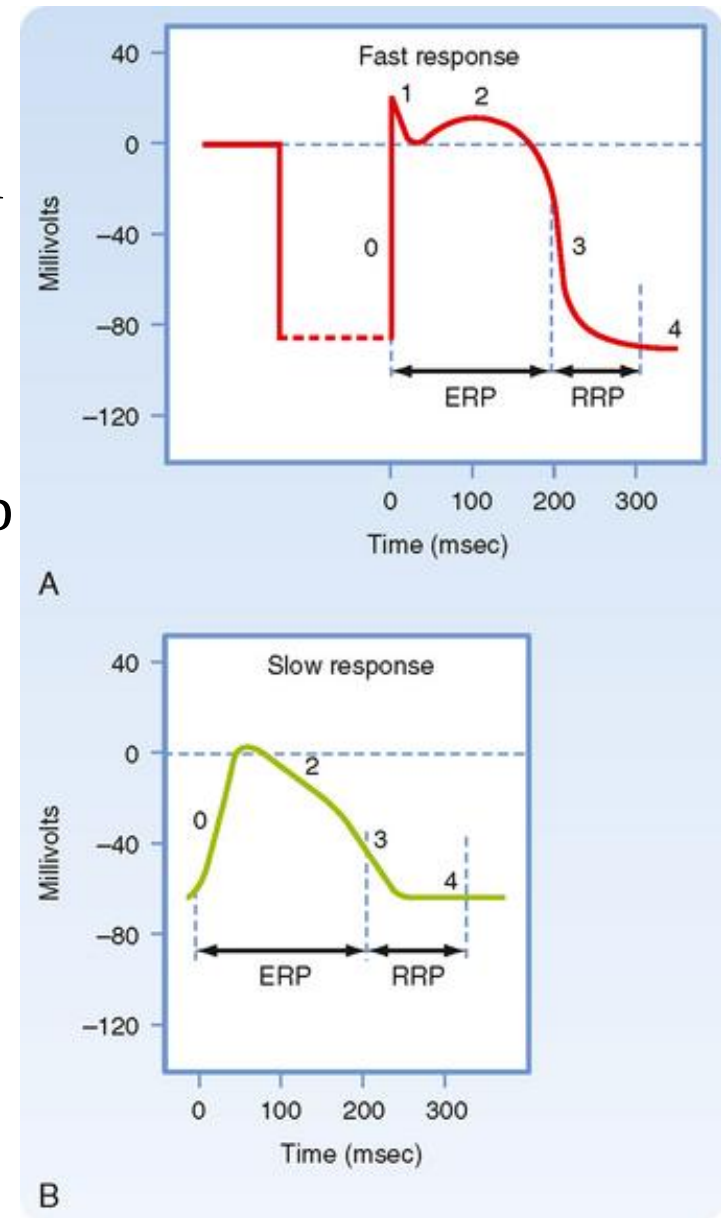
AP-t de a  $\text{Na}^+$  csatorna aktivációja még nem

teljes

repolarizáló  $\text{K}^+$  áramok alatt

ERP: abszolút refrakter periódus

RRP: relatív refrakter periódus



## **Akciós potenciál és izom kontrakció kapcsolódása** (Nature. 2002 Jan 10;415:198-205.)

Ca<sup>2+</sup> koncentráció növekedés kapcsolja az akciós potenciált a kontraktilis filamentumok elmozdulásához.

Szívizomrostok kontraktilis filamentumai:

- Aktin
- Miozin

Szabályozó elemek:

- Tropomiozin: kettős hélix, aktin filamentek között. 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<sup>2+</sup>