

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

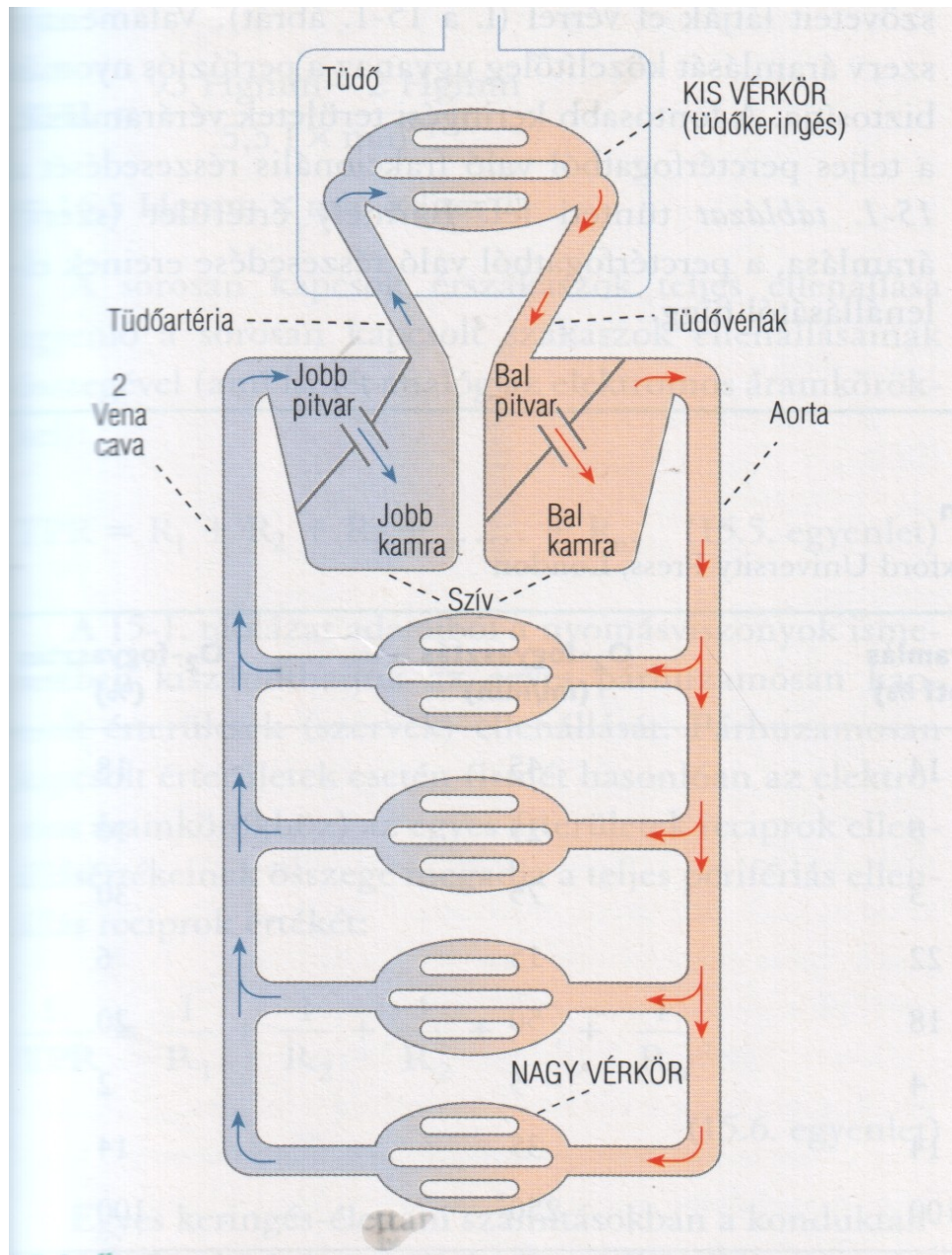
Zárt vérkeringési rendszer:

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

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

Véráramlást szívműködés tartja fenn.

A véráramlás egyirányúsítása 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 vérlemezék összecsapzódását,
- lefedik az érfal kollagén rostjait

Media:

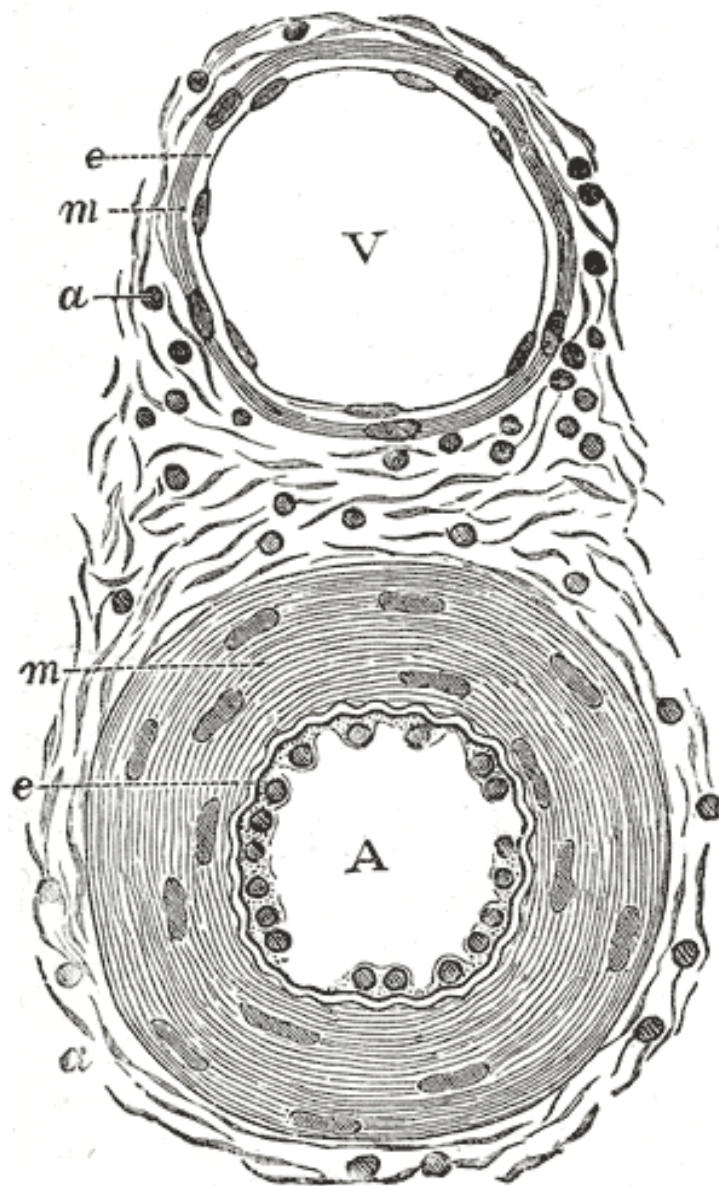
kötőszövet: rugalmas és kollagén rostok

simaiizom

Adventitia

kötőszövet, zsírsejtek

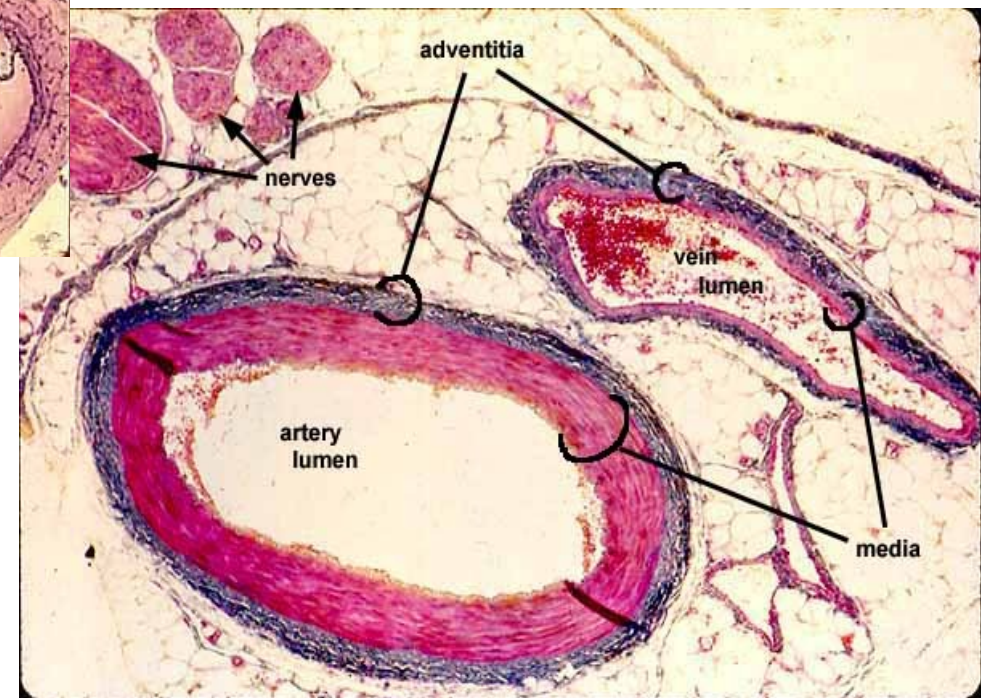
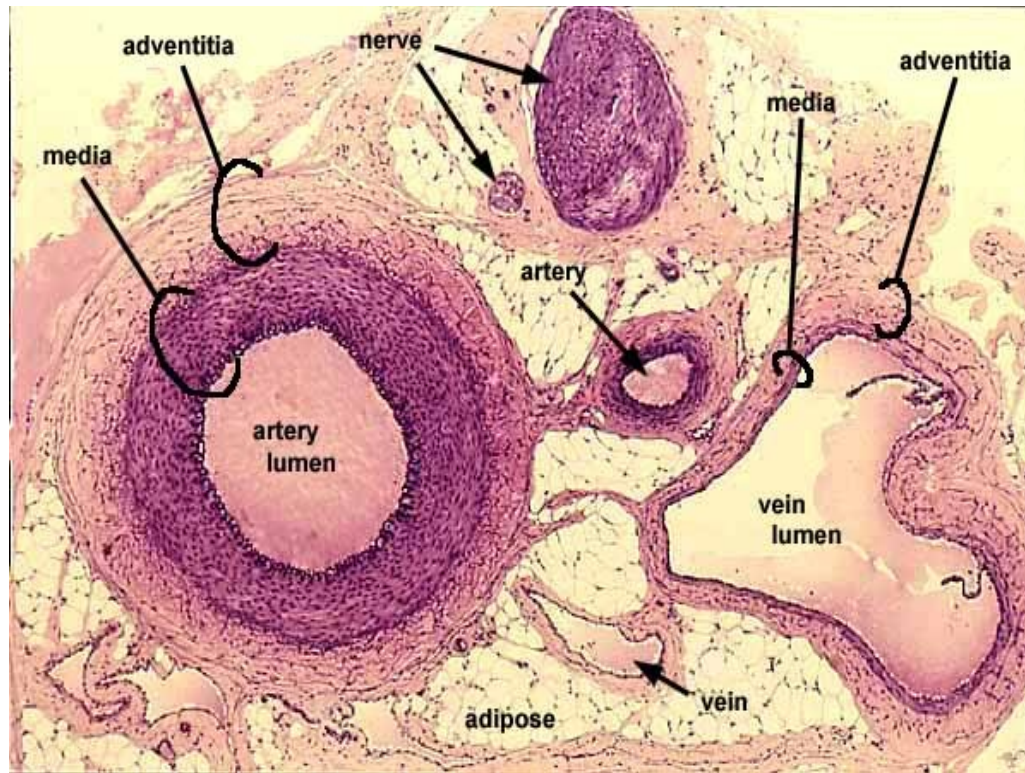
Ereket ellátó kis vérerek és az autonóm idegrendszer idegrostjai itt futnak.



Artéria és véna falának összehasonlítása:

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

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



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

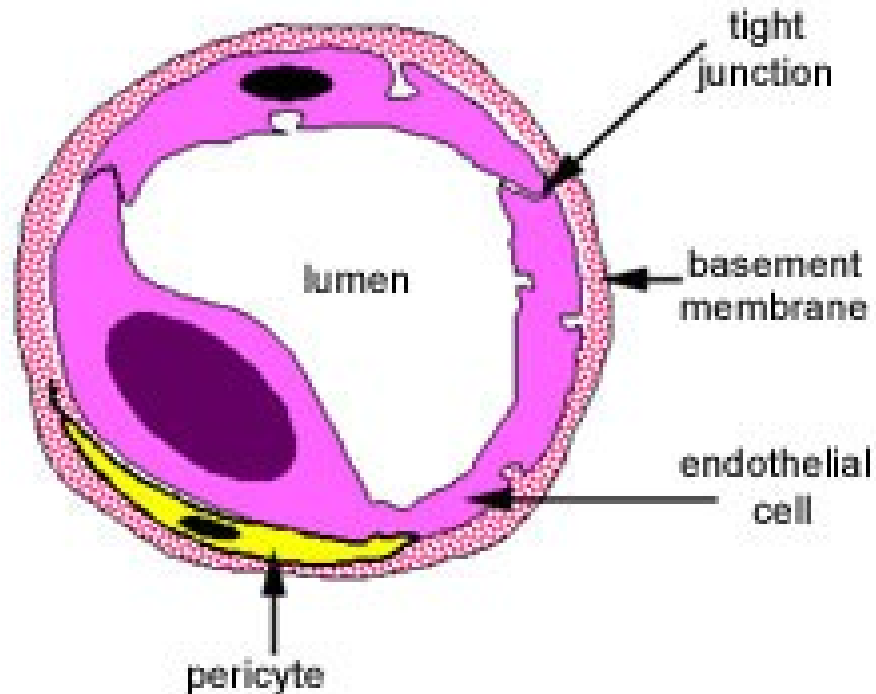
Arteriolák: vékony kötőszöveti réteg vastag izomréteg, gyűrűs izmok: átmérő változtatása, kiegyenlített véráramlás, nagy nyomáscsökkenés

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 nyitását, 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_2 , CO_2 számára a sejtek teljes felülete átjárható

víz, K^+ 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 koncentráció gradiense irányában történik, ez szolgáltatja az energiát a glükóz és aminosavak koncentráció gradiensük ellenében szállításához.

f) ATPázok

ionok

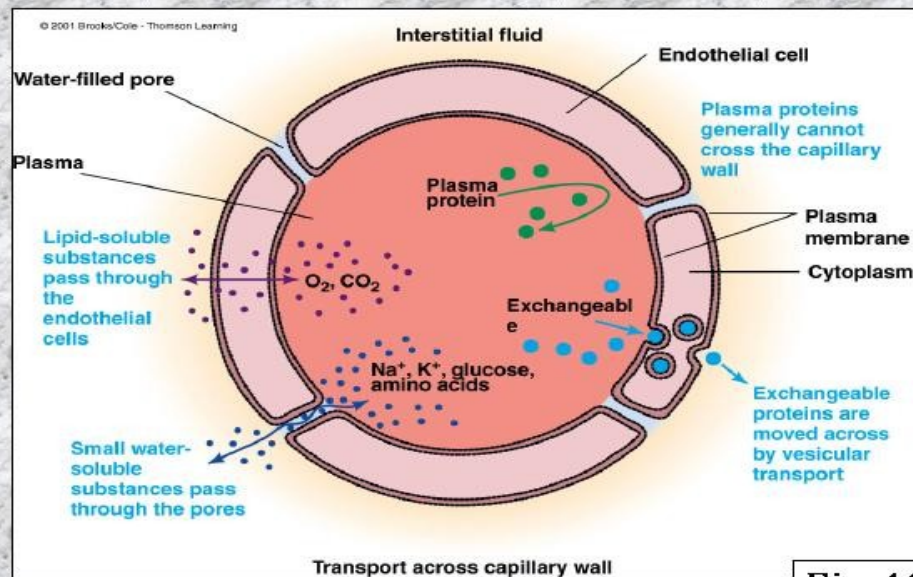
homeosztatikus funkció, ATP bomlása közben ionok szállítása koncentráció gradiensük ellenében

Endothélium típusai:

folyamatos: izom

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

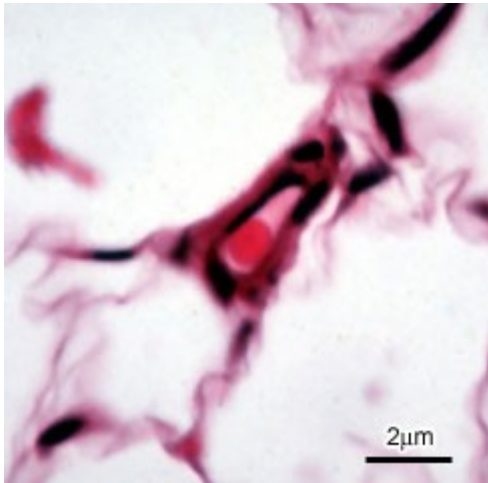
Capillary Exchange: Diffusion and Transport



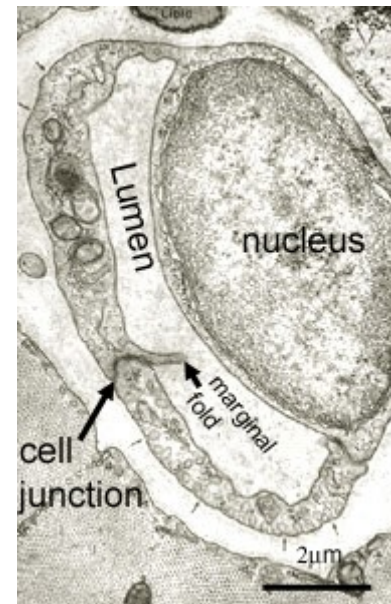
vizet kisebb ionos és nem
ionos molekulákat engednek
át
pinocytózis és endocytózis
lehetséges

zárt: agyi és retinális

Laphámsejtek tight junction-nal kapcsolódnak egymáshoz: kapilláris lumene szeparált a sejtek közötti tértől: agyi kapillárisok vezikulaképződés sincs.



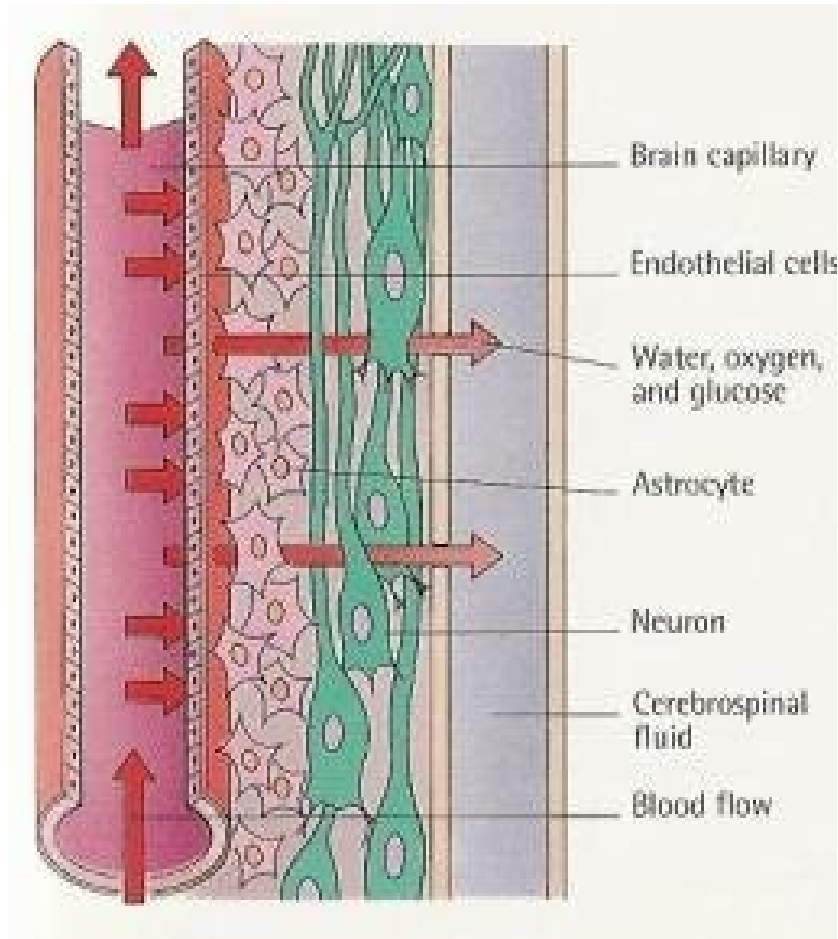
Fénymikroszkópos kép:
kapilláris ürege egy vvt-tel

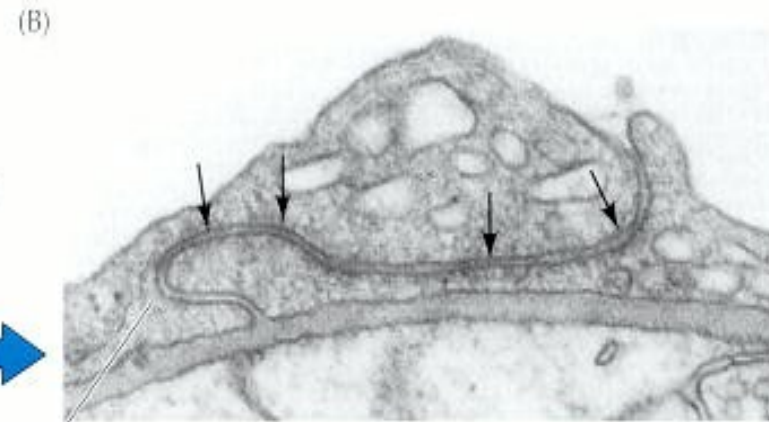
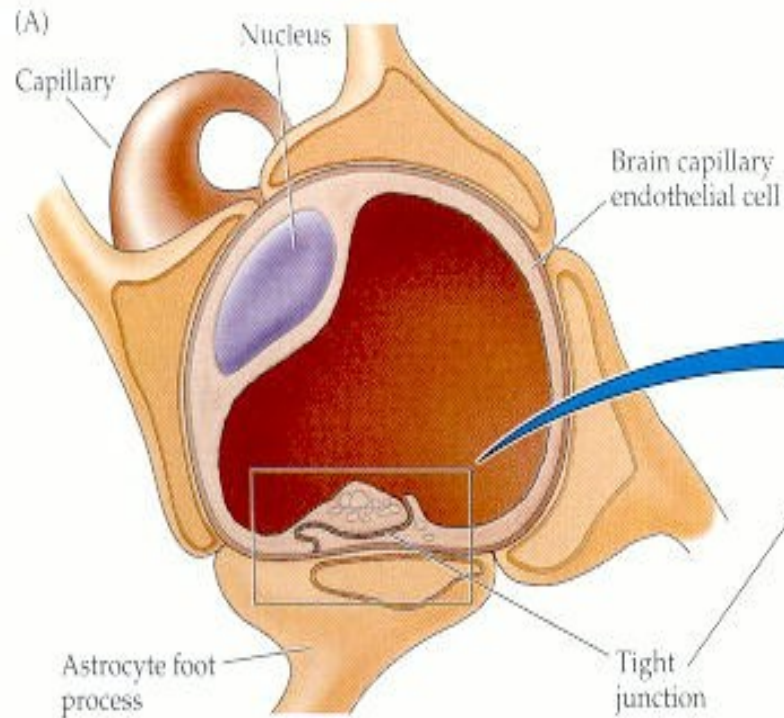


EM-os kép: endothel sejt a kapilláris üregébe
bedomborodó sejtmaggal, két endothel sejt között
tight junction

Vér-agy gát:

Elsődlegesen az agyi kapillárisokhoz kapcsolódó glia sejtek alkotják.





The cellular basis of the blood-brain barrier. (A) Diagram of a brain capillary in cross section and reconstructed views, showing endothelial tight junctions and the investment of the capillary by astrocytic end feet. (B) Electron micrograph of boxed area in (A), showing the appearance of tight junctions between neighboring endothelial cells (arrows). (A after Goldstein, Goldstein and Betz, 1986; B from Peters et al., 1991.)

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;

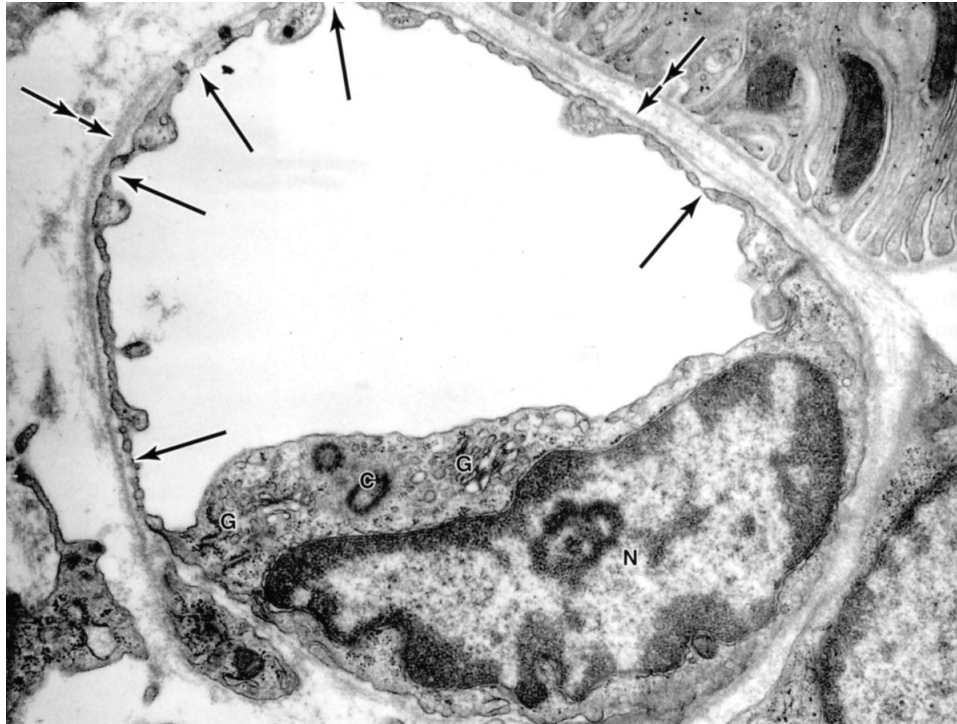
ABS rendszer. aktív, Na^+ függő transzport: ALA, SER, CYS, agyból kifelé irányuló transzport.

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,

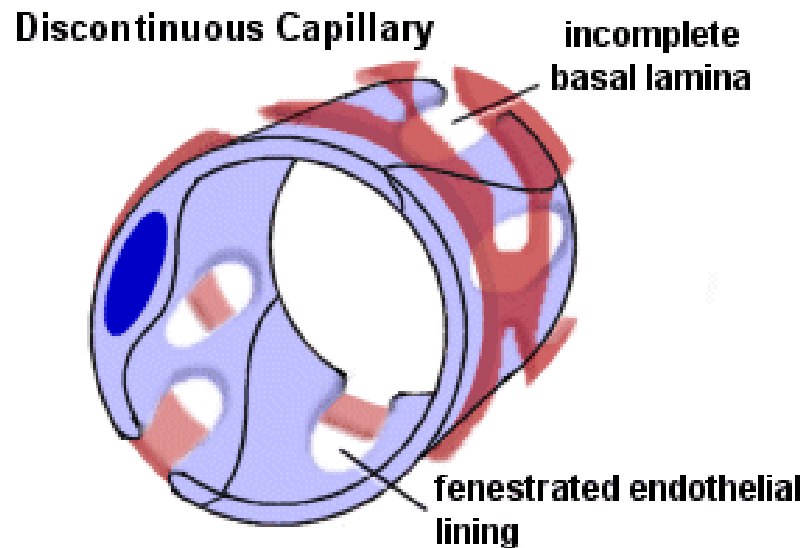
C: centriolum

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



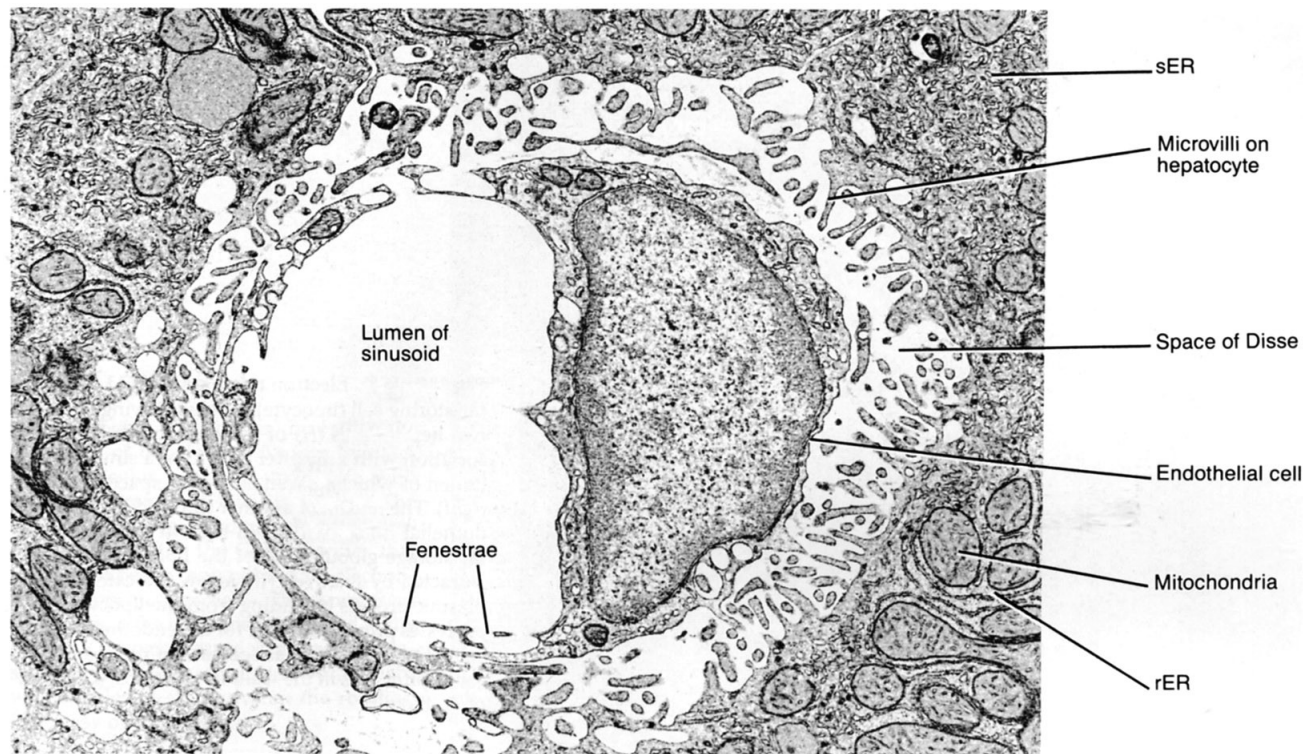
Kapillárisoknál vastagabb, gyakran irreguláris lefutású erek.

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 az 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.

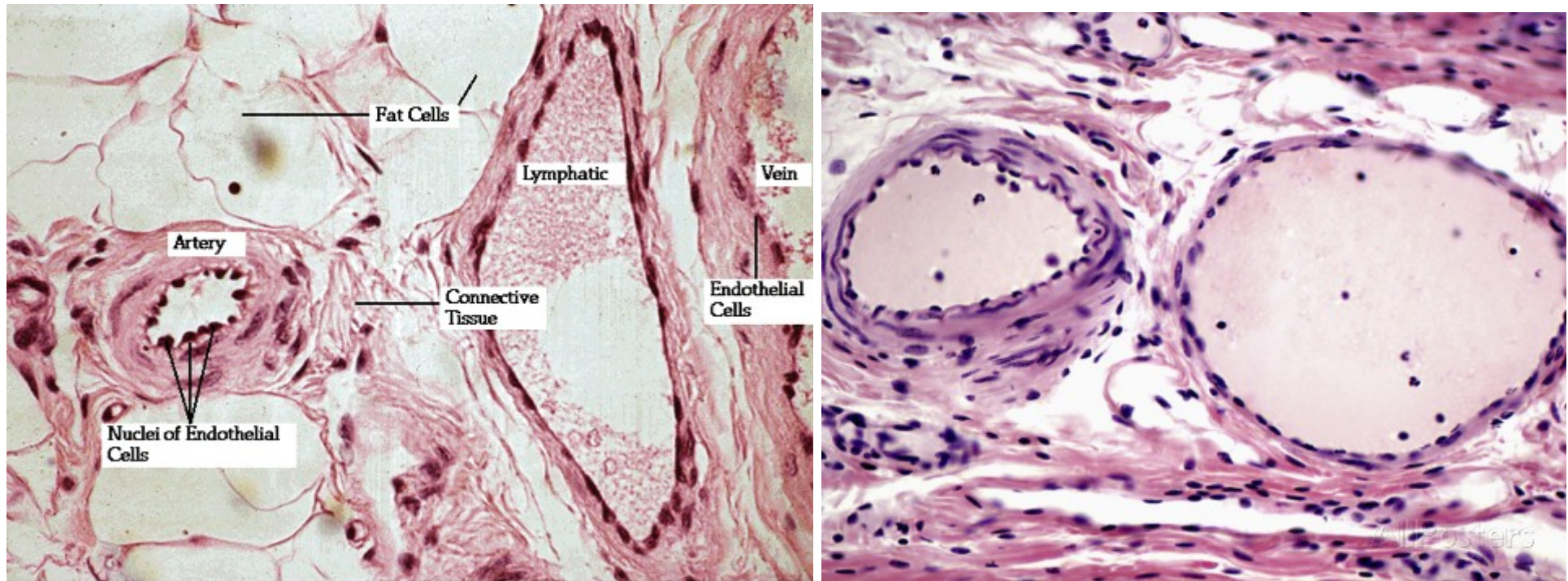
Tüdőkapillárisok:

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:

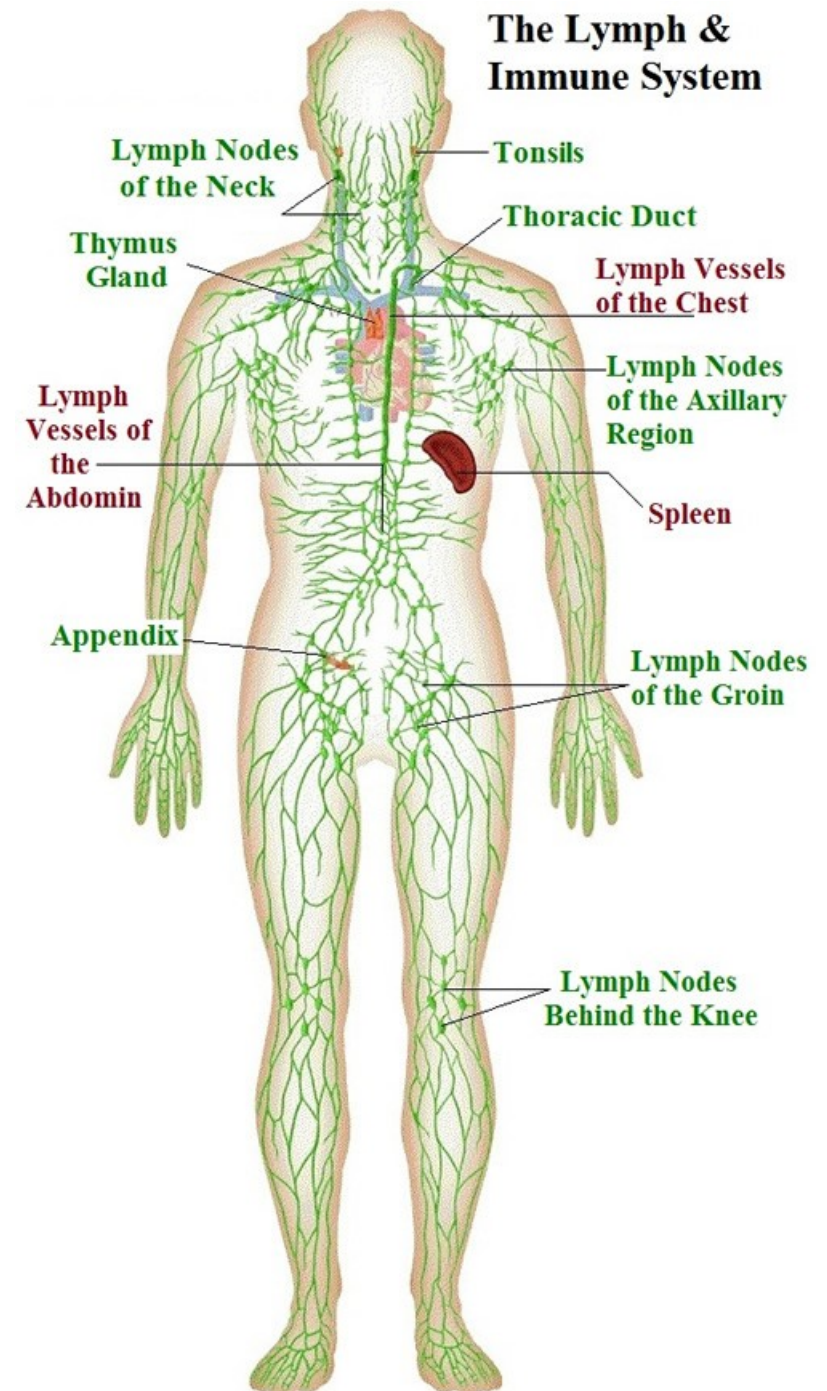
Vénás rendszerbe torkolló erek.

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 nyomáskereső 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

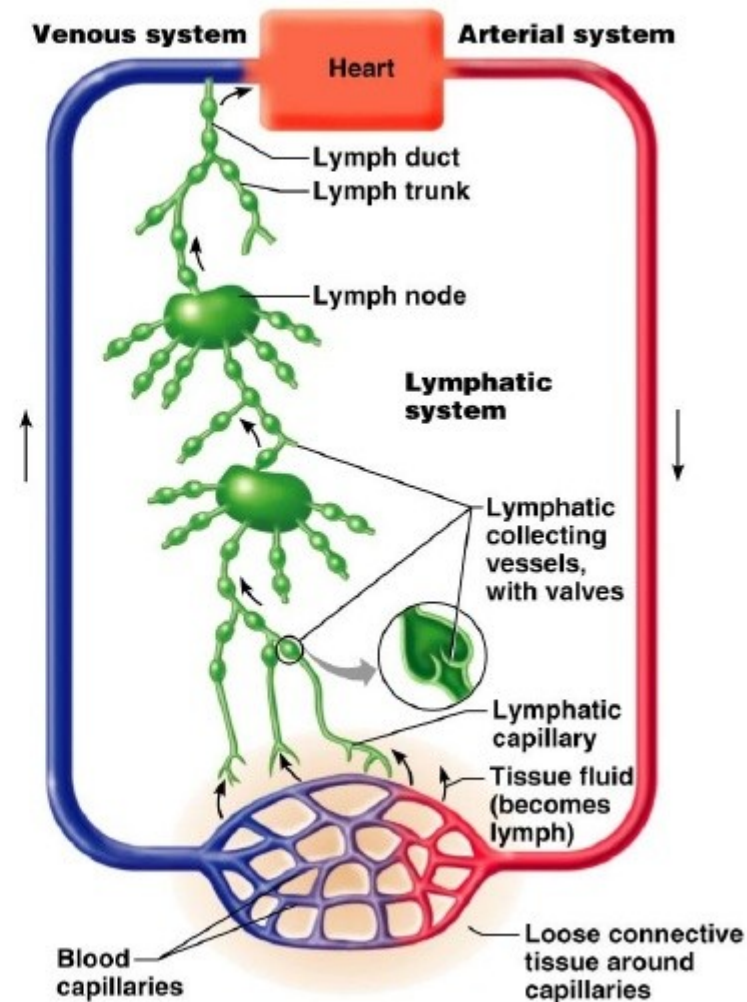


Figure 20.1

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

a nagy artériák tágulékenységének,

az artériákból történő vérkiáramlás sebességének függvénye.

Befolyásoló tényezők: perifériás ellenállás

arteriolák myogén tónus

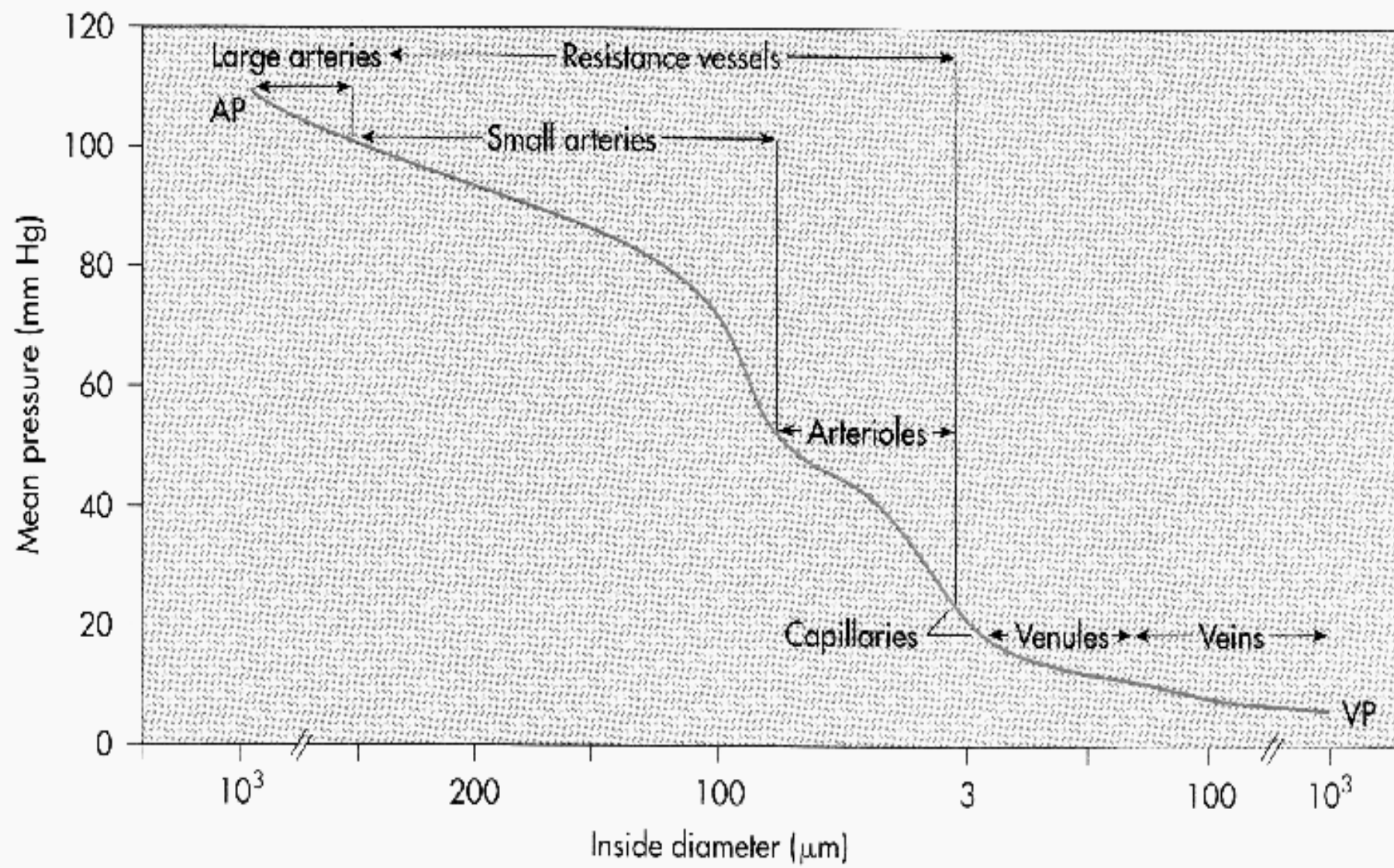
arteriolák neurogén tónusa

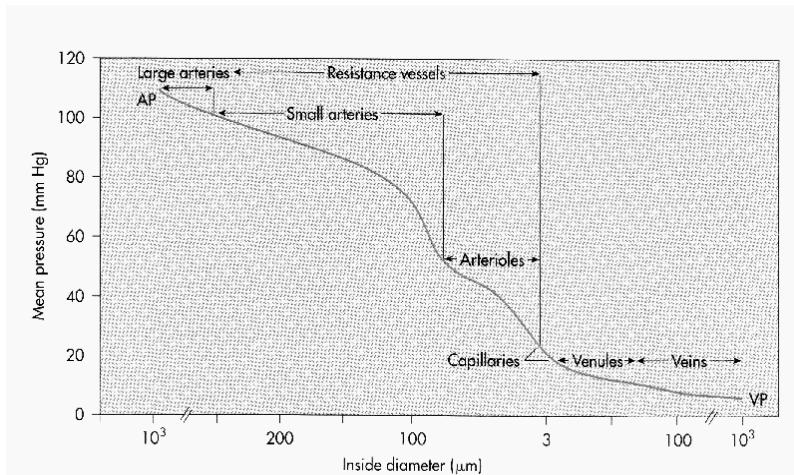
Vénás vérnyomás:

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 nyomásesés 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.

Középnomás értékek: (Hgmm)

Aorta	100
Artériák	100 - 85
Arteriolák	85 - 30
Kapilláris	30 - 15
Vénák	15 - 0
Kisvérkör	14 - 4

Miogén tónus:

izomösszehúzódnás 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.

CO₂, H⁺, adenozin, K⁺ 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 O₂-kínálatot összehangolja az O₂ 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 α_1 R-en hat érszűkület:

α_1 R-k csak nagy koncentrációjú keringő NA által hozzáférhető helyen vannak, erek kötőszöveti burkában.

A: adrenalin

főleg β_2 R-en hat értágulat:

β_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

Összehúzódnak növeli a perifériás ellenállást, csökkenti a kapilláris nyomást.

α_1 R-ok, szimpatikus NA rostok, összehúzódnak, perifériás vérkeringés gátlása

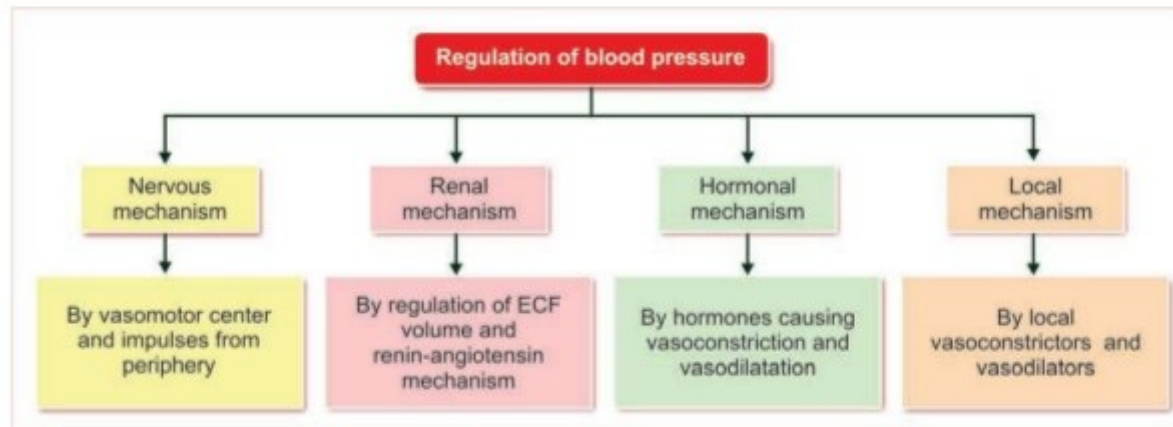
Posztkapilláris rezisztanciaerek: posztkapilláris venulák összefolyásából keletkezett venulák falában már van simaizom.

Összehúzódnak növeli a kapilláris nyomást.

α_1 R-ok, szimpatikus NA rostok, összehúzódnak, 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_2 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

Purinerg hatás

2. vénák kiürítése

passzív tényezők: ideáramlás és vénás nyomás csökken, vénák összeesnek

aktív: noradrenerg α_1 R-on keresztüli vazokonstriktio

Vázizom vérkeringése:

A testtömeg 40-50%-a nyugalomban hanyatt fekvé 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 vazokonstriktós tónus alatt állnak: α_1 R hatás
- izomtevékenység alatt csökken
- α_1 R hatás teljes blokkolása: 2x véráram fokozódás csak
- β_2 R-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_2 -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 α_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_2 fogyasztás 25%-a

O_2 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

Kémiai szabályozás:

agyi véráramlás artériás CO₂ nyomás függvénye

helyi véráramlás fokozódása:

kismértékű az egészhez képest

NO-n keresztül a keletkező metabolitok vazodilatációt okoznak

helyi H⁺ K⁺ koncentráció növekedése

agyi 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,

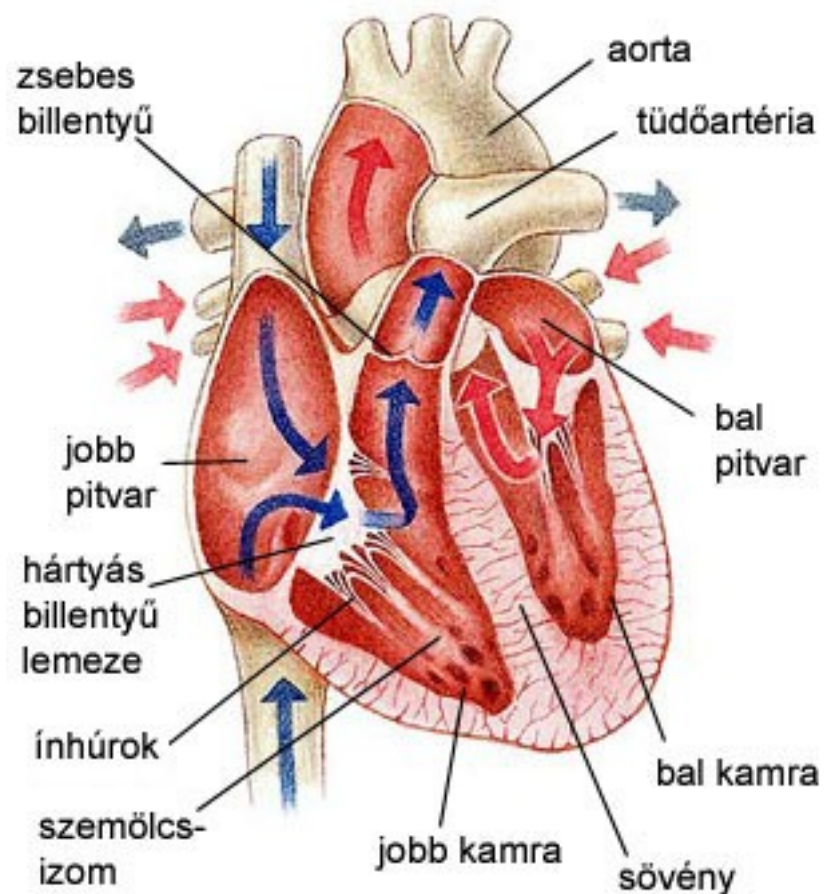
áramlásfüggő szabályozórendszer(a juxtaglomerularis apparátus)

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).

Szívburók borítja.

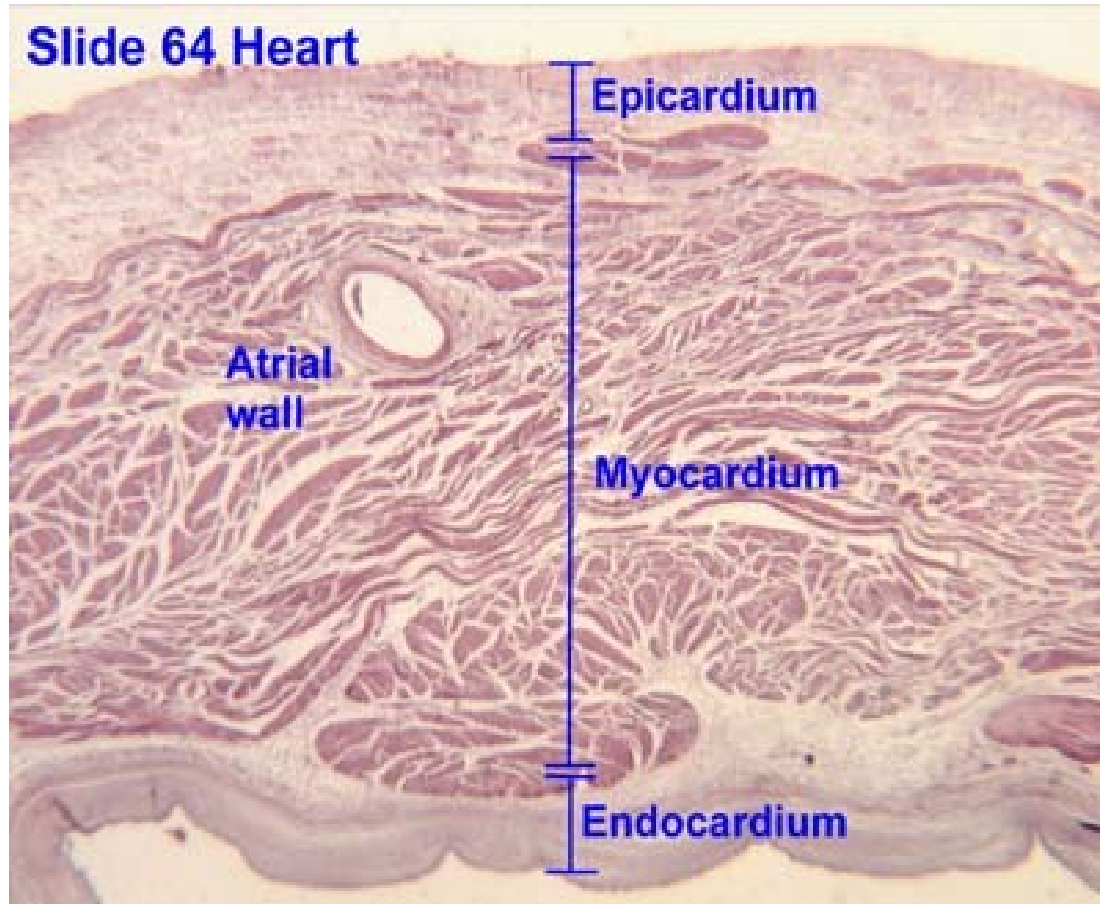
savós hártya

- 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)

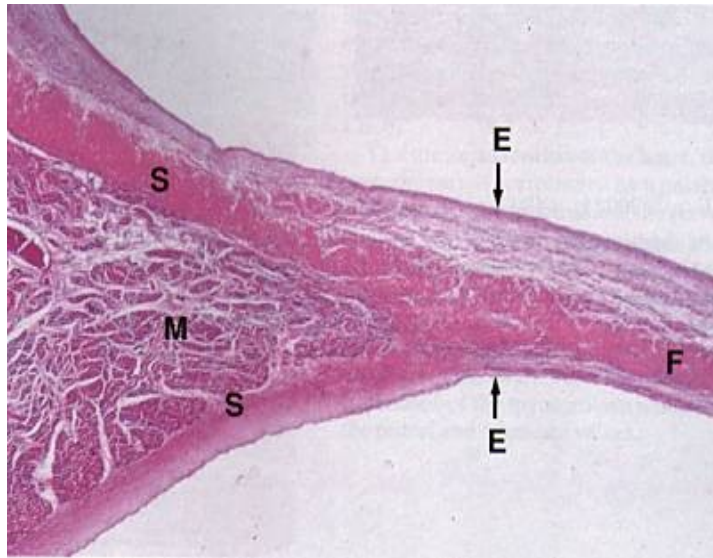
Epicardium (szorosan hozzátapad a myocardiumhoz)

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

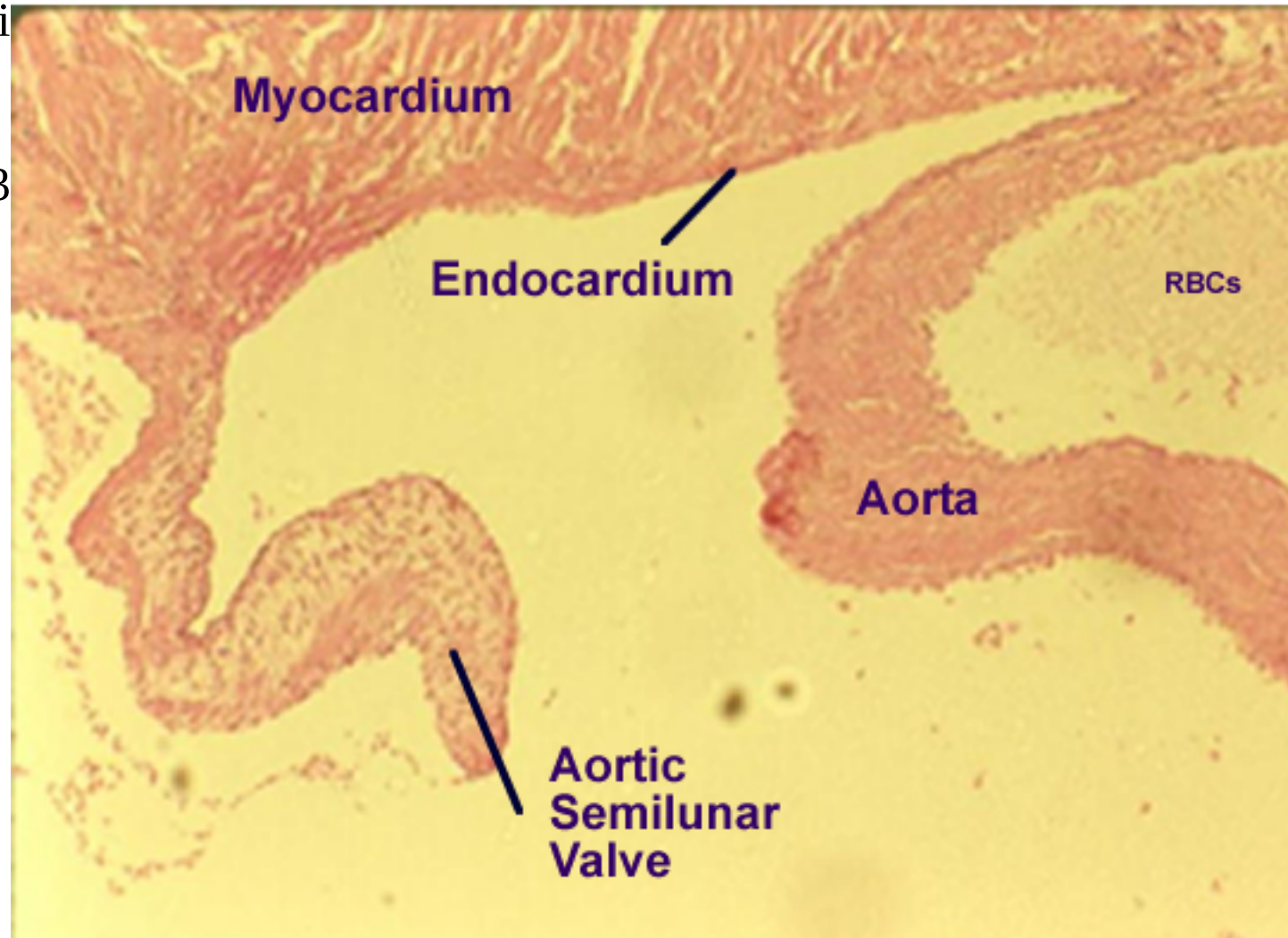
nagyerek kezdeti

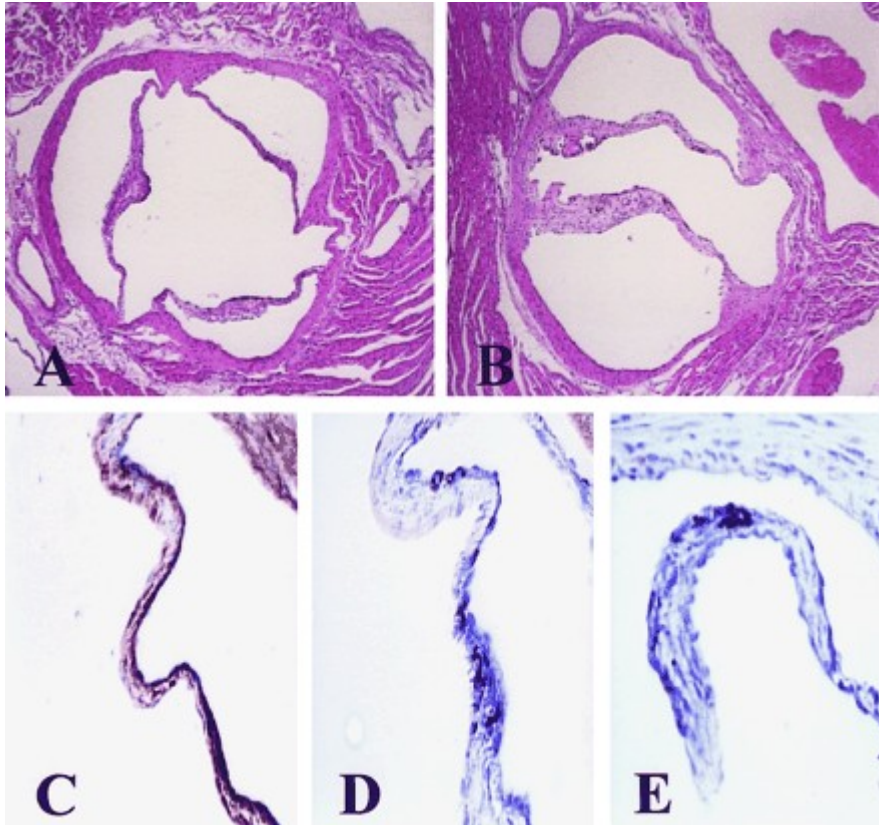
szakaszán

mindegyikben 3-3

billentyű

Cardiac Valves





Zsebes billentyűk fejlődése függ a NO termelő sejtek jelenlététől és normális működésétől.

A) vad egéstípus normálisan kifejlődött 3 zsebes billentyűvel

B: eNOS (endothelialis NO szintetáz enzim) hiányos egérben csak 2 billentyű alakul ki

C-E eNOS festés vad (C), mutáns (D) és negatív kontroll (E) szövetben

Circulation May 23, 2000 vol. 101 no. 20 2345-2348

Újszülöttek 1%-nál fordul elő

Működhet normálisan, de számos betegség kialakulásának esélye megnő: pl aortic stenosis (aorta szájadék elkeskenyedése) bacterial endocarditis, artériás visszaáramláshoz vezethet

Szívciklus:

Szívműködés ismétlődő szakaszai

A szívciklus első ütemében a pitvarok megtelnek vérrel, majd összehúzódnak.

A vérnyomás növekedése miatt megnyílnak a vitorlás billentyűk, és a vér a kamrákba áramlik.

Ezt követően a kamrák húzódnak össze.

A billentyűk lemezei alá nagy nyomással áramló vér bezárja a vitorlás billentyűket, melyek szorosan illeszkedő lemezei megakadályozzák a vér visszaáramlását a pitvarba. A növekvő vérnyomás miatt ugyanakkor kinyílnak a zsebes billentyűk, és a vér az aortába, illetve a tüdőartériába áramlik.

Az artériába jutott vér belefolyik a zsebes billentyűk tasakjaiba, amelyek egymáshoz simulva megakadályozzák a vér visszaáramlását, amikor a kamra elernyed.

A jobb és a bal kamra minden egyes összehúzódásával azonos térfogatú vért továbbít a kis, illetve a nagy vérkörbe.

Nyugalmi szívűködés:

70-75-ször húzódik össze percenként.

Egy-egy összehúzóóással a jobb és a bal kamrából mintegy 70-80 cm³ vér kerül az érpályába.

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

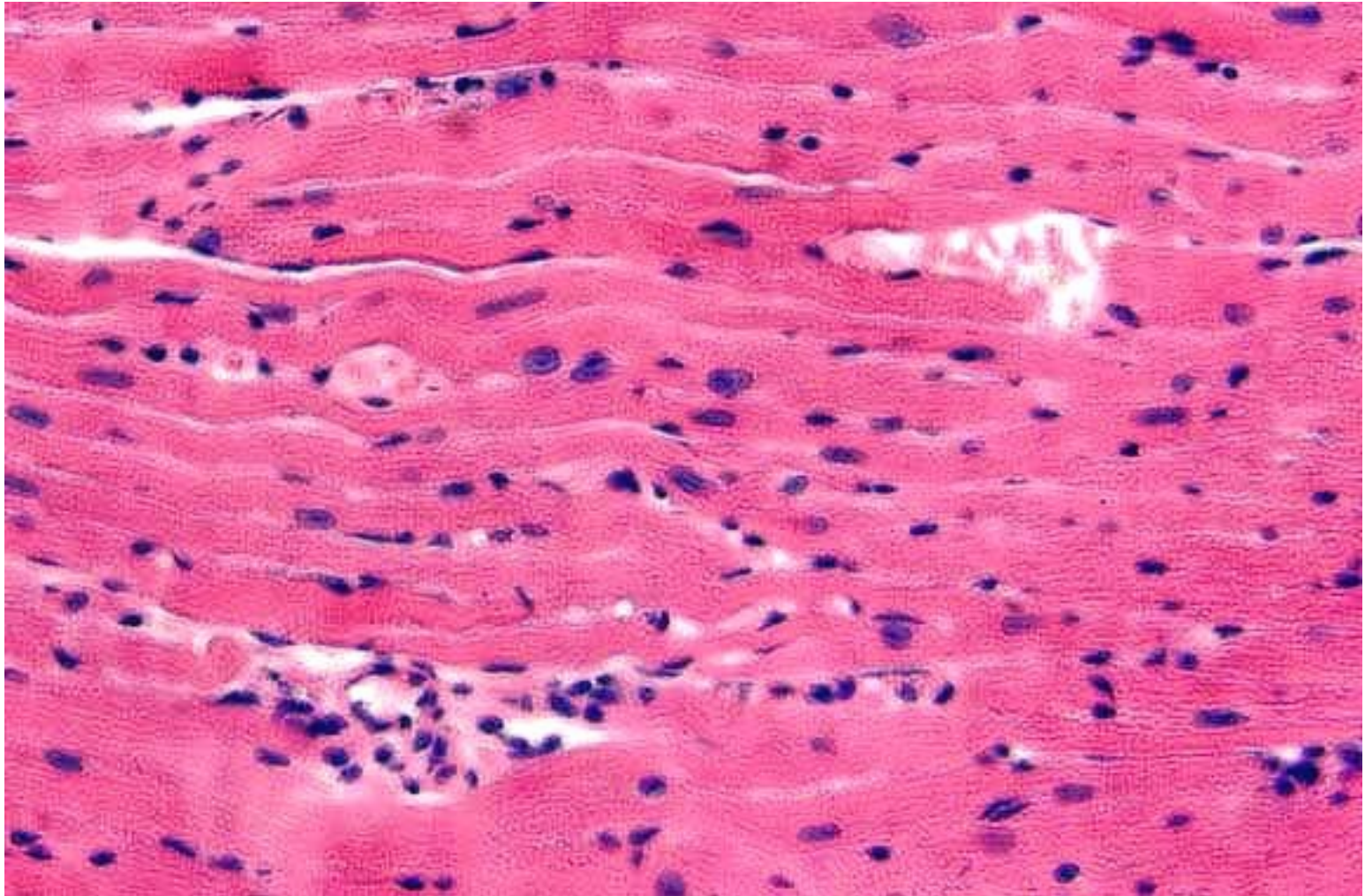
(1 perc alatt a teljes vértérfogat megfordul mind a kis vérkörben, mind pedig a nagy vérkörben).

Nagyobb igénybevéétel esetén emelkedik az egy összehúzóóással továbbított vér mennyisége, valamint az összehúzóóások száma is. Ennek következtében a keringési perctérfogat a nyugalmi érték többszörösére emelkedhet.

Szívizomrostok típusai:

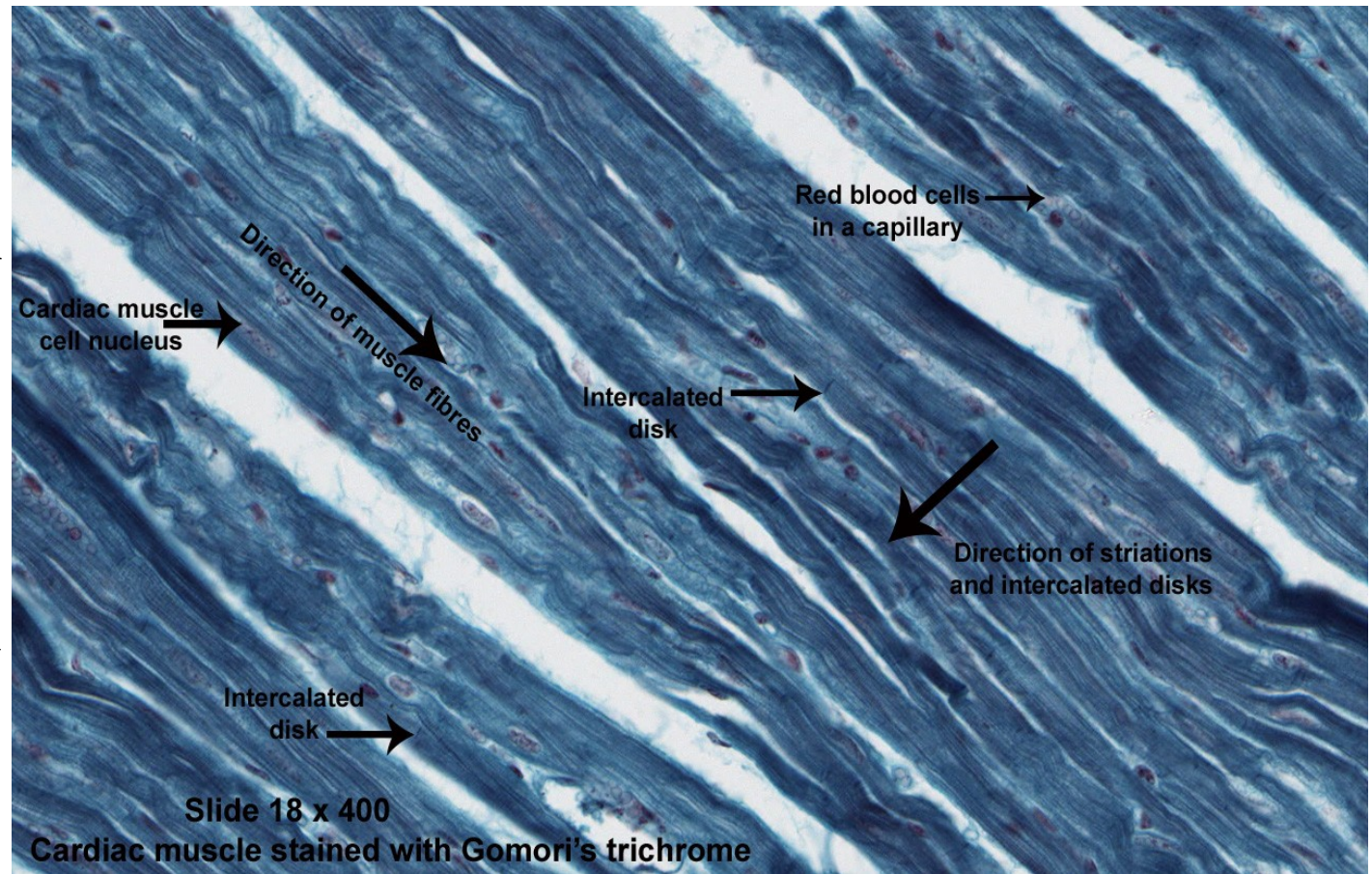
Munkaizomzat:

pitvari és
kamrai
myocyták,
kontrakciós
erőt
generálják.

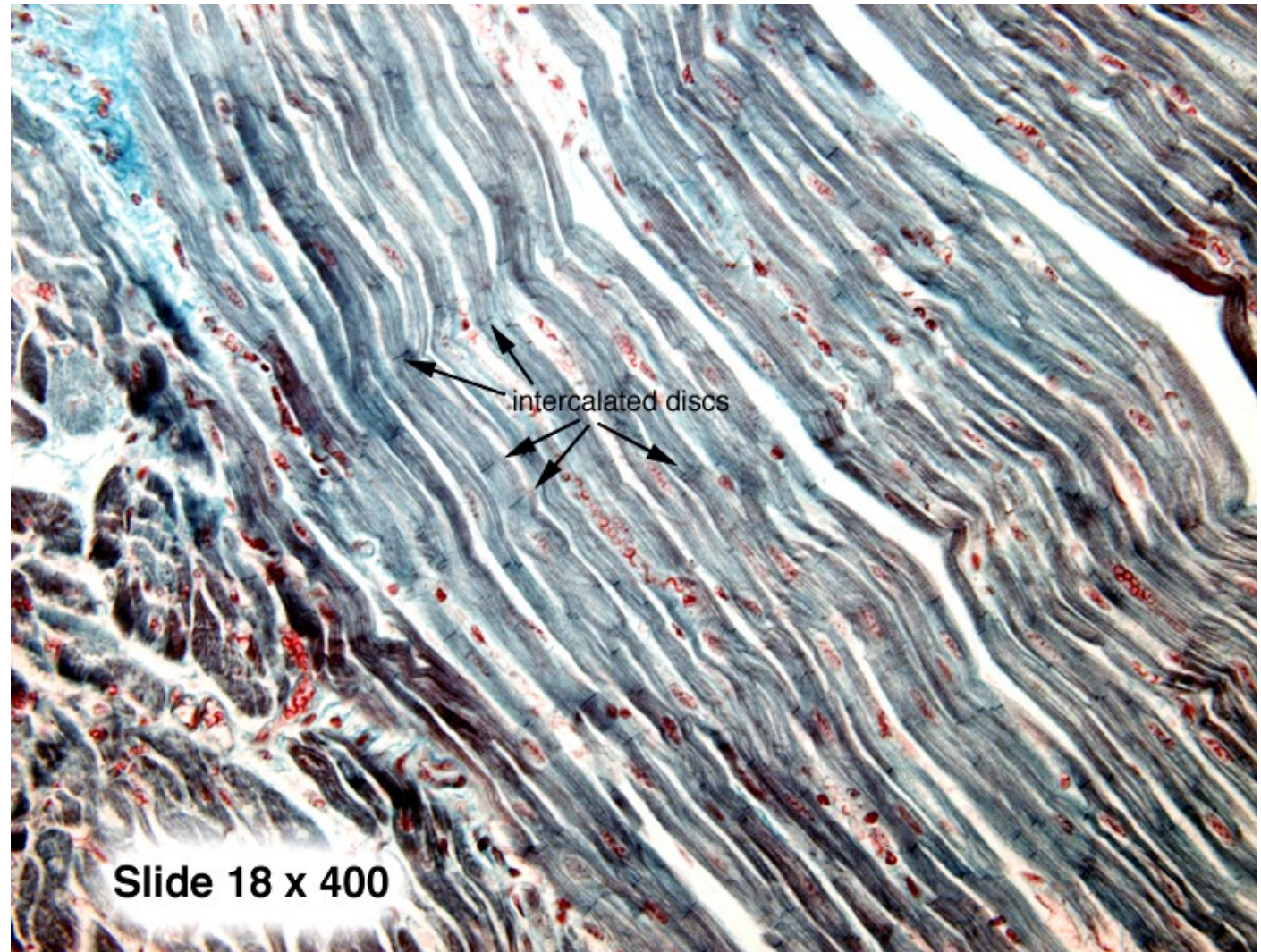


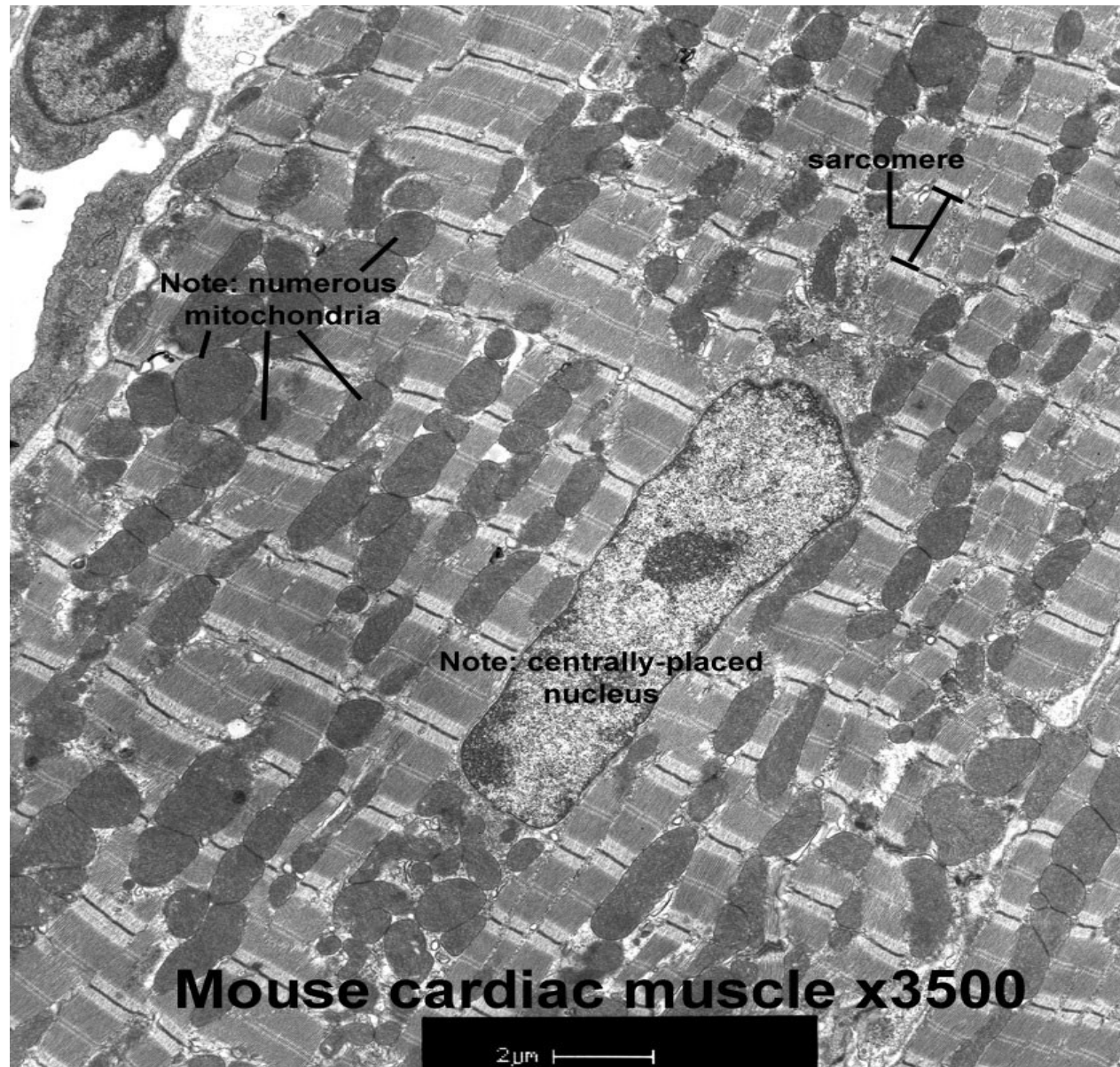
Szívizom jellemzői:

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**.

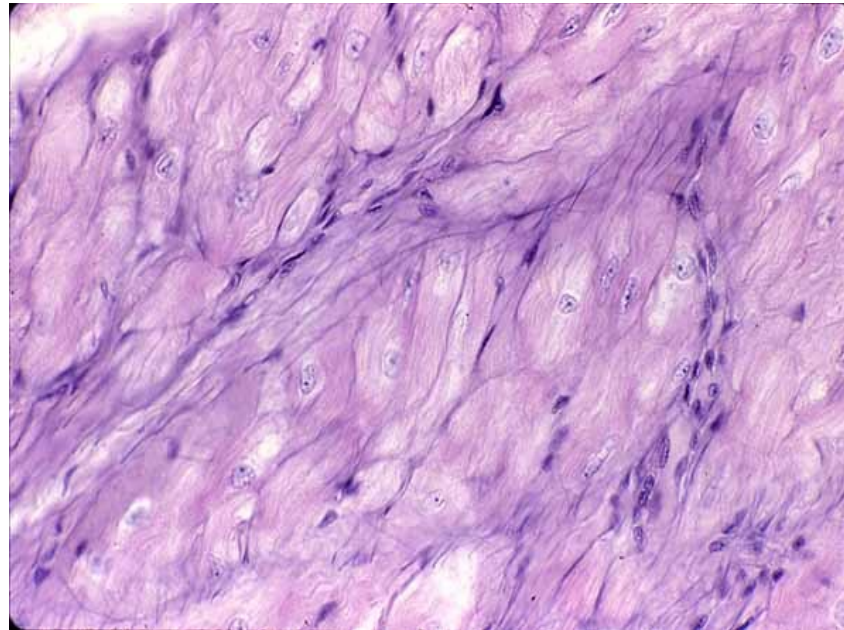
Ha egyetlen szívizomsejt ingerületbe kerül, az ingerületi állapot akadálytalanul, késés nélkül, átkerjed a hálózat összes többi sejtjére, valamennyi rost, gyakorlatilag egyszerre összehúzódik

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

Tekintettel arra, hogy a pitvarok izomzatát a rostos anulus fibrosus elválasztja a kamrák izomzatától, egy kamrai és egy pitvari egységről (izomtömlő) beszélhetünk, amelyeket csupán az anulus fibrosuson keresztülhatoló ingervezető rendszer köt össze.

Ingerképzésben résztvevő myocyták:

kontrakciós apparátus fejletlen. Sejtmembrán ioncsatornái 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 felrostdozódnak 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 aktivizálódásáig.

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

Szív beidegzése:

Szimpatikus beidegzés:

Transzmittere noradrenalin (NA), β 1-receptorok közvetítik hatását.

Szívműködés fokozása: a szívműködés minden összetevőjét érinti.

ingerképzését, ingerület szíven belüli vezetését, összehúzódások erejét.

Paraszimpatikus rostok: n vagus rostjai:

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

Szívműködés lassulása: ingerképző és ingerületvezető rendszer beidegzése.

Szívizomsejtek ionáramai:

depolarizáló áramok:

gyors Na^+ áram: tranziens, csatorna depolarizált membránpotenciálon nyit;

f áram: Na^+ - K^+ vegyes áram, nem inaktiválódó, hiperpolarizált membránpotenciálon nyit; cAMP szint emelkedése növeli, csökkenése gátolja

T áram: Ca^{2+} áram, tranziens, viszonylag lassú ionáram, enyhén depolarizált membránpotenciálon nyit;

L áram: Ca^{2+} áram, nem inaktiválódó, erősen depolarizált membránpotenciálon nyit;

hiperpolarizáló áramok:

késői (delayed rectifier) K^+ csatorna: nem inaktiválódó, kicsit késve (amikor a Na^+ csatornák már inaktívak) aktiválódik, depolarizált membránpotenciálon nyit;

M típusú (ACh aktivált) K^+ áram: ACh hatására nyit,

tranziens korai K^+ áram: depolarizációra nyit, gyorsan inaktiválódik

inward rectifier K^+ áram: nyugalmi membránpotenciál meghatározásában döntő szerepet játszó tranziens áram. Depolarizált membránpotenciálon inaktív, Na^+ áram repolarizációjában nem vesz részt.

Cl^- áram: repolarizáció gyorsítása, NA és cAMP is aktiválja

Lassú akciós potenciál (AP):

sinuscsomó és atrioventricularis csomó egy részének sejtjei:

pacemaker aktivitás:

gyors Na^+ csatorna nincs,

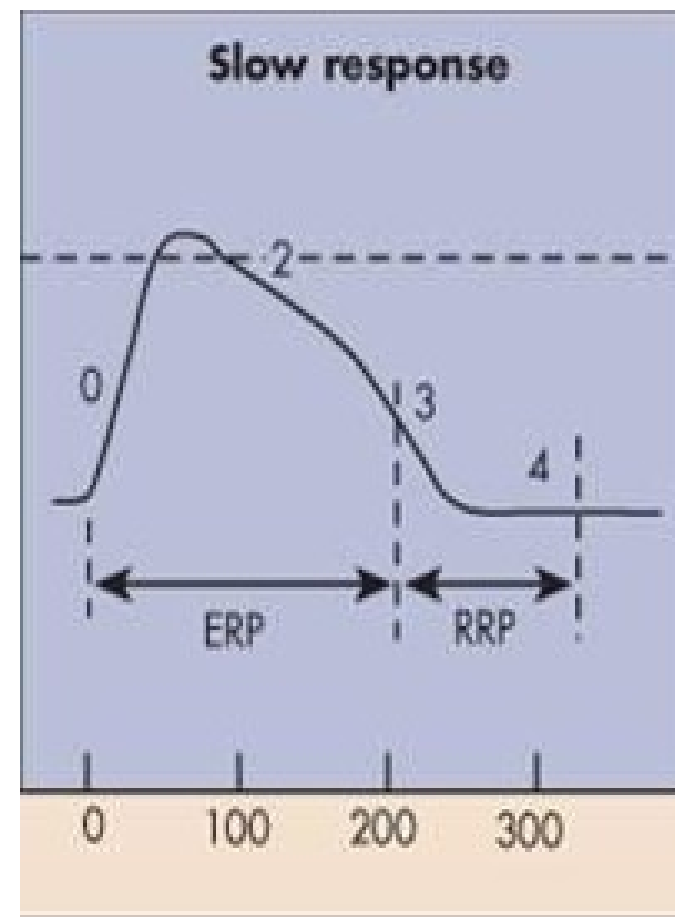
~100 ms hosszú Ca^{2+} potenciál alakul ki.

Depolarizáció:

f áram, T áram, L áram

Repolarizáció:

késői K^+ , ACh aktivált K^+ áram,



Szakaszok:

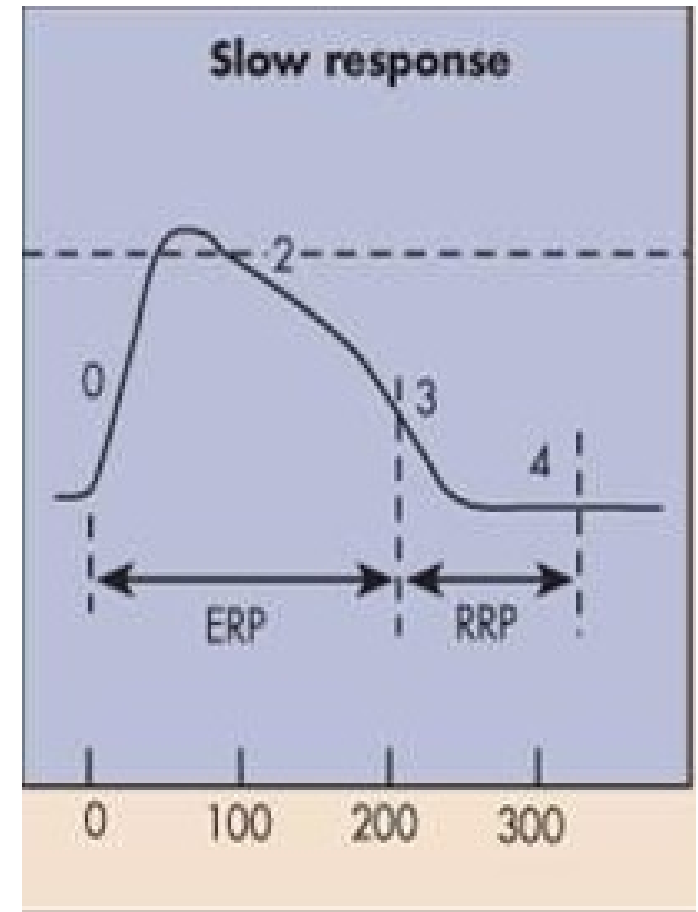
T típusú Ca^{2+} áram: lassú depolarizáció (0)

Legdepolarizáltabb részeken L áram is aktiválódik

T áram inaktiválódik, megkezdődik a repolarizáció (2)

K^+ áramok (késői K^+ áram és ACH aktivált K^+ áram) segítségével további repolarizáció és hiperpolarizáció (3)

Hiperpolarizáció hatására f áram aktiválódása, enyhe depolarizáció, újabb ciklus beindulása (4)



Gyors AP:

Ingerületvezető rendszer sejtjei, pitvari és kamrai izomsejtek

Depolarizáció:

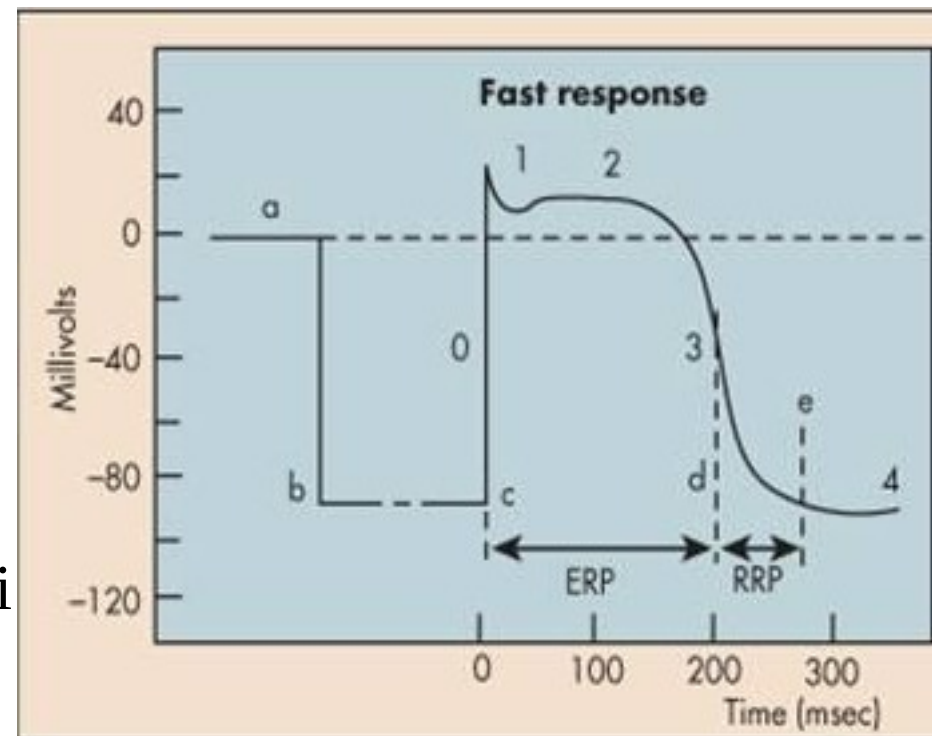
Gyors Na^+ áram, L áram

Repolarizáció:

tranziens korai K^+ áram, Cl^- áram, késői

K^+ áram (delayed rectifier), inward

rectifier K^+ áram (hyperpolarizált membránpotenciálon nyit ki)



Szakaszok:

korai, gyors depolarizáció: gyors Na^+ áram, (0)

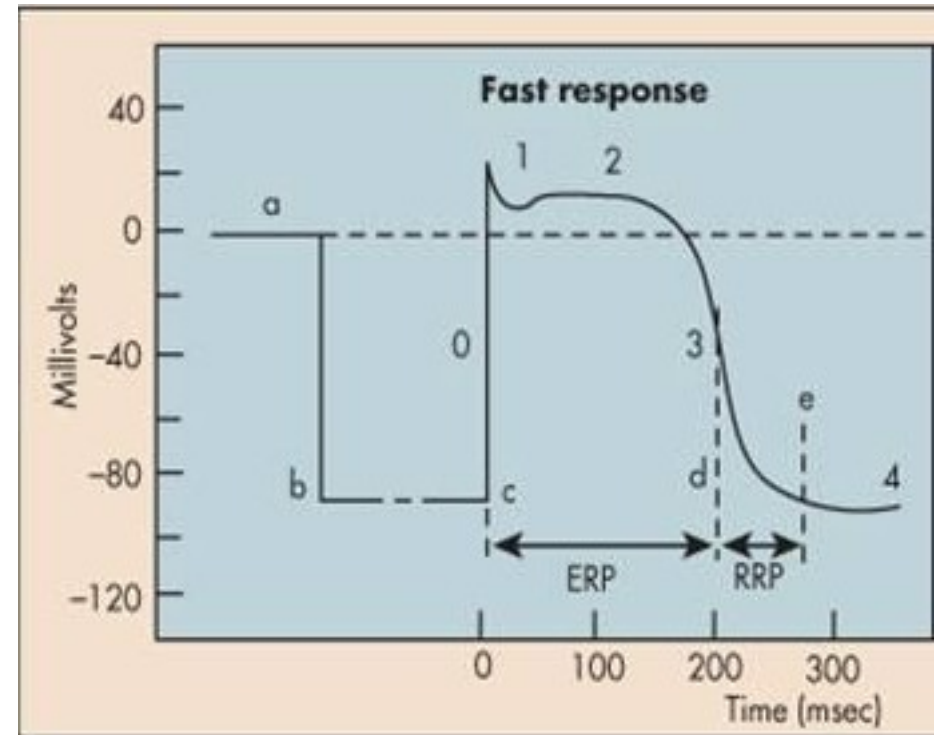
korai repolarizáció: tranziens korai K^+ áram, Cl^- áram, (1)

késői depolarizáció (plató): L típusú Ca^{2+} csatornák (2)

késői repolarizációs fázis: késői K^+ áram (delayed rectifier) (3)

Hiperpolarizált membránpotenciálon

inward rectifier K^+ áram is kinyit és a membránpotenciált a nyugalmi potenciál közelében stabilizálja (4)



Refrakter állapotok:

abszolút: nem lehet újabb kontrakciót kiváltani

AP plató fázisa

relatív: nagyobb ingerek már kiváltják az újabb AP-t de a Na^+ csatorna

aktivációja még nem teljes

repolarizáló K^+ áramok alatt



ERP: abszolút refrakter periódus

RRP: relatív refrakter periódus

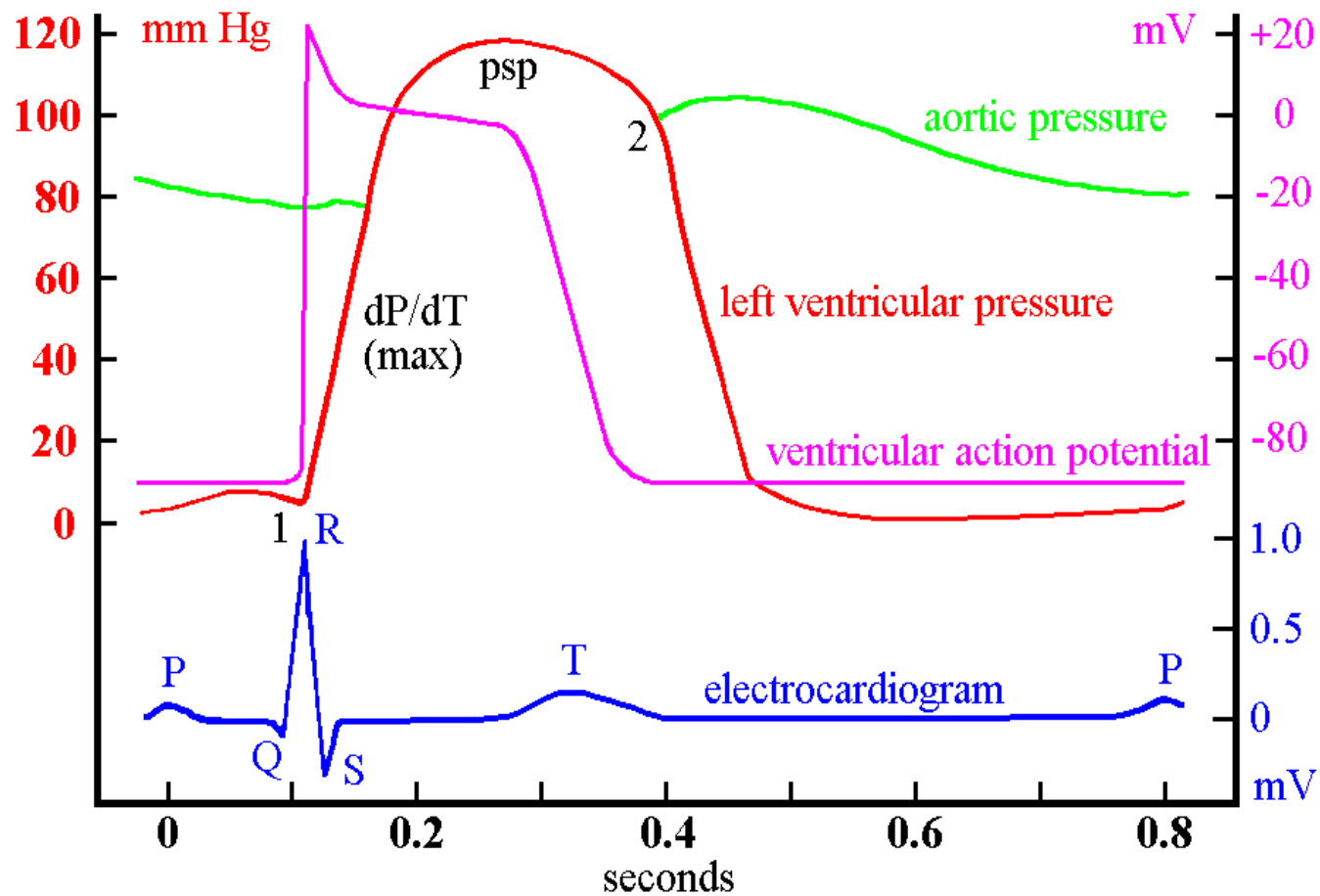
Izomösszehúzóds:

Szívizomsejtek: sejtek syncytiumot alkotnak: egyes sejtek gap junctionnal kapcsolódnak. AP áterjed a szomszédos rostokra.

myoplasma tranziens $[Ca^{2+}]_i$
növekedése (sarcoplasmatikus
retikulumból illetve
extracelluláris térből)
összehúzóds erőssége $[Ca^{2+}]$
és a filamentumok Ca^{2+}
érzékenységétől függ.



EKG



P hullám: pitvar
depolarizációja
QRS komplex:
kamrák
depolarizációja
T kamrák
repolarizációja