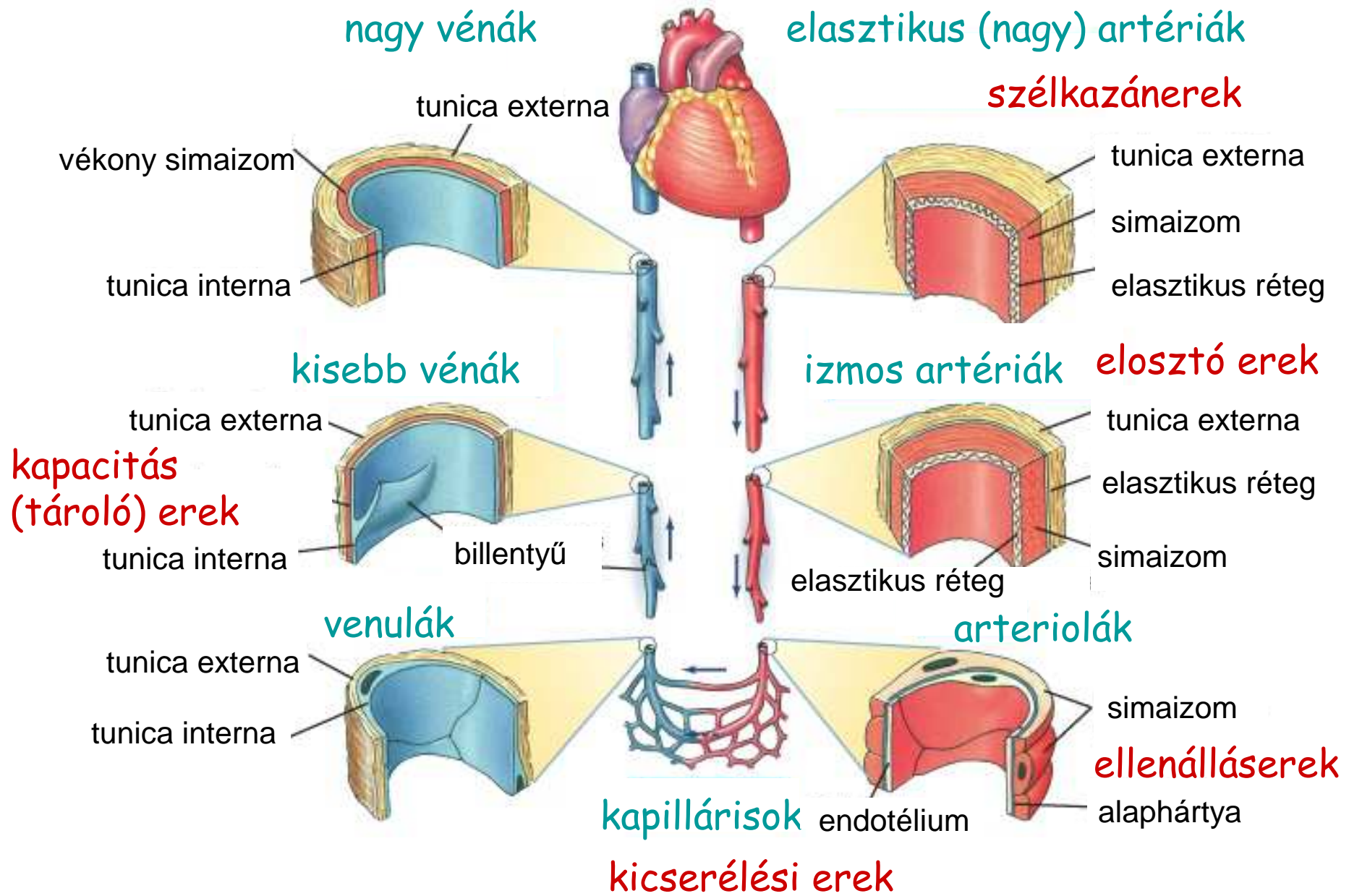


# A keringési rendszer szakaszai és működése

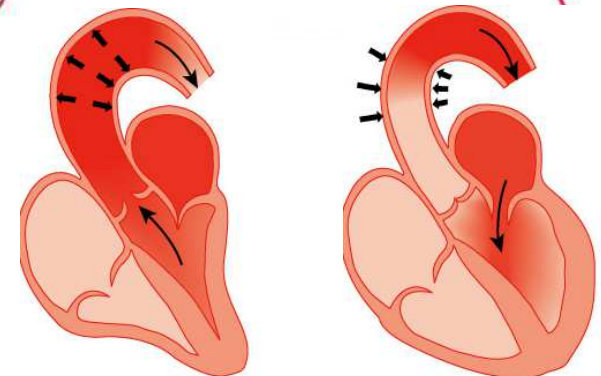
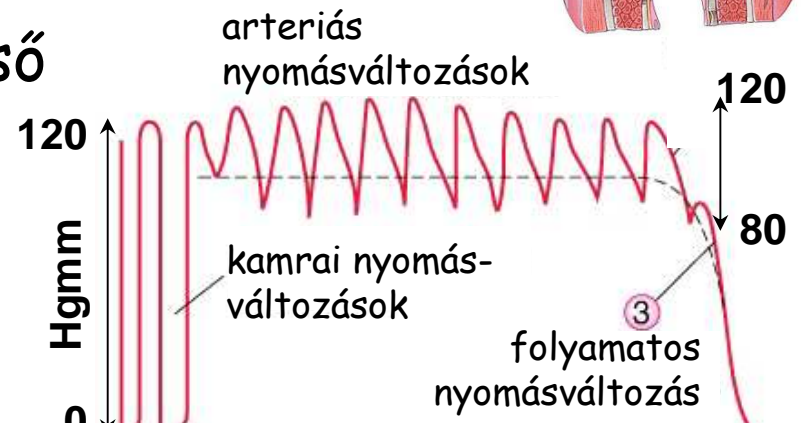
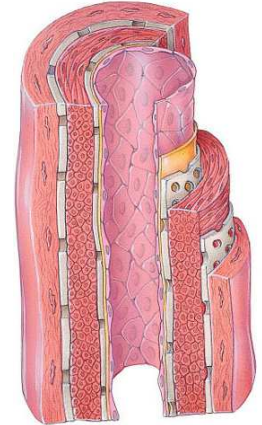
# A nagy vérkör szakaszai



# A keringési rendszer szakaszai

## 1. a magas nyomású érszakasz (80-120 Hgmm) - az arteriális rendszer

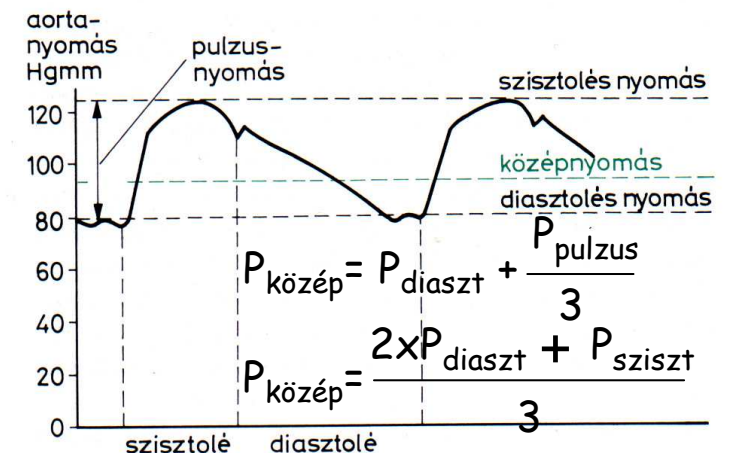
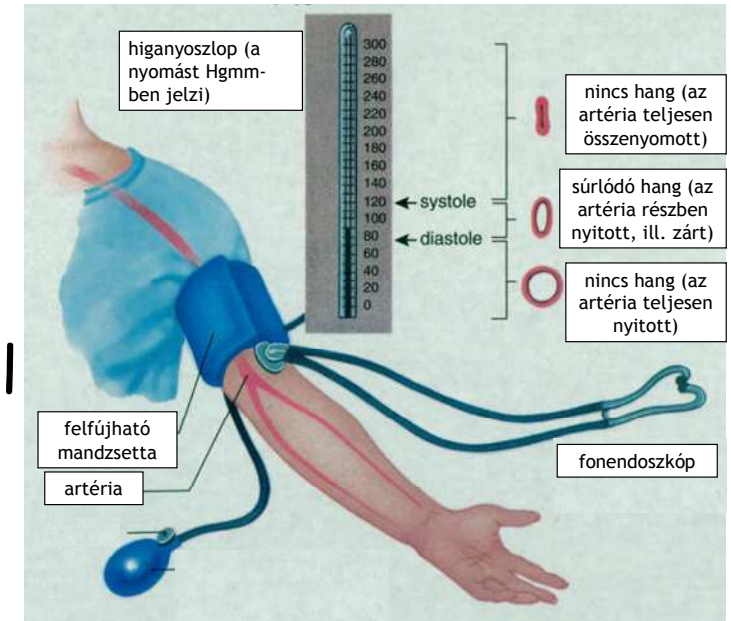
- aorta + nagyobb, rugalmas és izmos, vékonyabb arteriák
  - vastag, elastikus réteget és simaizmot is tartalmaznak
- belső nyomás nagy mértékben, szélső értékek között ingadozik: 80 - 120 Hgmm
  - "szélkázán" funkció: mérsékeli a nyomásváltozások amplitúdóját, folyamatos kimeneti áramlás
  - viszonylag nagy térfogat, rugalmas fal, szűk kimenet - kis nyomásváltozással folyamatos áramlás biztosítása



# A keringési rendszer szakaszai

## 1. a magas nyomású érszakasz (80-120 Hgmm) - az artériás rendszer

- vérnyomásmérés: a. brachialis-ban a kamrai szisztóle és diasztóle alatt mérhető nyomás
  - **pulzusnyomás**: a pulzustérfogattól és a tágulékonytságtól függ
  - **artériás középnyomás**: az artériás vértérfogattól, az aorta/artéria falának rugalmasságától és az arteriolák kersztmetszetétől függ
- idős korban érfal rugalmassága csökken - szisztólés nyomás nő



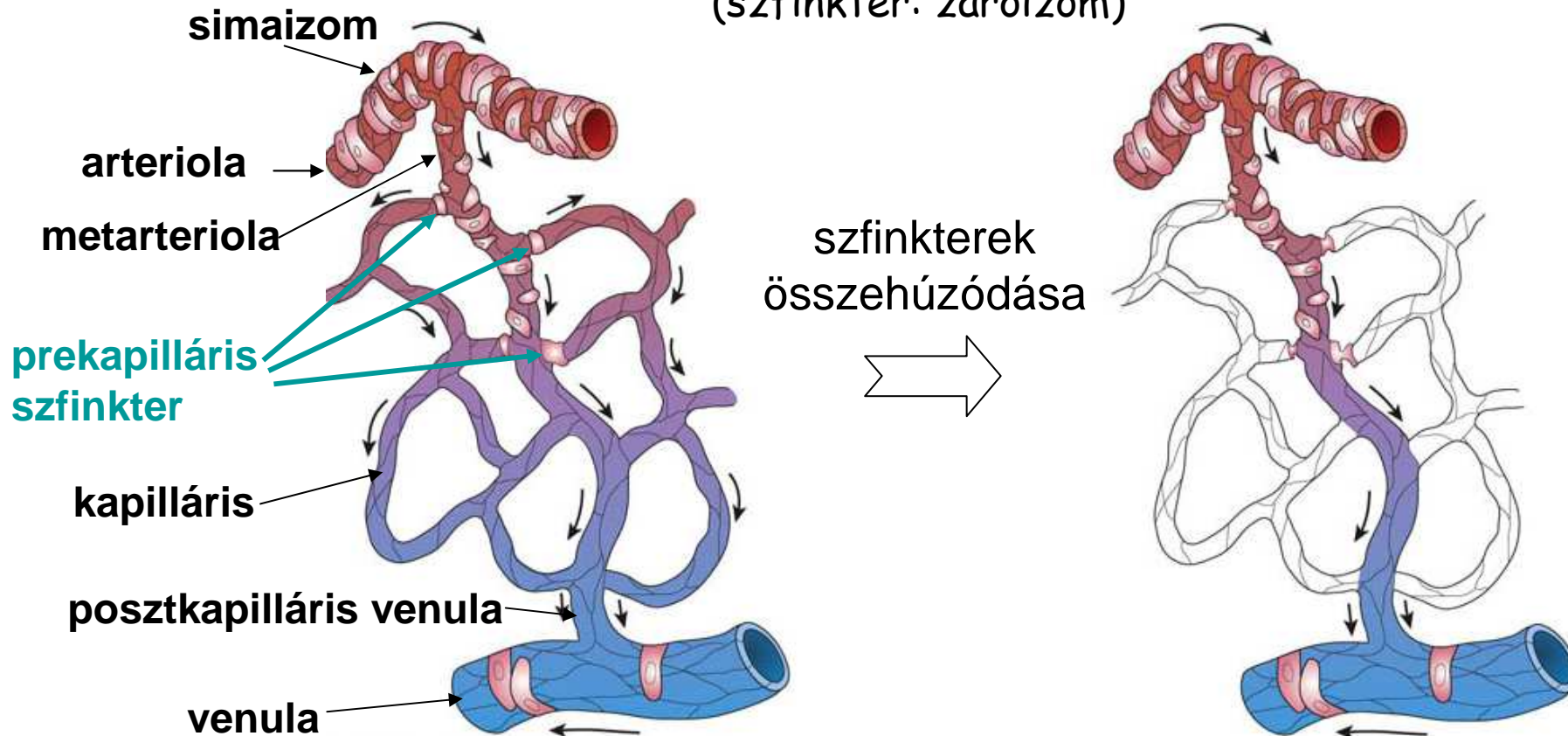


# A keringési rendszer szakaszai

## 2. prekapilláris rezisztanciaerek (100-40 Hgmm)

- kis artériák + arteriolák + prekapilláris szfinkterek

(szfinkter: záróizom)



- a nagy vérkör perifériás ellenállásának, a nyomás- és áramlásviszonyok beállításának nagy része itt zajlik

# A keringési rendszer szakaszai

## 2. prekapilláris rezisztanciaerek (100-40 Hgmm)

- az érkeresztmetszet kis változása már jelentős változásokat okoz - mechanikai, kémiai és idegi tényezők hatékony szabályozó szerepe

ha tágulnak:

- a magas nyomású érszakaszon az artériás nyomás csökken;
- véráramlás sebessége nő;
- kapillárisokban vérnyomás nő

ha szűkülnek:

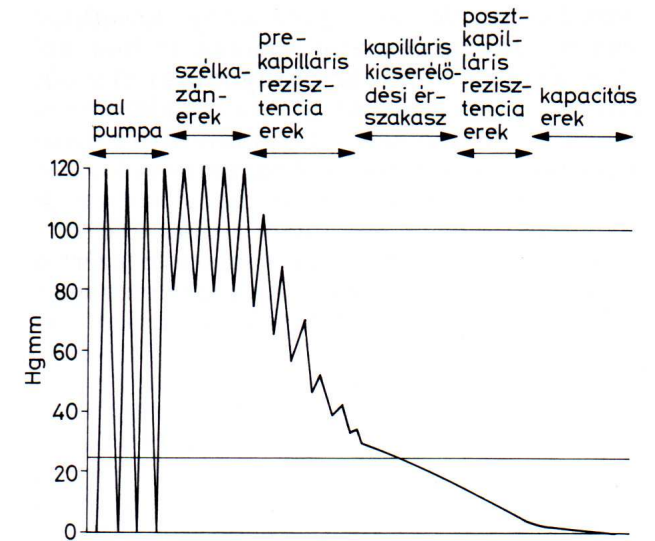
- artériás nyomás nő
- átáramlás sebessége csökken;
- a kapilláris nyomás csökken

- arteriolák kezdete és vége között nagy nyomáscsökkenés

# A keringési rendszer szakaszai

## 3. az alacsony nyomású érszakasz (<20 Hgmm)

- az artériák pulzáló áramlása és nyomás ingadozása a kapillárisok elejére megszűnik - folyamatos áramlás
- kapillárisok, teljes vénás rendszer, jobb szívfél, tüdőkeringés, bal pitvar (bal kamra nem!)
- kapillárisok: **kicserélődési szakasz**
- venulák, vénák: kapacitás (tároló) erek, **térfogati rezervoárok** (össz-vérmennyiség 55-65%-a)



9-5. ábra

A nyomás változásai a nagy vérkör ereiben az aortától a nagy vénáig

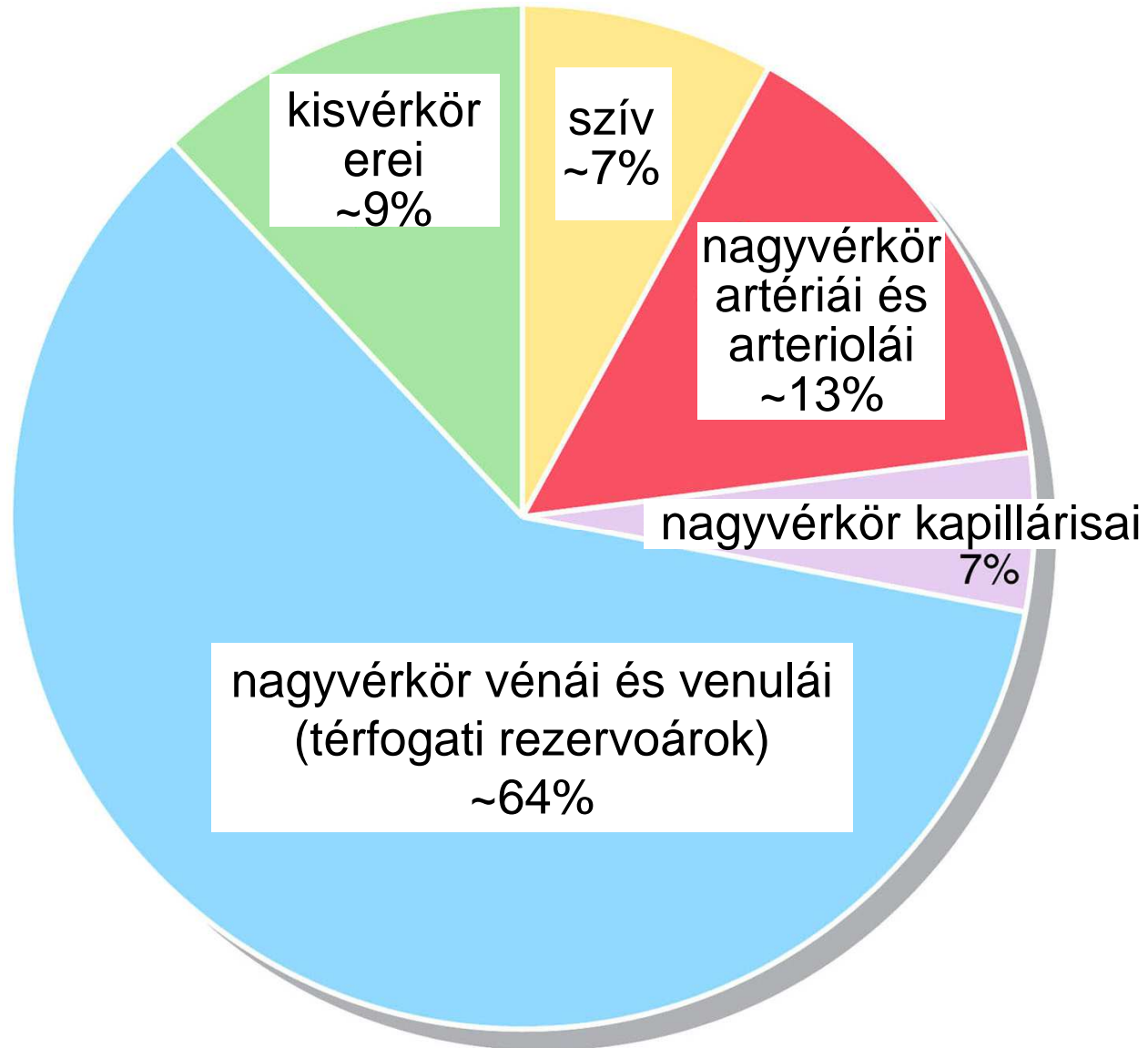
## 4. + bal kamra (8-120 Hgmm)

# A kis és a nagy vérkörre jellemző értékek

[Hgmm]	nagy vérkör	kis vérkör
perctérfogat	5-5,5 l	5-5,5 l
kamrai diasztólés nyomás	>5	1-2
kamrai szisztólés nyomás	120	24
artériás szisztólés nyomás	120	24
artériás diasztólés nyomás	80	9
pulzusnyomás	40	13
artériás középnyomás	93	14
perfúziós nyomás	91	6
vérmennyiség eloszlása	~73%	~27%

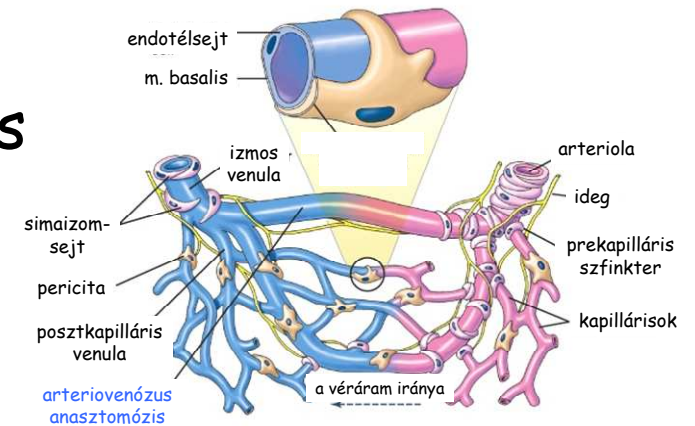
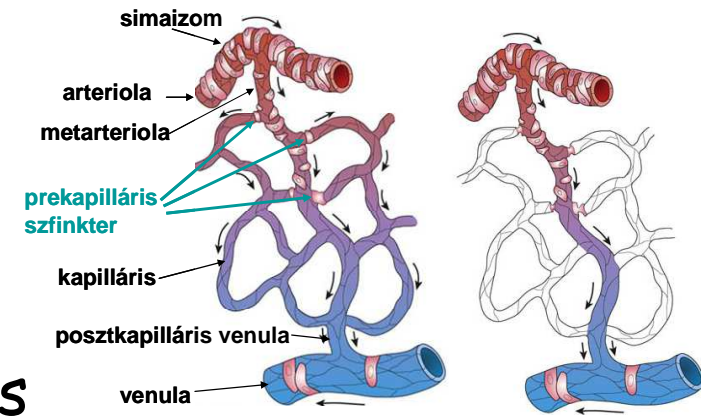


# A vérmenyiség átlagos megoszlása



# A kapilláris keringés

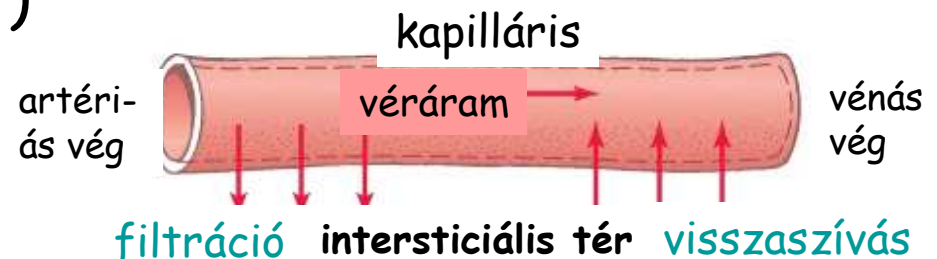
- áramlás, nyomásviszonyok szabályozása: **prekapilláris szfinkter**
  - kapilláris hely és funkció-függő zárása/nyitása
- 1 mm hossz, 3-10  $\mu\text{m}$  átmérő; növekedés igény-függő
- **arterio-venózus anasztomózis** v. átkötés (bőr, bőr alatti kötőszövet)
- ellátási (anyagcsere) és nem-ellátási (pl. hőszabályozás) keringés
- anyagkicserélés: kapillárisok és posztkapilláris venulák
- ált. lassú átáramlás (0,5-1 mm/sec; vörösvértest átl. 1 sec-t tölt a kapillárisban), szöveti sejtek max. 3-4 sejtnyi távolságra



# Anyagtranszport a kapillárisokban

- anyagok átjutása:
  - gázok: diffúzió
  - lipid-oldékony anyagok: érfalon keresztül diffúzió
  - vízoldékony anyagok: endotél sejtek típusától függően
- kapillárisfal fehérjére ált. nem permeábilis - **ultrafiltráció** (csak víz és kis molekula jut át)

- a nyomásviszonyok miatti filtráció sokkal hatékonyabb, mint a diffúzió!



- artériás végen **átszűrődés (filtráció)** a szövet közötti térbe
- vénás végen **visszaszívódás** a szövet közötti térből
- a folyadékáramlás irányát a kapillárisokon belüli és kívüli **hidrosztatikai** (vérnyomás) és **kolloidozmotikus** (vérplazma fehérjék) **nyomáskülönbség** befolyásolja

# A kapilláris filtráció

a vér **kolloidozmotikus nyomása** ( $P_{ozm}$ ):  
ozmotikus nyomáskülönbség a  
vérplazma és a szövet közötti  
folyadék között (fehérjék)

a vér **hidrosztatikai nyomása** ( $P_{kap}$ ):  
vérnyomáskülönbség az erek belseje  
és a szövet közötti tér között

a kettő viszonya szabja  
meg az **effektív filtrációs  
nyomást**

## Starling-féle filtrációs mechanizmus

- a vérplazmában a fehérjék konc-ja nagyobb, mint az intersticiális folyadékban -> nagyobb a  $P_{ozm}$  is!
  - vér kolloid ozmotikus nyomása (BCOP): 26 Hgmm ("vizet vonz a kapillárisba")
  - szövet közötti tér ozmotikus nyomása (IFOP): 1 Hgmm ("vizet vesz ki a kapillárisból")
- az artériás és a vénás végek között a  $P_{ozm}$  nem változik sem a kapilláris hosszában, sem a szövet közötti térben

# A kapilláris filtráció

a vér **kolloidozmotikus nyomása** ( $P_{ozm}$ ):  
ozmotikus nyomáskülönbség a  
vérplazma és a szövet közötti  
folyadék között (fehérjék)

a vér **hidrosztatikai nyomása** ( $P_{kap}$ ):  
vérnyomáskülönbség az erek belseje  
és a szövet közötti tér között

a kettő viszonya szabja  
meg az **effektív filtrációs  
nyomást**

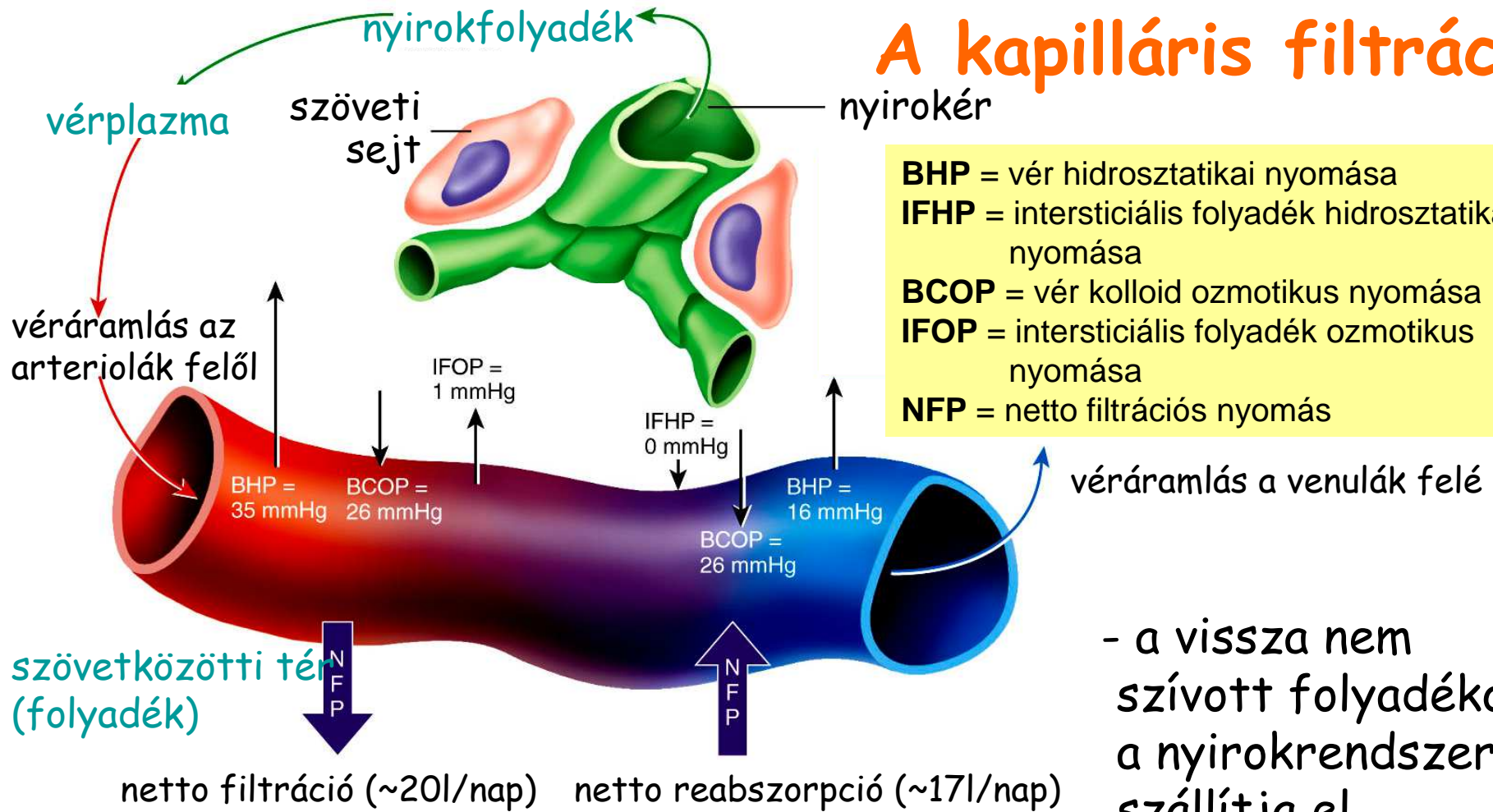
## Starling-féle filtrációs mechanizmus

- a kapillárison belül a vérnyomás (hidrosztatikai nyomás) az artériás és vénás vég között csökken
  - artériás kapilláris vérnyomás (BHP): 35 Hgmm
  - vénás kapilláris vérnyomás (BHP): 16 Hgmm
- a szövet közötti tér hidrosztatikai nyomása állandó
  - IFHP: ~0 Hgmm

az **effektív filtrációs nyomás** az átszűrődés és a folyadék-visszaszívás arányát határozza meg



# A kapilláris filtráció



**BHP** = vér hidrosztatikai nyomása  
**IFHP** = intersticiális folyadék hidrosztatikai nyomása  
**BCOP** = vér kolloid ozmotikus nyomása  
**IFOP** = intersticiális folyadék ozmotikus nyomása  
**NFP** = netto filtrációs nyomás

- a vissza nem szívott folyadékot a nyirokrendszer szállítja el

$$NFP = (BHP + IFOP) - (BCOP + IFHP)$$

artériás vég

$$NFP = (35 + 1) - (26 + 0)$$

$$NFP = 10 \text{ Hgmm}$$

**netto filtráció**

venás vég

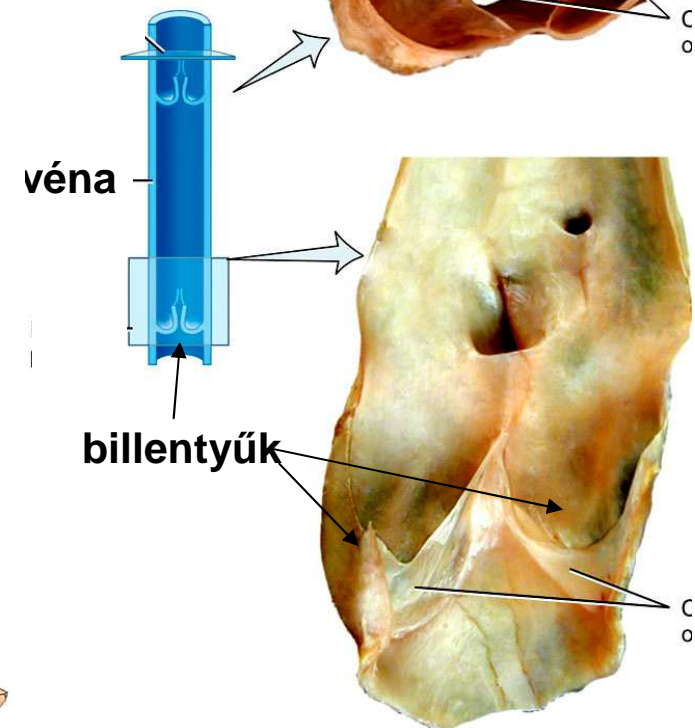
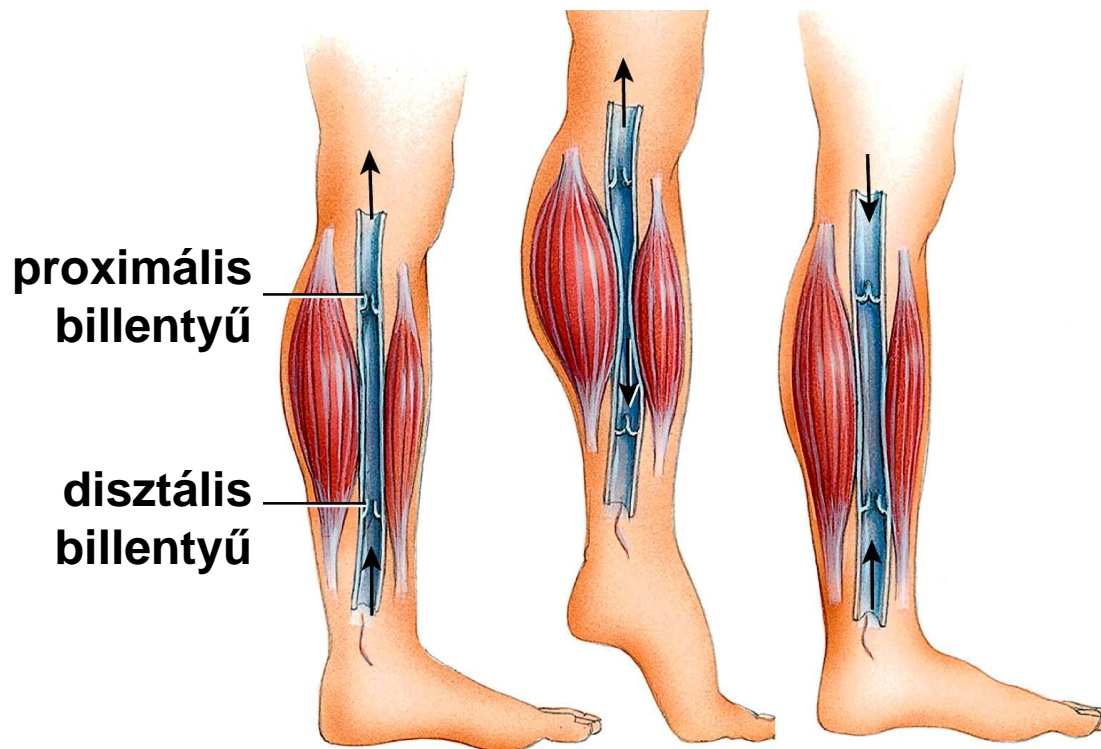
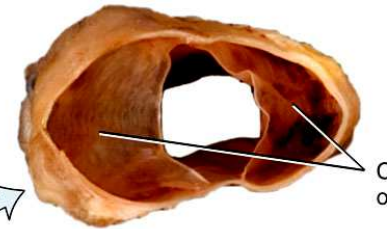
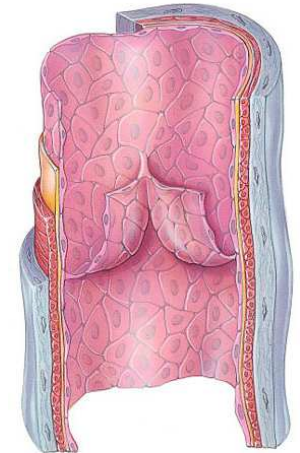
$$NFP = (16 + 1) - (26 + 0)$$

$$NFP = -9 \text{ Hgmm}$$

**netto reabszorpció**

# A vénás rendszer

- vékony fal, nagy tágulékonyság - kapacitáserek
- billentyűk - véráramlás segítése, **izompumpa**
- sok "átkötés" (anasztomózis) a mély és a felületi vénák között (visszér: kitágult vénák)
- alacsony nyomás (max. 11 Hgmm) - jobb pitvarban nyugalomban 0 Hgmm (centrális vénás nyomás)



# A vénás rendszer

mi szabja meg a vénás vérnyomást?

## 1. keringési tényezők:

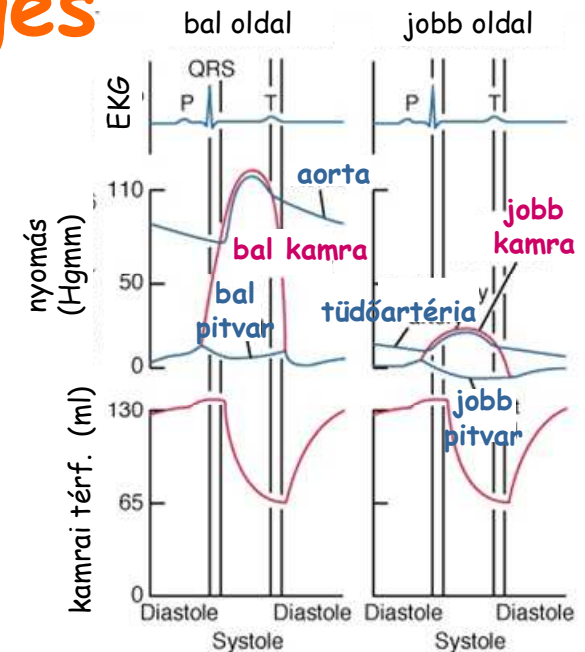
- kapillárisnyomás (vénákba jutó vér mennyisége, beáramló vér nyomása)
- jobb szívfél, kis vérkör működése ("kimeneti" vérnyomás, vénákból kiáramló vér mennyisége)
- saját simaizomsejtek tónusa (nagyobb vénák szimpatikus beidegzése: keresztmetszet-csökkenés)
- külső nyomás (pl. szoros harisnya, zokni)

## 2. keringésen kívüli tényezők:

- légzési hatás (hasüregi és mellüregi nyomásváltozások: vénák összenyomása / tágítása)
- vázizomzat működése (izompumpa)
- testhelyzet (gravitációs hatás, alsó vénák tágulása)

# A kis vérköri keringés

- jobb kamra - a. pulmonalis - artériák - arteriolák - tüdőkapillárisok - venulák - vénák - v. pulmonalis - bal pitvar
- a kis és a nagy vérkörben az átáramló vérmennyiség (a perctérfogat) azonos, de a nyomásviszonyok jelentősen eltérnek
- az artériás középnyomás csak  $1/7$ -e a nagy vérkörnek és csak kis mértékben csökken, így
  - a tüdő arteriolák **nem rezisztencia-erek** (nincs prekapilláris szfinkter!)
  - a kis vérköri ellenállás sokkal kisebb (érfal vékonyabb, kevesebb izom, jóval tágulékonyabb)
  - az alacsonyabb hidrosztatikai nyomás miatt a tüdőben ált. csak **kevés intersticiális folyadék** keletkezik



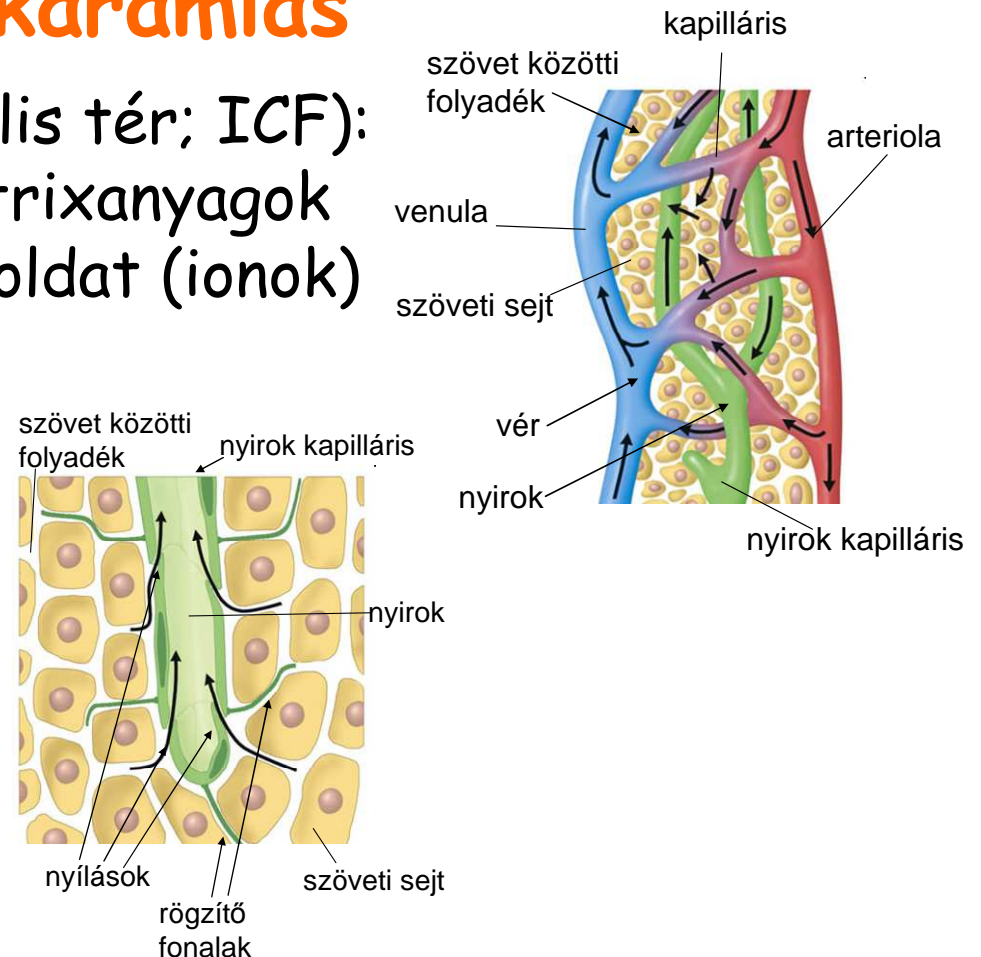


# A kis vérköri keringés

- alveoláris  $O_2$  hiány (hipoxia): **vazokonstriktió** (érszűkület) - a nem megfelelően ventillált tüdőréssz kiesik a keringésből (a nagy vérkörben ezzel szemben a hipoxia értágulást okoz!)

## A nyirokáramlás

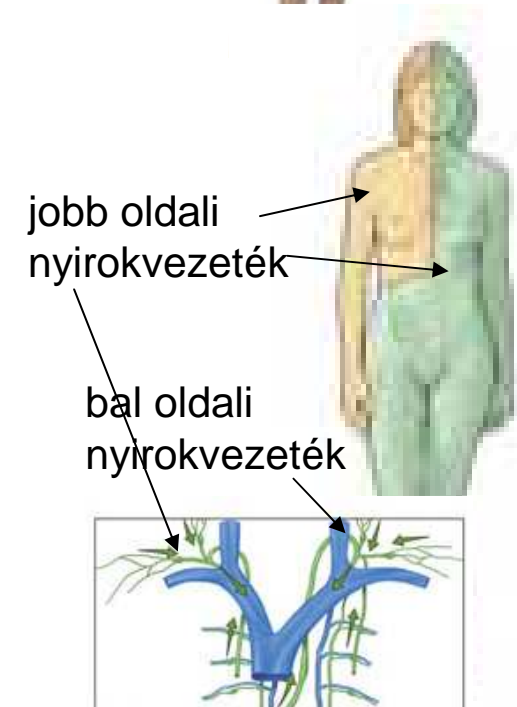
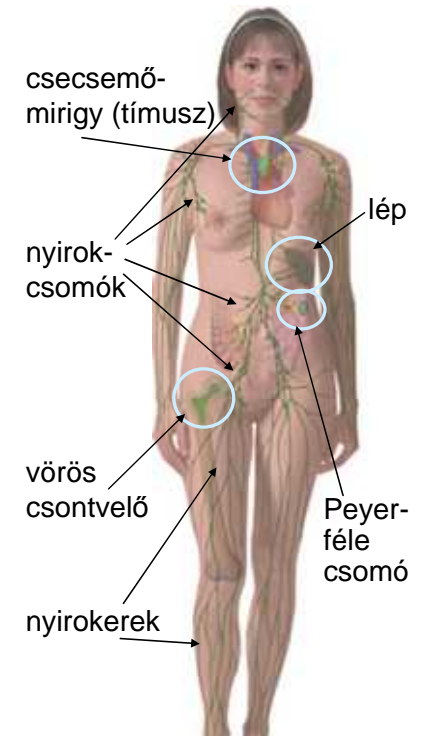
- szövetközi tér (intersticiális tér; ICF): kötőszöveti rostállomány, mátrixanyagok (kevés fehérje is), elektrolit oldat (ionok)
- intersticiális folyadék: folyamatos kicserélődés a vérplazmával a kapillárisokon keresztül; kb. 1%-a nyirok-kapillárisokba kerül (nyirok)
- egyirányú áramlás; ~3 l/nap





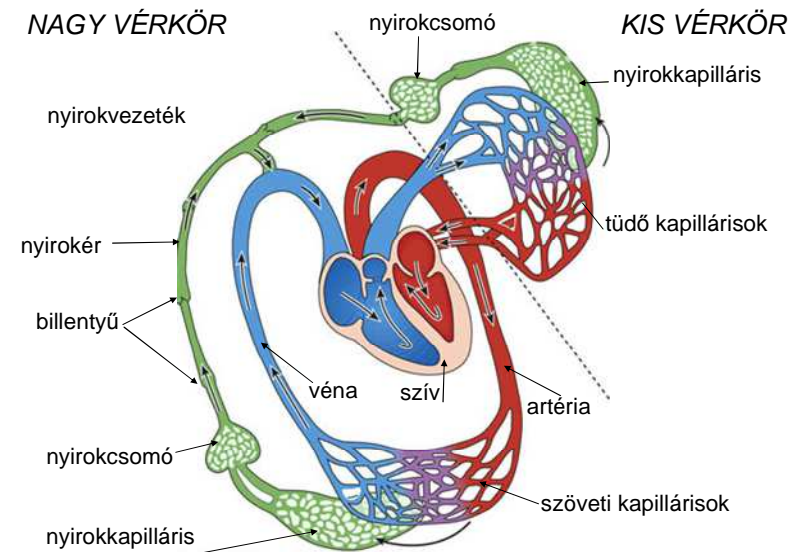
# A nyirokkeringés

- nyirokkapilláris - nyirokér - nyirokcsomó - ductus thoracicus, tractus lymphaticus - vénás rendszer
- a bal oldali nyirokkeringés nagyobb területet fed le
- fő funkciók:
  - szövetközi folyadék állandó szinten tartása (kapilláris filtráció > visszaszívás)
  - immunológiai funkció: nyiroksejtek, védekezés
  - lipidek, zsíroldékony vitaminok szállítása (főleg bélből)



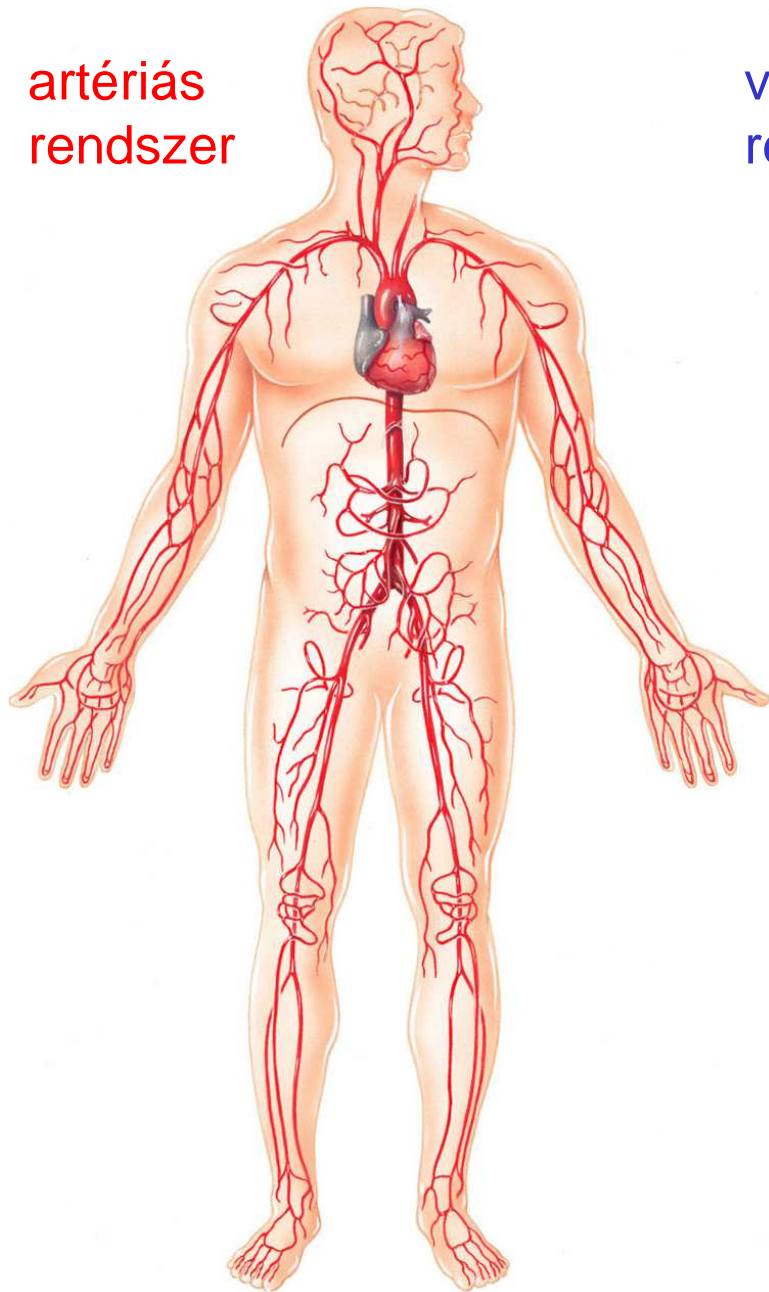
# A nyirokkeringés

- a nyirokkeringés fenntartása (ld. vénás rendszer):
  - billentyűk: egyirányú áramlás
  - izompumpa (vázizom)
  - légzési hatás (mellüregi / hasüregi nyomás változása)
- **ödéma**: filtráció - reabszorpció - nyirokáramlás egyensúlyának felborulása
  - vénás visszaáramlás gátlása (gravitáció)
  - nyirokér elzáródás (elkötés; mozdulatlan végtag)
  - effektív filtráció növekedése (pl. máj-, veseelégtelenség; éhezés: plazmafehérje konc. csökkenés → BCOP csökken, kevesebb visszaszívás)

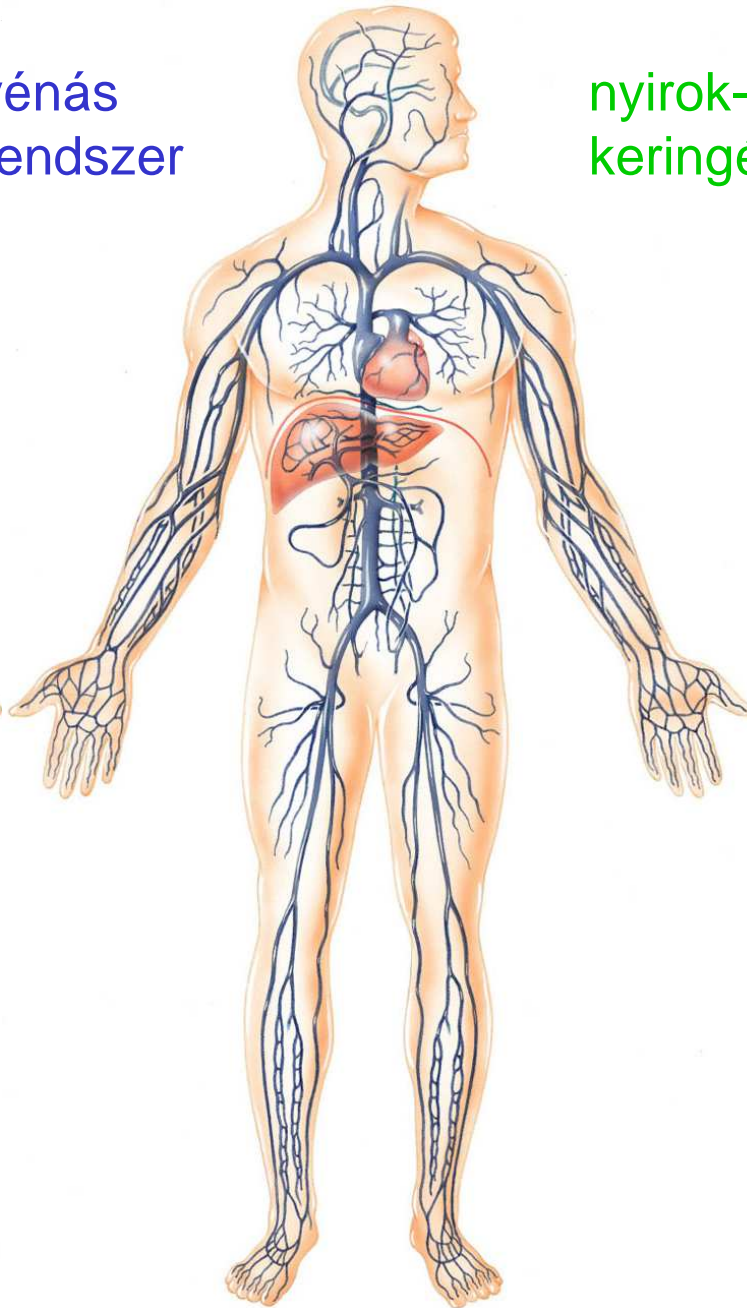


# Az emberi keringési rendszer áttekintése

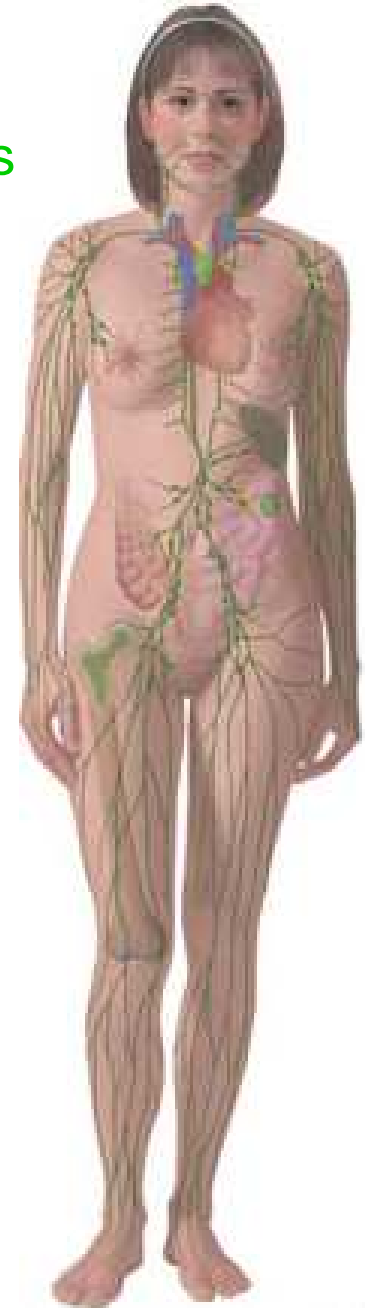
artériás  
rendszer



vénás  
rendszer

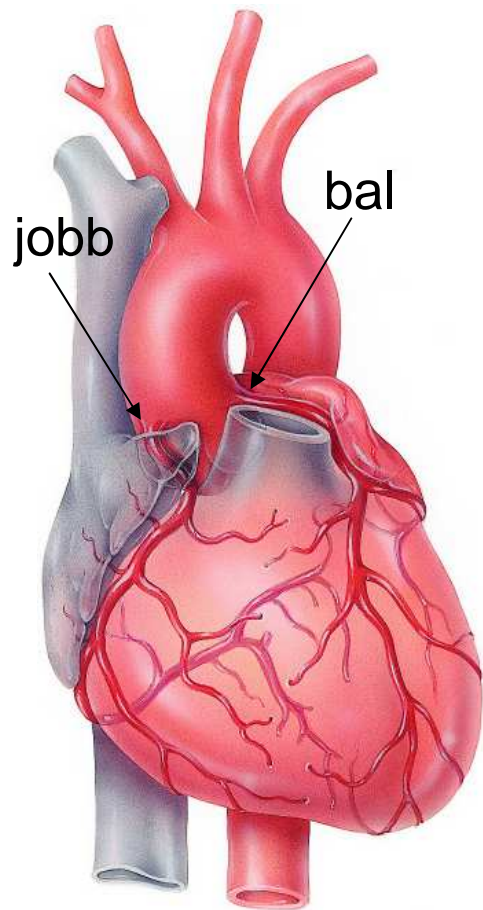


nyirok-  
keringés

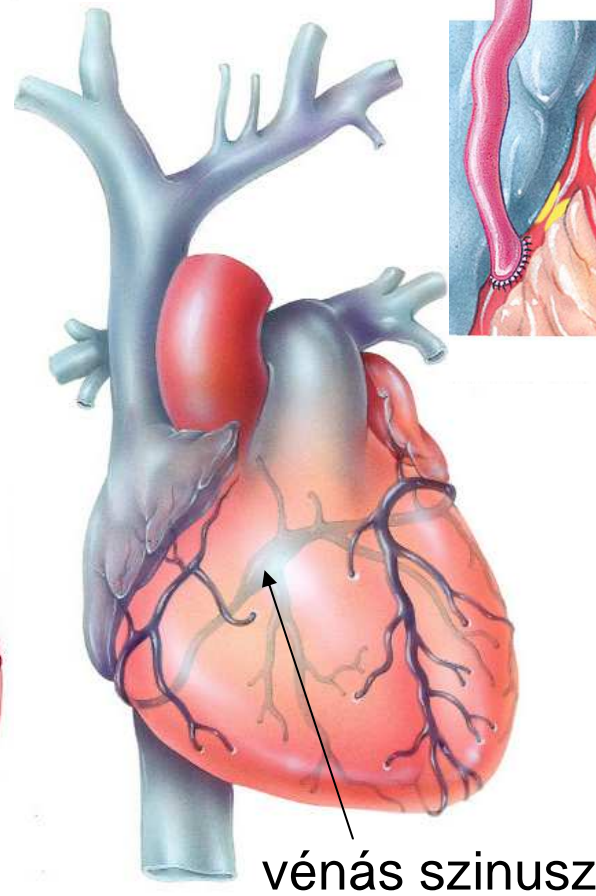




# Speciális keringési rendszerek: koronáriaerek

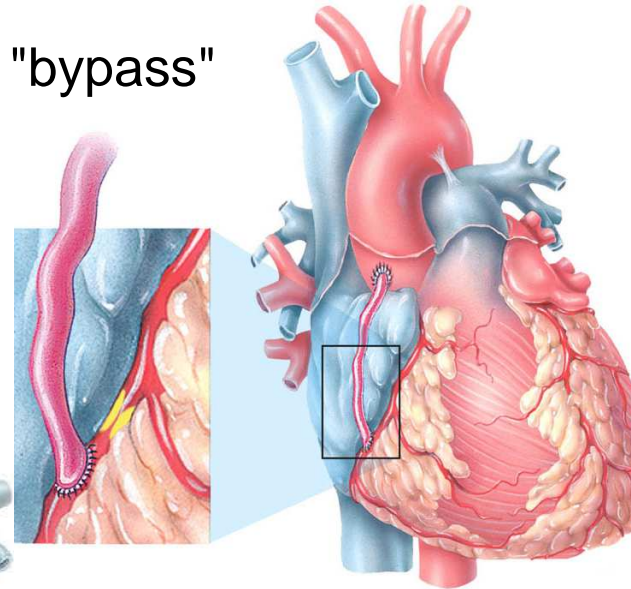


koronária-  
artériák

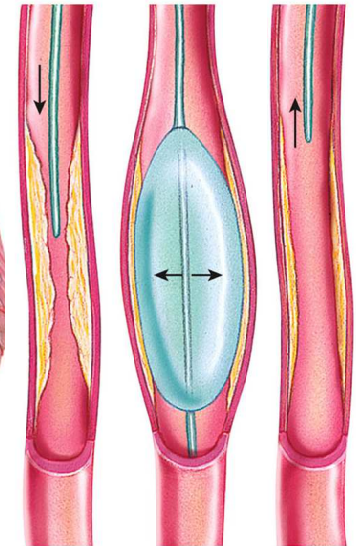


koronária-  
vénák

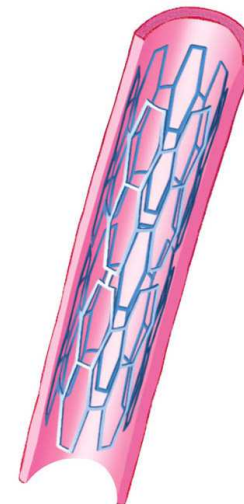
"bypass"



érplasztika



"stent"



# A központi idegrendszer védőrétegei: agyhártyák

- csontos koponya / gerinc + agyburkok

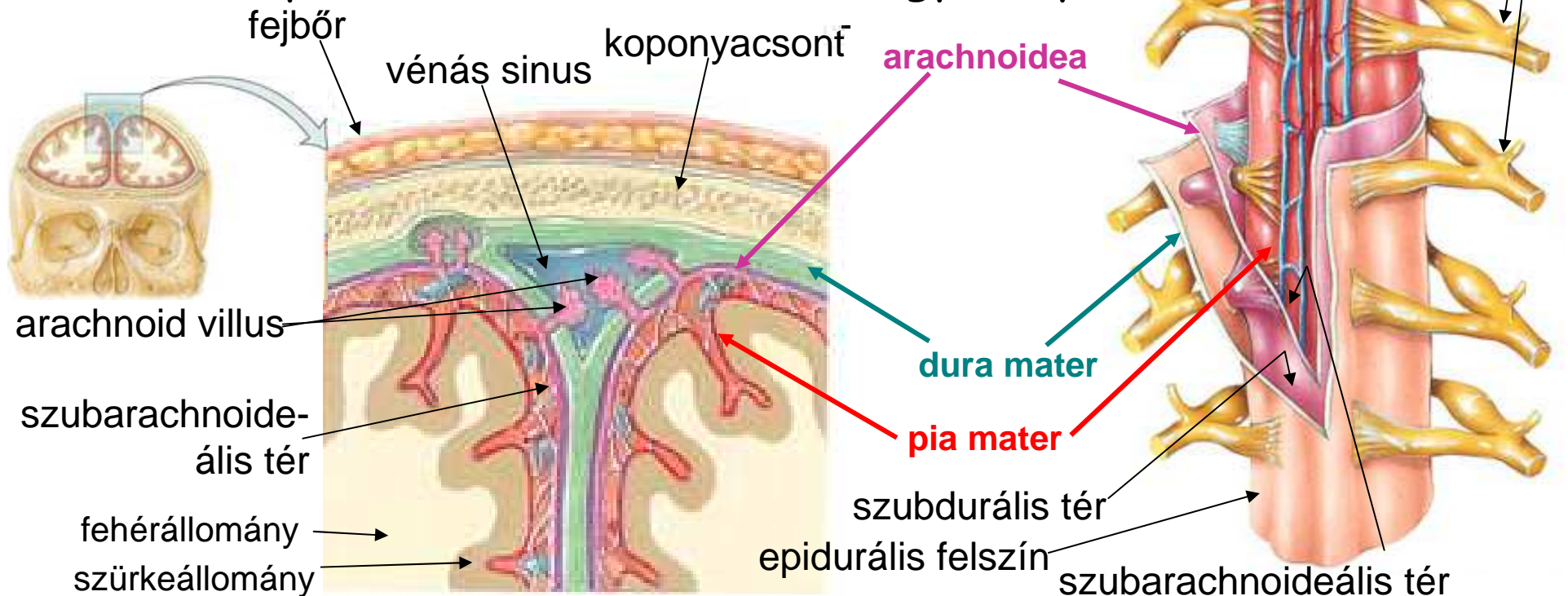
- dura mater (külső): kemény agyhártya

szubdurális tér ⇨

- arachnoidea (középső): pókhálóhártya

szubarachnoideális tér ⇨ agyfolyadék (likvor)

- pia mater (belső): érhordó agyhártya





# Az agy folyadékterei

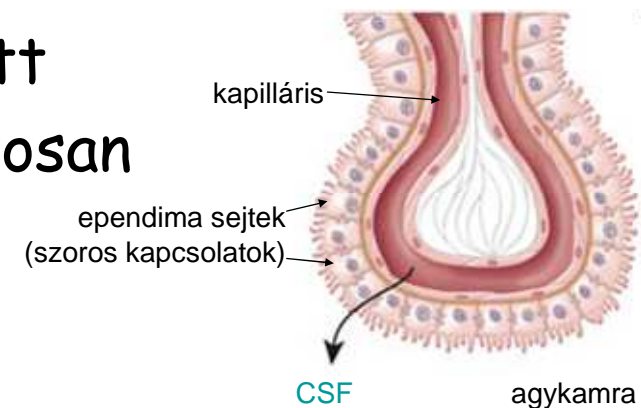
- 1) intracelluláris tér (ideg- és gliasejtek)
- 2) vérplazma (erek)
- 3) szövetközi tér (intersticiális tér v. folyadék, ICF)
- 4) cerebrospinális folyadék (CSF vagy likvor)

**vér-agy gát:** vérplazma - intersticiális tér között

- kapilláris endotélsejtek szorosan zártak, speciális transzport (kivéve cirkumventrikuláris szervek!)
- ICF: endotélsejtek szekréciós terméke

**vér-likvor gát:** vérplazma - CSF tér között

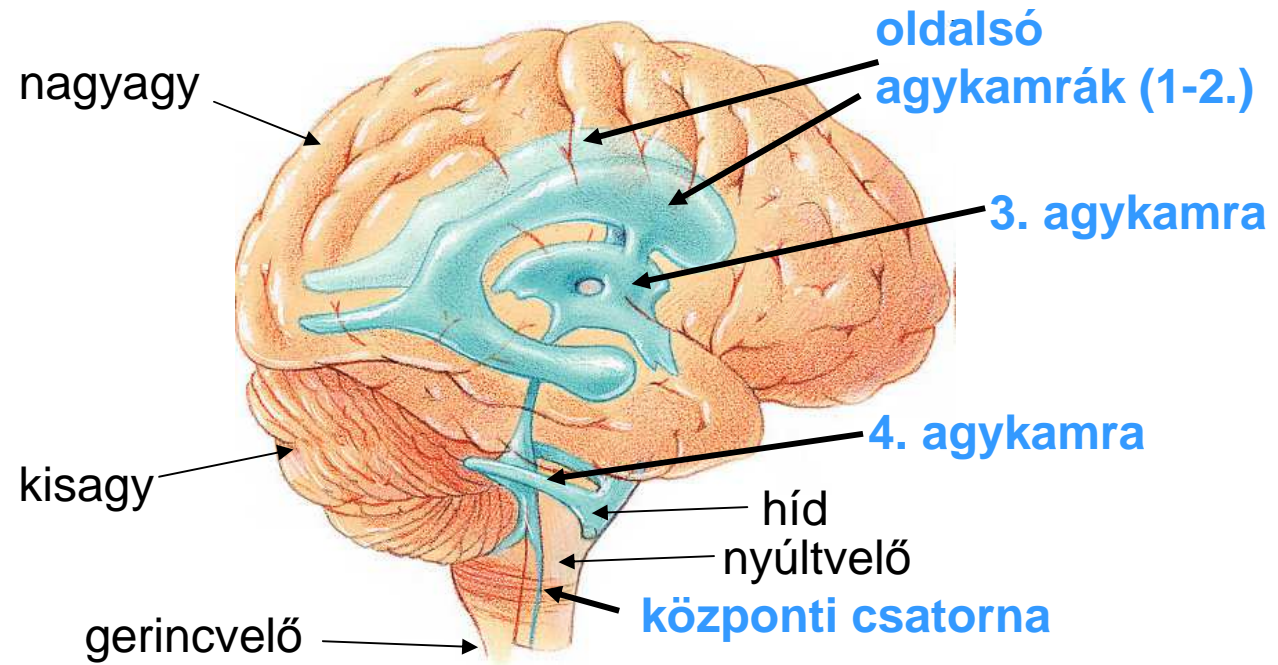
- ablakos kapilláris endotélsejtek, szorosan zárt ependima sejtek: **choroid plexus** (érfonat)



# Az agy folyadékterei

a likvor (cerebrospinális folyadék, CSF)

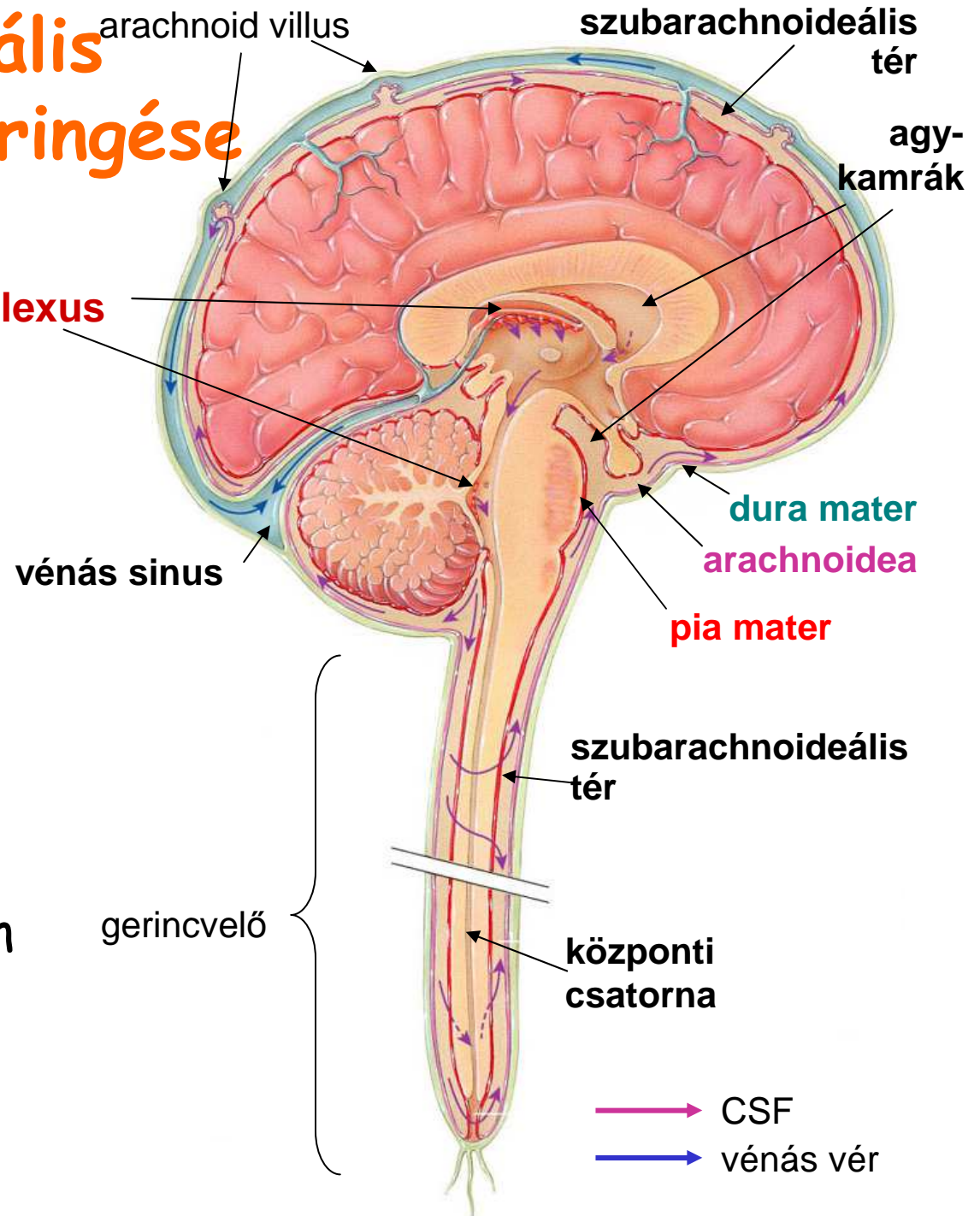
- agykamrák, szubarachnoidális tér kitöltése



- ~150 ml; 550 ml/nap termelődés
- ~70% choroid plexus ependima sejtekből, ~30% ICF-ből származik
- fizikai védelem, anyagtranszport

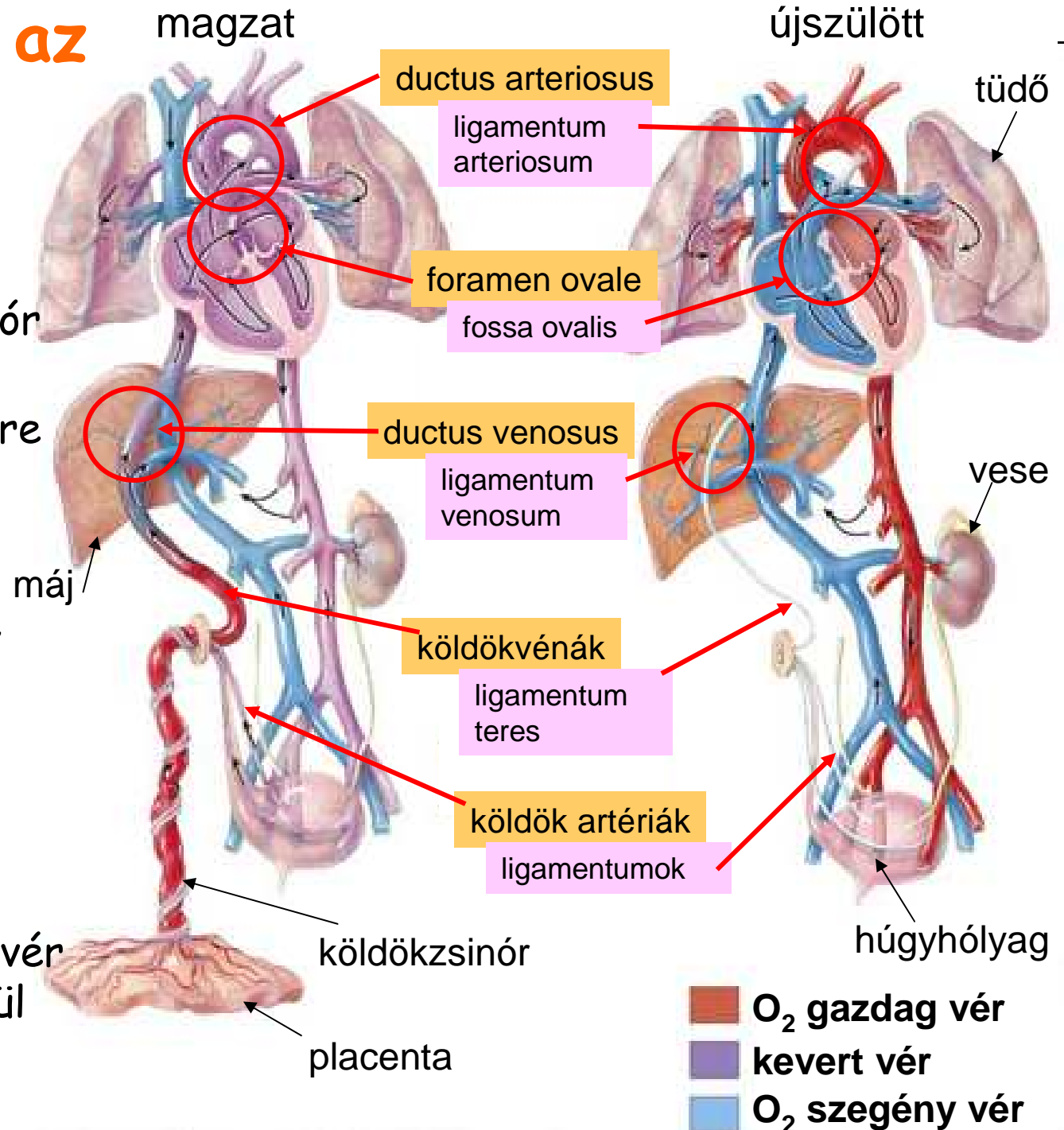
# A cerebrospinális folyadék (CSF) keringése

- termelődés (főleg) az agykamrák choroid plexusaiban
- visszaszívódás agyi vénás szinuszokból (arachnoid villus) a hidrosztatikai nyomáskülönbség alapján



# A magzati és az újszülött keringés

- placenta + köldökzsinór
- köldökvéna  $O_2$  dús vére és a nagy vénák vére keveredik
- tüdőben nincs levegő, nagy ellenállás
- jobb pitvarból a vér közvetlenül a bal pitvarba jut
- jobb kamrába kerülő vér nagy része visszakerül az aortába

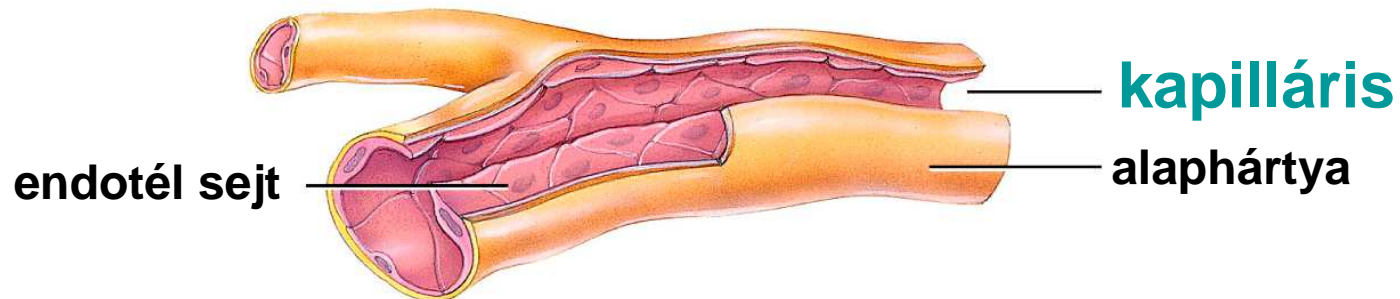
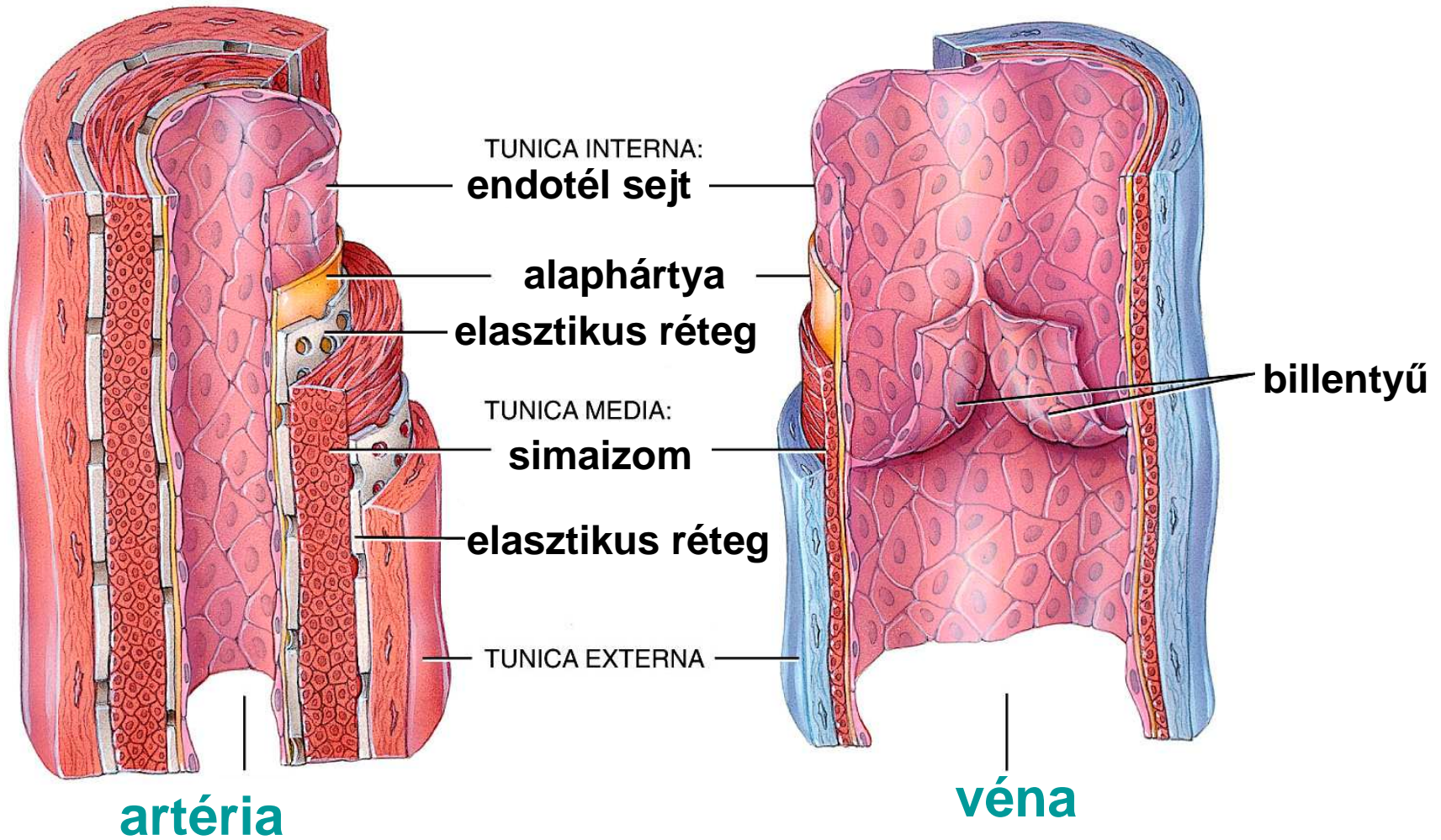


**Ábrák**

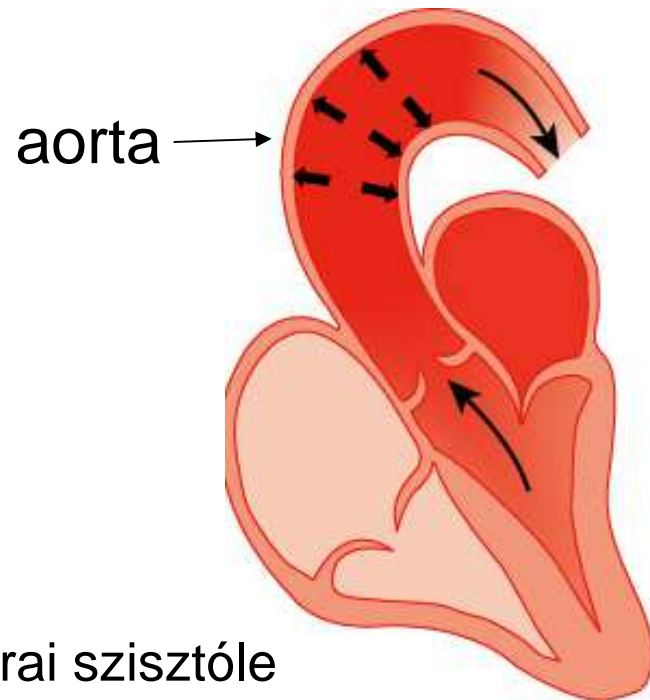




# Az egyes értípusok összehasonlítása

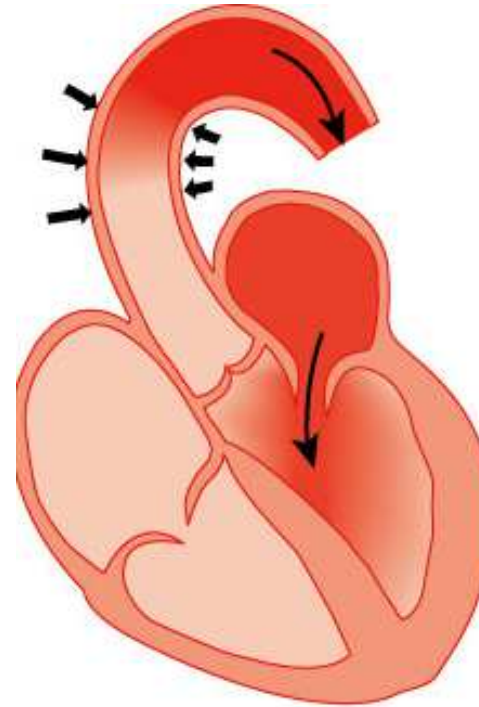


# A szélkazán erek működése



kamrai szisztóle

- viszonylag nagy térfogat
- rugalmas fal, tágulékony
- szűk kimenet

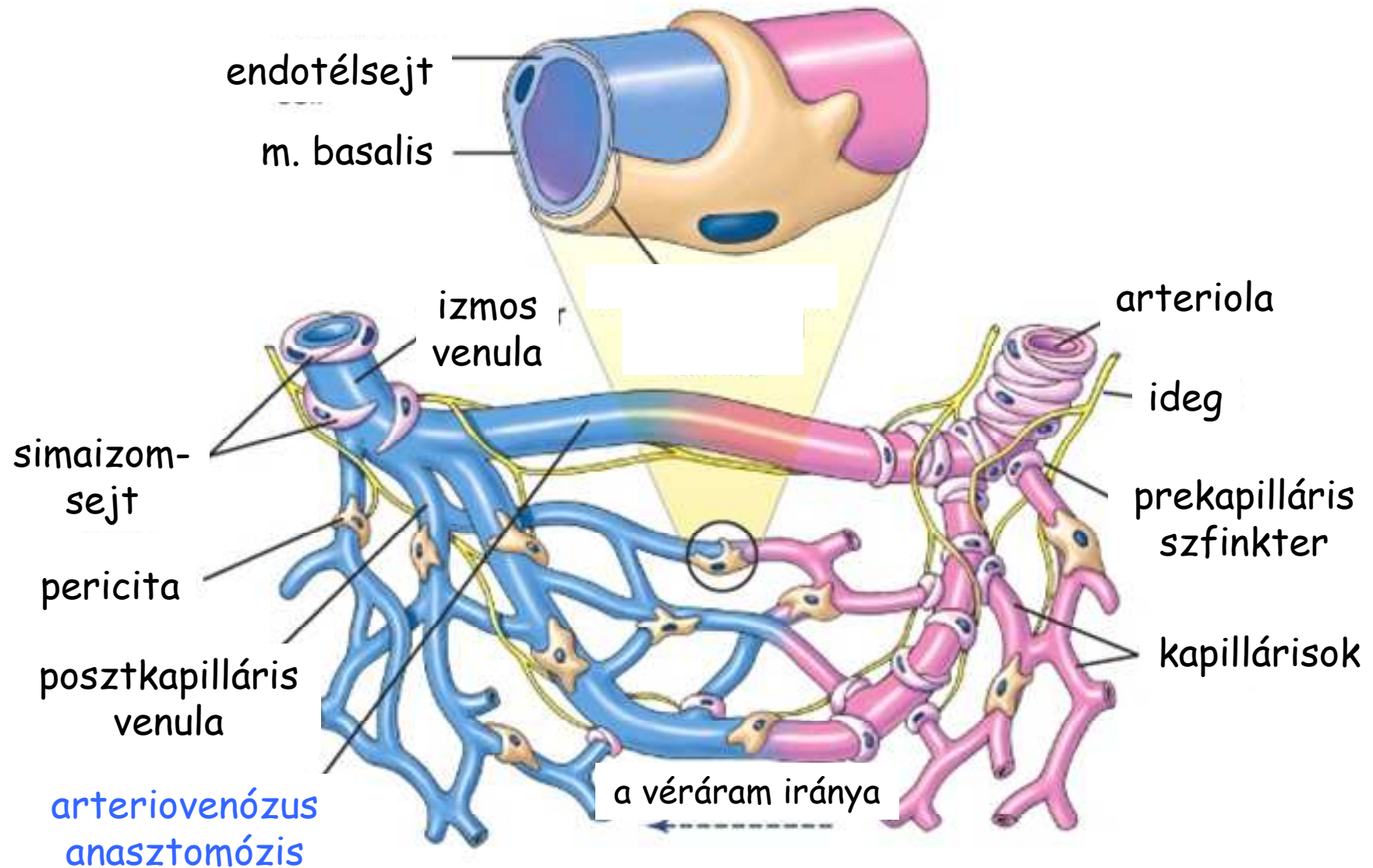


kamrai diasztóle

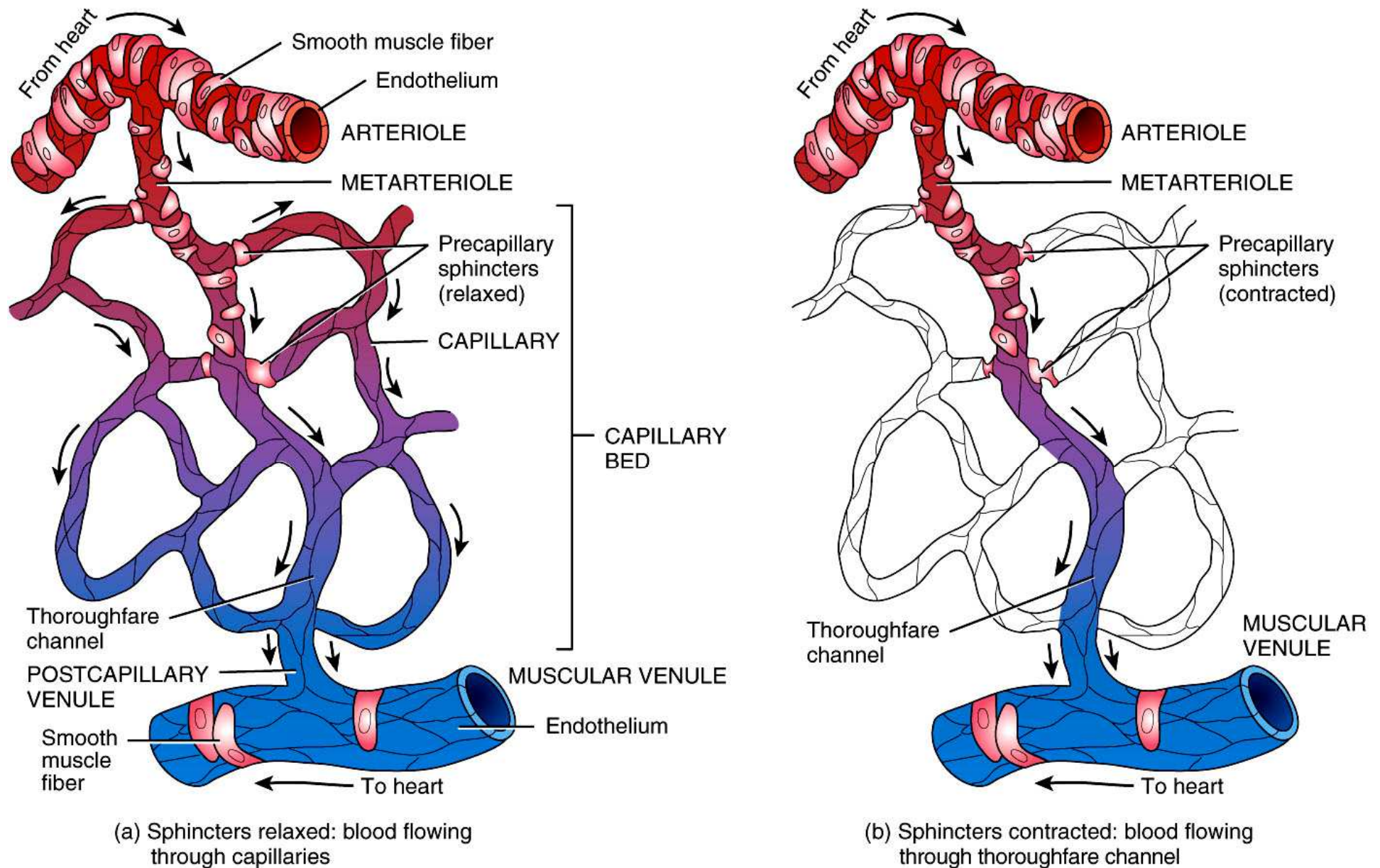
- aortafal rugalmas összehúzódása folyamatos áramlást biztosít



# A kapilláris keringés

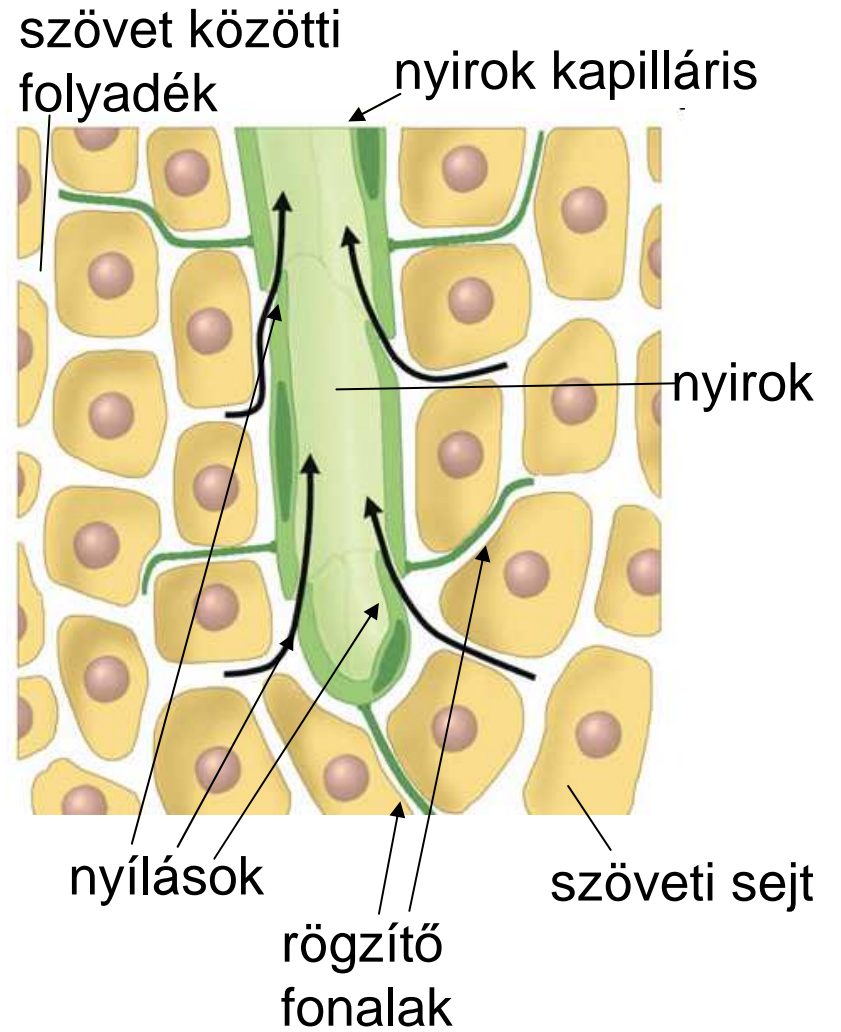
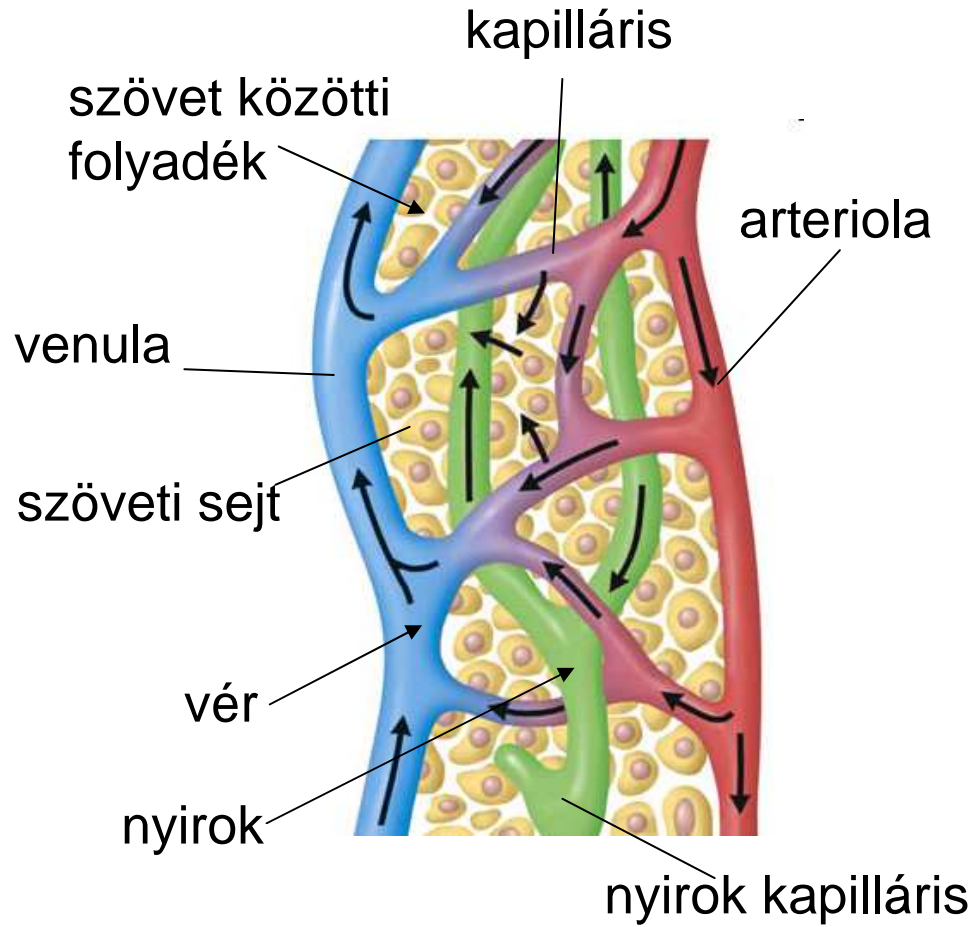


# A prekapilláris szfinkterek működése

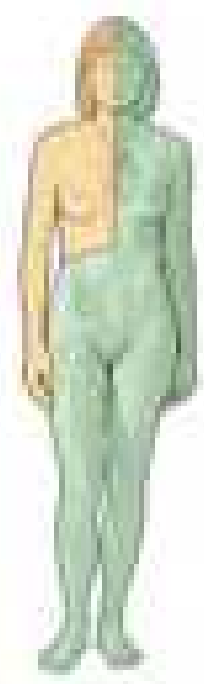
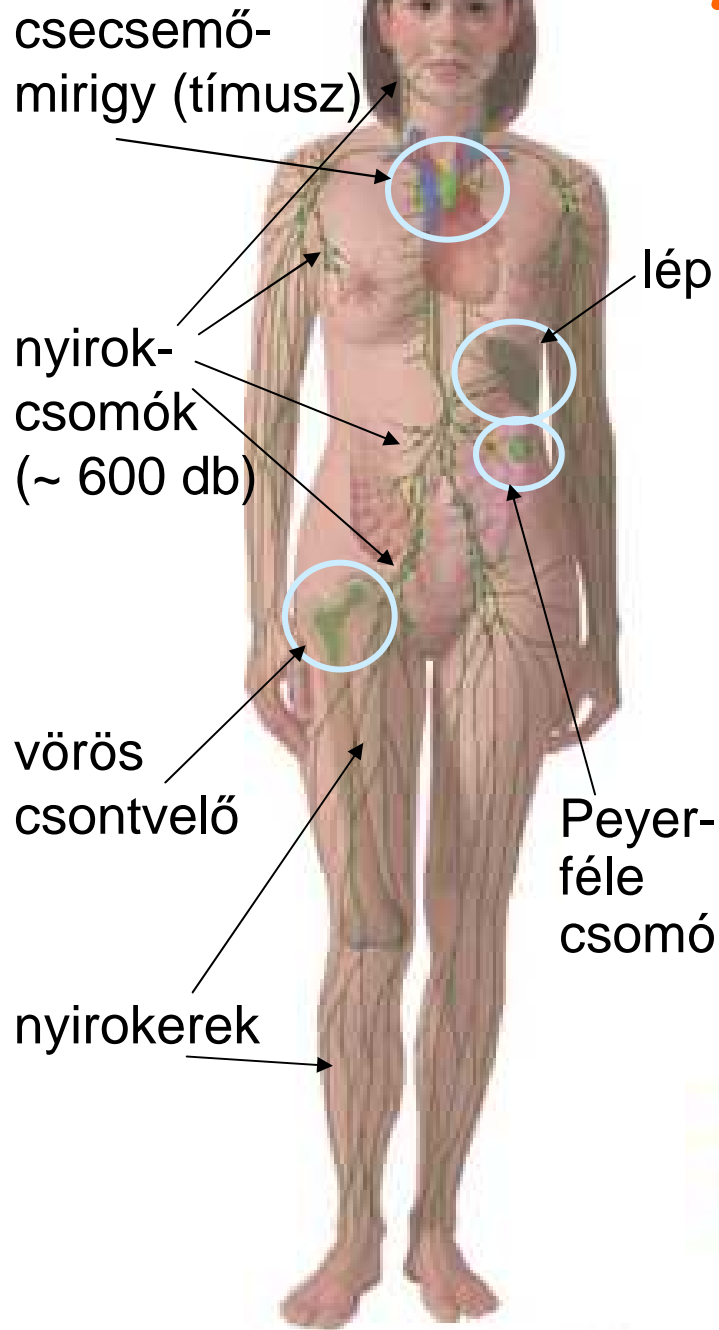




# A nyirokkeringés

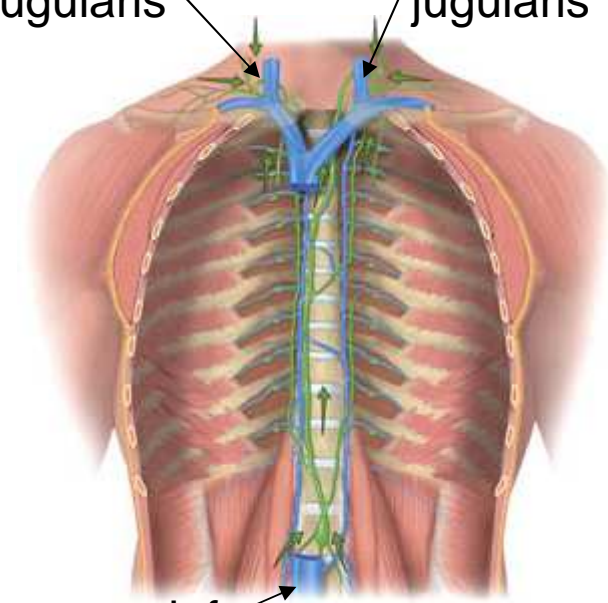


# A nyirokszervek és a nyirokerekek

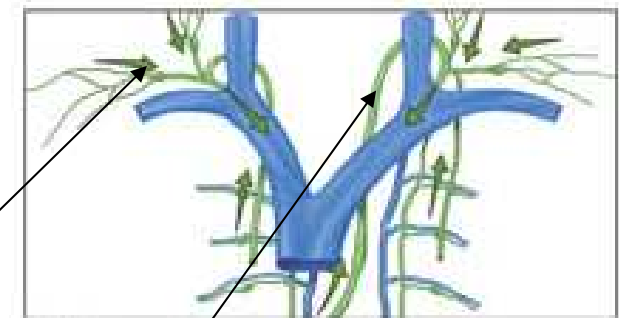


jobb vena jugularis

bal vena jugularis



v. cava inf.



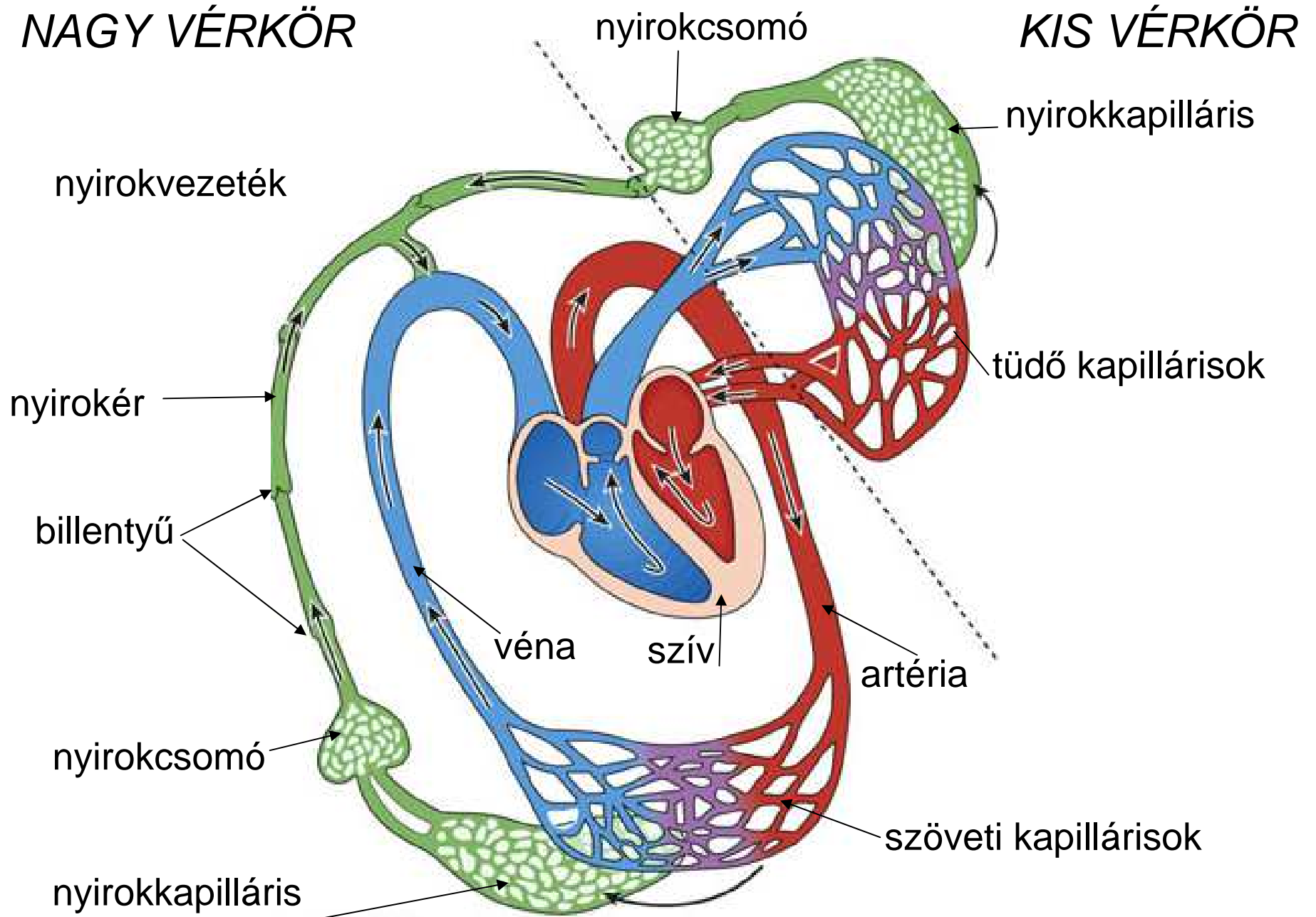
jobb oldali nyirokvezeték

bal oldali nyirokvezeték

# A nyirok- és a vérkeringés kapcsolata

NAGY VÉRKÖR

KIS VÉRKÖR



# A hálózatos érfonat (choroid plexus)

