

A keringési rendszer szabályozása

fő szabályozási lehetőségek:

I. perctérfogat változtatása

- 1 perc alatt az egyik szívkamra által a nagyerekbe juttatott vérmennyiség
 - a) pulzustérfogat (szívciklus alatti nyomásviszonyok, szívizomzat állapota, a kamratelődéshez rendelkezésre álló idő)
 - b) szívfrekvencia (ált. vegetatív, SA, AV csomó)

II. perifériás ellenállás változtatása

- rezisztencia-erek, ált. arteriolák átmérőjének változtatása
 - a) helyi mechanizmusok
 - autoreguláció
 - lokálisan termelt vazodilatátor metabolitok
 - endotélium által termelt anyagok
 - b) vérben keringő hormonok, hatóanyagok
 - c) közvetlen beidegzés

III. kapacitás erek térfogatának változtatása

- vénákban tárolt vérmennyiség
 - a) vérben keringő hormonok, hatóanyagok
 - b) közvetlen beidegzés

A szívműködésben megfigyelhető változások

- **kronotrop** hatás: frekvenciaváltozás (bradikardia - tachikardia)
- **dromotrop** hatás: ingerületátviteli sebesség változás
- **batmotrop** hatás: ingerelhetőség változása
- **inotrop** hatás: kontrakció erősségének változása

mindegyik lehet **pozitív** és **negatív** is

A pulzustérfogat szabályozása

• perctérfogat = **szívfrekvencia** x **pulzustérfogat**; 1 perc alatt az egyik szívkamra által a nagyerekbe juttatott vérmennyiség

• **pulzustérfogat** = a szívből kipumpált vér mennyisége egy szív ciklus alatt; függ:

végshisztolés kamratérfogat
(kontrakció után)

és

végdiasztolés kamratérfogat
(kontrakció előtt)

különbségétől

• kamraösszehúzóerő
erőssége

szívizomzat
állapota



• kamrafal tágulása

• kamrai szisztole alatti
nyomásviszonyok
• aorta/tüdőartéria
nyomása

nyomásviszonyok

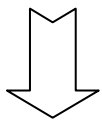


• vénás beáramlás és
pitvari kontrakció alatti
nyomásviszonyok

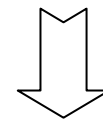
szívfrekvencia



• a kamratelődéshez
rendelkezésre álló idő



„utóterhelés”



„előterhelés”

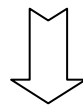
A szívizom mechanikai teljesítményének szabályozása

1) **szisztolés tartalék:** az izomkontrakció ereje fokozható (pozitív inotróp hatás; **homometriás szabályozás**)

- szimpatikus hatások, intracelluláris Ca^{2+} szint fokozása révén

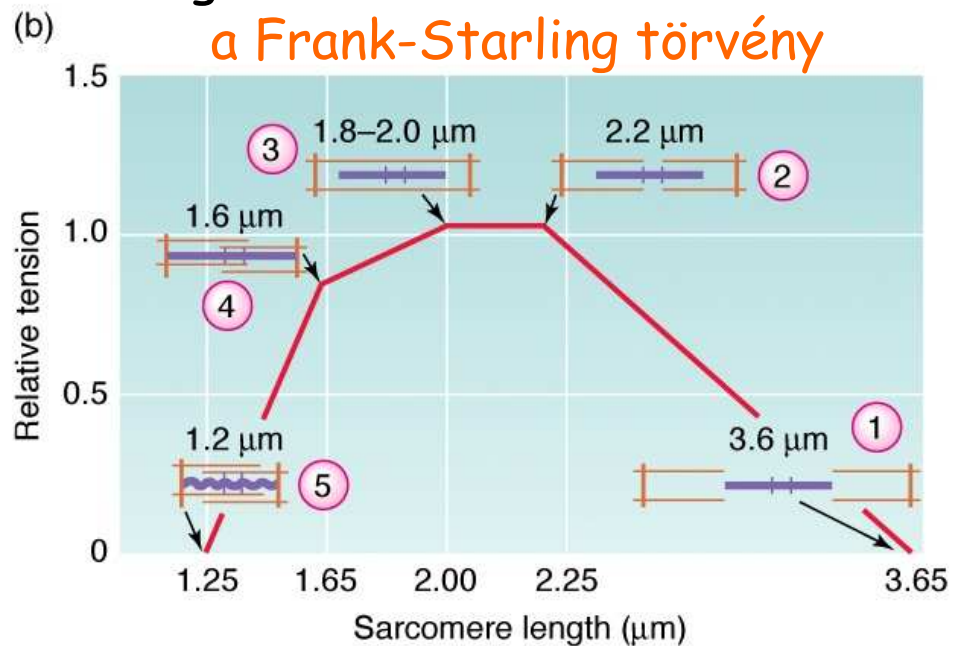
- koffein: Ca^{2+} -indukálta Ca^{2+} release növelése a SR-ból
- katekolaminok (noradrenalin): adenilát-cikláz aktiválás, cAMP szint, Ca^{2+} tranziens növelése

2) **diasztolés tartalék:** a szív feszülésének (azaz az előterhelés) növekedésével a kontrakció ereje egy bizonyos határig nő (**heterometriás szabályozás**)



- a diasztolés telődés fokozódása erőteljesebb kontrakcióhoz vezet; azaz

a szív a kontrakció erősségét a kezdeti rosthosszúság változtatásával szabályozza



A szívizom mechanikai teljesítményének szabályozása

• térfogati terhelés:

- ha a vénás visszatérés megnő -> először nem tudja kipumpálni a megnőtt térfogatot -> szisztole végén több marad vissza



- új egyensúly: nagyobb feszülés a diasztole végén, erősebb kontrakció

• nyomási terhelés:

- ha a perifériás ellenállás megnő -> először a korábbi perctérfogatot a nagyobb nyomás ellenében nem tudja kipumpálni -> szisztole végén nagyobb nyomás a kamrában



- új egyensúly: nagyobb feszülés a diasztole végén, erősebb kontrakció

A szívfrekvencia szabályozása: a szív beidegzése

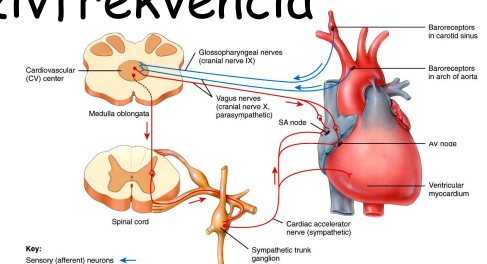
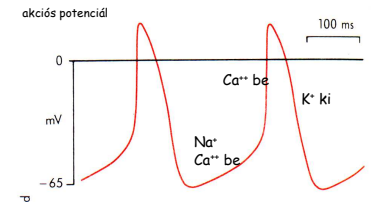
- alapvetően a **vegetatív idegrendszer** szabályozza
 - nyugalomban ~70/perc; munkavégzésnél 120-150/perc

paraszimpatikus idegrendszer:

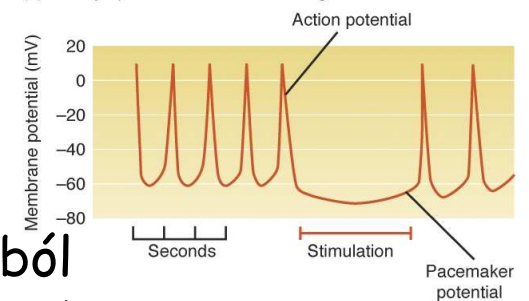
- állandó (tónusos) vagus hatás: vagusok átvágásával a szívfrekvencia nő (70 → 150/180 /perc)
 - jobb oldali - SA csomó; bal oldali - AV csomó; kamrára nem!
- átkapcsolás a szív felszínén vagy falában
- muszkarinikus AChR: hiperpolarizáció, K⁺ kiáramlás
 - ingerületképzés és -vezetés lassul
- gyors elimináció és reguláció

szimpatikus idegrendszer:

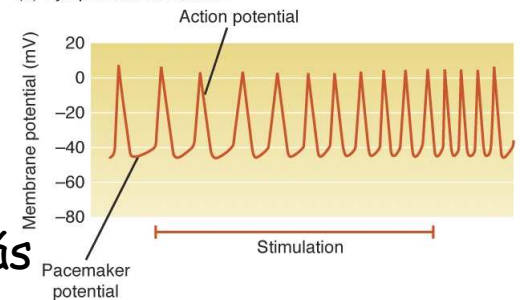
- beidegzés alsó 1-2 nyaki, felső 5-6 háti szegmentumból
- átkapcsolás ggl. stellatumban, teljes szívre plexus cardiacus
 - aszimmetrikus: jobb - frekvencia, bal - kontrakció ereje
- tónusos, lassú hatás, lassú elimináció
- β_1 adrenerg hatás (főleg noradrenalin, adrenalin):
 - hipopolarizáció, Ca⁺⁺ beáramlás, citoplazmás Ca⁺⁺ szint növelése
 - pozitív inotrop, kronotrop, dromotrop, batmotrop hatás



(a) Parasympathetic stimulation via vagus nerve



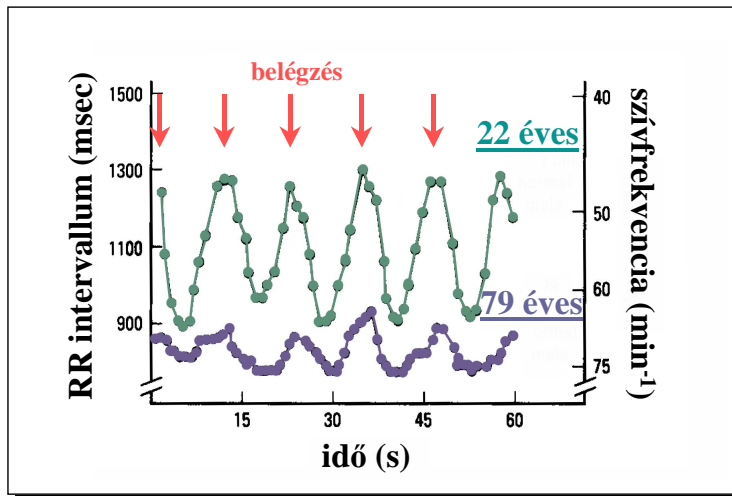
(b) Sympathetic stimulation



A szívfrekvencia szabályozása

egyéb folyamatok:

- légzési szinusz aritmia: belégzés során szívfrekvencia átmenetileg gyorsul, kilégzéskor lassul



- belégzésnél jobb szívfél vénás telődése nő
- kilégzéskor vagus aktivitás nő

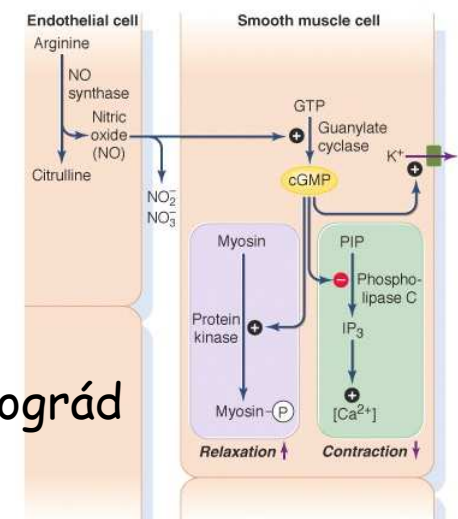
- baroreceptor reflex: gyors felállásnál ájulás (vénás visszaáramlás, artériás középnyomás hirtelen csökkenése)

A lokális szabályozó mechanizmusok: autoreguláció (bazális értónus)

- az érfalak a perfúziós nyomás kisebb változásait **intrinsic** módon képesek kiküszöbölni, így **a véráramlás közel állandó maradhat** (vese, vázizom, agy, máj, miokardium - de a tüdőben nincs autoreguláció)
- **miogén faktor**: simaizom nyújtásra kontrahál (Laplace törvény); rezisztencia-erekben a nyomáscsökkenés vazokonstrikcióhoz, a nyomás növekedése táguláshoz vezet (Bayliss-effektus)
- **metabolikus tényezők**: a **vazodilatátor hatású metabolitok** lassú áramlásnál feldúsulnak, gyors áramlásnál elszállítódnak - arteriolák és prekapilláris szfinkterek relaxációja (ált. cAMP vagy cGMP szint növelése)
 - $pO_2 \downarrow$ (kivéve a tüdőt), $pH \downarrow$, $pCO_2 \uparrow$, $pOsm \uparrow$, $T \uparrow$
 - K^+ , laktát (vázizom)
 - hisztamin: szöveti sérülés, kapilláris permeabilitás \uparrow
 - adenozin: szívizom, NA release-t gátol
- **lokális vazokonstriktorok**: érsérülés, vérlemezkékből szerotonin felszabadulás; $T \downarrow$, (tüdőben $pO_2 \downarrow$)
- szöveti nyomás: a véráramlás fokozódásával megnövekvő intersticiális folyadék a kapillárisokat és venulákat összenyomja (kevésbé jelentős)

A lokális szabályozó mechanizmusok: az endotéliumban termelt faktorok

- **prosztaciklin** (és **tromboxán A_2** ; eikozanoidok)
 - prosztaciklin: endoteliális sejtek termelik
 - adenilát-cikláz aktiválásával **vazodilatáció**;
 - vérlemezkek aggregációját gátolja
 - tromboxán A_2 : vérlemezkek termelik
 - vérlemezkek aggregációját fokozza, **vazokonstriktió**
 - mindkettőt ciklooxygenáz állítja elő arachidonsavból
 - aszpirin: ciklooxygenázok irreverzibilis inaktiválása; vérárvadást gátolja
- **nitrogén monoxid (NO vagy régen EDRF)**
 - endotéliumban nitrogén-monoxid szintáz (NOS; 3 izoforma) termeli
 - simaizomban guanilát cikláz (sGC) aktiválás, állandó vaszkuláris simaizom relaxáció: **tónusos értágítás**
 - termelődését fokozza: ACh, bradykinin, substance P, véráramlás, mechanikai nyíróerő fokozódása (retrográd vazodilatáció a prekapilláris rezisztenciaerekben)



A lokális szabályozó mechanizmusok: az endotéliumban termelt faktorok

- **endotelinek**

- leghatásosabb **vazokonstriktorok**, hosszan tartó hatás, főleg parakrin módon, lokálisan hatnak
- rendkívül sokféle előfordulás és hatás (szív, vese, tüdő, gyomorbél)
- miogén válasz kiváltói?

Hormonális hatások

keringési vazodilatátor hormonok:

- **pitvari natriuretikus peptid (ANP)**

- megnövekedett vénás telődés miatti pitvarfal-feszülés indítja be termelődését a pitvarok falában
- szívben szekretált, **vérnyomás- és vértérfogat-csökkentő** hatás
- vesében Na^+ és víz kiválasztást fokozza (=natriuretikus), szomjérzetet csökkenti
- ADH és noradrenalin termelődését gátolja

Hormonális hatások

keringési vazodilatátor hormonok (folyt.):

- **kininek** (bradikinin, lizil-bradikinin)
 - nyál-, izzadságmirigyekben, hasnyálmirigyben szekretált
 - a kininogén prekursorokból plazmás és szöveti kallikreinek hasítják
 - NO felszabadítás: **ér simaizomzat relaxáció**, kapilláris permeabilitás fokozása - szöveti ödéma
 - afferens idegvégződésből neuropeptid felszabadítás (substance P, CGRP, neurokinin A)
 - arteriola relaxáció, kapilláris, venula kontrakció
 - hisztamin felszabadítás, fájdalomkeltő hatás, gyulladás-mediátor
 - zsigerekben simaizom kontrakció (!)
- **VIP (vazoaktív intesztinális peptid)**
 - bélrendszerben termelődik
 - gyomor-bélrendszerben elektrolitok és víz szekréció ↑, zsigeri simaizom relaxáció, gyomorsav-szekréció ↓
 - perifériás erek dilatációja

Hormonális hatások

keringési vazokonstriktor hormonok:

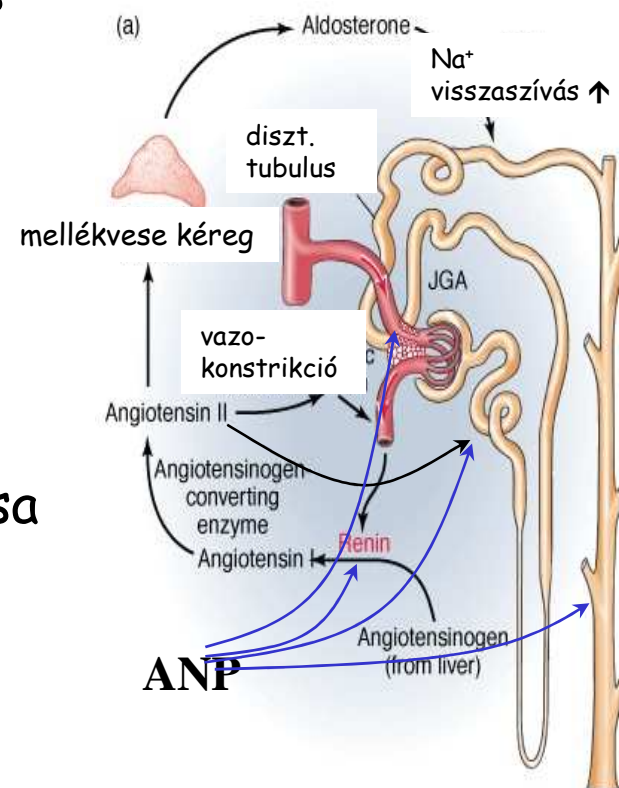
- **vazopresszin (antidiuretikus hormon, ADH)**
 - termelődés: hipotalamusz n. supraopticus, n. paraventricularis magban; neurohipofízisből szecernált
 - érizomzat kontrakció, arteriás vérnyomás emelése
 - a vérben kis koncentrációban fordul elő (kivéve stressz, erős vérzés esetén) - a keringésszabályozásban fiziológias szerepe kérdéses
- **adrenalin, noradrenalin (A, NA)**
 - a mellékvesevelőben emberben ált. adrenalin (75%) felszabadulás
 - **α_1 adrenerg receptorok** (főleg NA-t köt): IP_3 növekedés, **arteriola simaizom konstriktó** - ált. csak magas koncentrációban hat
 - **β_2 adrenerg receptorok** (főleg A-t köt): **váz-, szívizom, máj arteriolákban relaxáció** - alacsony koncentrációban már hat
 - a keringő adrenalin ált. kompenzálja az α_1 adrenerg hatást: a perifériás ellenállás vagy változatlan, vagy csökken (ld. keringési redisztribúció)
 - magas A szint az α_1R -ra is hat: keringési redisztribúció mellett perifériás ellenállás, arteriás vérnyomás nő

Hormonális hatások

keringési vazokonstriktor hormonok (folyt.):

• renin-angiotenzin rendszer

- renin: vesében termelődik, angiotenzinogénből angiotenzin I-t hasít; angiotenzin konvertáló enzim (ACE): **angiotenzin II** előállítás
- elektrolitforgalom és vízfelvétel szabályozása, **aldoszteron** termelés ↑
- nagyon hatásos vazokonstriktor: szisztolés és diasztolés vérnyomást emeli, de normál fiziológiás hatása kérdéses
- vérzés, folyadékvesztés esetén fontos érszűkítő
- area postrema területén közvetlenül is hat a központi idegrendszerre: vérnyomásemelés
- kóros renális hipertóniában mennyisége, hatása fokozódik



Idegi szabályozás: az erek beidegzése

- **értónus (perifériás ellenállás)** szabályozása **kizárólag a szimpatikus** beidegzésen keresztül

szimpatikus vazokonstriktor (érszűkítő) hatás ⇨ **perifériás ellenállás ↑**

- gyak. minden érfalban posztganglionáris noradrenerg beidegzés (α_1)
- érfal simaizom: tartós, nagyerejű kontrakció, egységesség simaizom
- prekapilláris rezisztenciaerek:
 - véráramlás sebessége, artériás nyomás szabályozása
 - állandó tónusos kontrakció; szimpatikus beidegzés hiányában denervációs túlérzékenység
 - α_1 **noradrenerg** beidegzés: a perifériás keringés fő centrális szabályozása, vazokonstriktó
 - α_2 R-on keresztüli negatív visszacsatolás: endotélsejtekben NO termelés ↑, vazodilatáció
- zsigeri vénák: venokonstriktó a vért az arteriális oldalra tereli (kapacitancia erek)

szimpatikus vazodilatáció (értágító) hatás ⇨ **vérellátás ↑**

- egyes szövetekben (vázizom, szív, tüdő, vese) külön beidegzés (β_2 adrenergR)- szimpatikus izgalomra vérellátás növekedése
- NT nem tisztázott (nem noradrenalin)

A keringés központi szabályozása

nyúltvelői „presszor” (vérnyomásemelő) központ

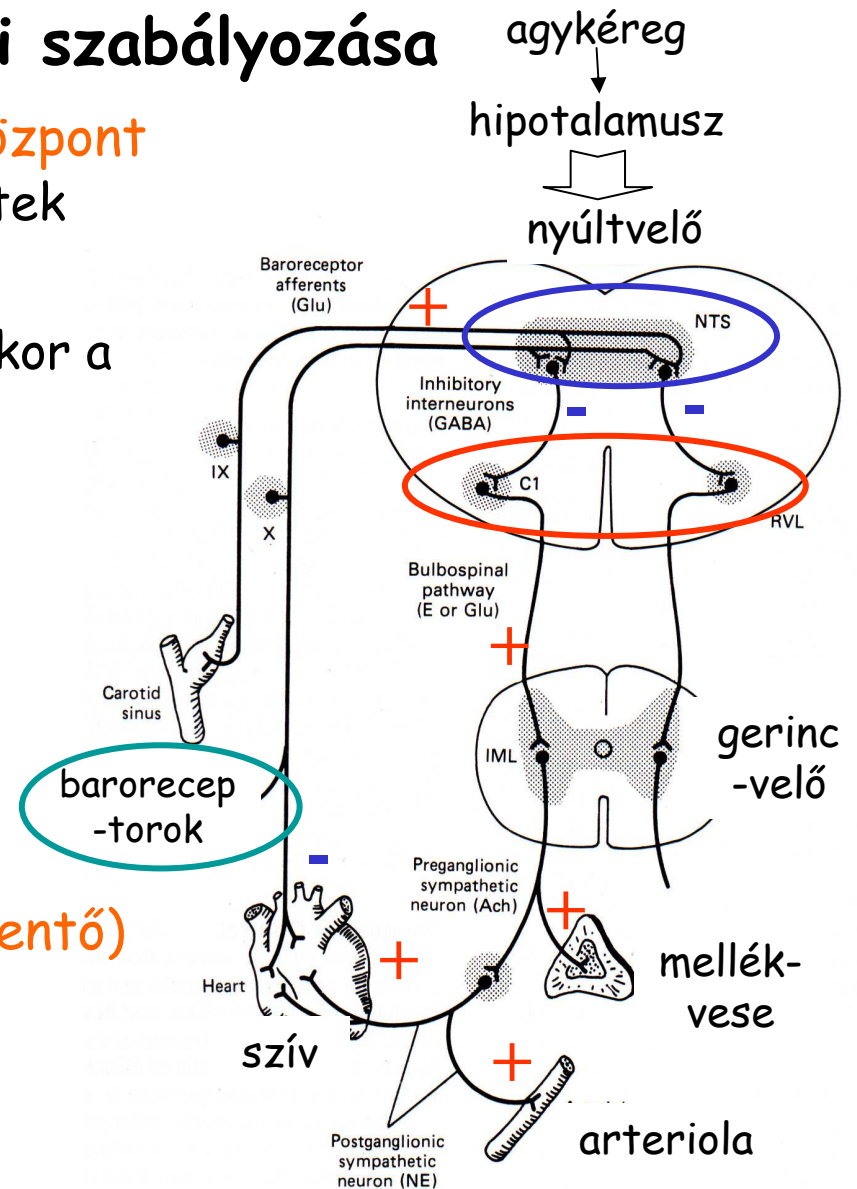
- nyúltvelői rostroventrolaterális (RVL) sejtek
- pacemaker aktivitás, fő szabályozó régió
- légzőközponttal együttműködés: belégzéskor a szimpatikus efferens aktivitás, artériás vérnyomás nő (Hering-Traube reflex)
- szimpatikus preganglionáris beidegzés serkentése
- mellékvese adrenalin-termelés fokozása
- perifériás erek szűkítése, vérnyomás fokozása
- szív működés fokozása

nyúltvelői „depresszor” (vérnyomás-csökkentő) központ

- RVL központ közvetlen gátlása, nincs spontán aktivitás

n. vagus (X. agyideg)

- preganglionáris vagusrostok: a szív közvetlen gátlása, paraszimpatikus hatás
- afferens rostok: baroreceptorokból a depresszor központba
- légzési aritmia: kilégzéskor efferens vagus gátlás nő, szívfrekv. csökken



Centrális (központi) keringésszabályozás

A vazomotor area bemenetei:

- **felsőbb központok** (limbikus kéreg, hipotalamusz, mesencephalon)
 - tachikardia, ájulás emóciók hatására
- **formatio reticularis** (fájdalomérzékelés)
 - izom, bőr afferensek
 - vazomotoros központ serkentése, de a krónikus ingerlés már gátló
- **tüdő** (feszülési receptorok)
 - légzőközponttal „együtműködés”
 - gátló vagus afferensek: vazodilatáció, vérnyomáscsökkenés
- **hipercapnia** ($p\text{CO}_2 \uparrow$; kemoreceptorok)
 - perifériás közvetlen hatás vazodilatáció (kipirulás), centrálisan vazokonstriktó: ellentétes, kiegyensúlyozó hatás
 - magas CO_2 mellett erős agyi és bőr dilatáció, máshol viszont konstriktó: csak lassú vérnyomás-emelkedés
- **hipoxia**
 - közvetlenül serkentő, de csak gyengébb hatás: vazokonstriktó, vérnyomásemelés
 - intrakraniális nyomás \uparrow - nyúltvelő hipoxia - artériás nyomás \uparrow - szívfrekvencia \downarrow (Cushing reflex)

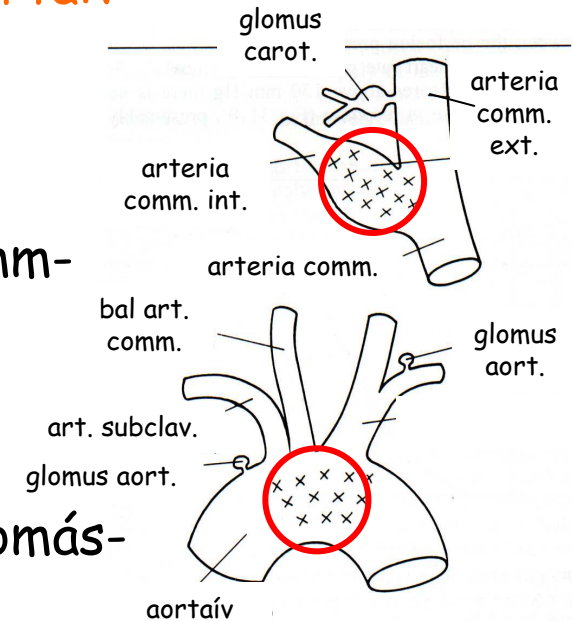
Centrális (központi) keringésszabályozás

A vazomotor area bemenetei (folyt.):

- baroreceptorok

I. magas nyomású receptorzónák: sinus caroticum, aortaív

- mechanoreceptor axonok a IX, X. afferensekben (puffer idegek)
- vérnyomást >50 Hgmm felett érzékelik, normál artériás vérnyomásnál is aktívak; telítés 200 Hgmm-nél
- gyors nyomásnövekedésre érzékeny: AP sorozat
- depresszor központ aktiválása (n. tractus solitarii), presszor központ gátlása (RVL): rövid távú vérnyomás-stabilizálás a gátló hatás szabályozásával



II. alacsony nyomású receptorzónák: v. cava, v. pulmonalis, a. pulmonalis

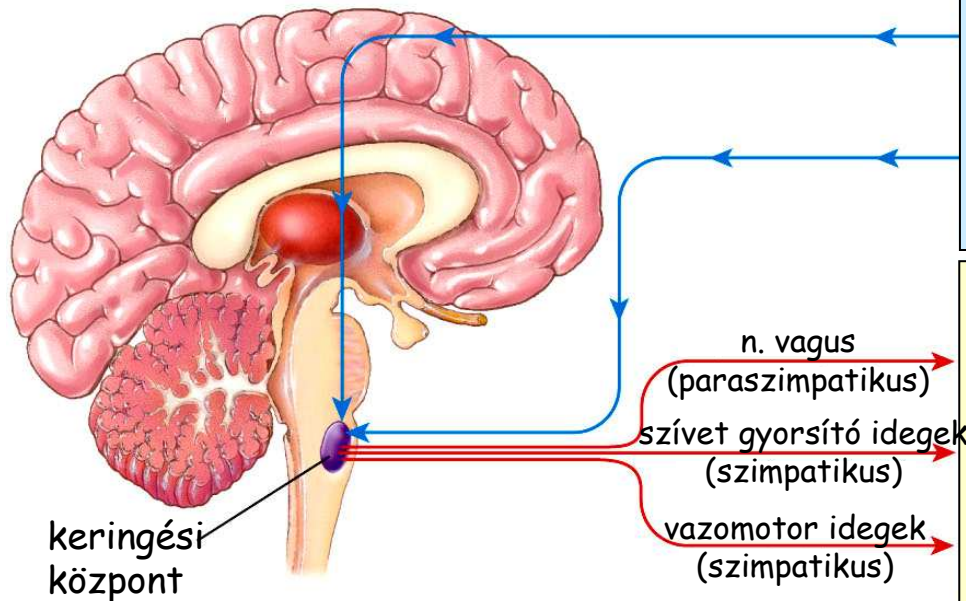
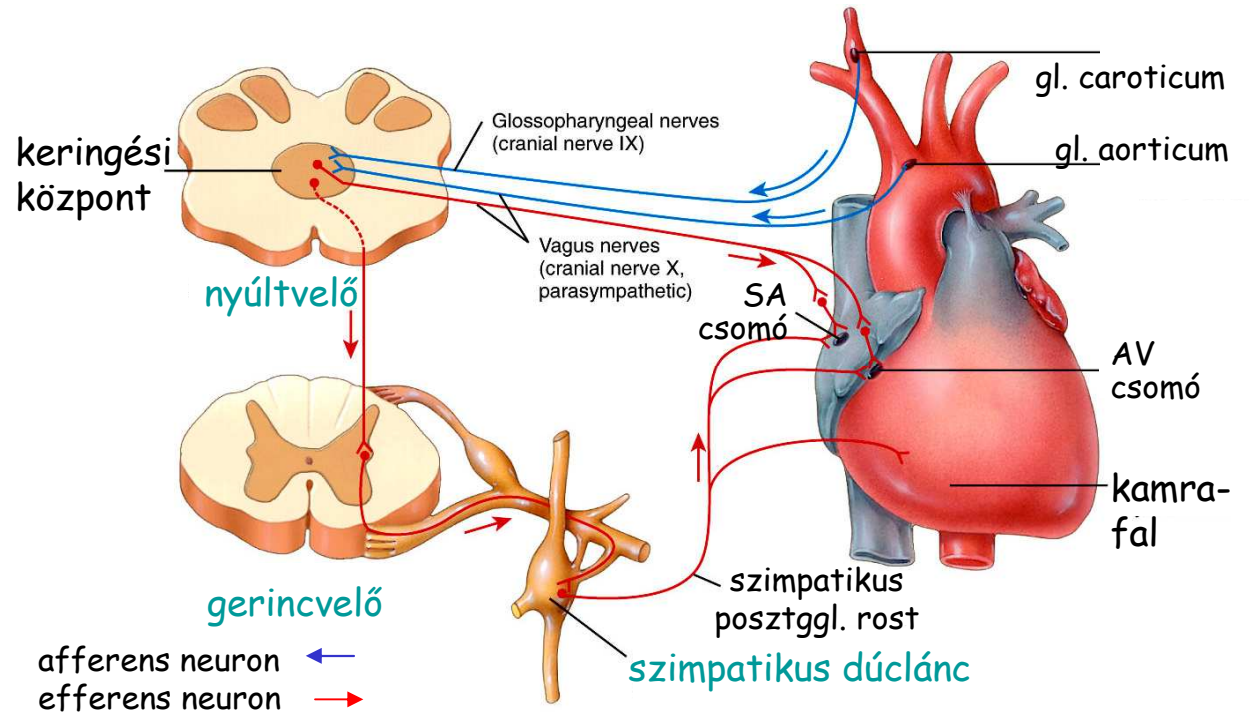
- volumen v. pitvari receptorok a nagyerek beszájadásánál
- falfeszülést érzékelik, térfogatnövekedésre aktiválódnak: depresszor
- ADH, renin és aldoszteron-termelés reflexes szabályozása: hosszú távú, térfogatreguláló hatás
- Bainbridge reflex: bal pitvar telődés \uparrow - szívfrekvencia \uparrow

Centrális (központi) keringésszabályozás

A vazomotor area bemenetei (folyt.):

- kemoreceptorok: *glomus caroticum* és *aorticum*
 - fiziológiás körülmények mellett nem jelentős szerep
 - elsősorban hipoxiára érzékenyek: vazokonstriktió, vérnyomásemelés
(agyban és szívben nincs reflexes vazokonstriktió - vérellátás spec. növelése)
- keringés lassúbbodása, nagy vérvesztés is aktiválja
- légzés-szabályozásban is fontos szerep (ld. később, légzés)

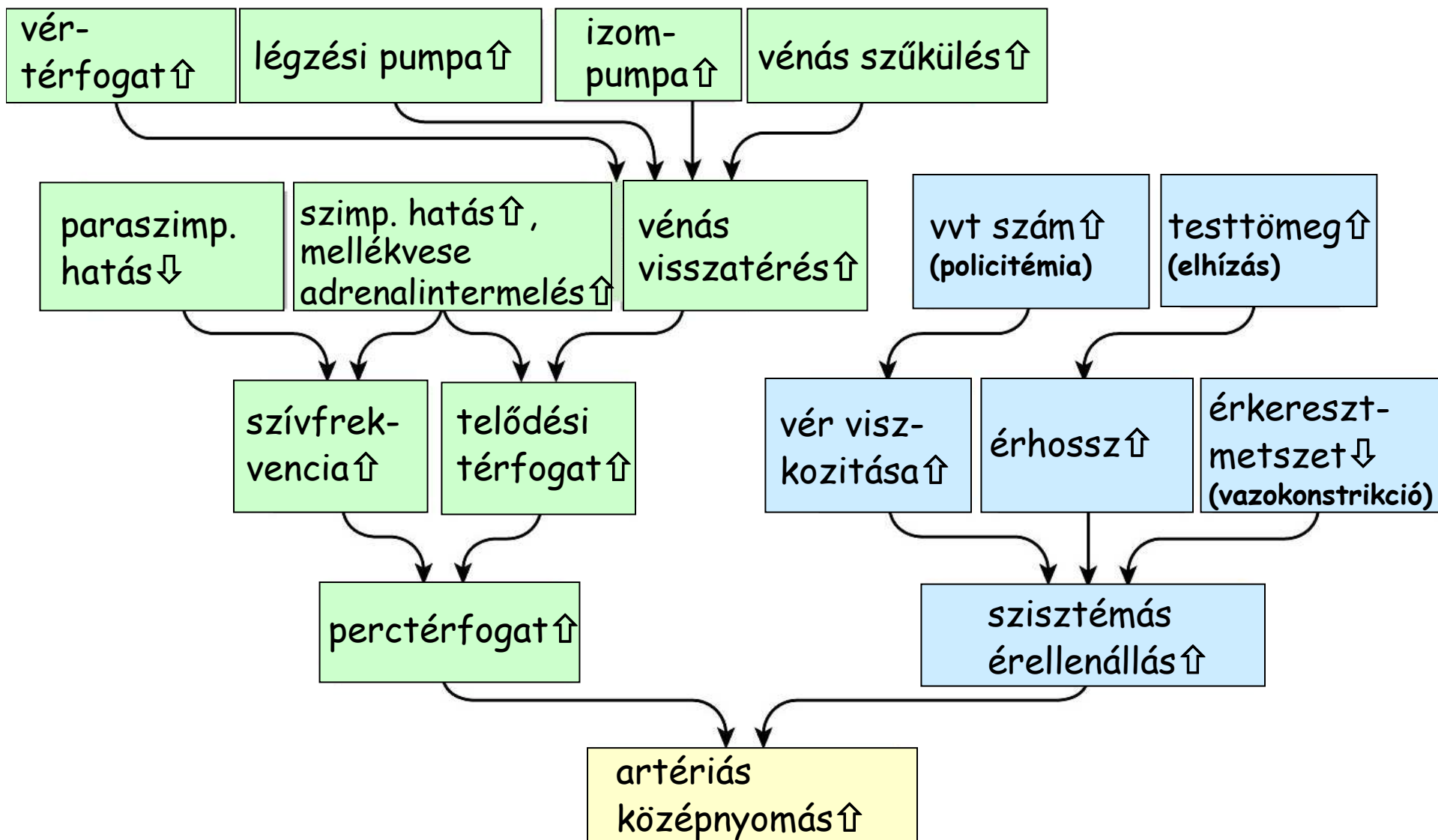
A központi keringésszabályozás főbb elemei



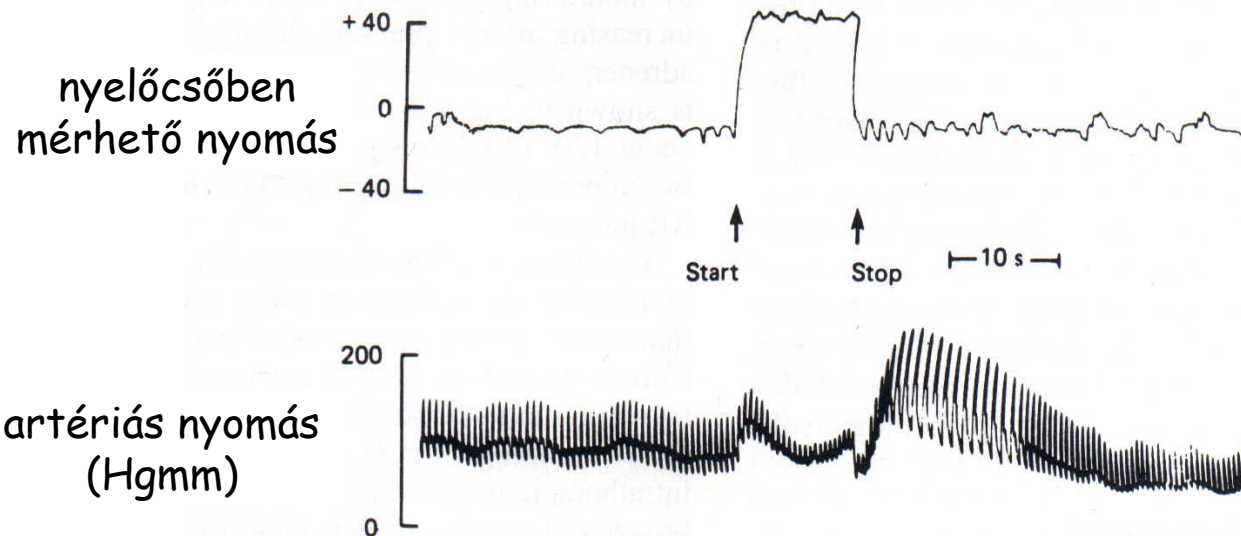
- bemenet**
- magasabb agyi központok (agykéreg, limbikus rendszer, hipotalamusz)
 - proprioceptorok (ízületek mozgása)
 - baroreceptorok (vérnyomás)
 - kemoreceptorok (pH, CO_2 , O_2)

- kimenet a végrehajtó szervek felé**
- szív: csökkent szívfrekvencia
 - szív: megnövelt szívfrekvencia és kontraktilitás
 - erek: vazokonstrikció (vérnyomás fokozódása)

A vérnyomás szabályozása



A centrális szabályozás példája: a Valsalva manőver



hasprés \Rightarrow intratorakális nyomás, mellüregi vénás \Rightarrow vénák összenyomódnak \Rightarrow és artériás vérnyomás \uparrow

vénás telődés és perctérfogat \downarrow \Rightarrow artériás vérnyomás \downarrow \Rightarrow baroreceptorok gátlása

\Rightarrow szívfrekvencia és perifériás ellenállás \uparrow

hasprés felengedése \Rightarrow perctérfogat visszaáll, de perifériás \Rightarrow artériás \Rightarrow erek még kontraháltak \Rightarrow vérnyomás \uparrow

baroreceptorok aktiválása \Rightarrow szívfrekvencia és vérnyomás \downarrow

Az agy keringése

- igen magas O_2 (3ml/100g/perc) és glükóz (27 μ M/100g/perc) igény
- 3-6 perces keringési leállás után maradandó károsodás
- tömeg 2%-a, keringés 15%-a, O_2 fogyasztás 25%-a
- a. carotis, a. vertebrális, circulus arteriosus Willisii - féloldali vérellátás
- **zárt tér**, nyomás állandóságához a vértérfogat állandósága kell
- **állandó vérellátás** 60-160 Hgmm artériás középnyomás között
- funkcionális hiperémia: aktív területek vérellátása fokozódik; K^+ , adenozin szerepe?
- **nyugalomban szimpatikus tónus nincs**
- 3+1 kompartment: intracelluláris - intersticiális - liquor + vérplazma (ld. agyi folyadékterek)
- **korlátozott anyagkicserélődés**: vér-agy gát, vér-liquor gát
- pCO_2 növekedés - vazodilatáció, véráramlás növekedése
- pCO_2 csökkenés - vazokonstrikció (hiperventilláció, magas hegy: ájulás)

A zsigeri keringés

- gyomor-bél csatorna, pankreász, máj, lép - n. splanchnicus beidegzés
- perctérfogat 25%-a, de erősen változó
- összes vér 18%-a: nyugalmi raktár (1L), ~felét leadhatja
- máj: teljes O_2 fogyasztás 20%-a
- a. hepatica, vena porte - **portális keringés**
- elég jelentős **lokális szabályozás**
 - táplálkozás után funkcionális hiperémia
 - enterális idegrendszer: ACh, VIP és NO termelése, de **az össz-zsigeri áramlás csak 50%-al nő**;
- a keringési rendszer alkalmazkodásában fontos szerep:
 - izommunka - vazodilatáció - reflexes zsigeri kontrakció - artériás középnyomás állandó szinten tartása (**perifériás ellenállás nagy hányada**)
 - vér redisztribúciója, "belső transzfúzió" (**nagy tárolási kapacitás**)

A bőr keringése

- vérellátása alapvetően a **hőszabályozást** szolgálja: hőcsere és párolgás
- nyugalomban ~400ml/perc véráramlás (7%), de 30 ml - 8L/perc között is változhat (max. 60%)
- akrális területek: felszín/térfogat arány nagy
 - subcután vénás plexusok, a csúcsi részeken **arteriovenosus anastomosisok**
 - α_1 adrenergR, **szimpatikus vazokonstriktor** impulzusok: szimpatikus hatás a vérátáramlást csökkenti
- nem akrális területek: jelentős miogén értónus - melegben **aktív vazodilatátor** mechanizmus
 - verejtékmirigyek kolinerg beidegzése - bradikinin termelés - dilatáció
- meleg külső környezet: perctérfogat emelkedése mellett a keringés redisztribúciója (zsigerek, vese, izomzat vérellátása kissé csökken) - fokozott bőráramlás

A vázizom keringése

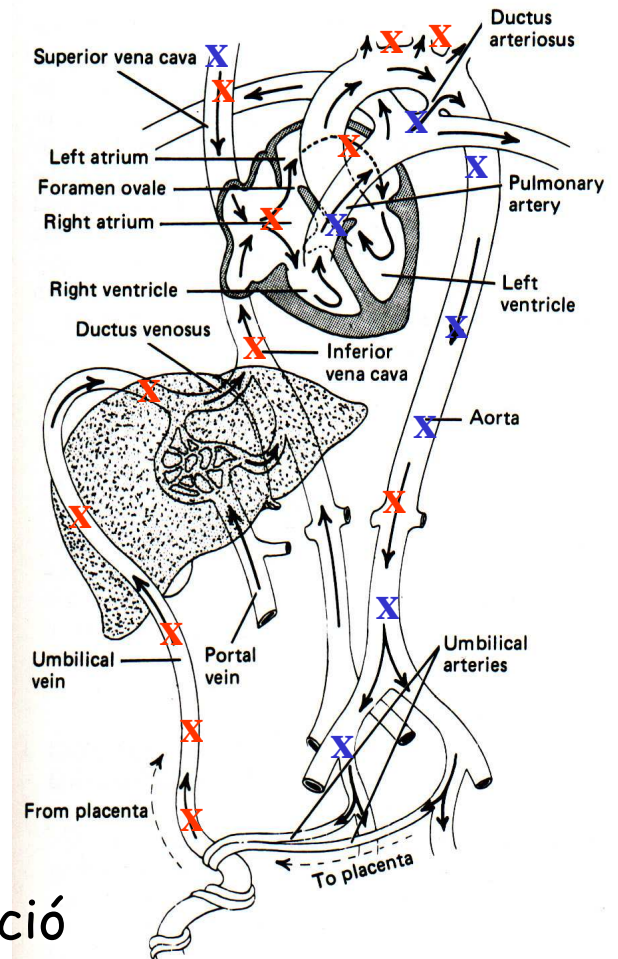
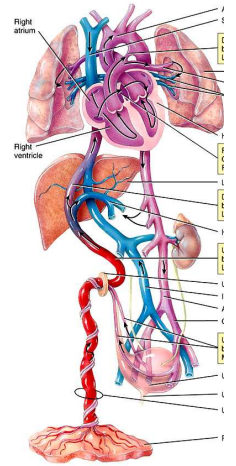
- izomzat tömege 40-50%, de a nyugalmi véráramlás csak 20%
- fokozott izommunka esetén perctérfogat nő (80%), izomdilatáció jelentős, keringés átrendeződik
- nyugalomban **centrális**, míg izommunka esetén **metabolikus** szabályozás (K^+ , H^+ , adenzin) - miogén tónus oldása
- **α_1 adrenergR**: nyugalomban erős szimpatikus tónus, vazokonstriktio
- **β_1 adrenergR**: **vazodilatáció** - összesített Adr hatás mégis konstriktio
- fázisos izomműködés - fázisos véráramlás; billentyűk, **izompumpa**
 - perctérfogat növelése
 - edzetteknél pozitív inotróp hatás, diasztolés szívtérfogat kisebb, szívfrekvencia nem változik;
 - gyengéknél pozitív inotróp és kronotróp hatás - vagus hatás is csökken
 - redisztribúció kevésbé jelentős
- túl meleg környezet: nagy izommunka mellett még a maximális perctérfogat sem tudja a hőszabályozást és a vérnyomás-szabályozást biztosítani

A szív koszorúér-keringése

- obligát **aerob** szerv, de O_2 és tápanyag-felvétel a szívüregeken átáramló vérből nem megy
 - endocardium béleli az üregeket
 - túl gyorsan áramlik át a vér
- tápanyagraktára minimális: folyamatos vérellátás a koronáriákon át
- nyugalomban 12%-os O_2 fogyasztás, az **O_2 extrakció nagy fokú** (elfolyó vénás vér szaturációja 75% helyett 25%)
- sűrű kapilláris-hálózat; hipertrófia esetén a kapillárisok izomzathoz viszonyított aránya lecsökken („sportszív”)
- **végartériás rendszer**: minimális átfedés; gyors elzáródásnál súlyos **miokardiális infarktus** (<10% vér); lassú - anasztomózisok
- fázisos koronáriaáramlás: bal kamrafalban szisztole alatt leáll
- bazális miogén tónus nyugalomban magas; a szívre háruló munka növekedésével az érellenállás csökken
- **autoreguláció**: elsősorban **metabolikus** szabályozás (adenozin, NO), de NA közvetett módon erős vazodilatációhoz vezet

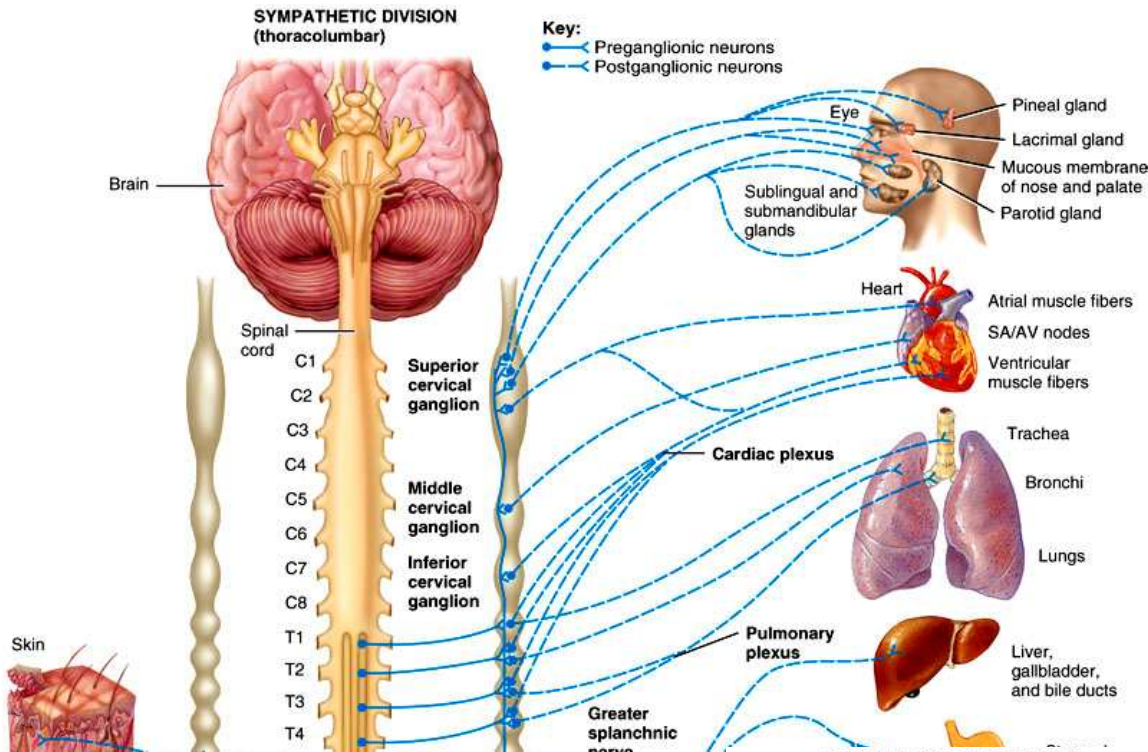
A placenta és a magzat keringése

- terhesség alatt a placenta véráramlása nő, de a magzat mérete még jobban: O_2 szaturáció lecsökken (köldökvéna 80%, portális, szisztémás 26%, v. cava inf 67%, aorta 60%)
- placenta: O_2 , CO_2 csere, de tüdőnél kevésbé hatékonyabb; magzati hemoglobin O_2 affinitása nagyobb
- magzat: köldökvéna - d. venosus - v. cava inf. - **JP-foramen ovale** - **BP** - aorta; v. cava sup. - JK - tüdőartéria - **ductus arteriosus** - aorta;
 - O_2 -telített vér a fej, kevert vér a törzs felé; jobb és bal szívfél szinkron
- születéskor placentáris keringés megszűnik, perifériás rezisztencia nő
 - ↓
 - aorta nyomás > tüdőartéria
 - ↓
 - asfixiás reflexes légzés
 - ↓
 - tüdőkeringés nő
 - ↓
 - BP nyomás nő - f. ovale zárul
- bradikinin: köldökerek, ductus arteriosus konstriktió

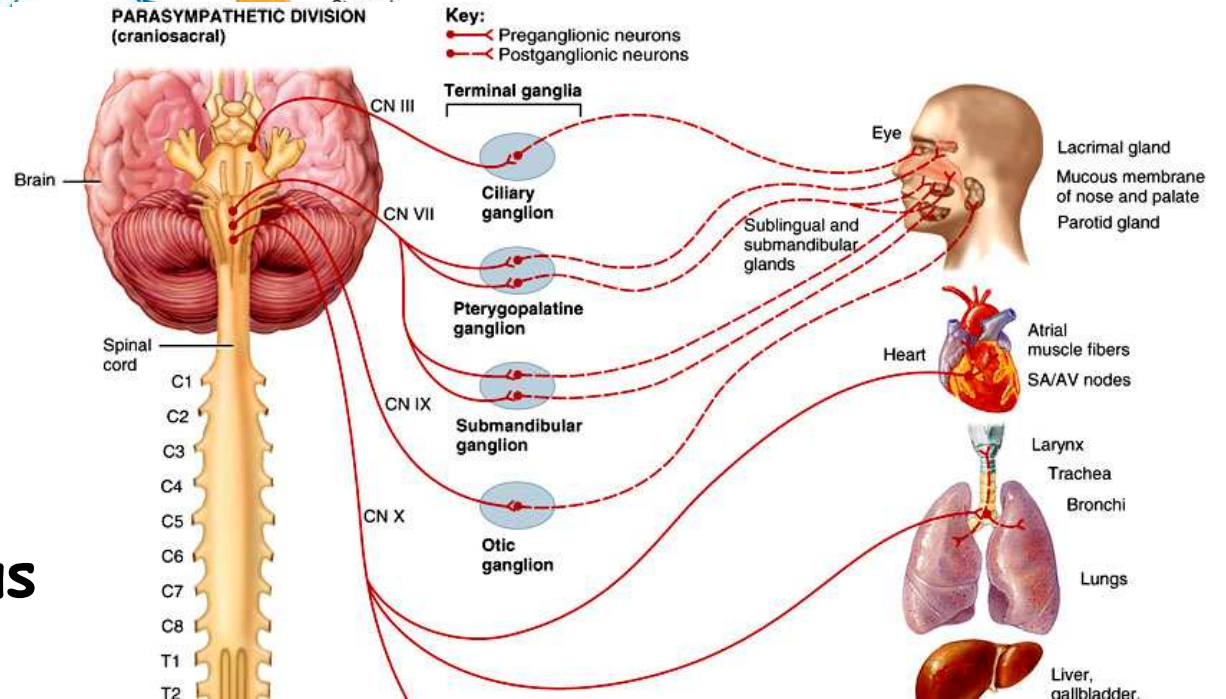


Ábrák

A szív szimpatikus beidegzése



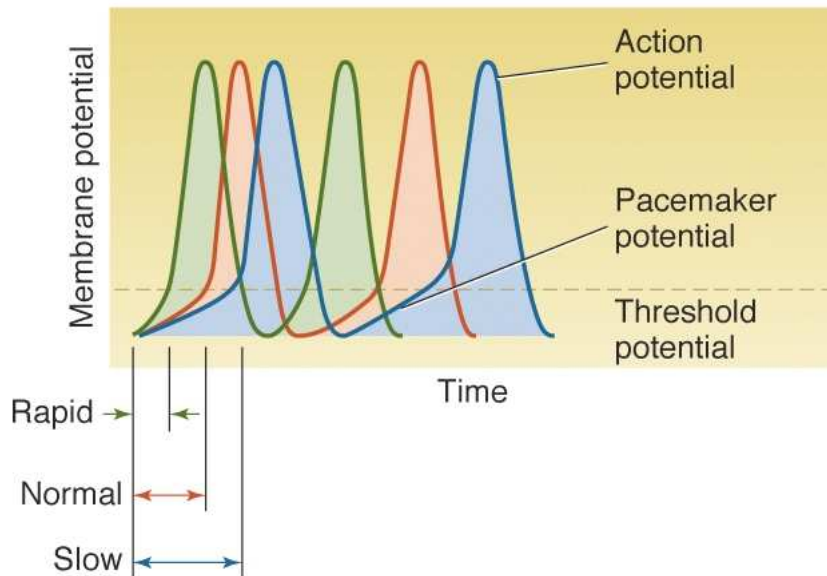
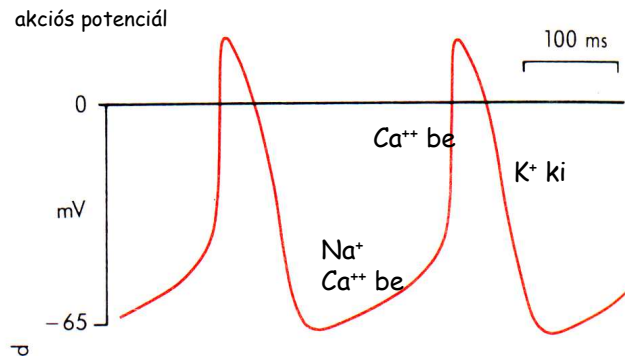
PARASYMPATHETIC DIVISION (craniosacral)



A szív paraszimpatikus beidegzése

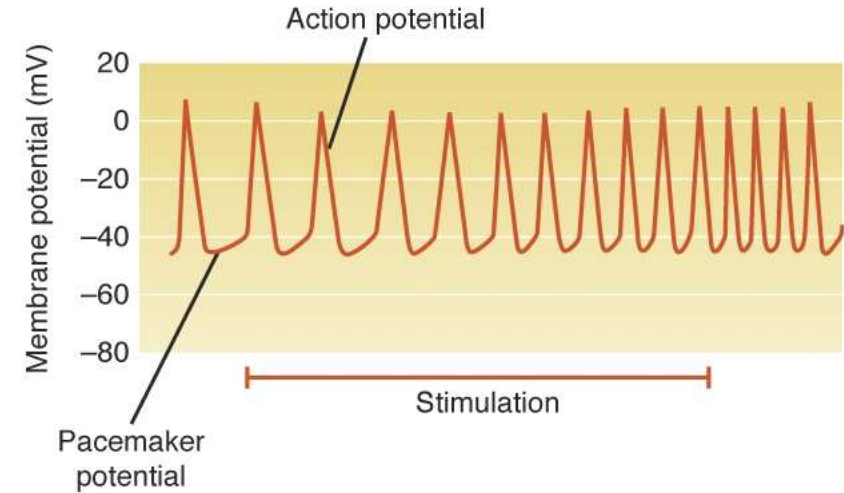
A szívfrekvencia szabályozása

ritmuskeltő sejtek aktivitása

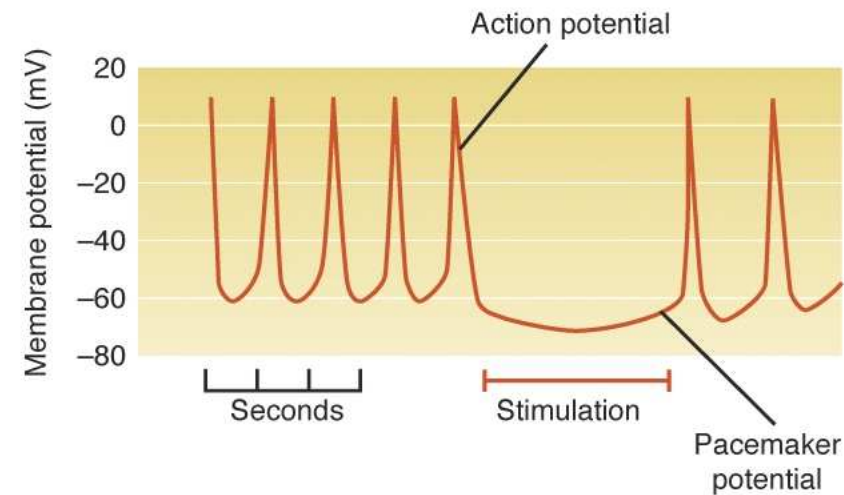


szimpatikus ingerlés

(b) Sympathetic stimulation.

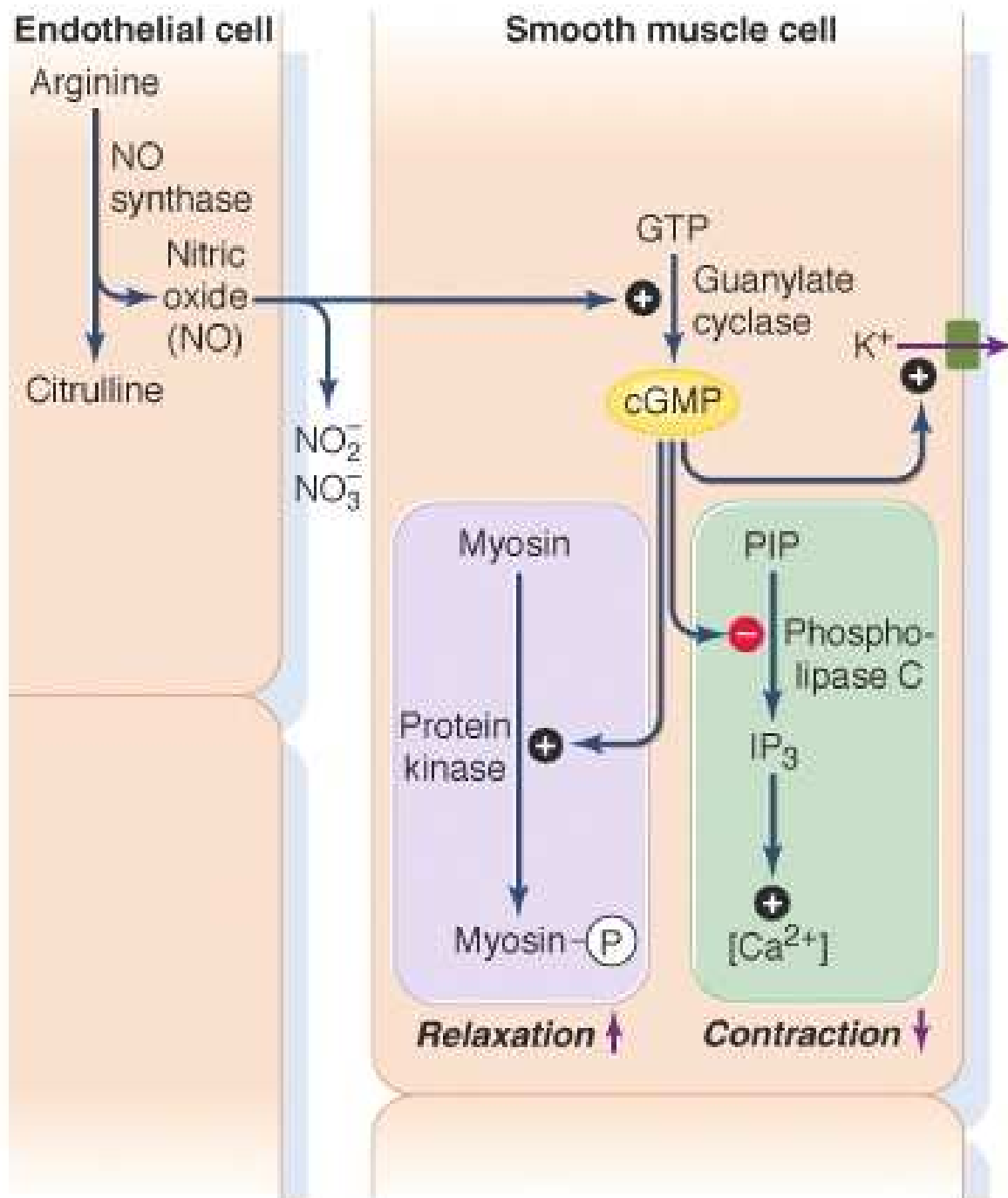


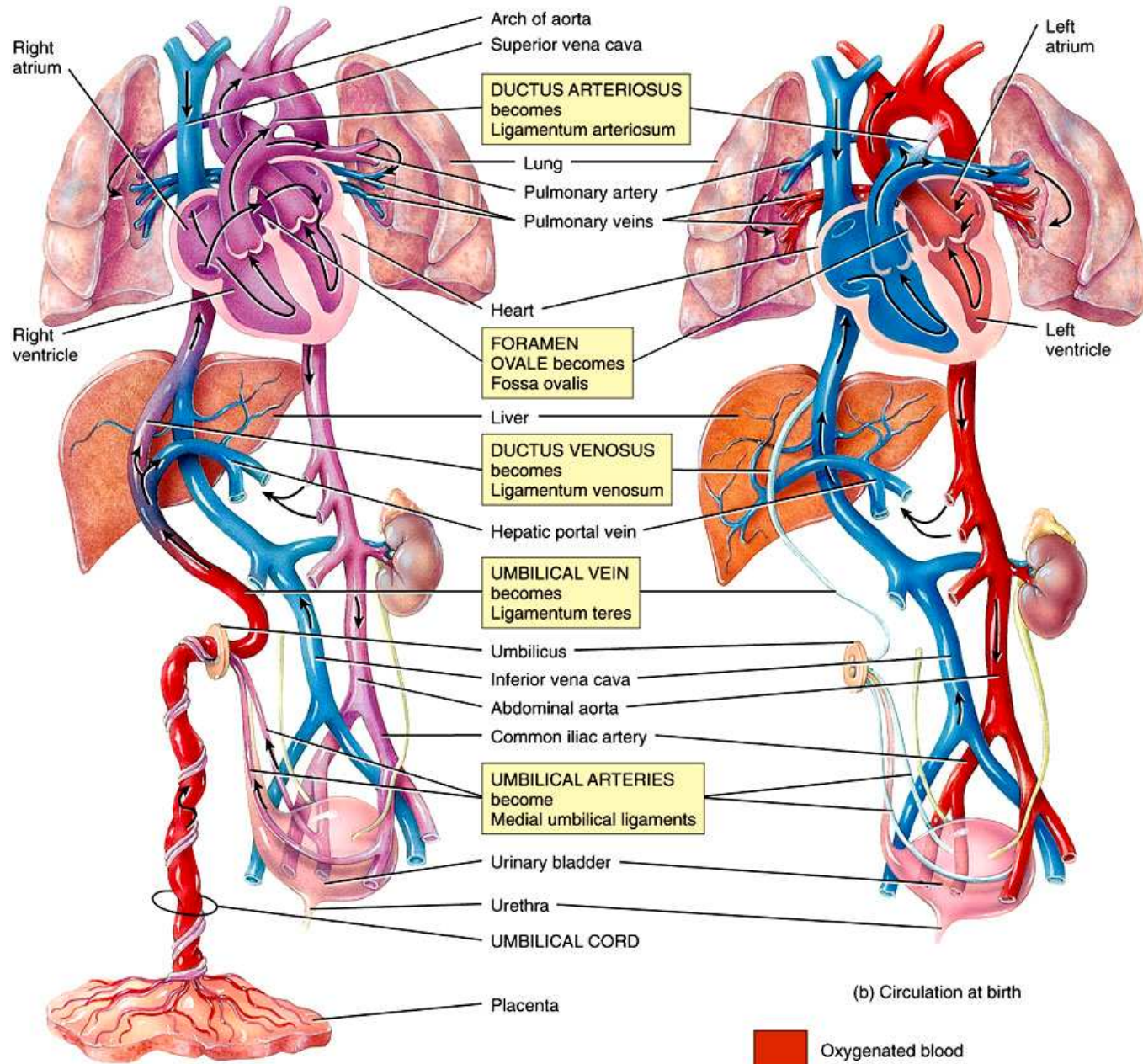
(a) Parasympathetic stimulation via vagus nerve



paraszimpatikus n. vagus ingerlés

A NO hatása az érfa simaizomra





(a) Fetal circulation

(b) Circulation at birth

a magzati keringés

az újszülött keringés