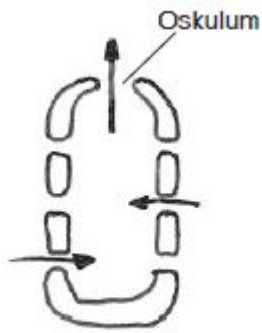
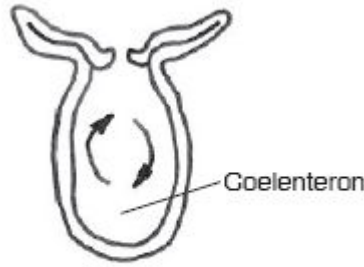


CIRKULACE

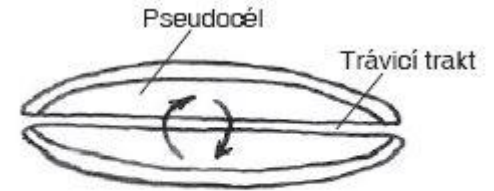
- Zajištění transportu a oběhu látek/živin, energie, tepla, regulačních informací, kontakt mezi buňkami/tkáněmi/orgány, hydrostatická funkce
- Nezbytné u mnohobuněčných, zvyšující se nároky s rostoucí složitostí organismů (strukturní i regulační)
 - **gastrovaskulární cirkulace** (*Porifera, Cnidaria, Ctenophora*, někteří *Plathelminets*) + archeocyty (*Porifera*)
 - vývoj **cévních soustav**, lakuny, siny, cévy, s rostoucí složitostí požadavky na specializované pumpy = **srdce**
 - **otevřené cévní soustavy** (primitivnější, od *Arthropoda* výše)
 - **uzavřené cévní soustavy** (pokročilejší)



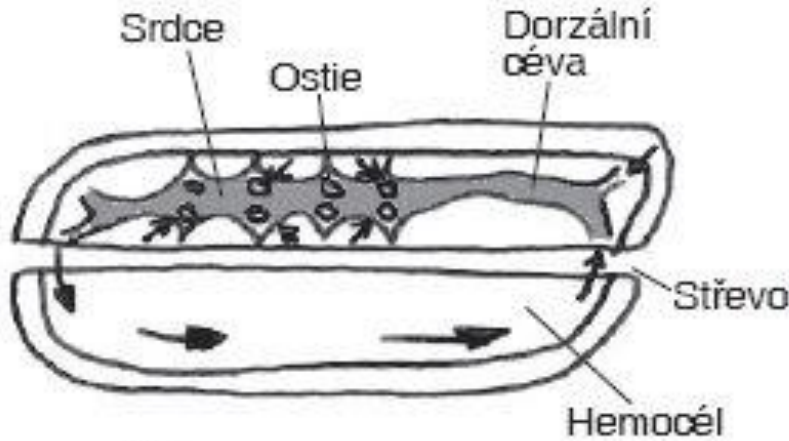
a) Houbovci



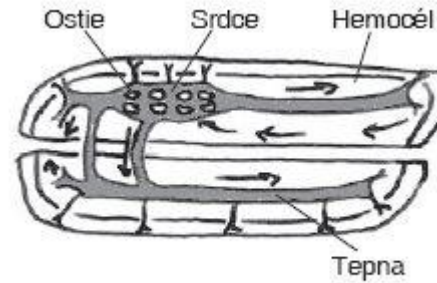
b) Žahavci



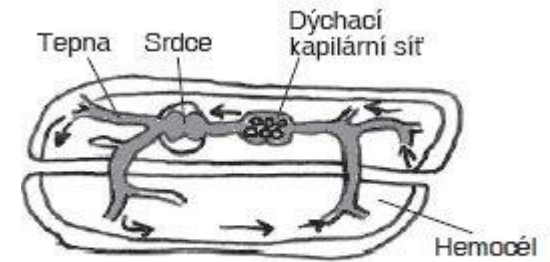
c) Hlístice



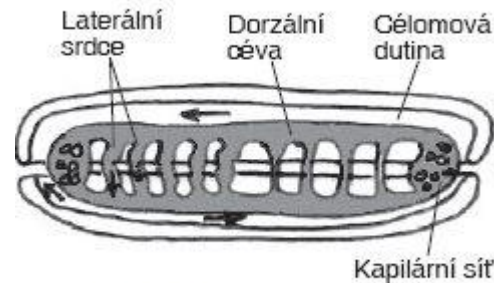
d) Hmyz



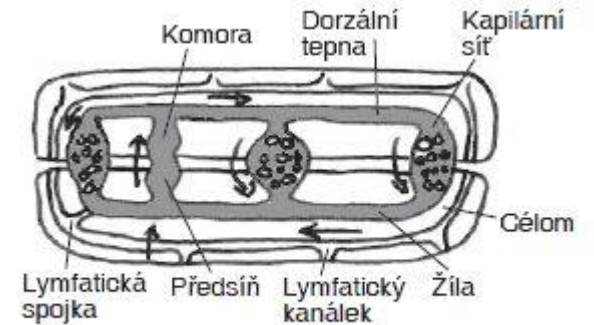
e) Korýši



f) Měkkýši



g) Kroužkovci



h) Savci

KARDIOVASKULÁRNÍ SYSTÉM

Terminologie cév vychází z jejich polohy vůči srdci, funkce, a orgánů které spojují

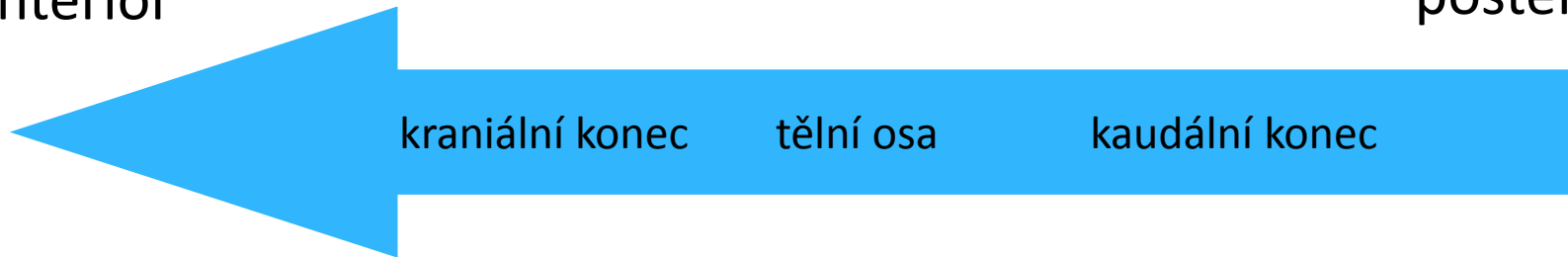
sinistra x dextra
vlevo x vpravo

ascendens - vzestupný

descendens - sestupný

anterior

posterior



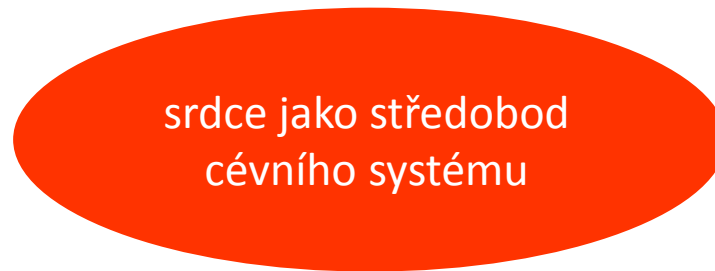
kraniální konec

tělní osa

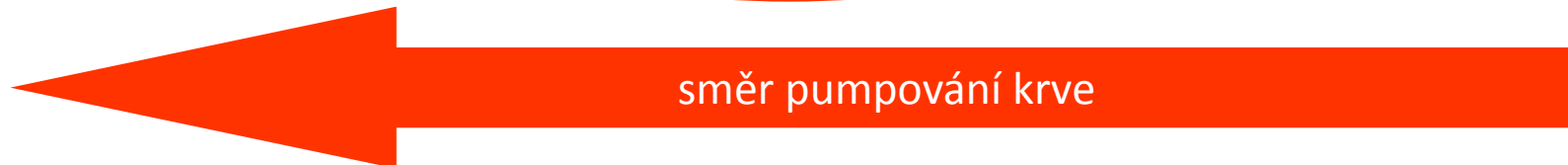
kaudální konec

prekardinální-

postkardinální-



srdce jako středobod
cévního systému



směr pumpování krve

arterie

veny

Otevřená cévní soustava

- Nosné médium – **Hemolymfa** (jediná tělní tekutina, analogie s krví/tkáňovým mokem, buňky - hemocyty)
- Pohyb zajištěn srdcem, distribuce různě vyvinutými cévami, lakunami, siny
- Složitost a struktura v korelaci s vývojem dýchací soustavy, často pomocná srdce/pulsující orgány
 - nižší korýši, redukce, *Cladocera* jen srdce, *Copepoda* bez srdce
 - vyšší korýši (žábry) a pavoukovci (plicní vaky) dobře vyvinuté cévy
 - hmyz s trachejemi, cévy značně redukované

Rozdíly proti uzavřené cévní soustavě

- Malý rozdíl mezi systolickým a diastolickým tlakem
- Malý periferní odpor, malá srdeční aktivita i výkon
- Proudění hemolymfy není plynulé
- Menší celková plocha styku tkání a hemolymfy = horší podmínky pro výměnu látek
- Celkově transport méně energeticky náročný, ale také o to méně výkonný

Nejdokonalejší cévní systém u bezobratlých s téměř uzavřenou cévní soustavou mají hlavonožci

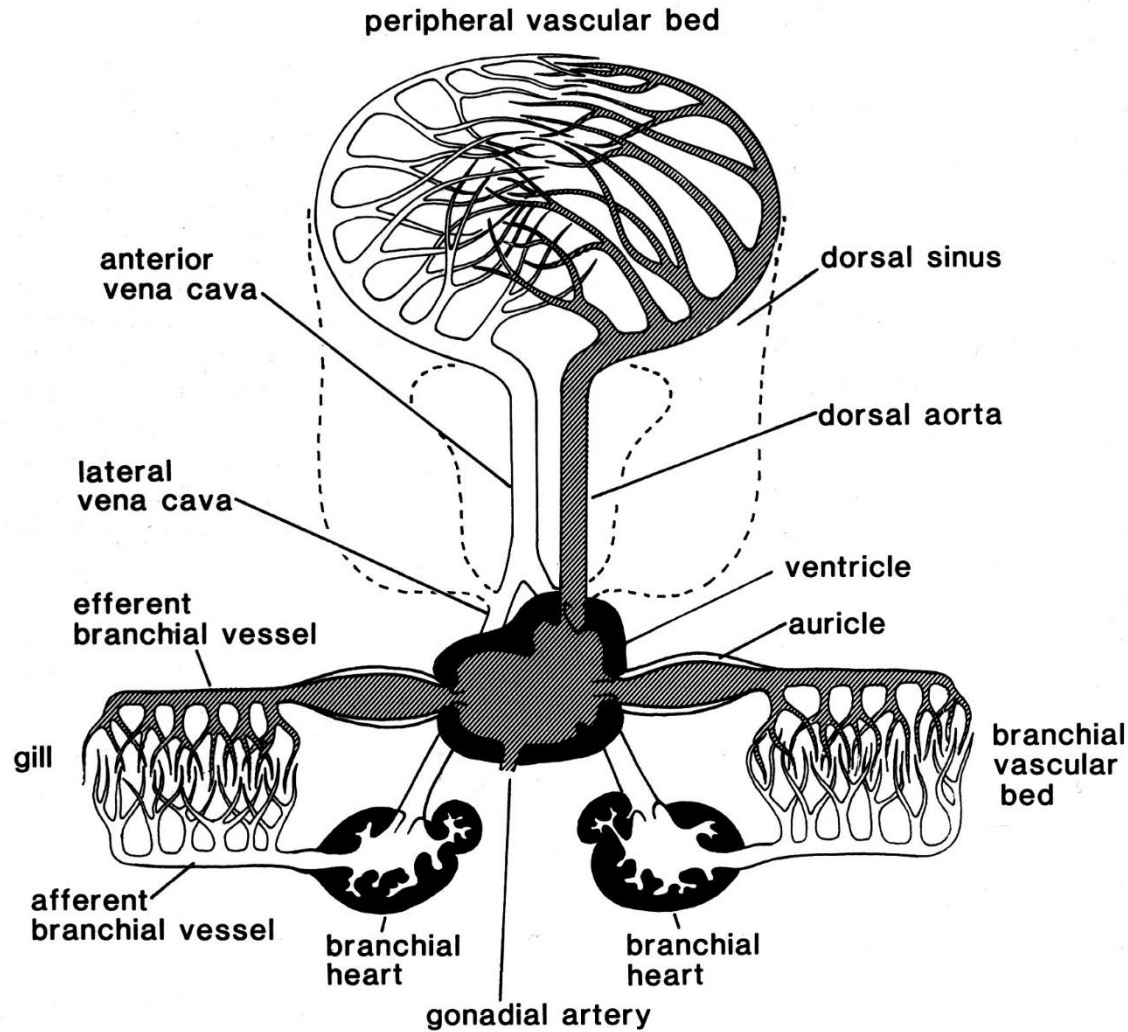
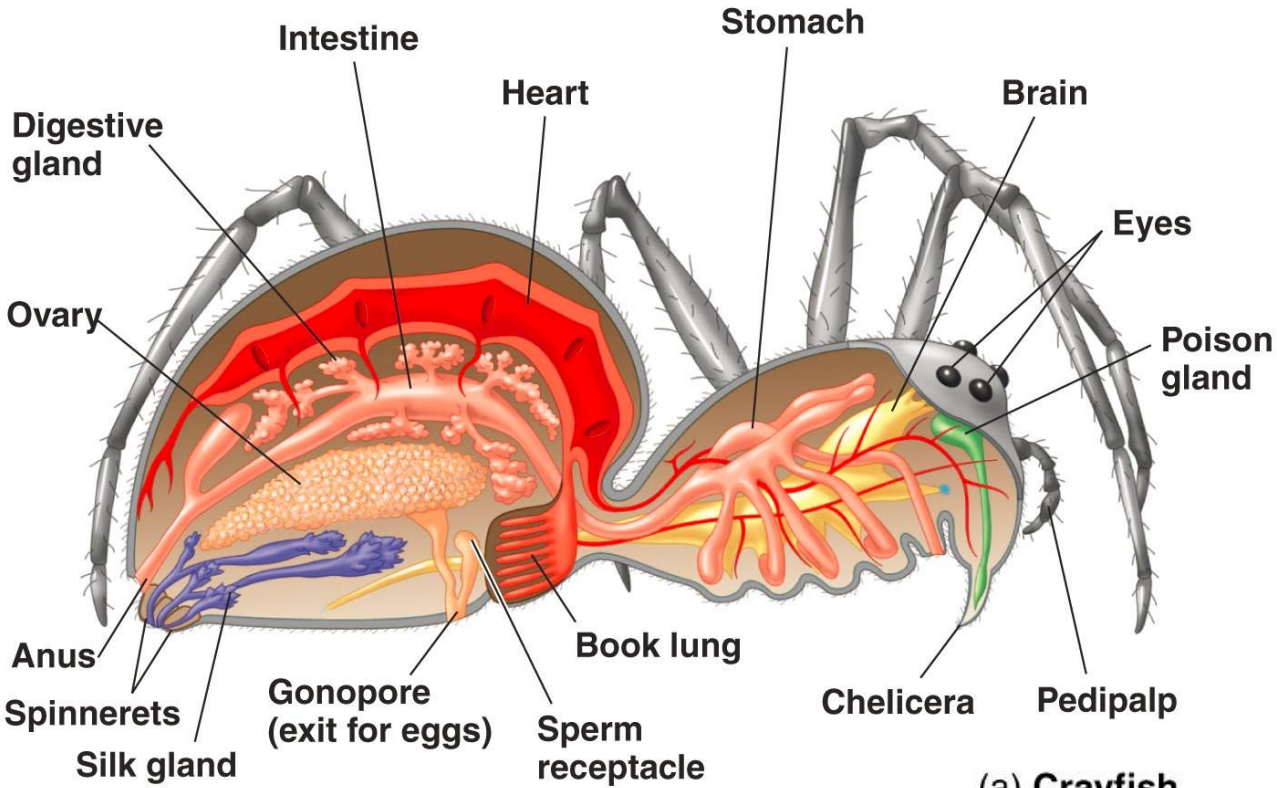
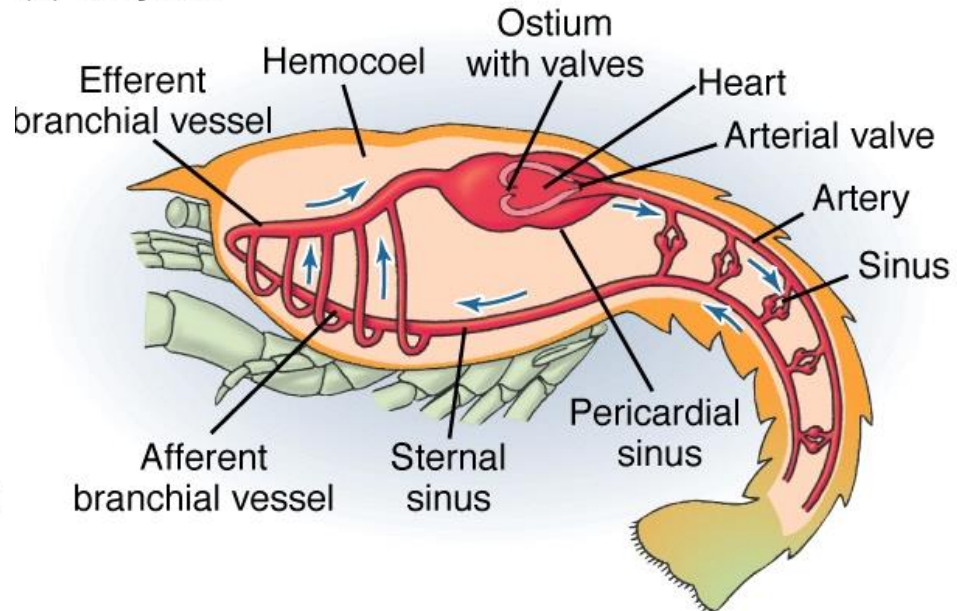
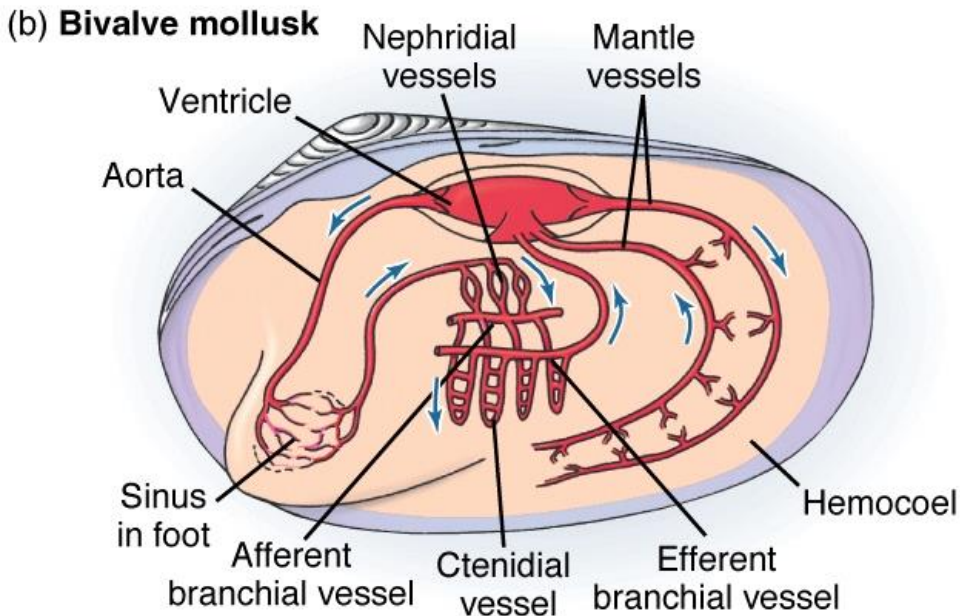


Fig. 6 Generalized cephalopod circulatory system (after Smith & Boyle 1983).



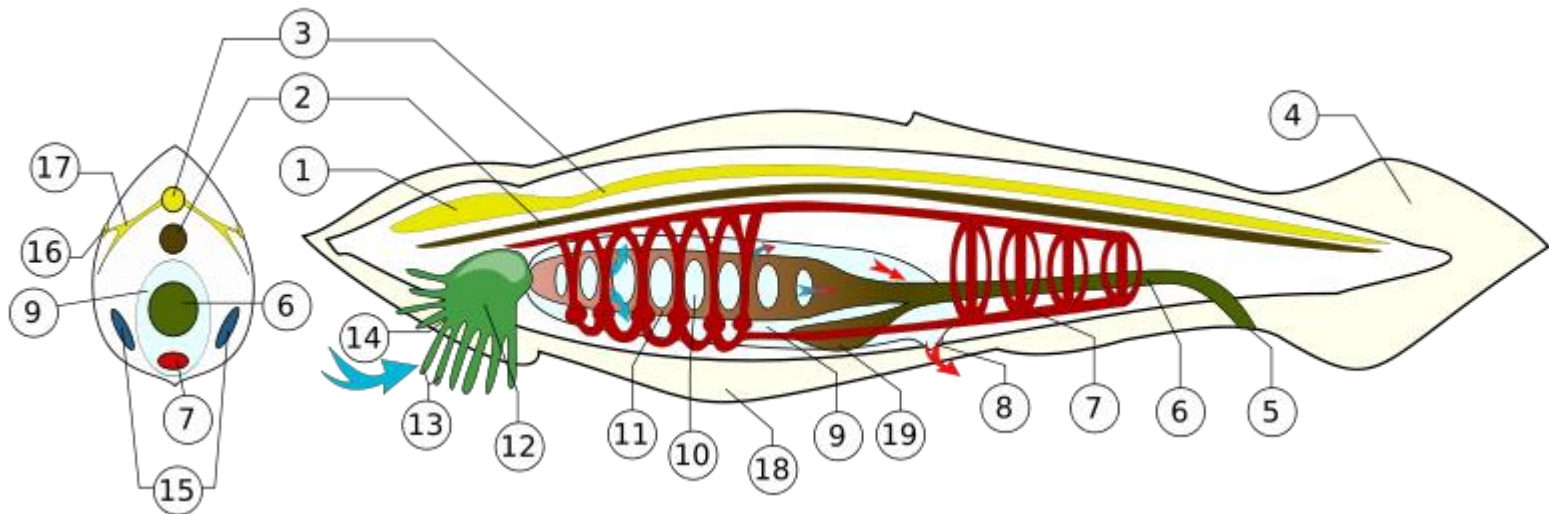
Další příklady otevřených cévních soustav

(a) Crayfish



Uzavřená cévní soustava

- Oddělení tkáňového moku (tekutina tvořící prostředí buněk) od krve uzavřené v síti cév
- Krev nekomunikuje s buňkami v tkáních přímo, ale přes stěny kapilár (tvořeno buňkami endotelu)
 - => systém vyžaduje relativně velký tlak => výkonná pumpa / **SRDCE**
- Výjimka kroužkovci a pásnice – kontrakce větších cév
- Dokonale uzavřená cévní soustava – OBRATLOVCI, první kopínatec
 - (srdce není, stažitelné orgány na bázi žaberních cév)
- Tendence oddělit odkysličenou od okysličené krve – dva okruhy malý plicní a velký tělní, požadavky na 4dílné srdce (ptáci & savci)



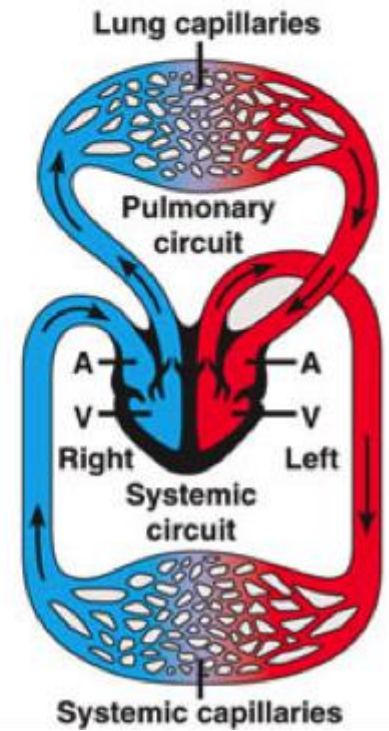
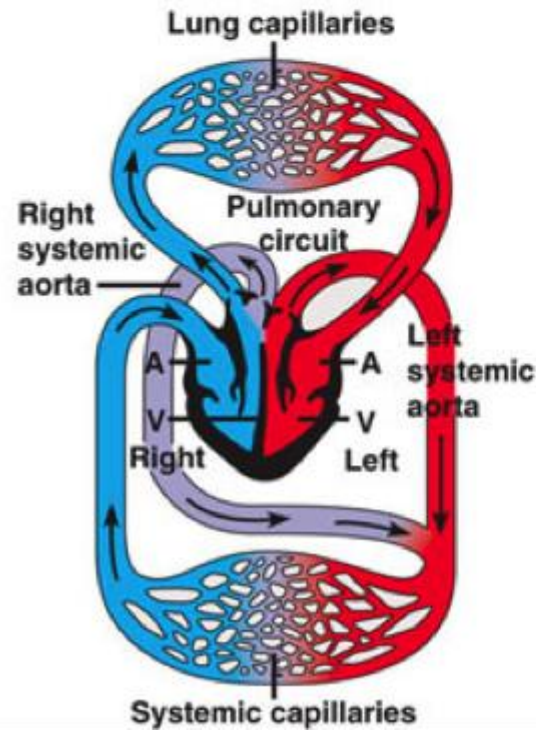
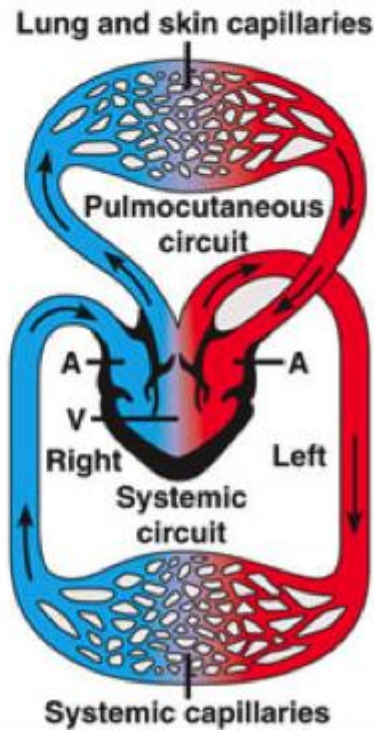
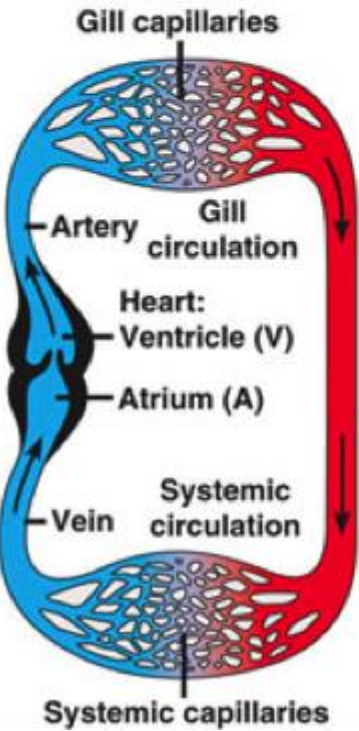


FISH

AMPHIBIAN

REPTILE

MAMMAL OR BIRD



SRDCE

Velikost srdce se odvíjí od způsobu života organismu a aktivity jedince

- aktivnější, větší požadavky na cirkulaci => větší a výkonnější srdce

Srdeční automacie

- rytmické stahy – **systoly** a uvolnění/klid - **diastoly**

Neurogenní srdce – podobné kosternímu svalu, aktivace vnější, nervová stimulace

(korýši, pavoukovci, některý hmyz, lymfatická srdce obojživelníků a ryb)

Myogenní srdce – pacemaker (udavatel rytmu) a automacie

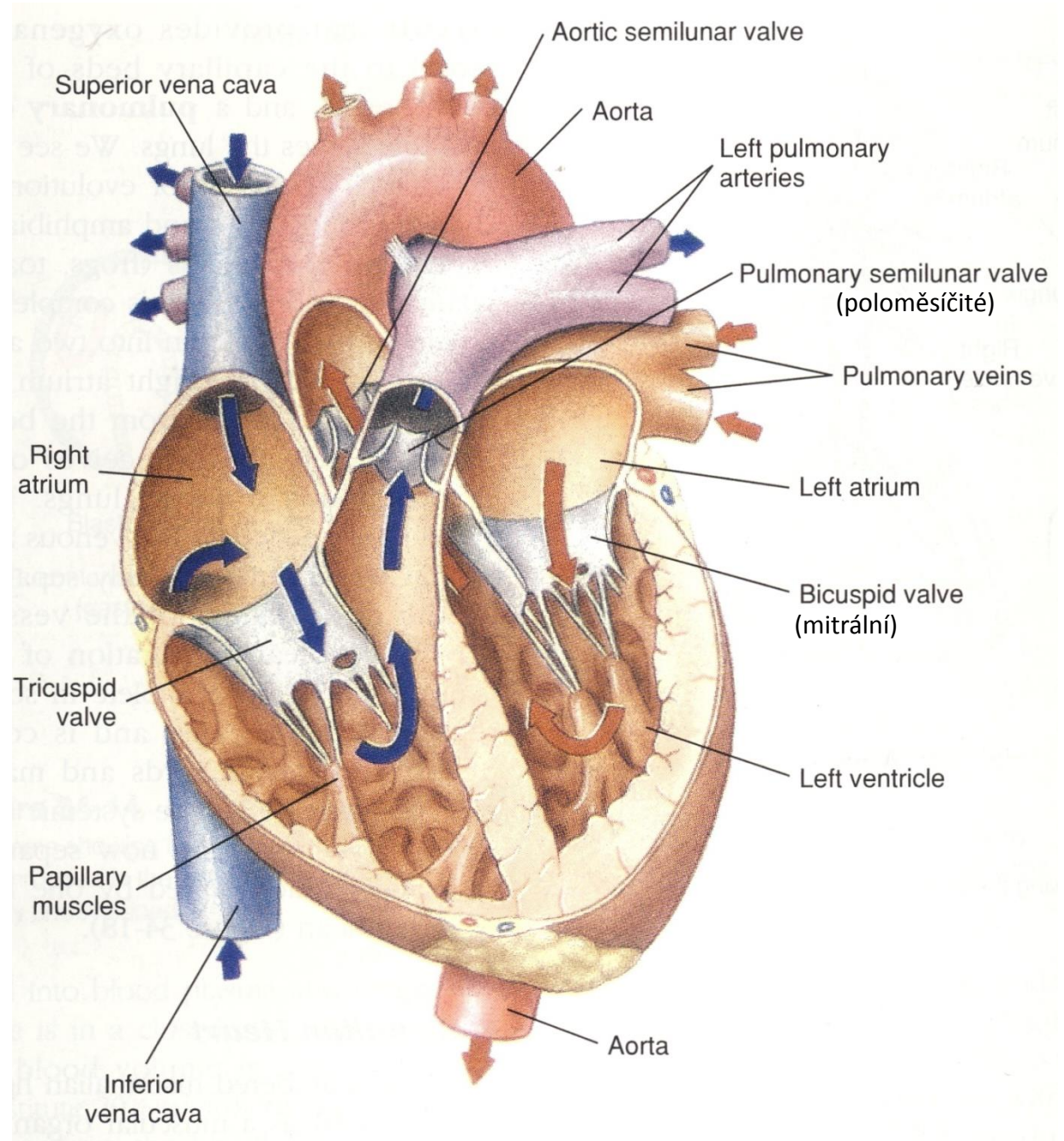
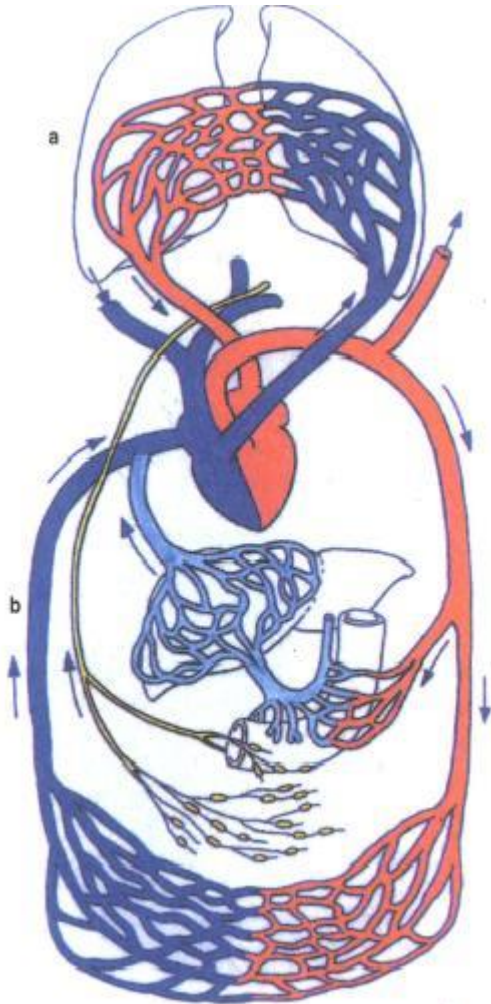
(pláštěnci, plži, některý hmyz a obratlovci), i myogenní srdce ale podléhají hormonální a nervové regulaci.

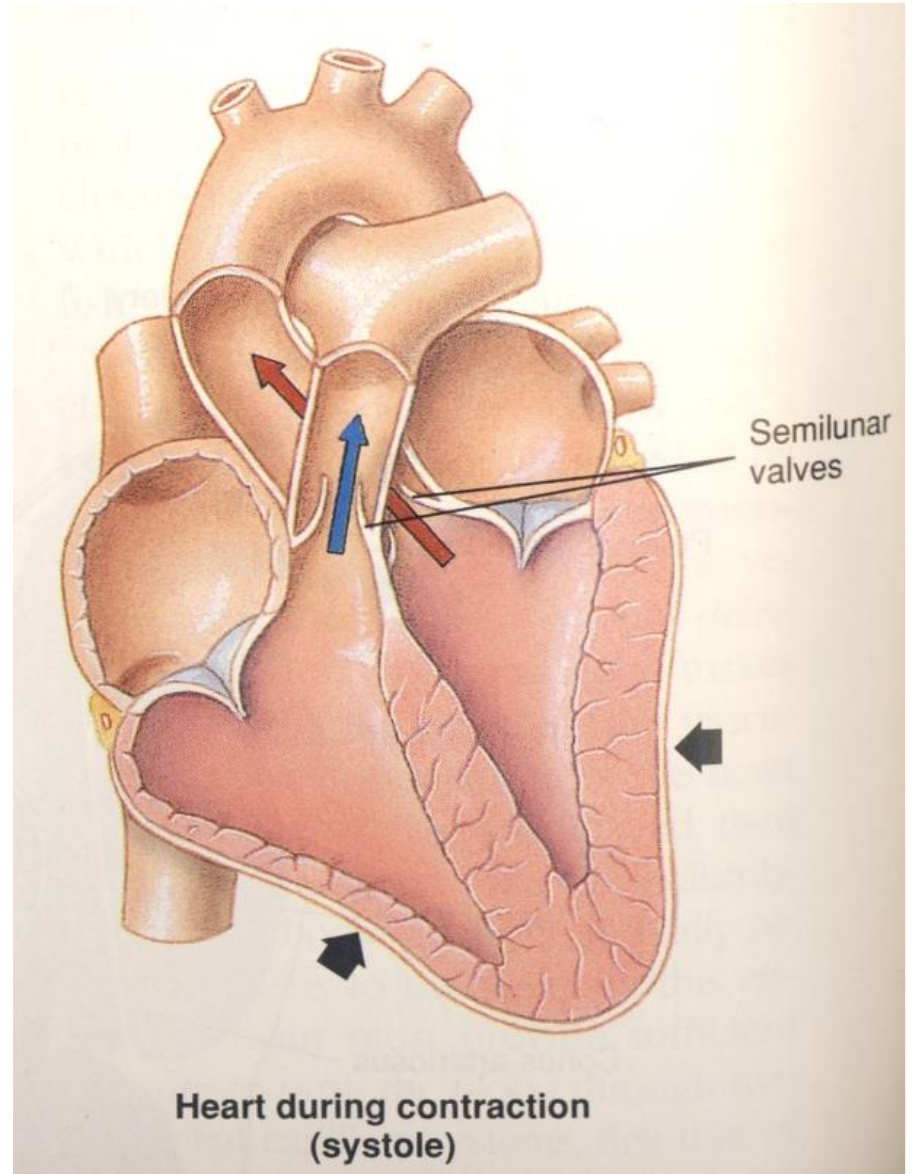
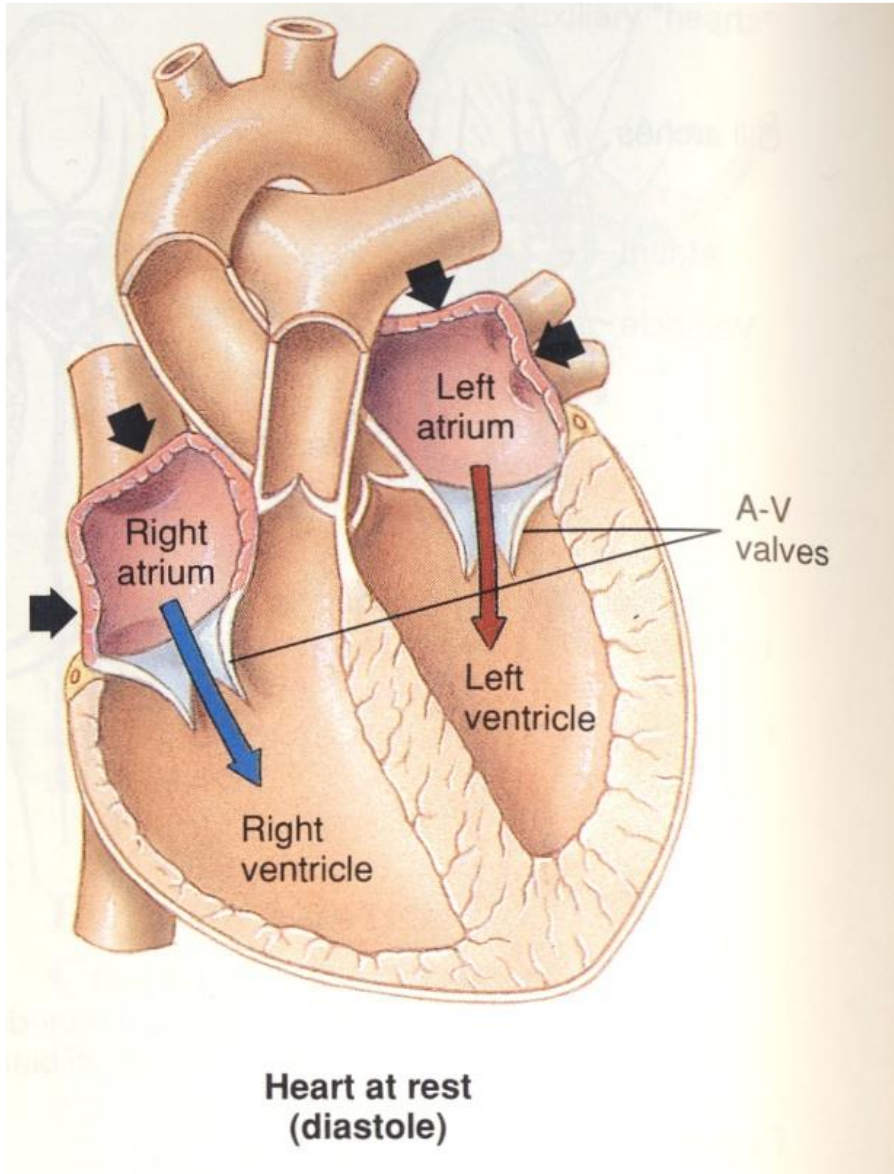
Tepová frekvence u obratlovců klesá s rostoucí velikostí,

nižší frekvence = bradykardie

vyšší frekvence = tachykardie

Srdce savců

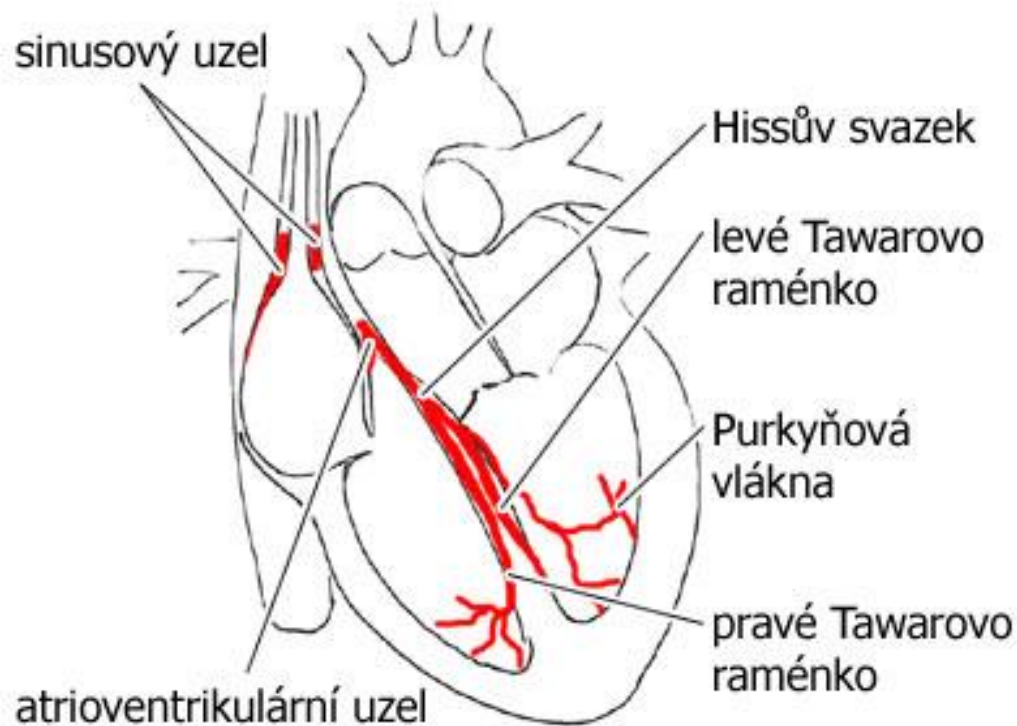




Elektrická aktivita srdce

Srdeční převodní soustava

- specializovaná svalová vlákna schopná generovat a vést vzruch, stažitelnost ale omezená
 - Nejsou motorické jednotky -> odpověď vše nebo nic
 - Nelze téměř regulovat sílu stahu, není sumace jak u kosterního
- ochrana před tetanickým sevřením a snížení rizika fibrilací (velmi rychlé a chaotické povrchní stahy)



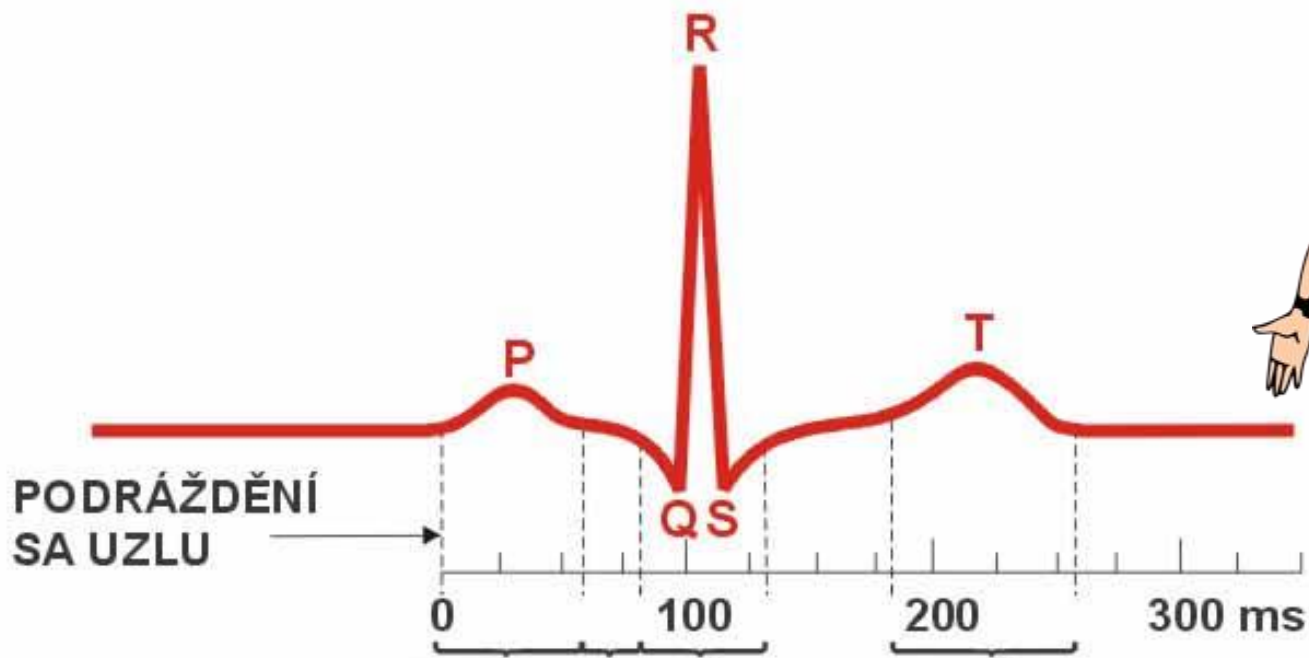
Myokard – srdeční sval

1. Dráždivost – vše nebo nic
2. Automacie (myogenní a neurogenní kontrola)
3. Rytmicita
4. Vodivost – gap junctions (nexus) – syncitium
5. Neunavitelnost

Savčí a ptačí srdce – vazivo (nevodivé) mezi předsíněmi a komorami

=> atrioventrikulární uzel + Hissův svazek

Elektrokardiogram – sledování průběhu stahu a diagnostika/lokalizace poruch
(Elektrokardiografie –**EKG**) (ischemické oblasti, infarkt. ložiska)



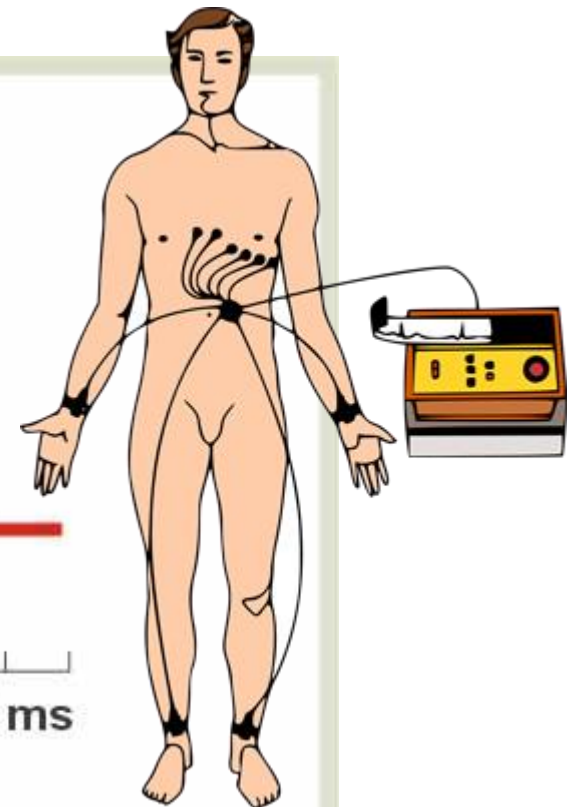
PODRÁŽDĚNÍ
SA UZLU

DEPOLARIZACE SÍŇÍ

POMALÉ VEDENÍ

REPOLARIZACE KOMOR

RYCHLÁ REPOLARIZACE KOMOR



Typický průběh EKG křivky

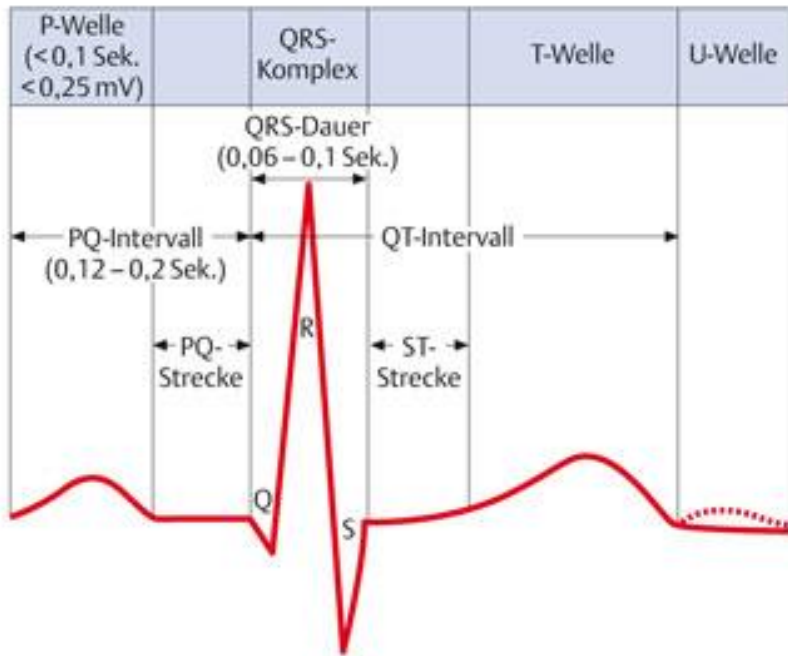


Abb. 3.5 Normales EKG.

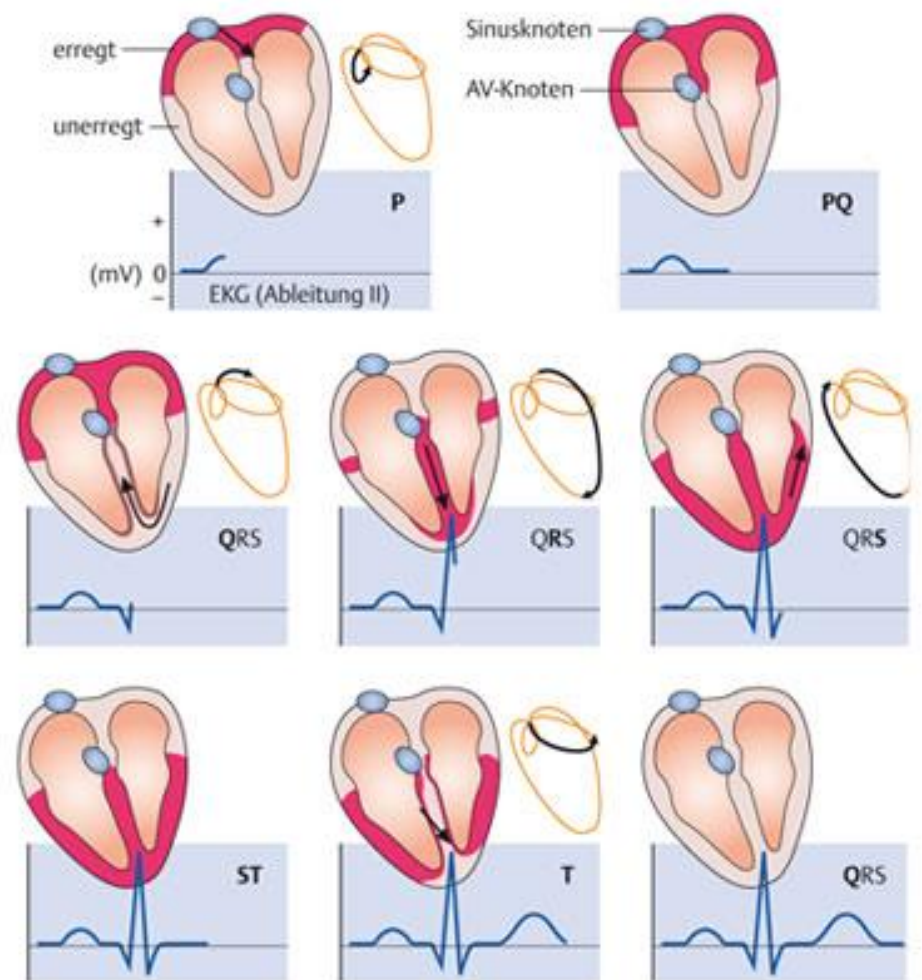


Abb. 3.6 Vorhof- und Ventrikel-erregung und die Entsprechung im EKG. Einzelheiten siehe im Text.

Frekvence srdečního tepu a regulace srdečního výkonu

Frekvence je relativně stálá, druhově specifická, u teplokrevných koreluje s velikostí těla* a stupněm ontogenetického vývoje. Menší vyšší frekvence, než větší, mláďata větší frekvence než dospělí. U živočichů s proměnlivou teplotou těla, je frekvence celkově nižší**

Frekvence závisí i na aktivitě organismu, jeho trénovanosti, tělesné teplotě

Výkon srdce – **minutový srdeční výkon** (MSV) = tepový objem x minutová frekvence
(u člověka v klidu ~ 5L, při vysoké aktivitě až ~ 30L, tep až 220/minutu)

Regulace – **nervová** (vegetativní nervstvo), **humorální, celulární** (buněčná) ***

* rejsci, kolibříci, malí netopýři,... > 600-1000 tepů za minutu; kytovci < 30 tepů za minutu

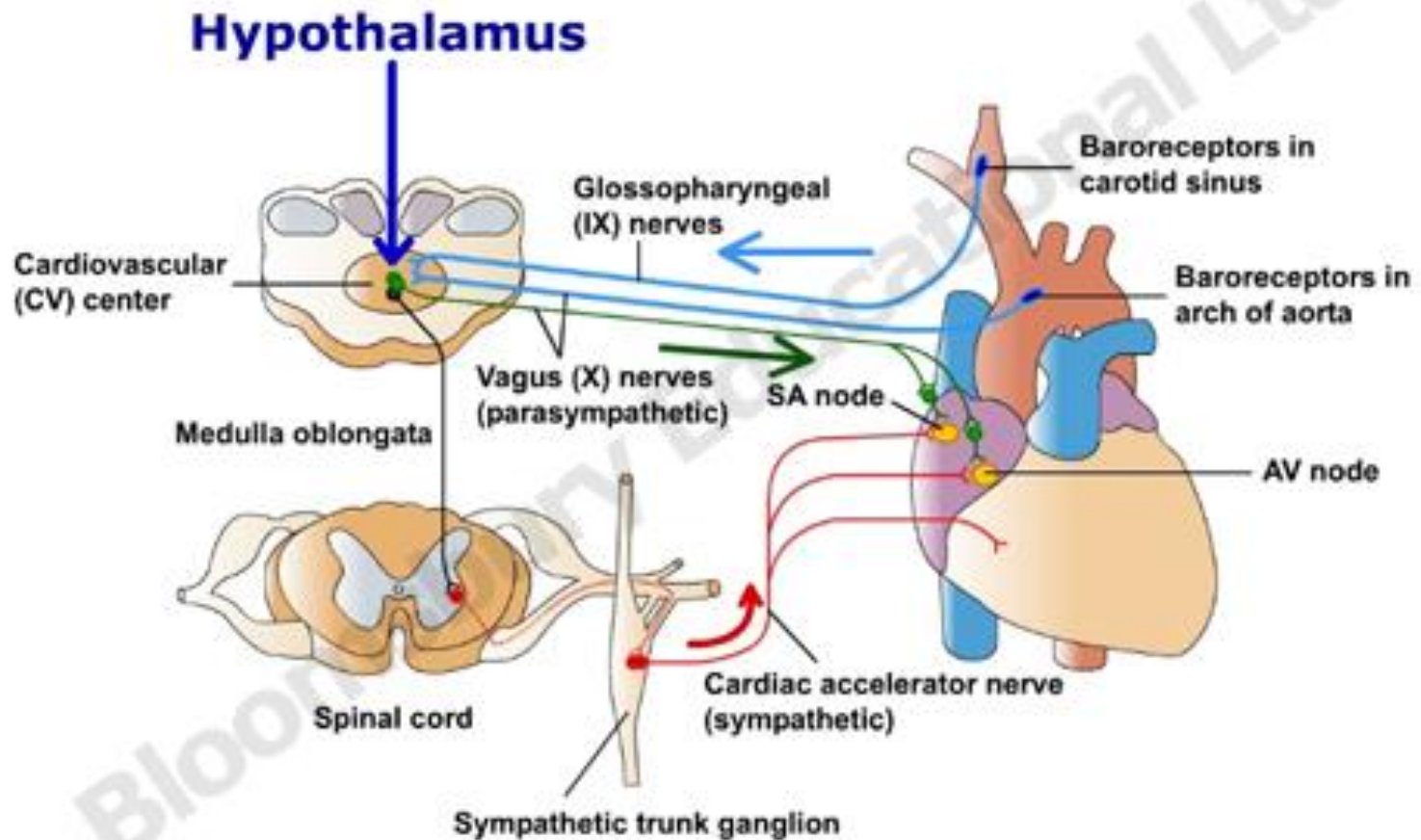
** hibernanti hlavně celkovou průměrnou, série tepů

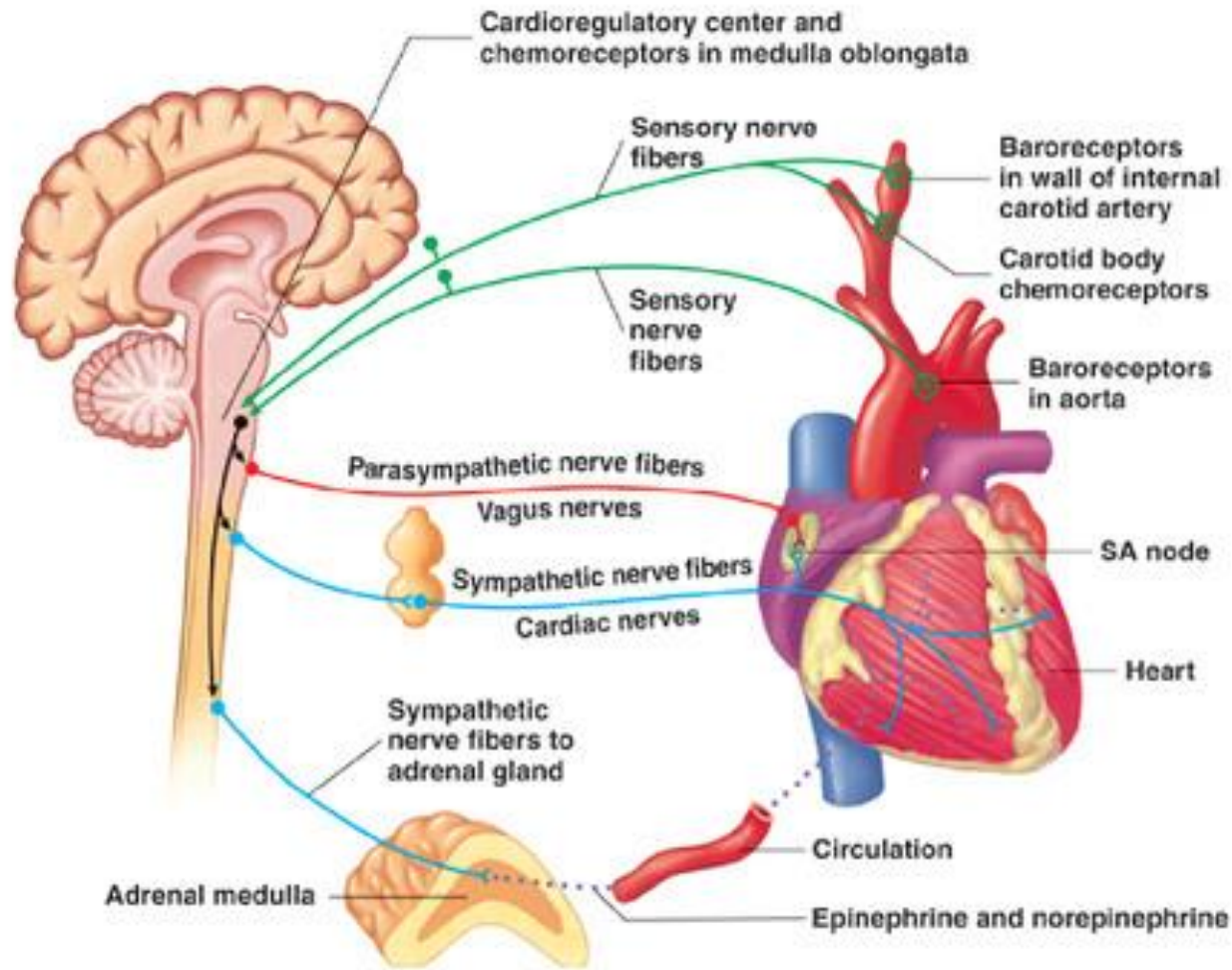
*** Starlingův zákon, čím víc se svalová vlákna natáhnou (diastola), tím větší silou se stáhnou (systola) => zvýšení jednotkového objemu vede k silnější kontrakci

/ vyšší systolický výdej

Řízení krevního oběhu

Regulation of heart rate and force





Hormonálně: Muscarinové receptory – acetylcholin

Adrenergní receptory – adrenalin / noradrenalin

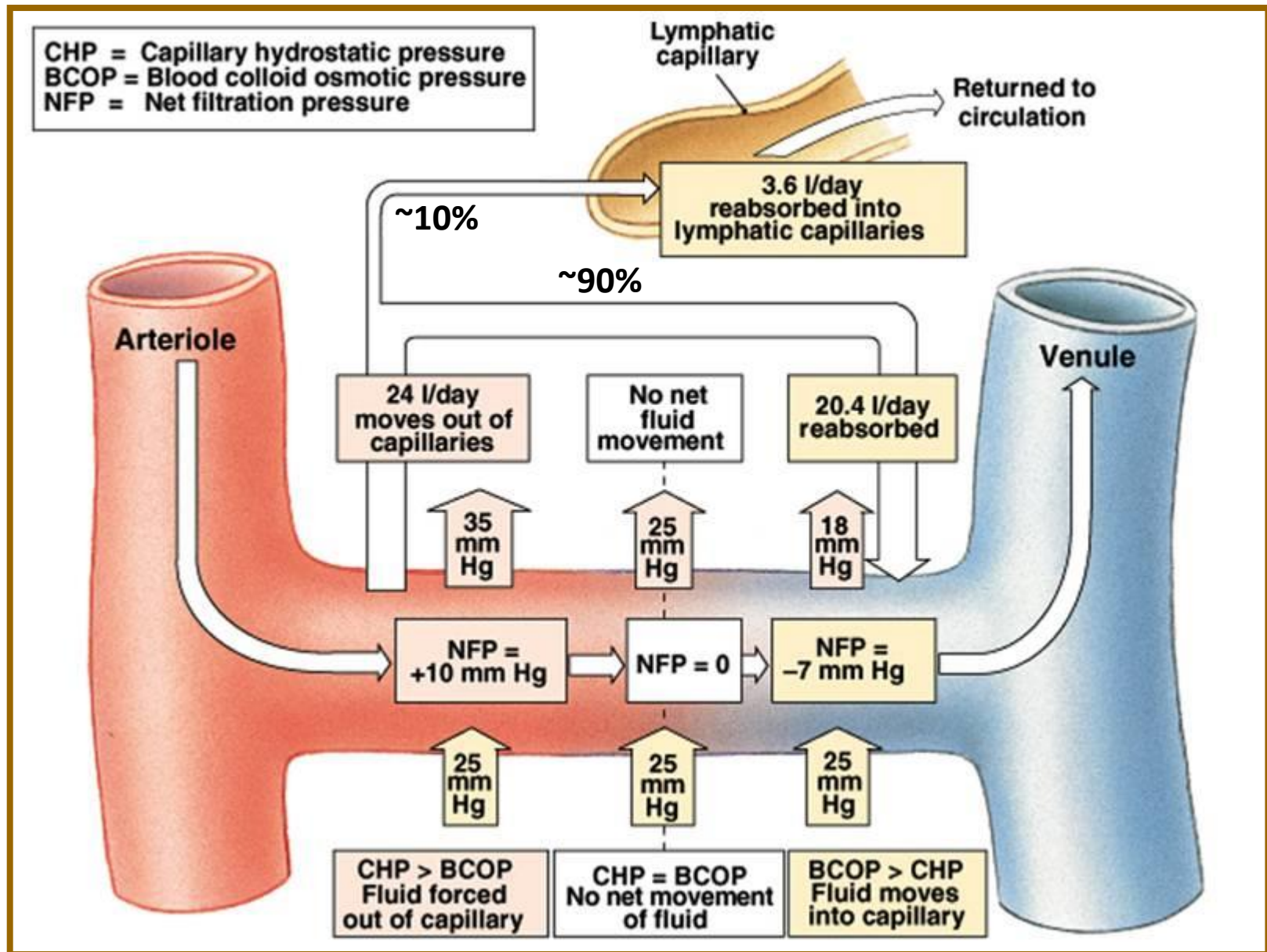
(epinefrin / norepinefrin)

Krevní tlak

- Tlak na stěny cév (myšlen ve velkých tepnách, blízko srdce)
- Má zásadní vliv na distribuci látek/živin (živiny, kyslík, metabolity, teplo..)
 - Vyšší tlak => účinnější transport (zvyšování při námaze, potřeba větší látkové výměny)
- Regulován
 - Srdečním výkonem/frekvencí (srdce může až téměř zdvojnásobit jednotkový objem)
 - Světlostí cév/periferním odporem
- S věkem se mění : snížení elasticity cév, snížení jejich průsvitu (aterosklerotické změny)*
 snížením výkonu srdce (např. ischemie a její následky) => pozitivní zpětná vazba)
- Význam i objem krve / tekutin
- Změny hlavně pod kontrolou recepce baroreceptorů a chemoreceptorů

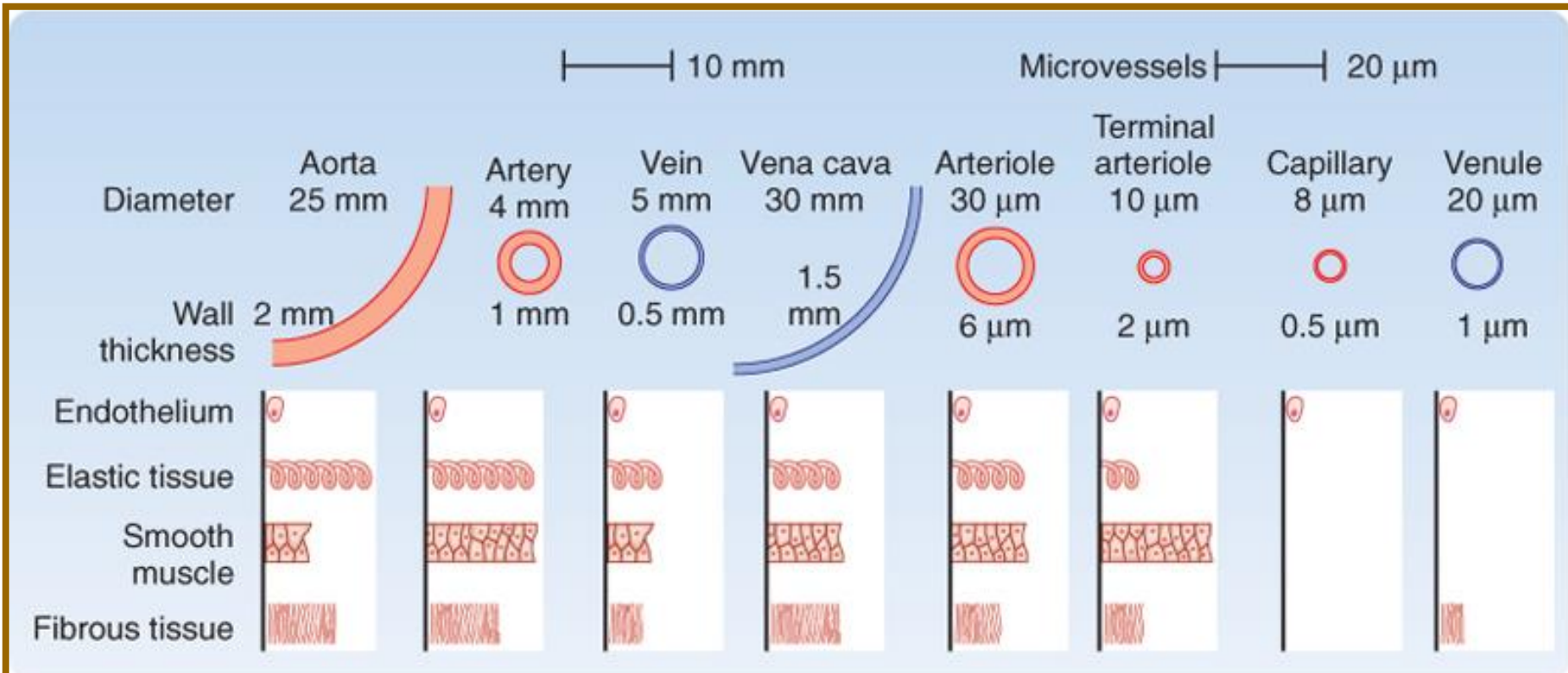
* Zejména lidoopi, sudokopytníci, hlodavci odolní (úloha věku?)

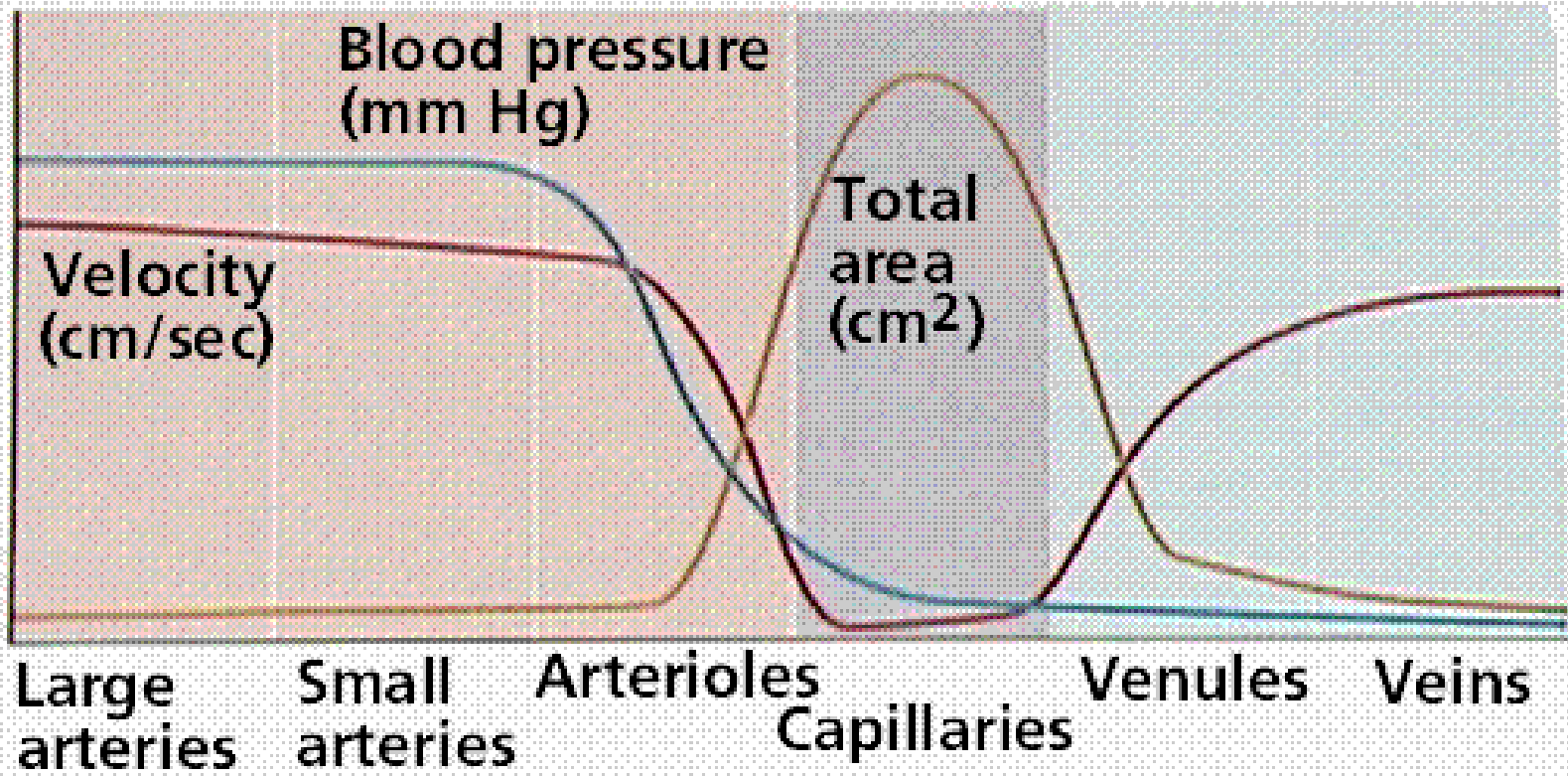
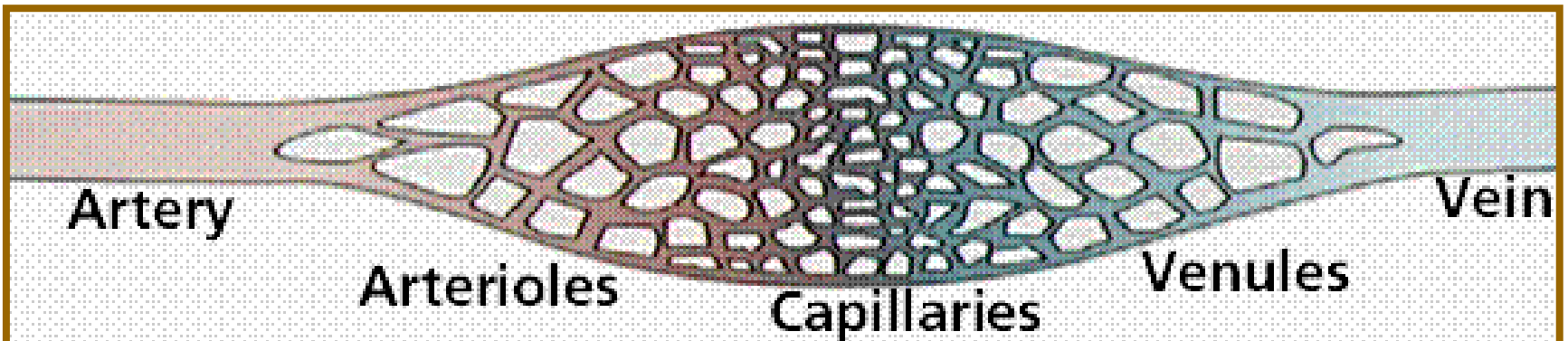
Tlaky zprostředkovávající výměnu látek mezi cévami a okolím, výměna tekutin v kapilárách – hydrostatický x onkotický (osmotický tlak bílkovin) tlak



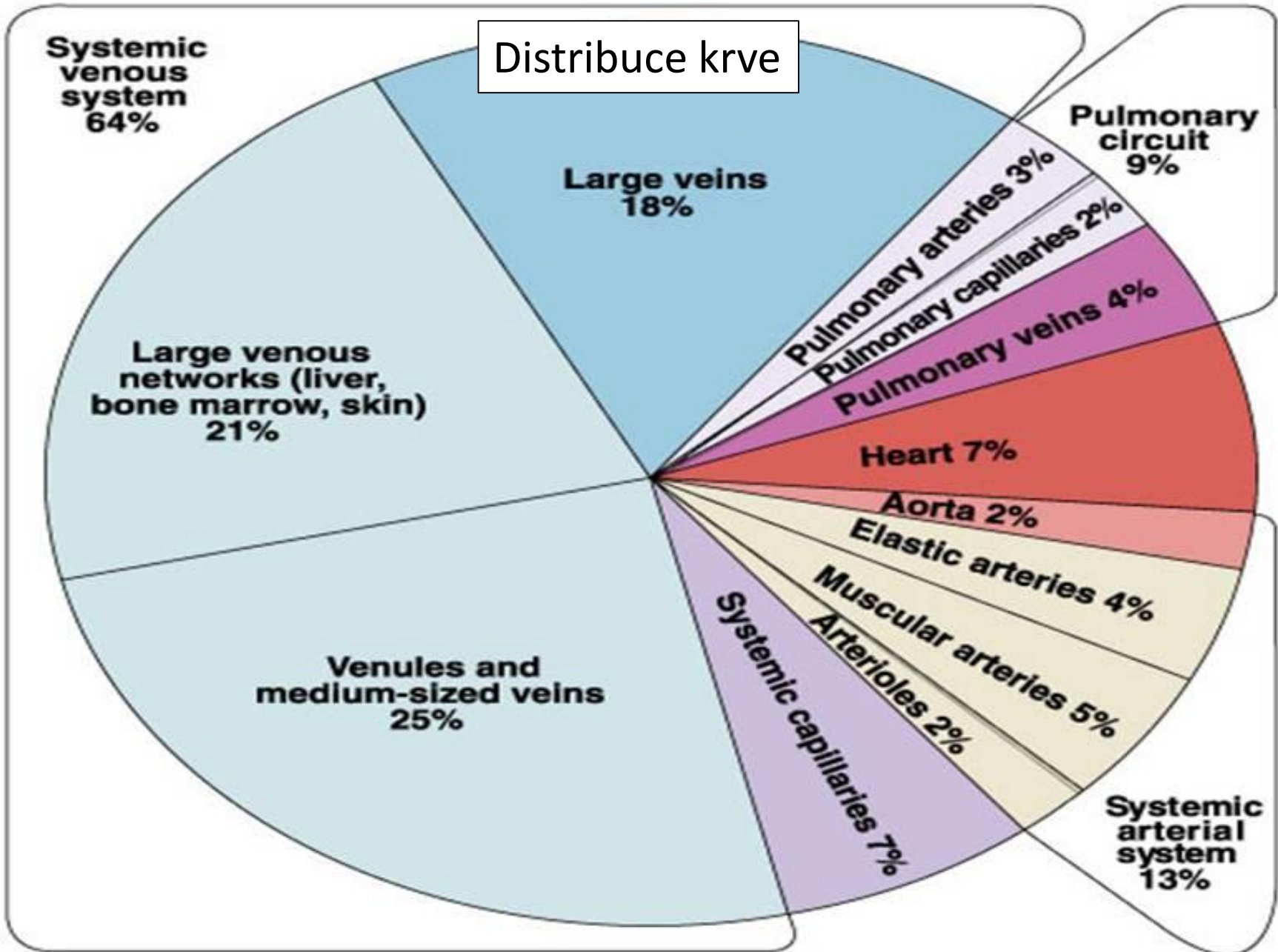
Struktura arterií a vén, velmi podobná

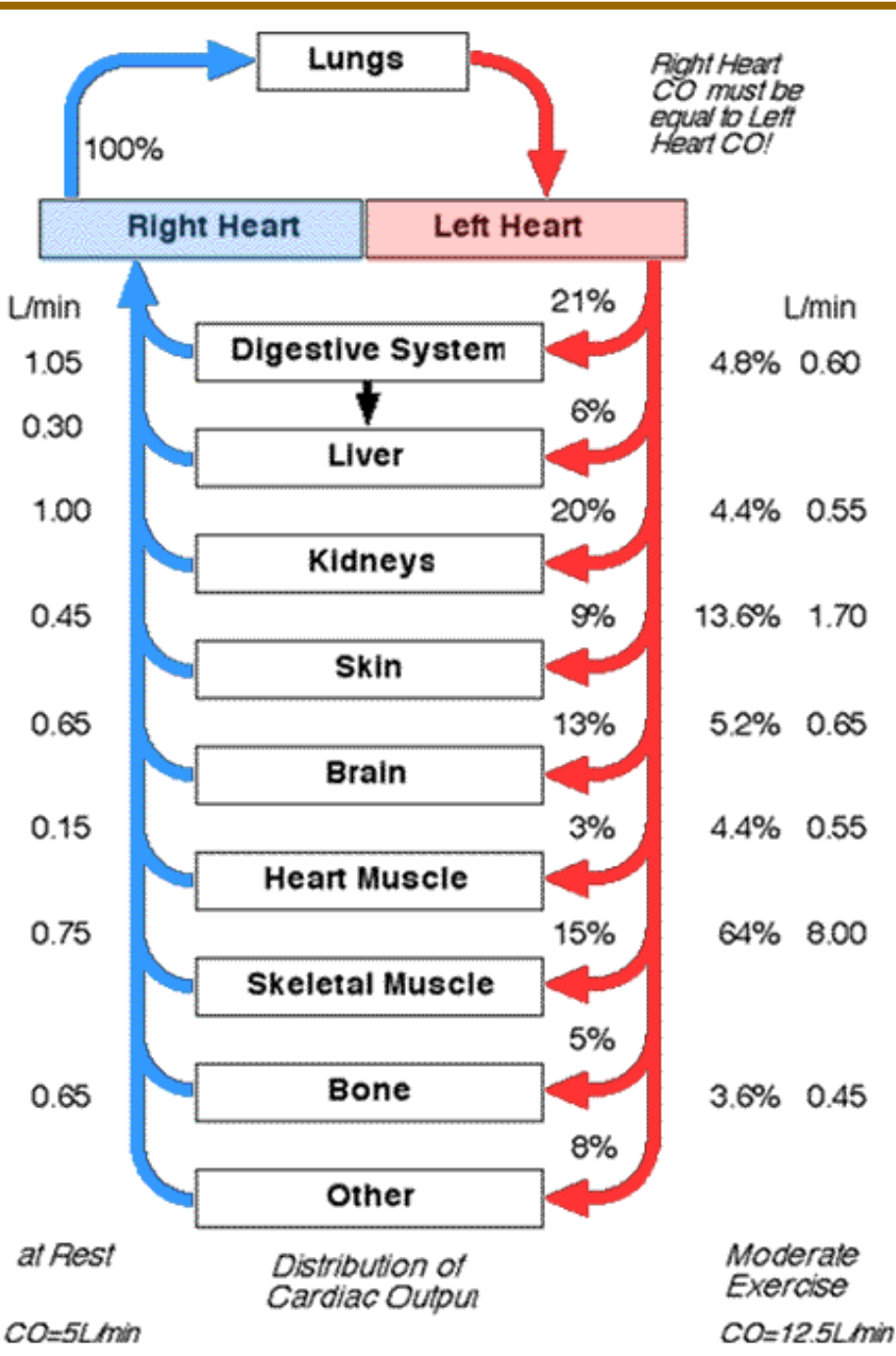
- Arterie k danému průměru silnější stěna + více elastické tkáně → odolávají větším tlakům, pružnickový efekt → kontinuální proudění
- Vény (kapacitní cévy, reservoár), velké vény mají chlopně – bránění zpětnému toku krve
- Arterioly – velký podíl na periferním odporu (odporové cévy), vazomotorické řízení: vazodilatace x vazokonstrikce (okružní hladká svalovina + prekapilární svěrače)
- **Portální oběhové systémy:** vena – kapiláry – vena, portální žíla do jater z trávicího traktu, kapilární řečiště ledvin, portální oběh adenohipofýzy.





Distribuce krve



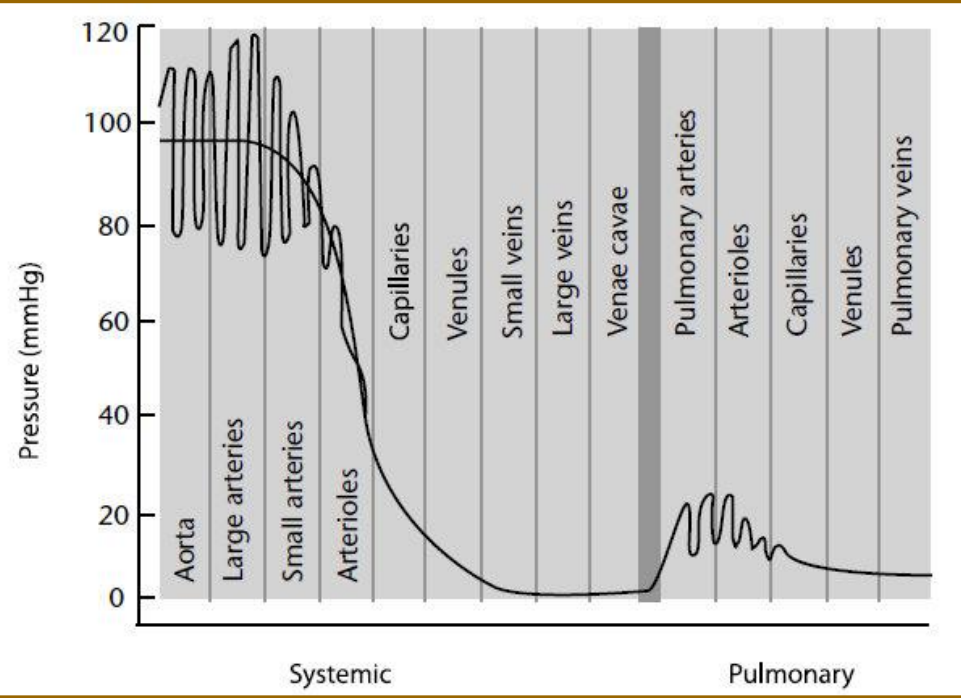


Distribuce krve u člověka (v klidu)

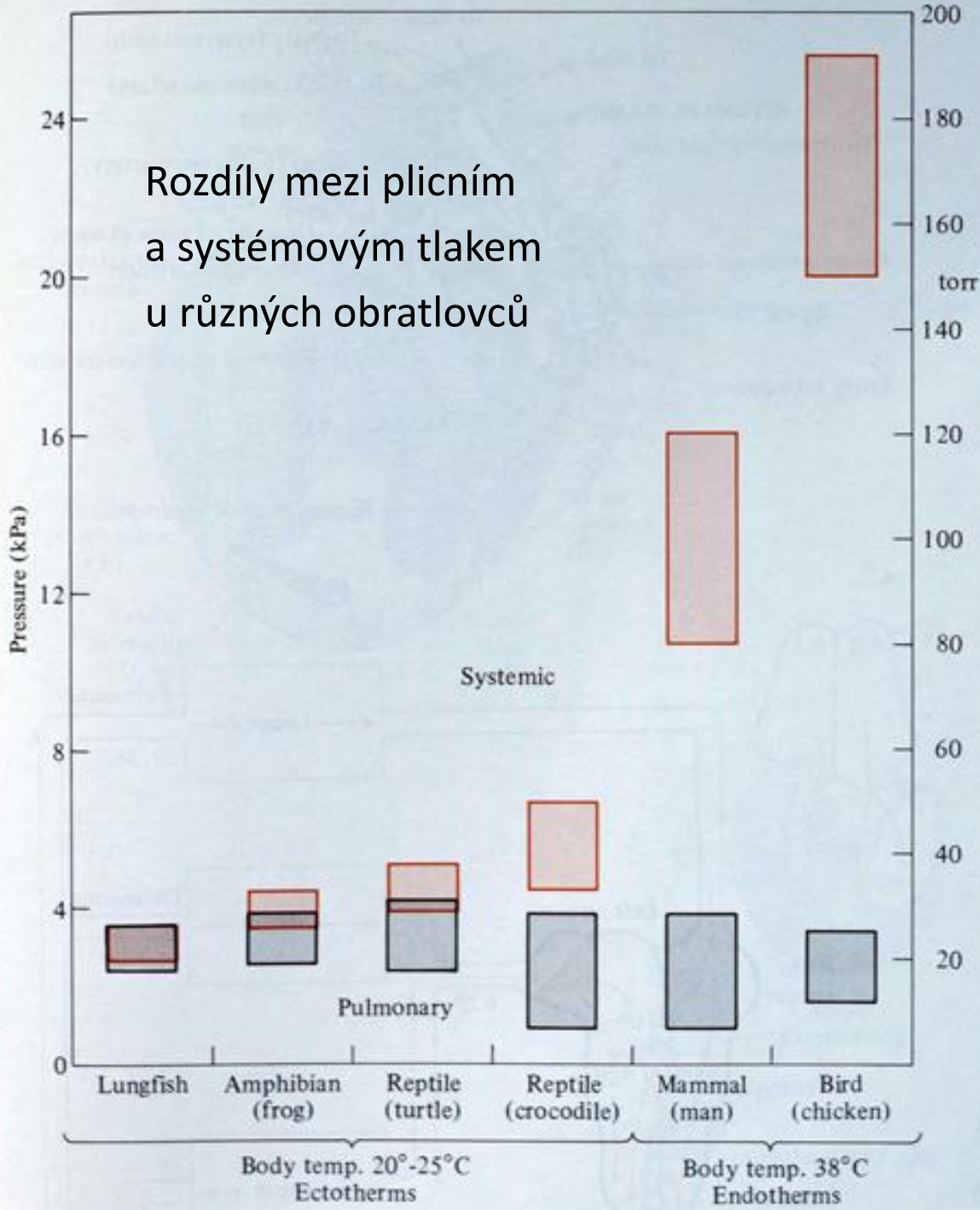
Minutový srdeční výdej (MSV)

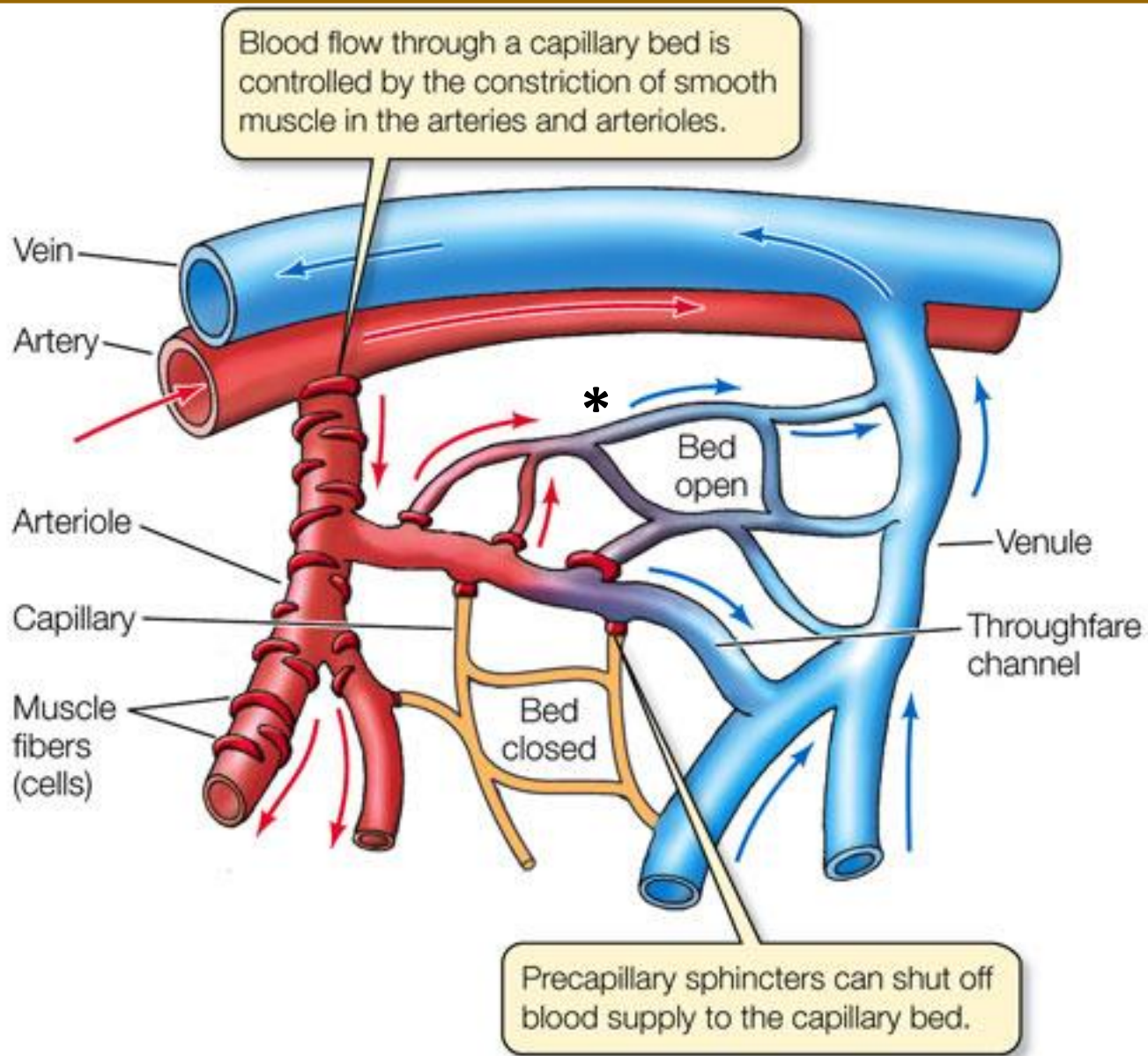
Velký oběh – rozděleno do tkání a orgánů

Malý plicní oběh – 100%



Rozdíly mezi plicním a systérovým tlakem u různých obratlovců





LIFE 8e, Figure 49.16

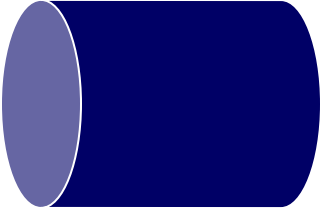

LIFE: THE SCIENCE OF BIOLOGY, Eighth Edition © 2007 Sinauer Associates, Inc. and W. H. Freeman & Co.

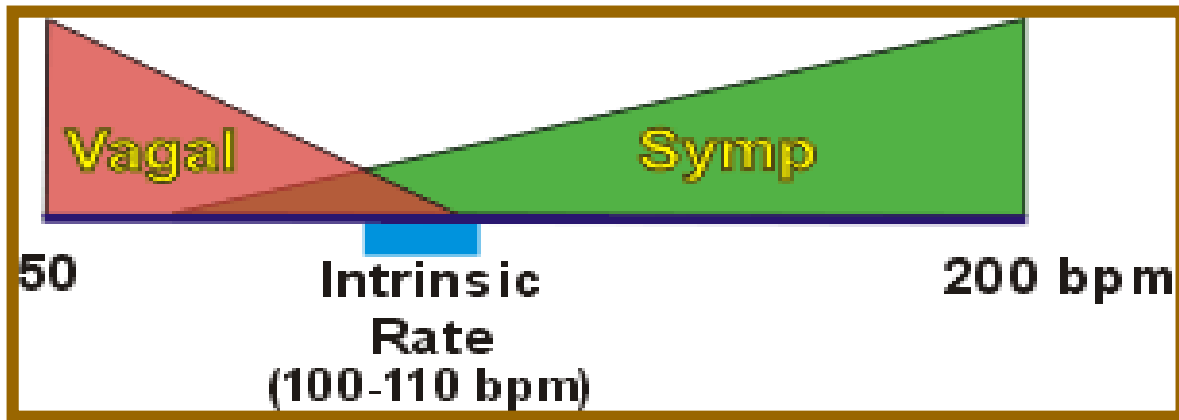
* Zkratky – arteriovenózní anastomózy

Regulace cévního průtoku

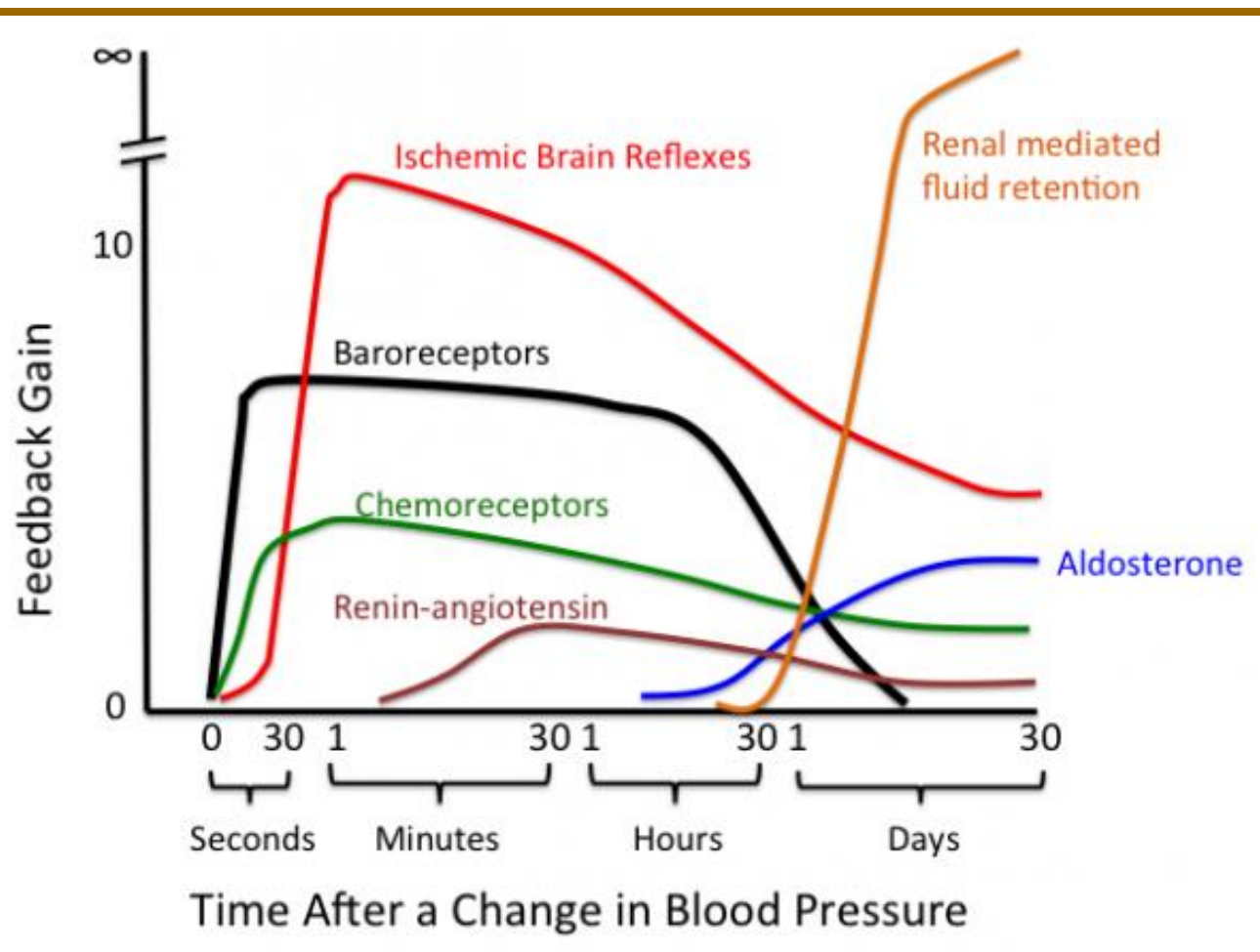
Myogenní autoregulace	Napětí cévní stěny aktivuje kationtové kanály - depolarizace - vazokonstrikce
Metabolická	Produkty metabolismu vyvolávají vazodilataci (CO ₂ , AMP, ADP, H ⁺ , kyselina mléčná)
„shear“ dependentní („tření/smýkání“ krve o endotel)	Vazodilatace zprostředkovaná působením NO, který se tvoří v cévním endotelu
Nervová	<ul style="list-style-type: none">• Sympatické vazokonstrikční nervy ve většině tkání• Parasympatické vazodilatační nervy v sekrečních a spongiformních tkáních
Humorální	<ul style="list-style-type: none">• Vazokonstrikční účinek angiotensinu II, noradrenalinu, vazopresinu, serotoninu• Vazodilatační účinek ANP, histaminu, mediátorů zánětu
Fyzikální	Teplota, zvýšení vede k vazodilataci

Regulace tlaku v cévách

Vazodilatace		Vazokonstrikce	
			
Stimulací tvorby cGMP	Stimulací tvorby cAMP	Inhibicí tvorby cAMP	Stimulací tvorby IP ₃
NO ANP (atriální natriuretický peptid)	adenosin A ₂ histamin H ₂ adrenalin b ₂ VIP	serotonin adrenalin a ₂ angiotensin II	serotonin adrenalin a ₁ vazopresin
cGMP a cAMP v hladkém svalu stimuluje Ca ²⁺ pumpu sarkoplazmatického retikula pokles koncentrace Ca ²⁺ v buňce		Pomalejší „odklízení“ Ca ²⁺	IP ₃ uvolňuje Ca ²⁺ ze sarkoplazmatického retikula

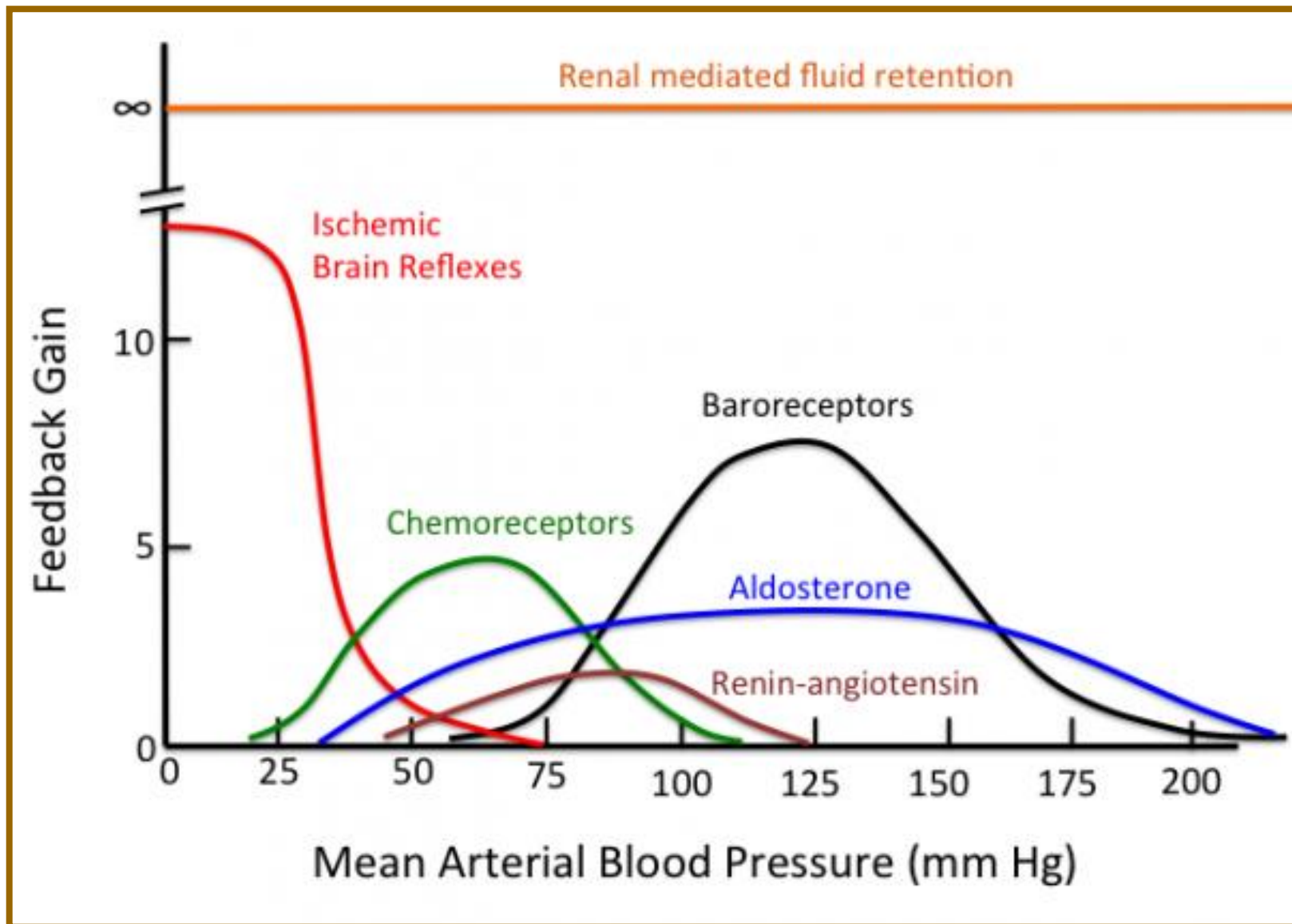


Podíl parasympatické a sympatické regulace srdečního tepu



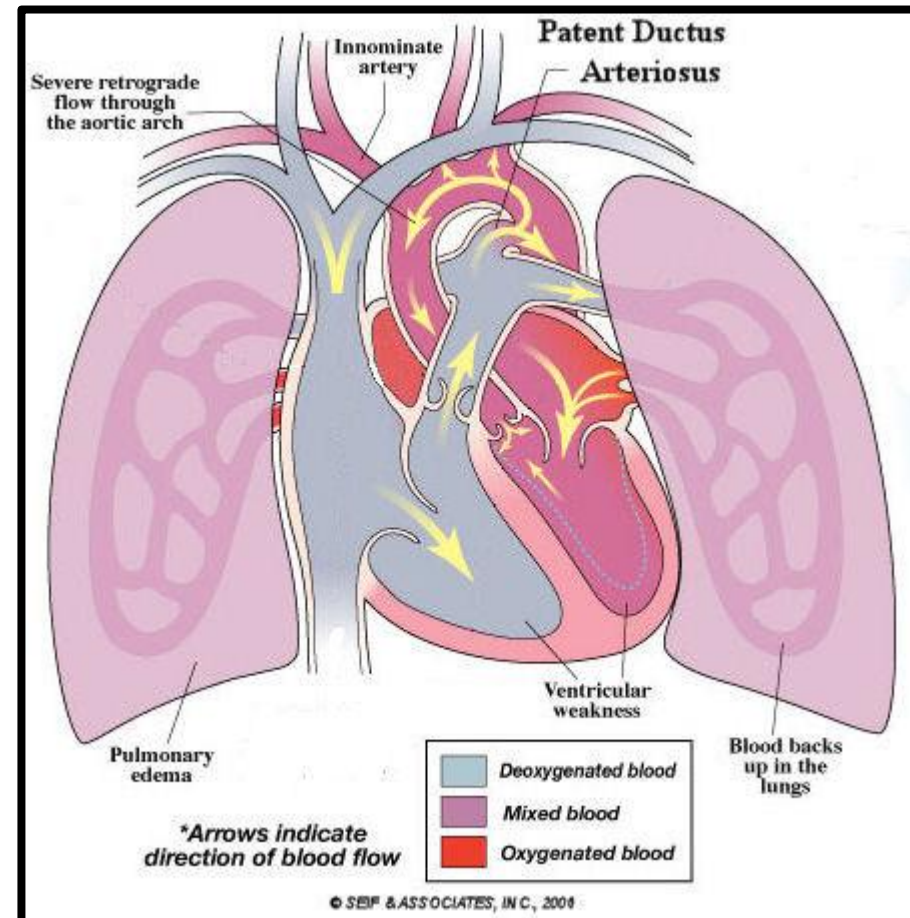
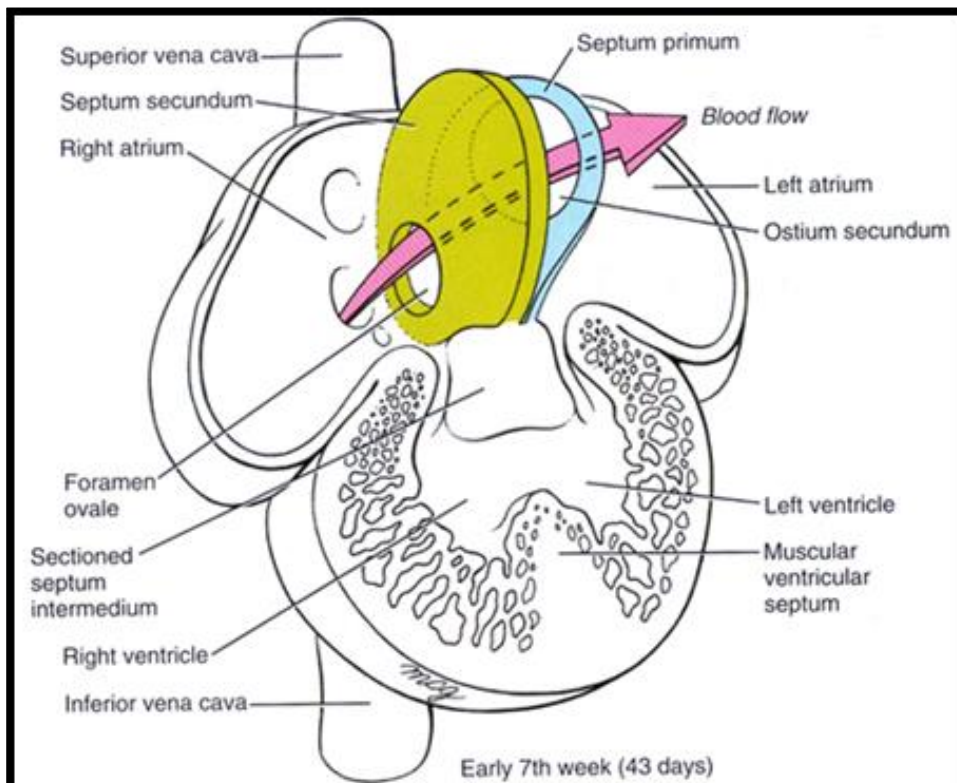
Časová dynamika zapojení jednotlivých regulátorů a senzorů při odpovědi na změnu krevního tlaku

Úloha jednotlivých regulátorů a receptorů při odpovědi na změnu krevního tlaku

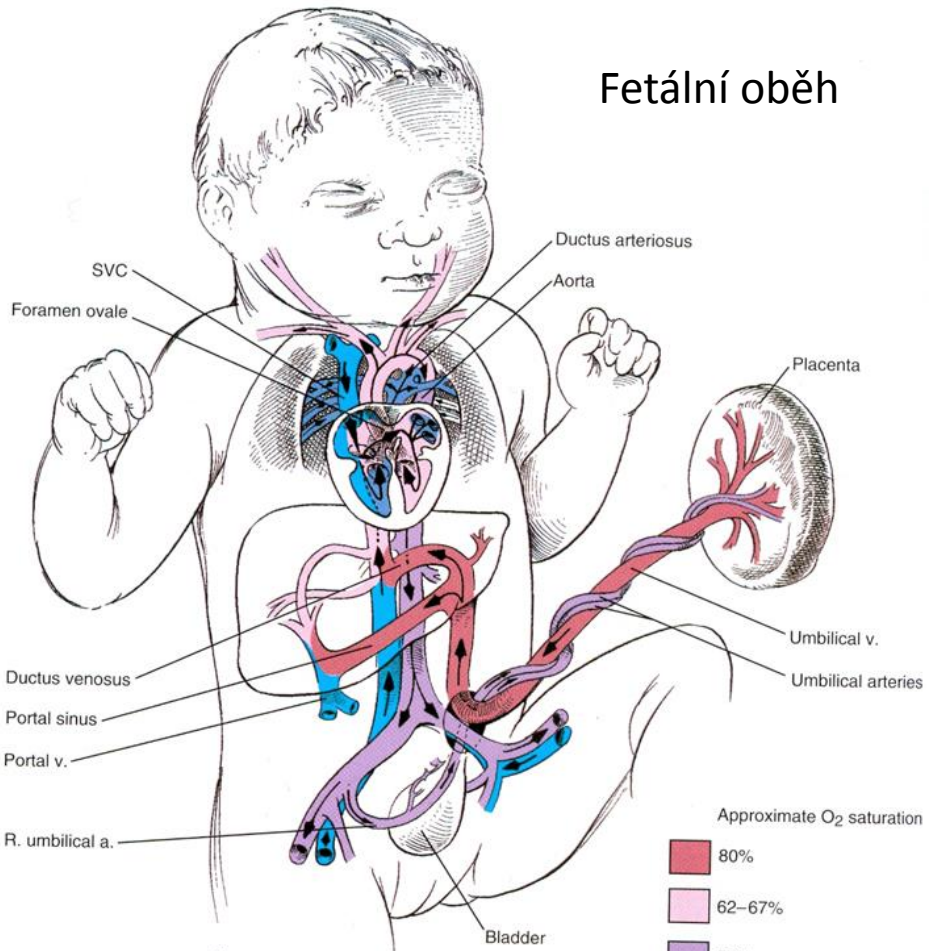


Fetální oběh plodu

- Plicní oběh je uzavřen, plíce nejsou funkční
- Přemostění v srdci – *Foramen ovale* + *ductus arteriosus*
- Při narození, první nádech -> nárůst tlaku v plicích => změna tlaku v levé předsíni
=> uzavření *Foramen ovale*, zámik *ductus arteriosus* => kompletně oddělené oběhy



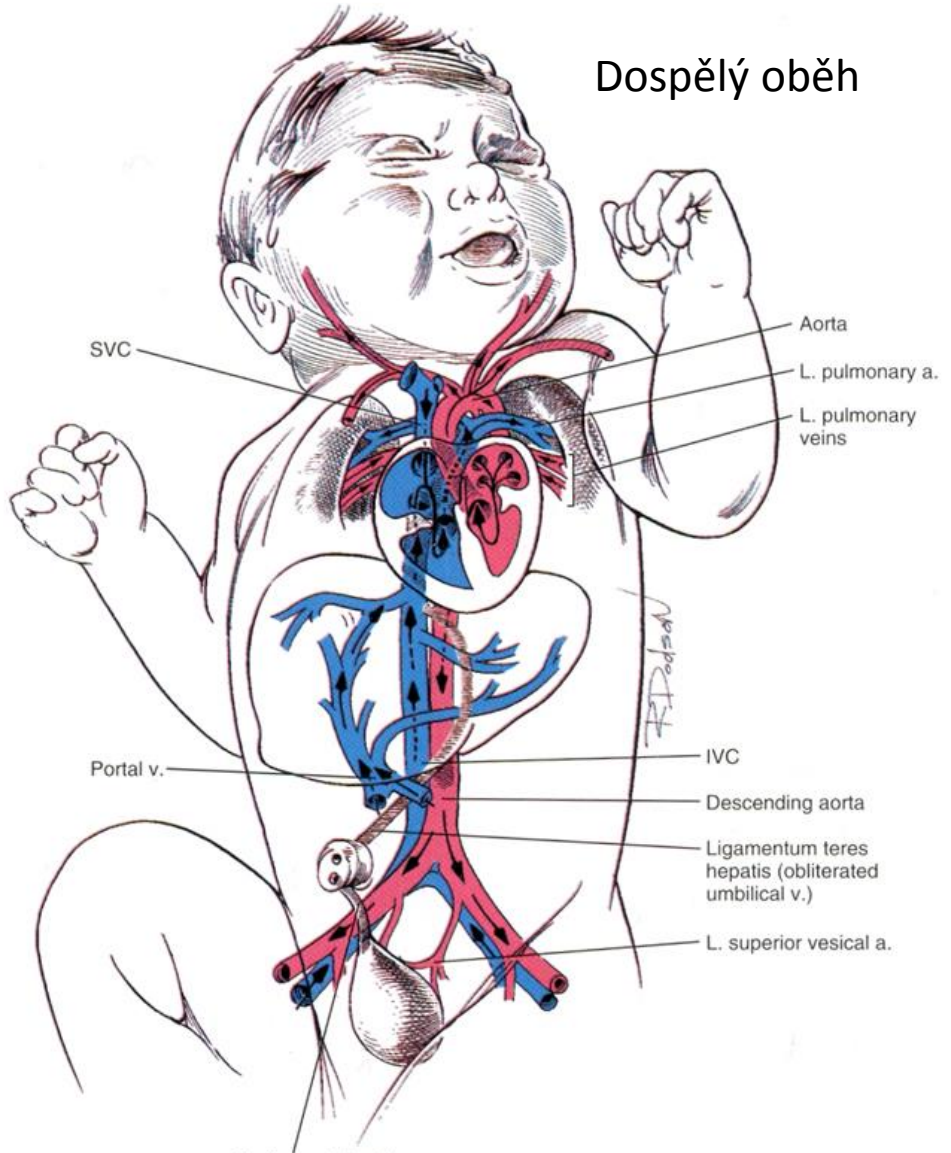
Fetální oběh



Approximate O₂ saturation

80%
62-67%
57%
52%
25-30%

Dospělý oběh



B

Median umbilical ligament (obliterated allantois)

Lymfatický (mízní) systém

- Cévní systém stahující mízu/lymfu z tkáňového moku do krevního řečiště (drenáž)
- Mízní kapiláry (slepé, téměř ve všech tkáních), mízní cévy, mízovody, vyústění do vén v oblasti krku
- Stěny cév velmi propustné (i proteiny), tkáňový mok nasáván vlastním tlakem tkáňové tekutiny
- Zpětnému toku brání chlopně, tok podporován pohybem
- Složení podobné krevní plazmě, avšak menší množství proteinů
- Transport živin z tenkého střeva
- Přítomny lymfocyty a monocyty
- Lymfatické (mízní) uzliny + slezina – filtrace mízy, akumulace buněk imunitního systému

(viz. Imunitní systém)

U některých druhů - mízní srdce – úhoři, obojživelníci, plazi

- pulzující uzliny – vrubozobí, pštrosovití

The Lymphatic System

