

Cirkulační, cévní systém obratlovců

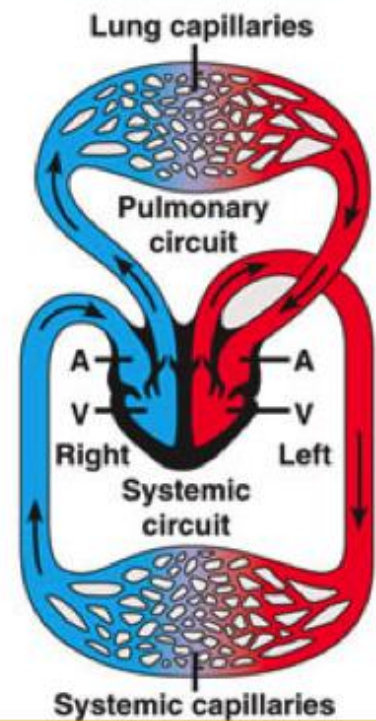
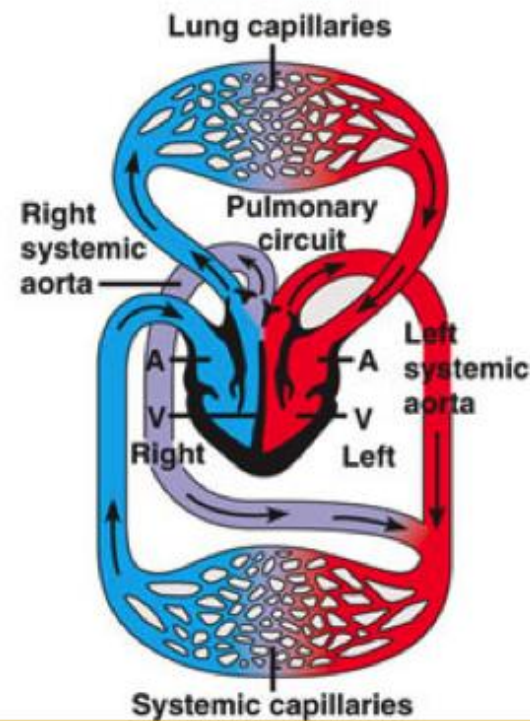
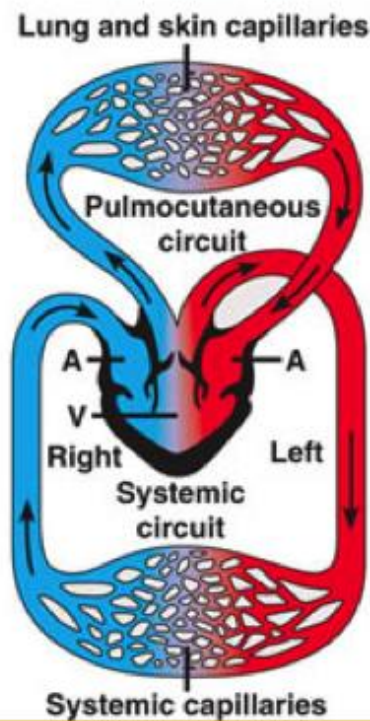
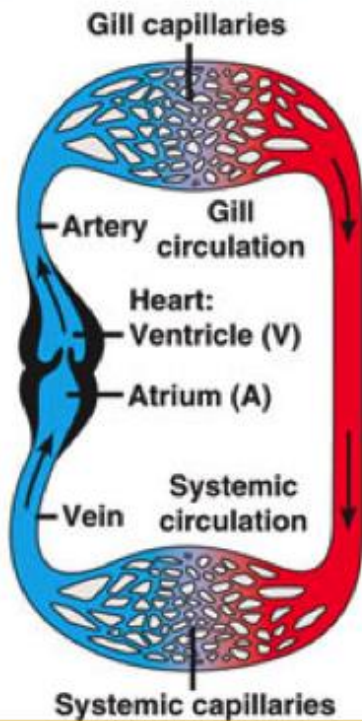


FISH

AMPHIBIAN

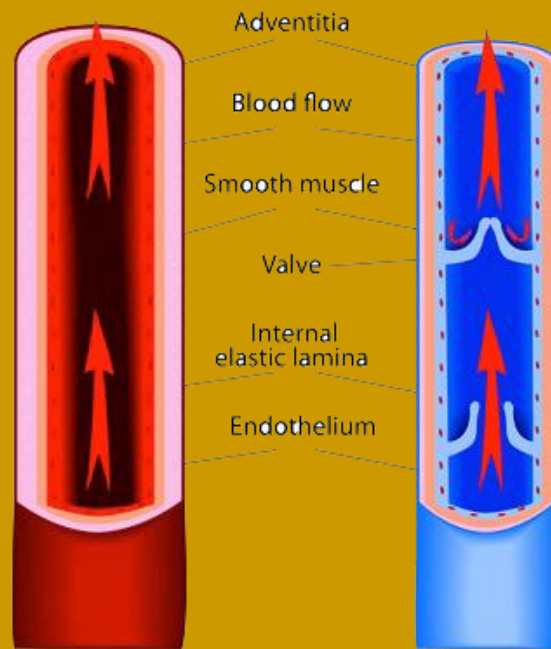
REPTILE

MAMMAL OR BIRD



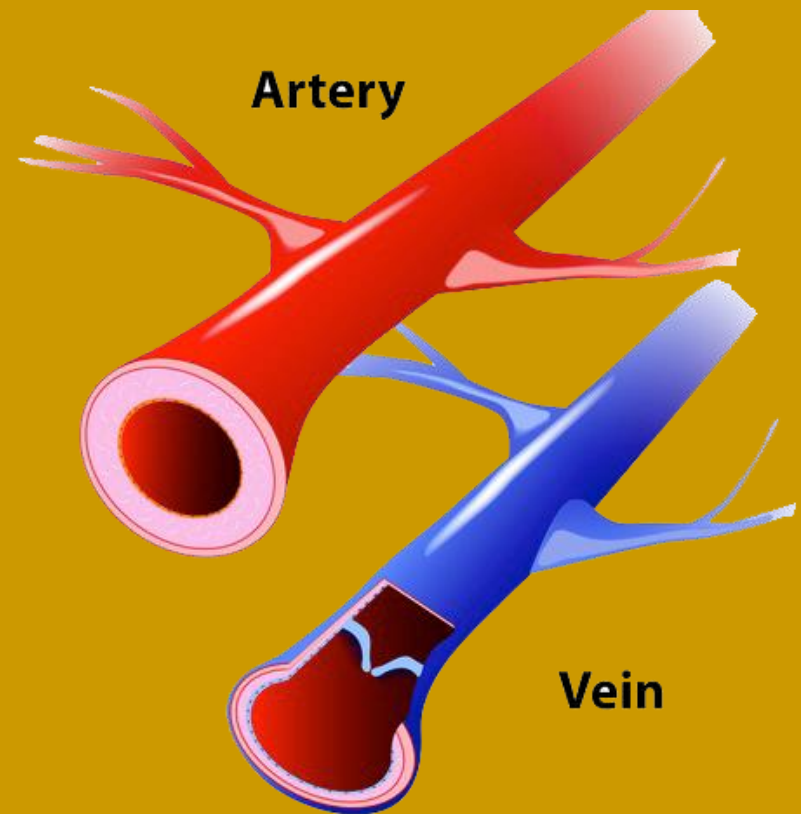
Základem cirkulačního systému jsou

- arterie (tepny), vedou krev od srdce
- vény (žíly), vedou krev do srdce
- srdce - hlavní hnací motor/pumpa



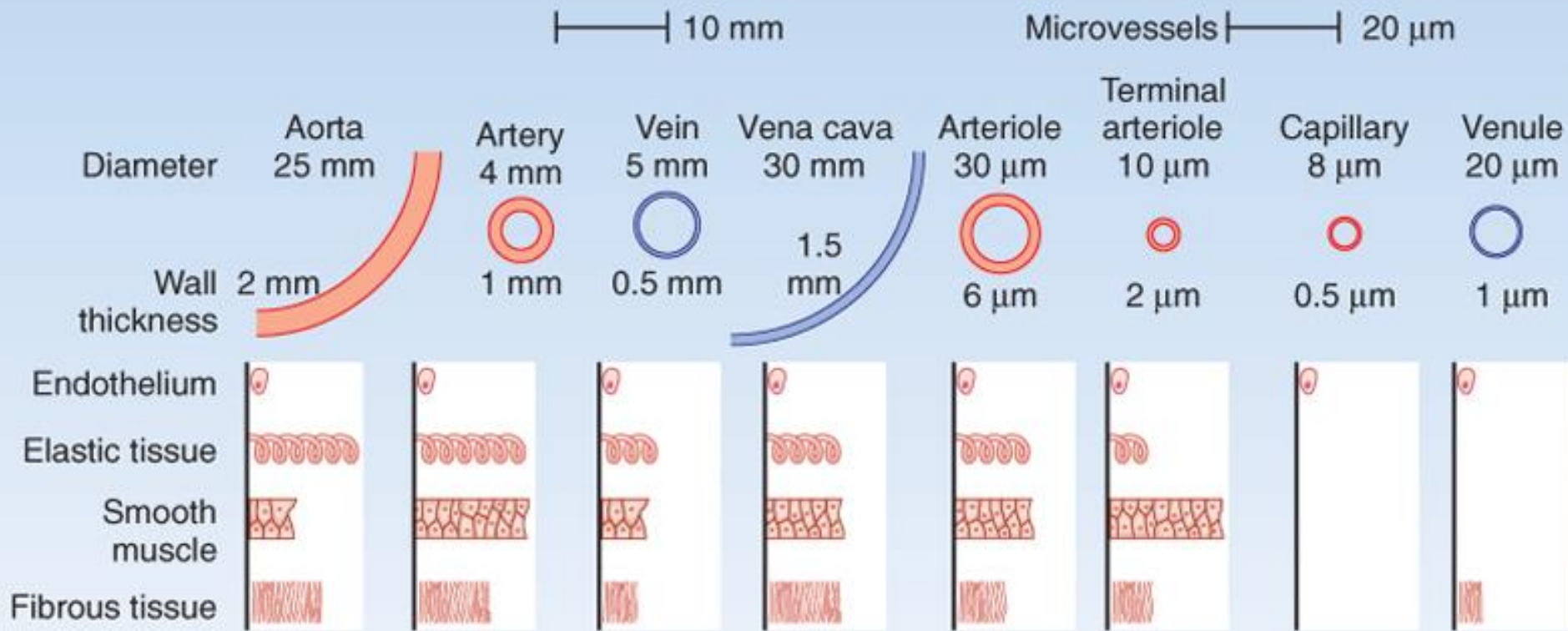
Artery

Vein



Struktura arterií a vén, velmi podobná

- Arterie k danému průměru silnější stěna -> odolávají větším tlakům
- Velké vény mají chlopně

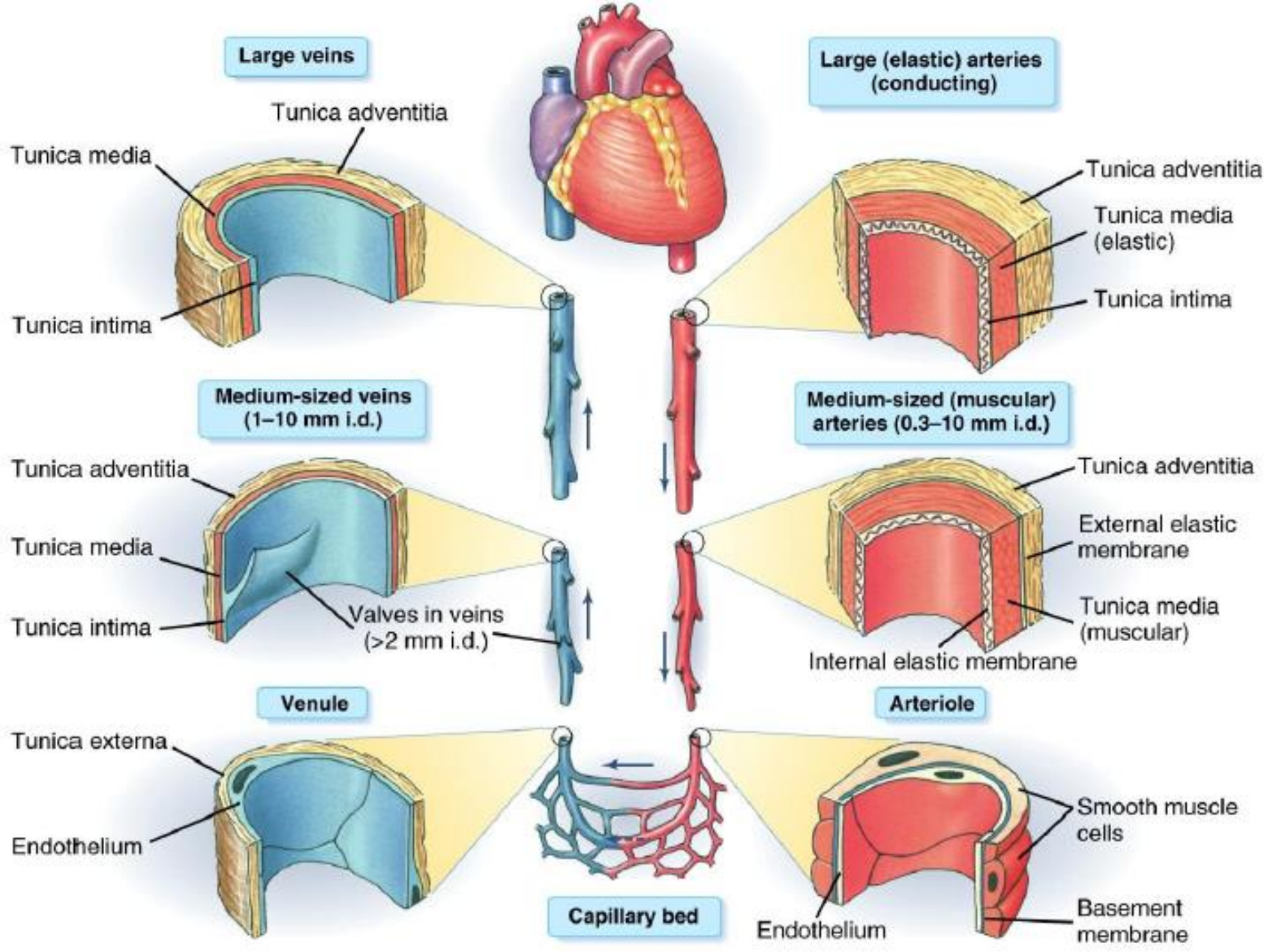


Koepfen & Stanton: Berne and Levy Physiology, 6th Edition.

Copyright © 2008 by Mosby, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved

Vždy endotel - bariéra, zdroj růstových faktorů, místo pro adhezi imunitních buněk, zdroj NO (eNOS - endoteliální NO syntáza) - vazodilatční efekt na svalovinu cév

	Mean diameter	Mean wall thickness	Endothelium Elastic tissue Smooth muscl Fibrous tissue	
Artery	4.0 mm	1.0 mm		
Arteriole	30.0 μm	6.0 μm		
Capillary	8.0 μm	0.5 μm		
Venule	20.0 μm	1.0 μm		
Vein	5.0 mm	0.5 mm		



Large veins

Large (elastic) arteries (conducting)

Medium-sized veins (1–10 mm i.d.)

Medium-sized (muscular) arteries (0.3–10 mm i.d.)

Venule

Arteriole

Capillary bed

Tunica adventitia
Tunica media
Tunica intima

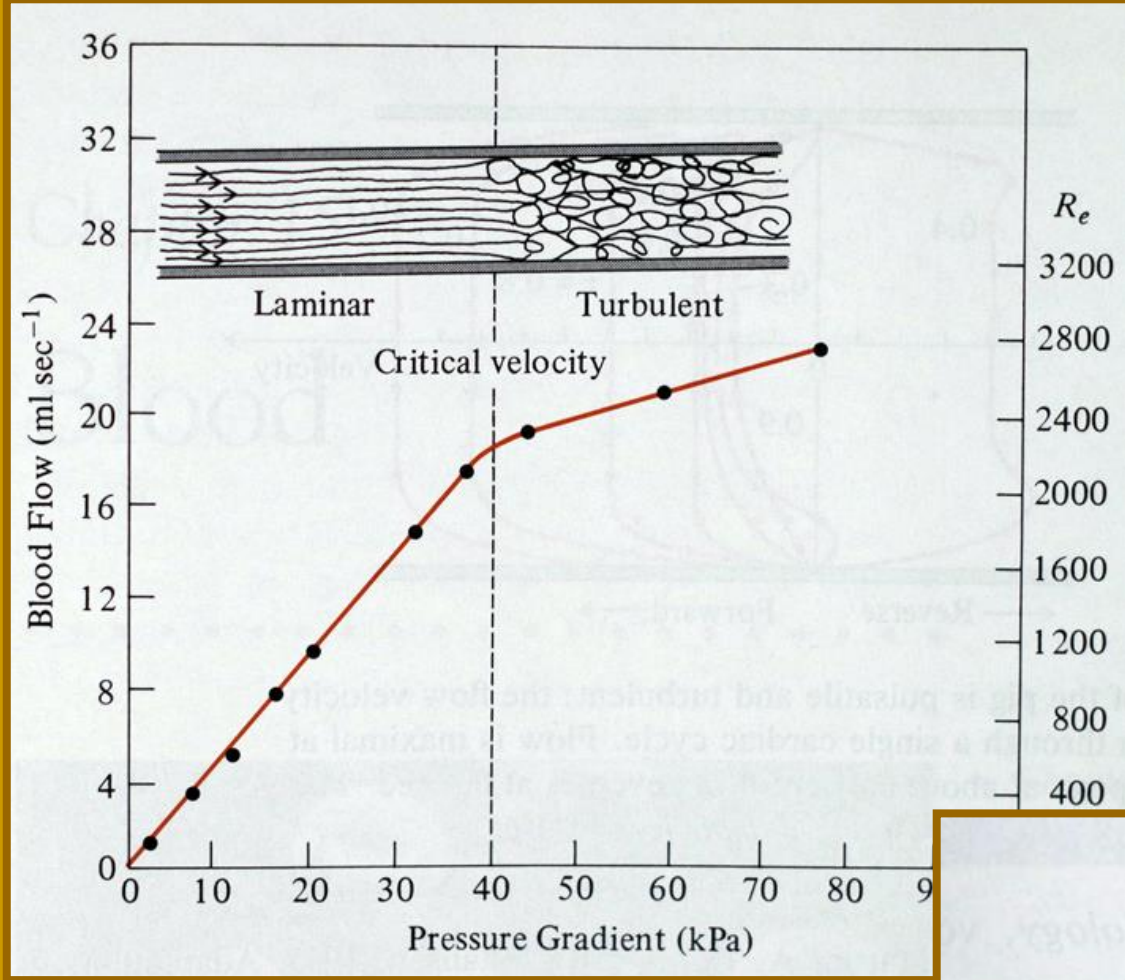
Tunica adventitia
Tunica media (elastic)
Tunica intima

Tunica adventitia
Tunica media
Tunica intima
Valves in veins (>2 mm i.d.)

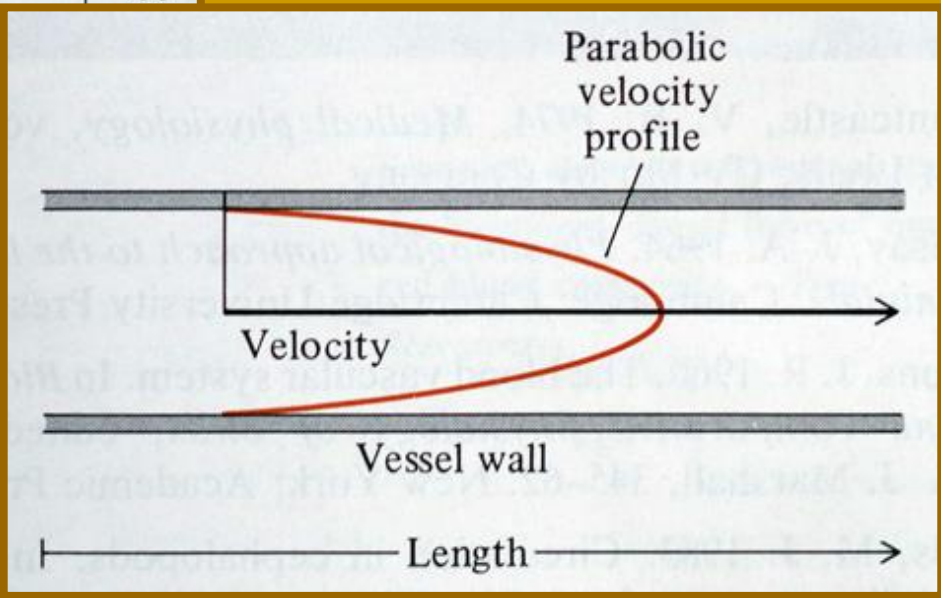
Tunica adventitia
External elastic membrane
Tunica media (muscular)
Internal elastic membrane

Tunica externa
Endothelium

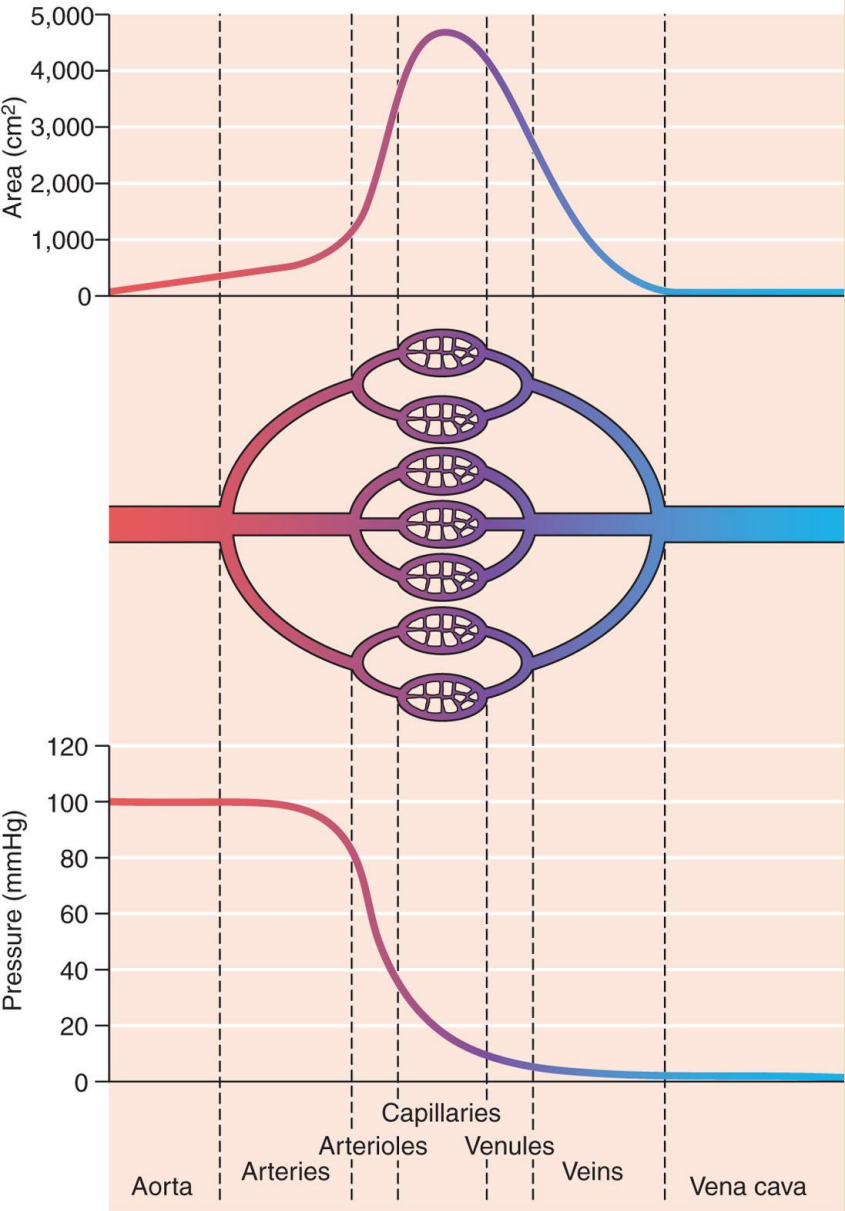
Smooth muscle cells
Basement membrane
Endothelium



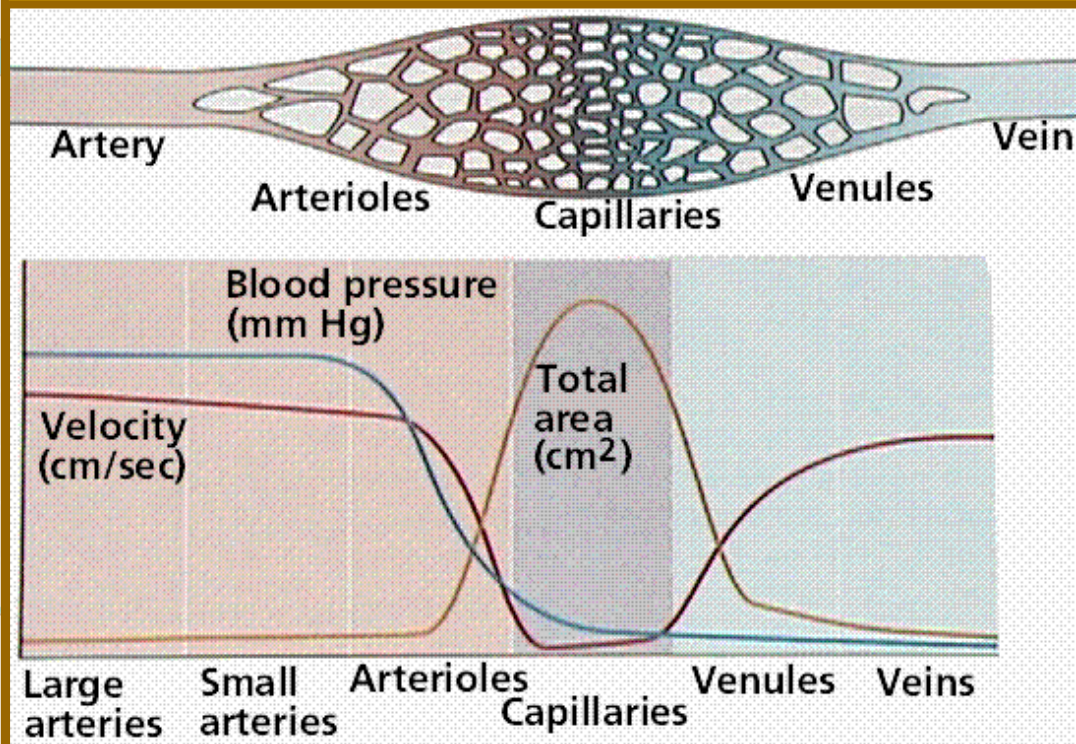
Limity krevního průtoku



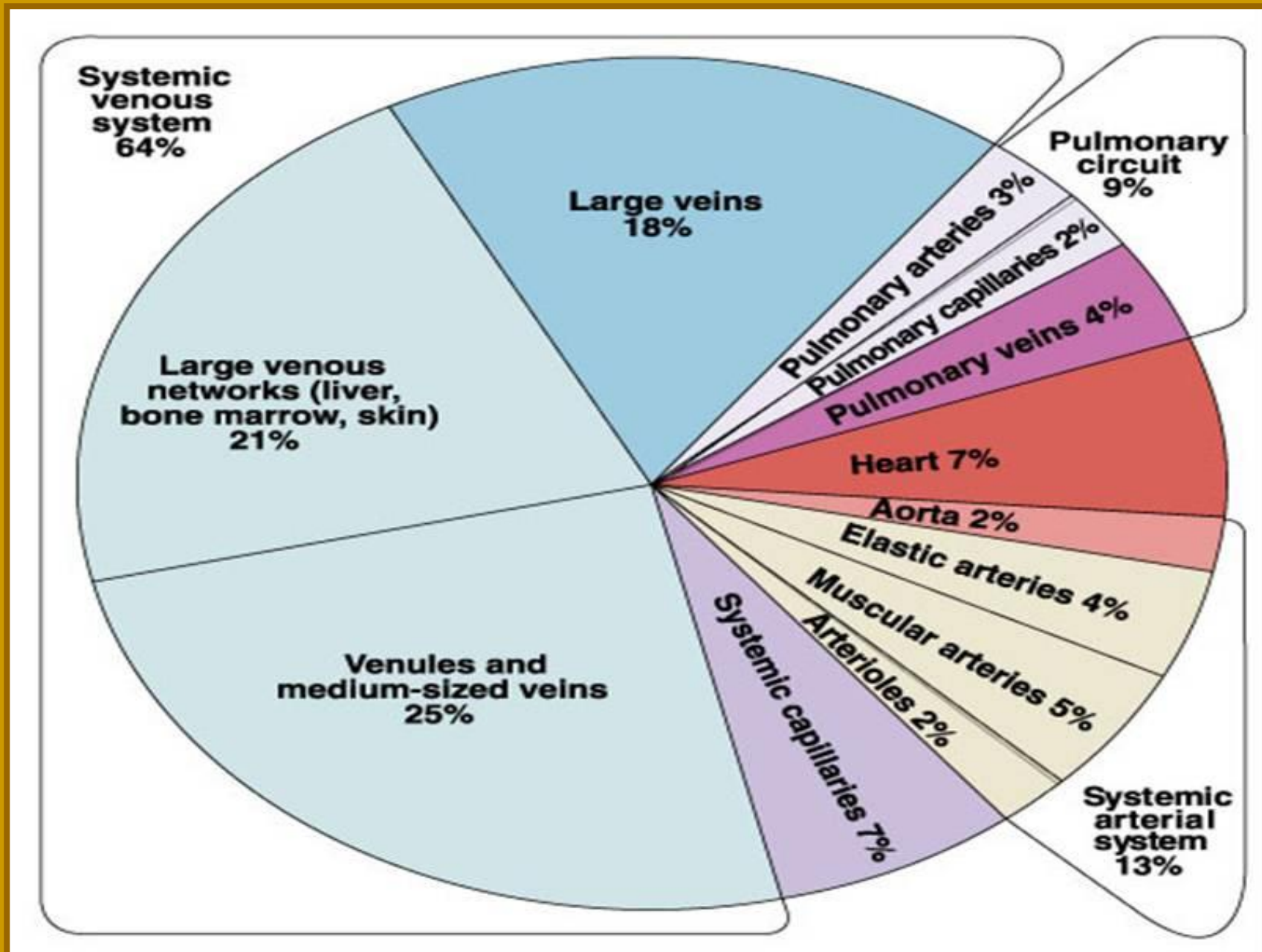
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display



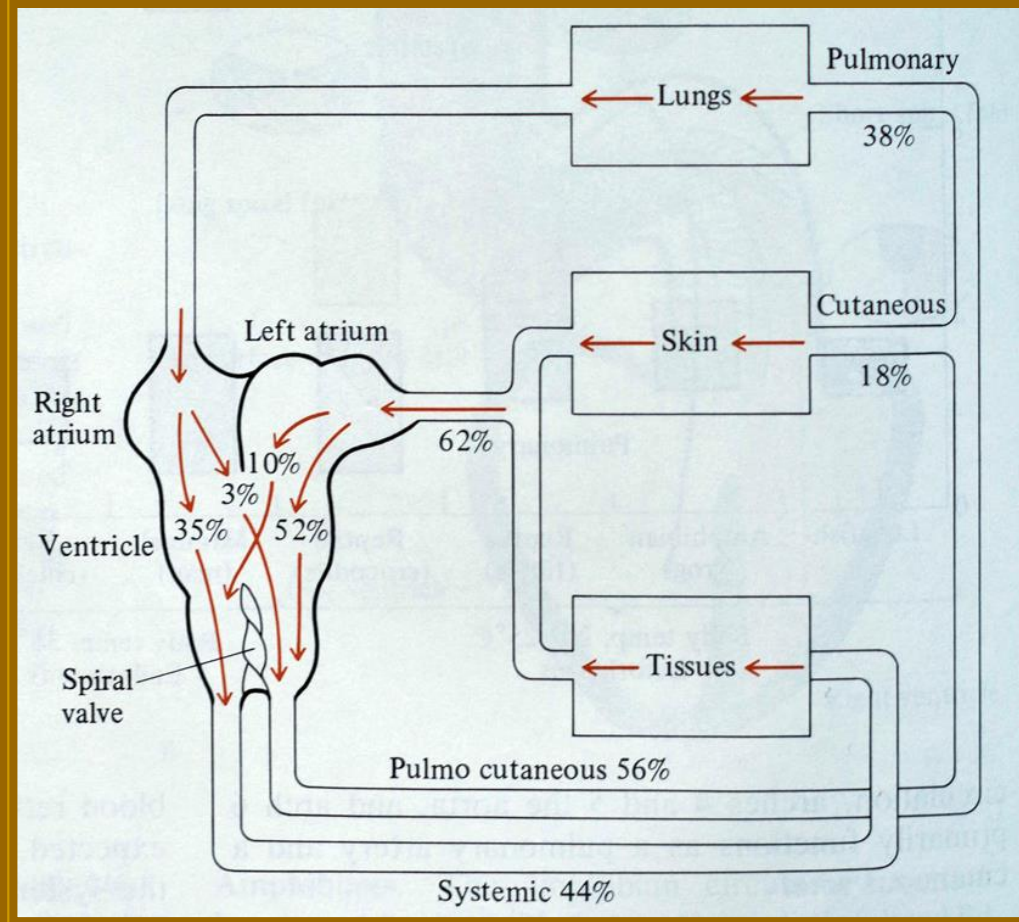
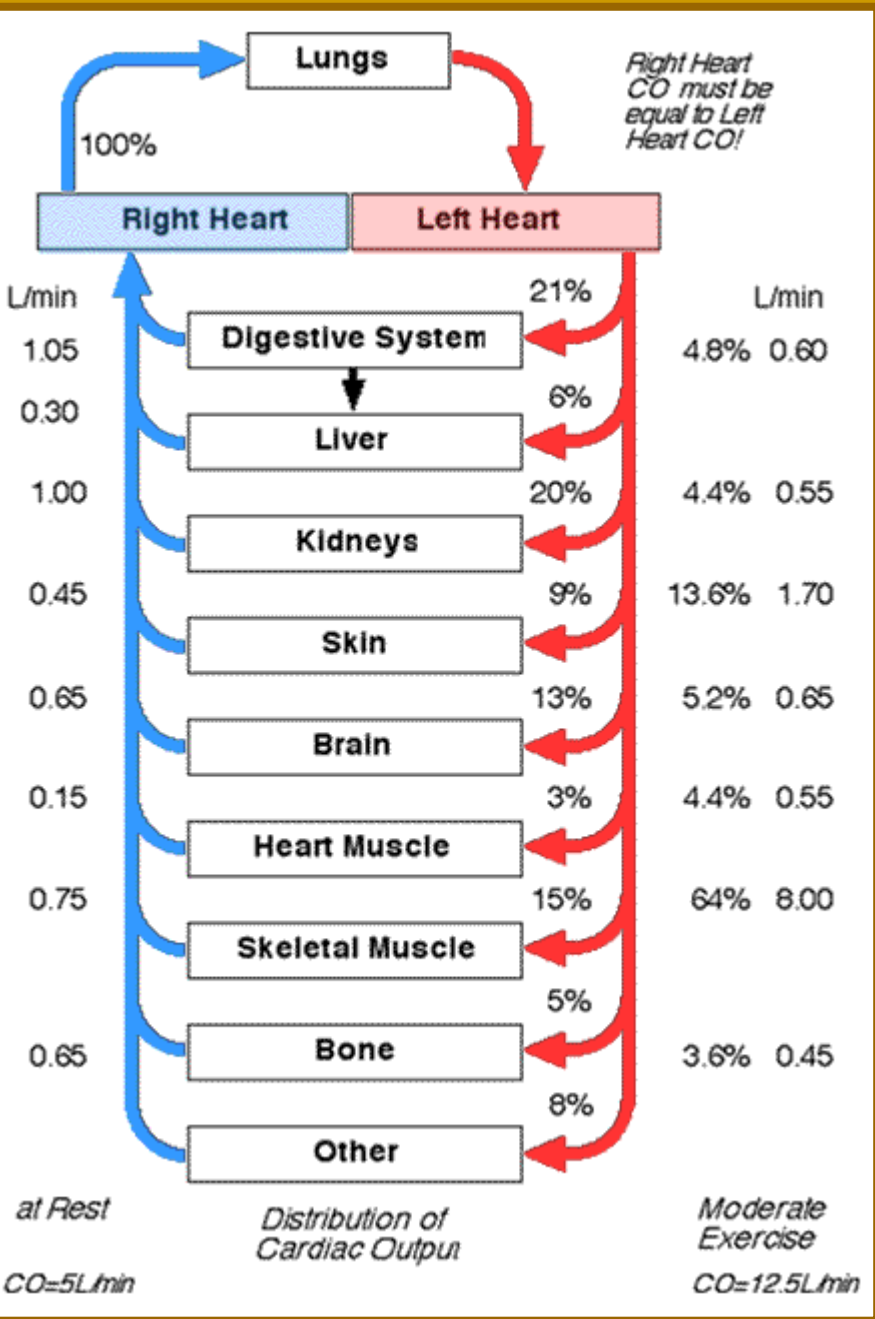
Celková plocha, průtok a příslušné tlaky v cévním systému

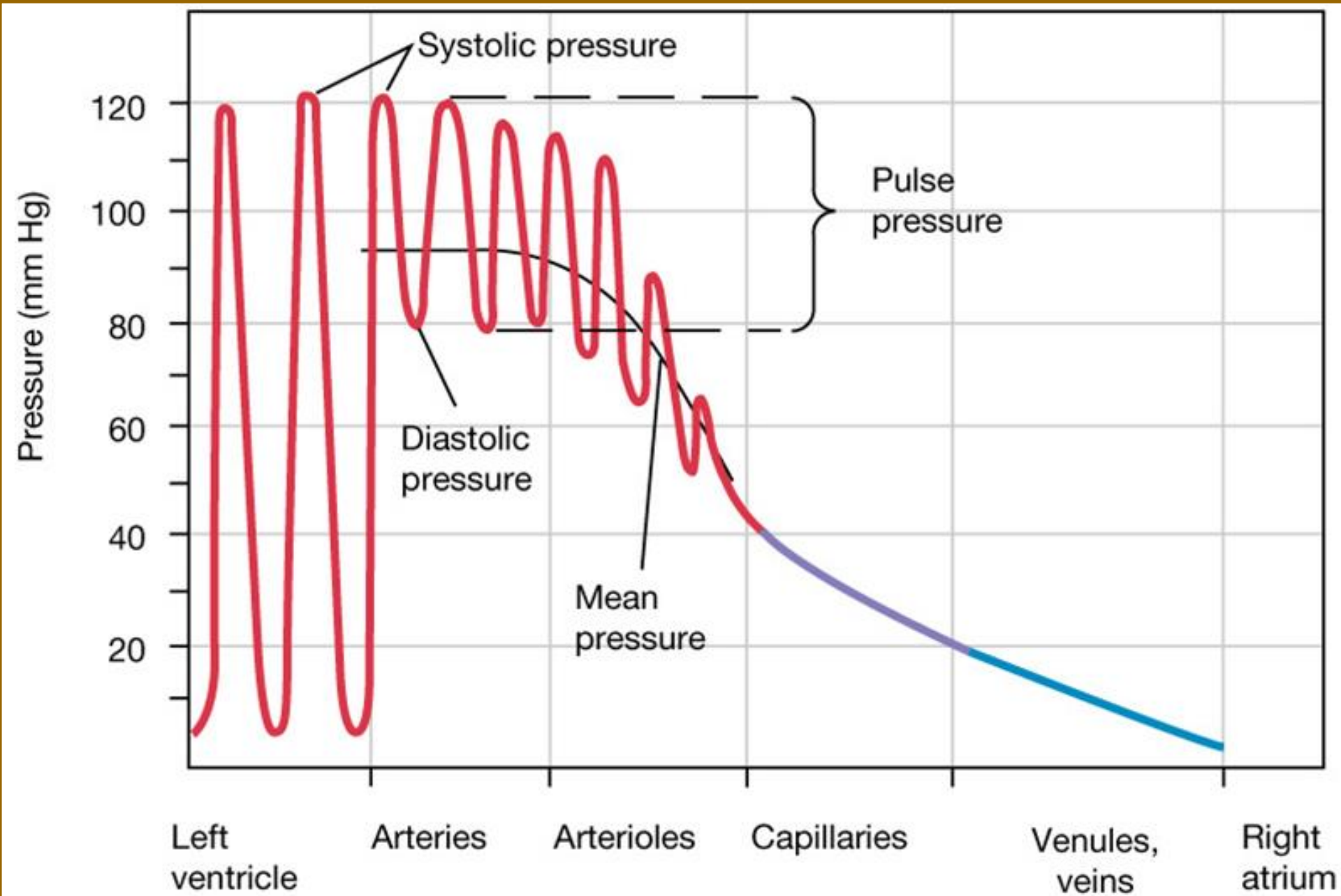


Distribuce krve v jednotlivých cévách

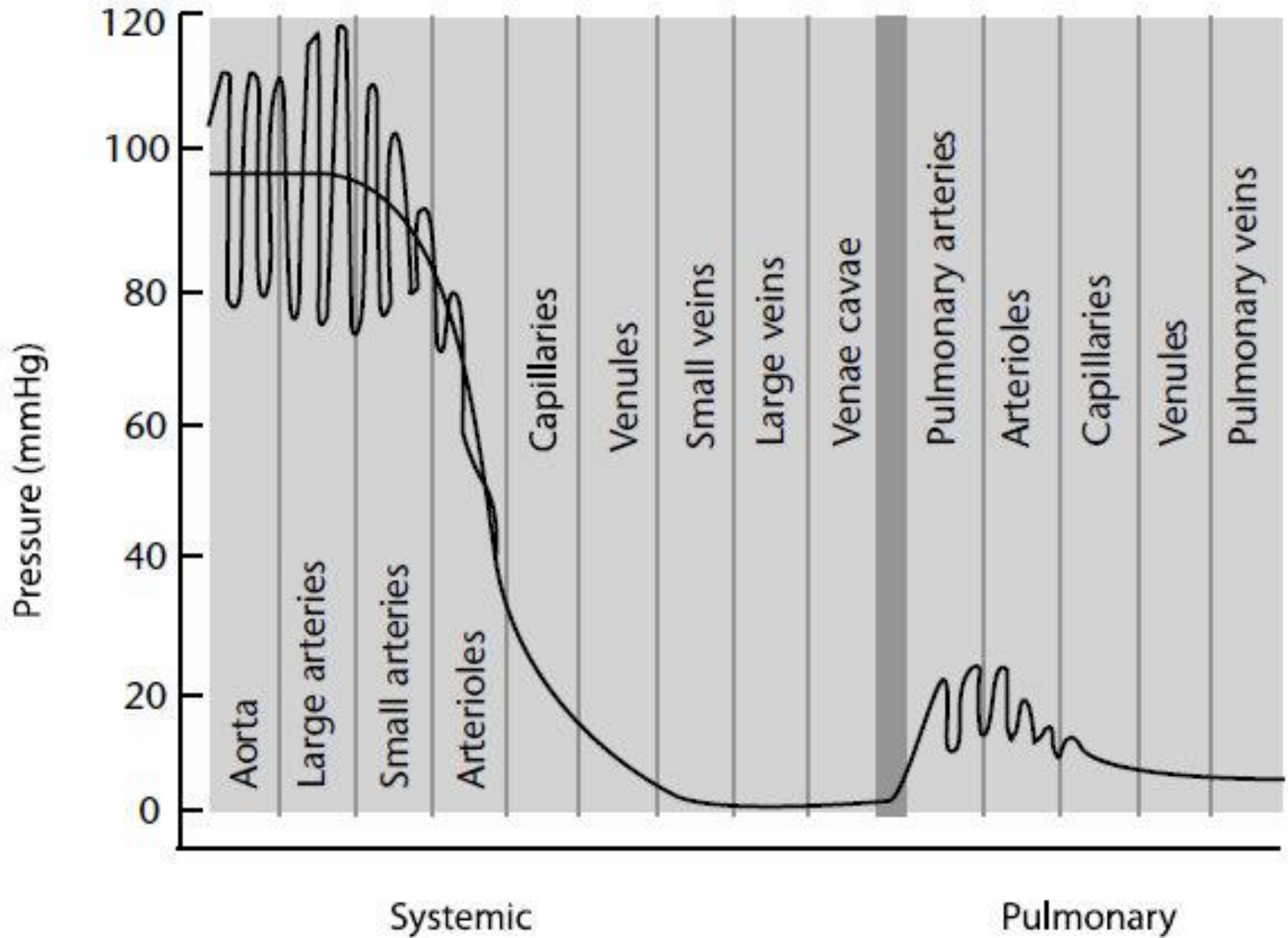


Procentuální distribuce krve u člověka a skokana

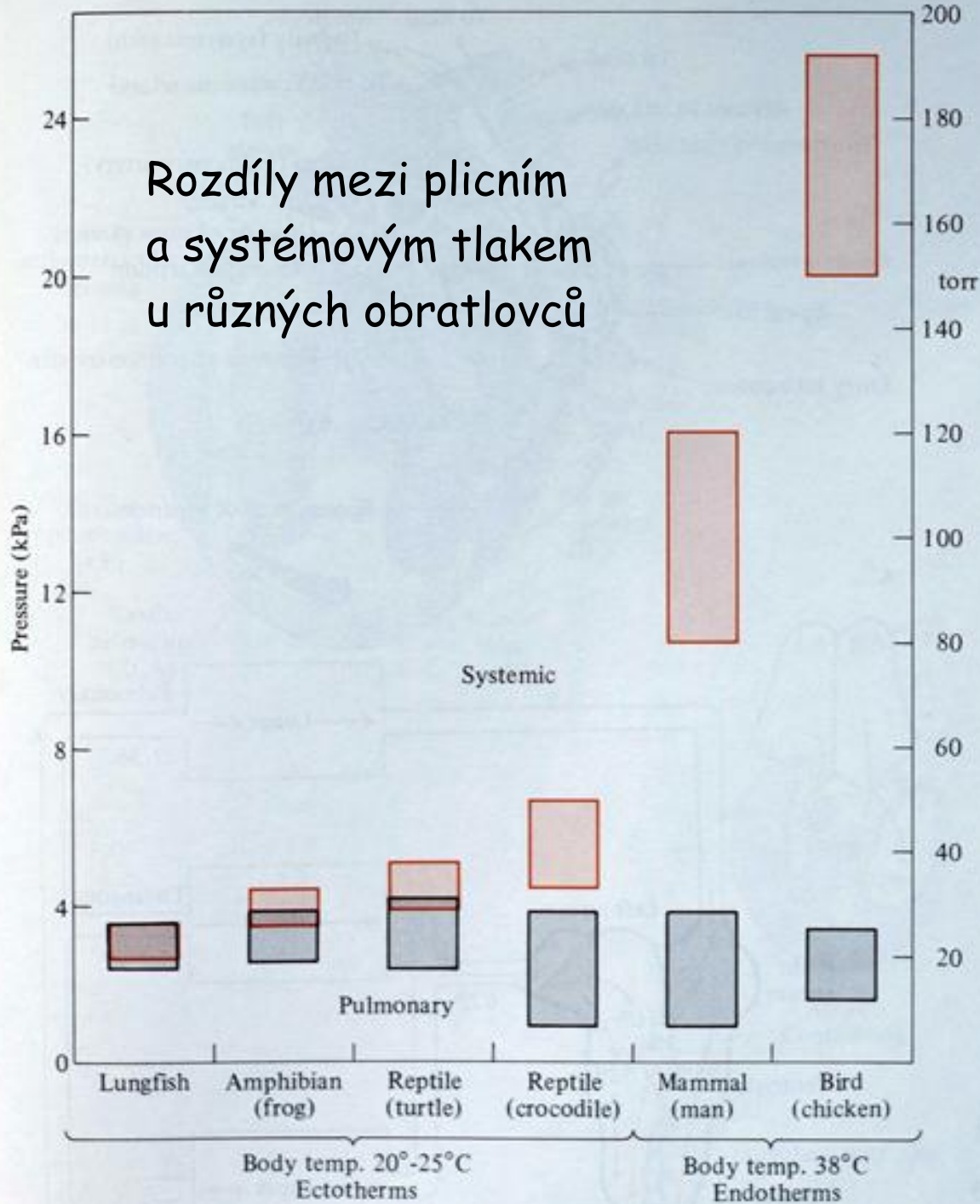




Tlaky v cévním systému

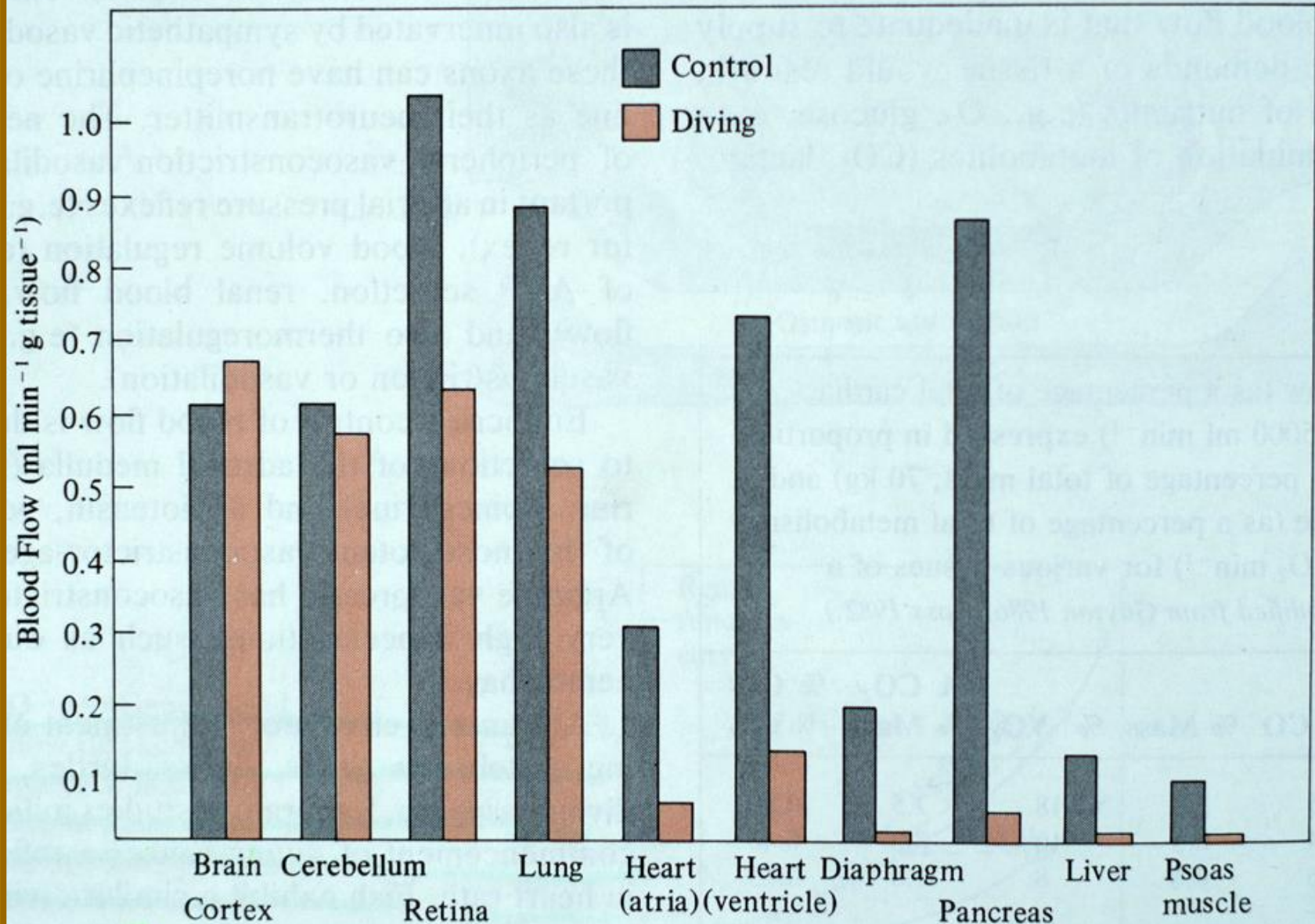


Rozdíly mezi plicním a systémovým tlakem u různých obratlovců



Selektivní distribuce krve u potápějícího se tuleně

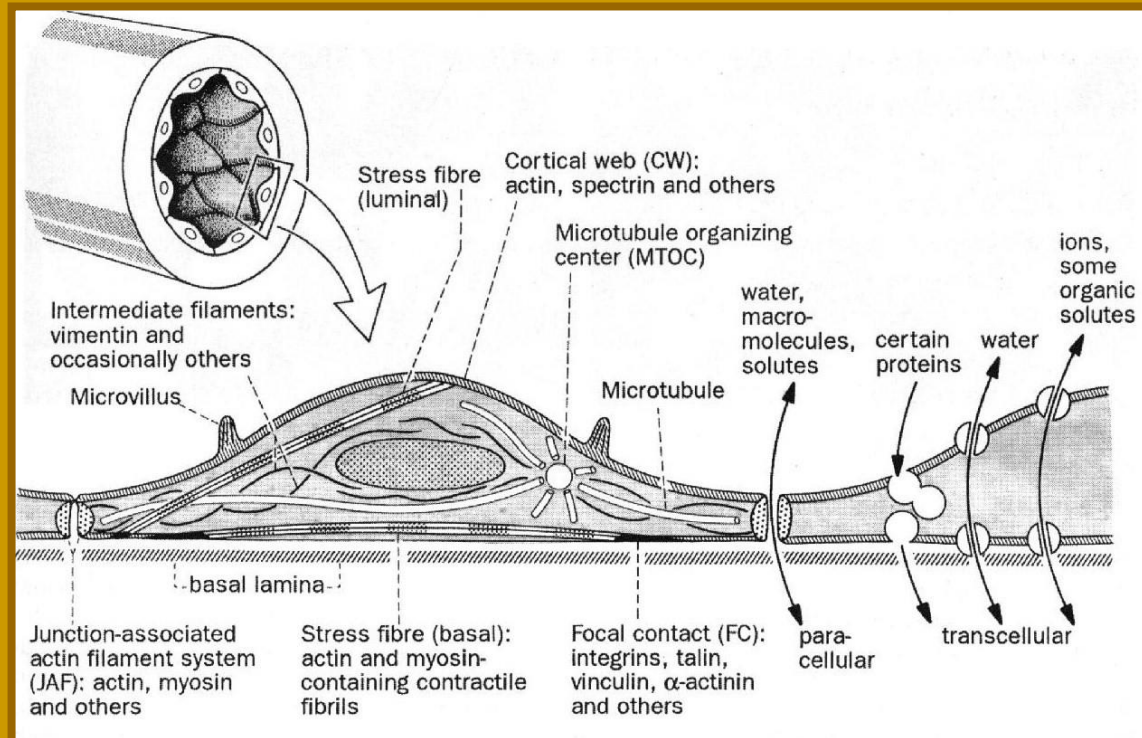
-> hospodaření s kyslíkem



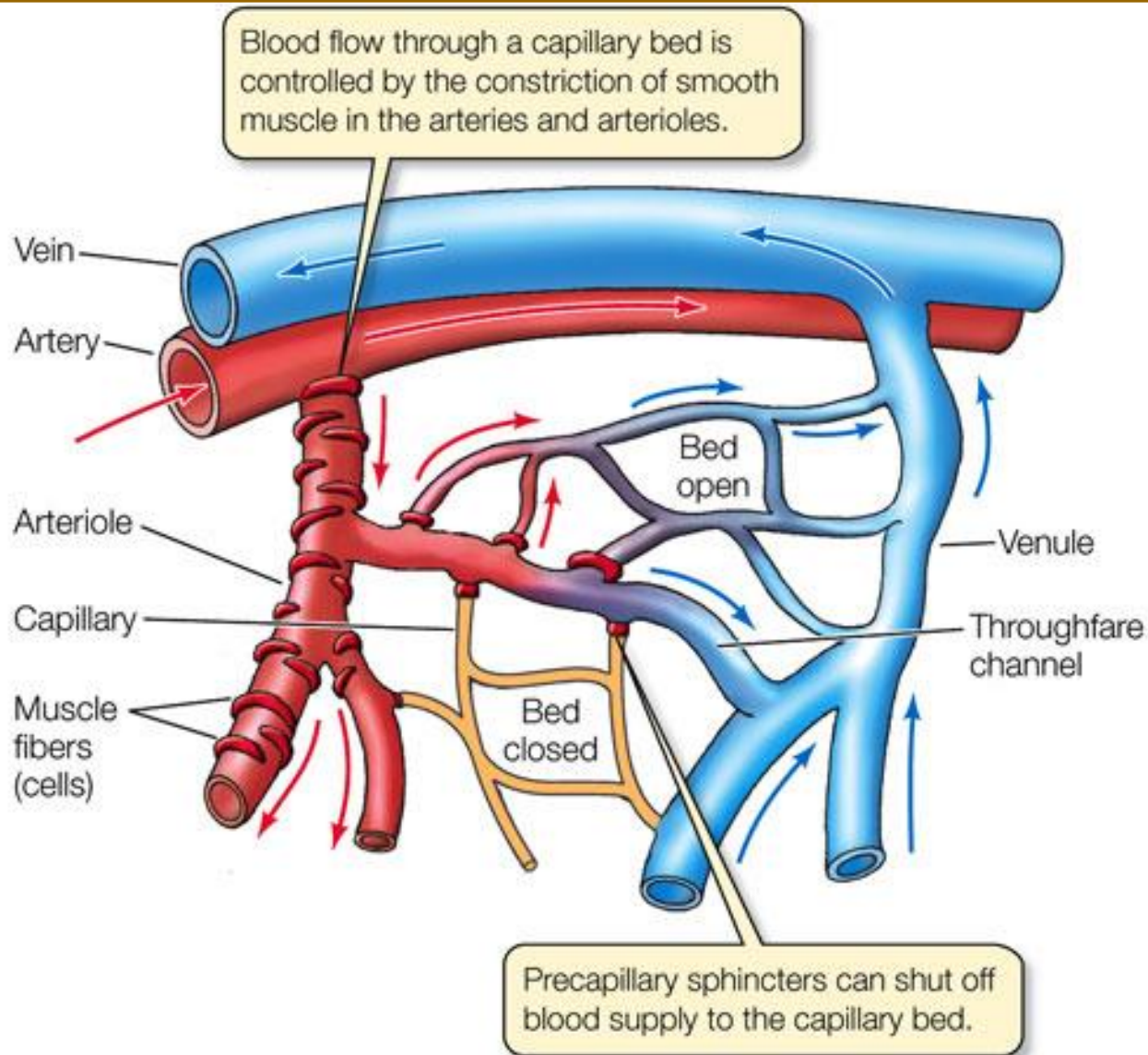
Význam - distribuce živin, metabolitů, tepla

Transport látek přes cévní stěnu

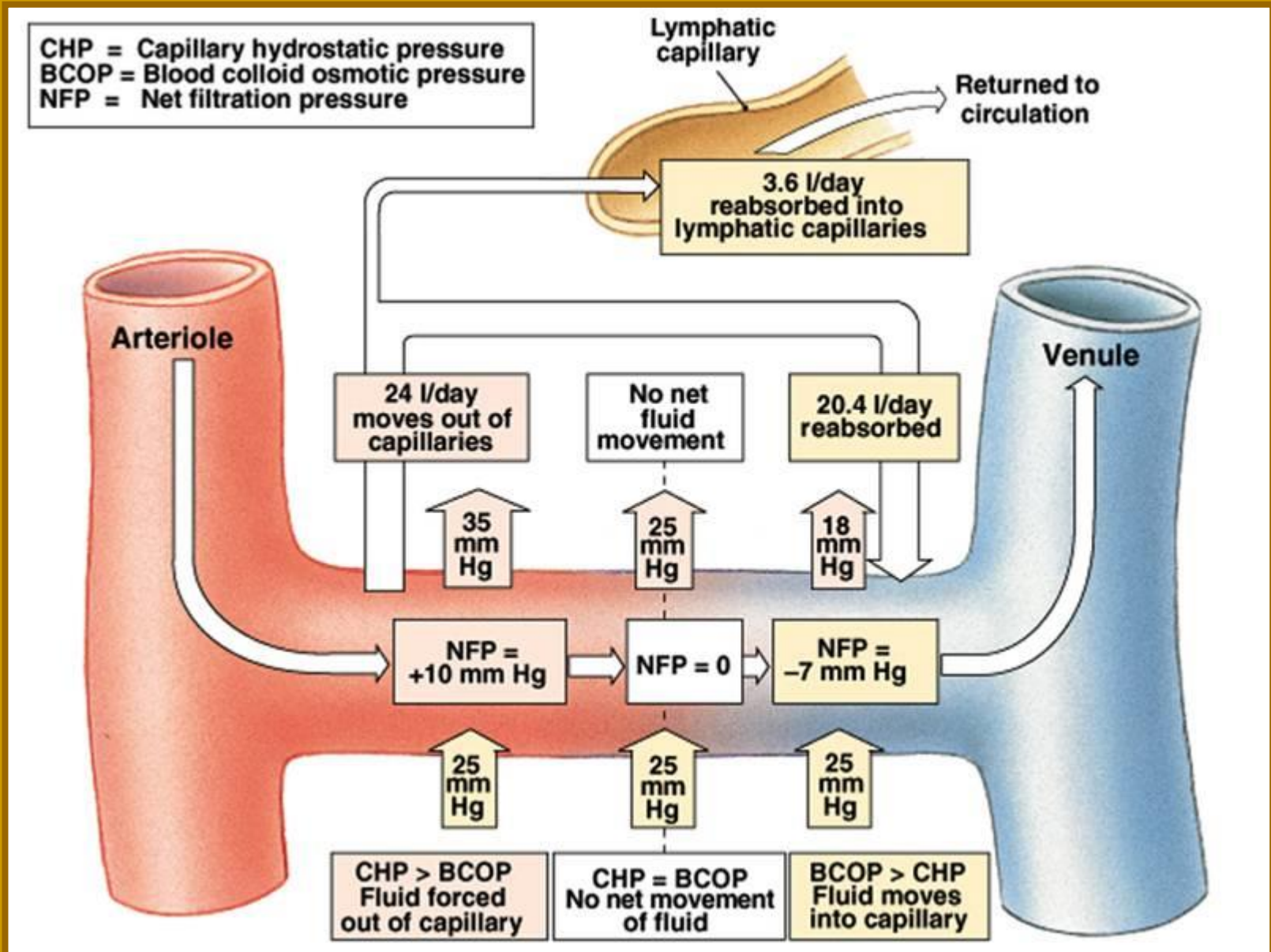
- v důsledku vyššího tlaku = filtrace, hlavně voda a některé ionty
- osmotickým tlakem plasmových koloidů (bílkoviny)
- aktivě transport vezikuly a membránovými transportéry (větší molekuly,...)
- regulace hlavně endotelem, nervy a hormony
- regulace ovlivňuje tlak, permeabilitu, aktivitu transportérů a přenašečů
- změnu tlaku zprostředkovává srdeční a hladká svalovina
 - tunica media
 - prekapilární svěrače

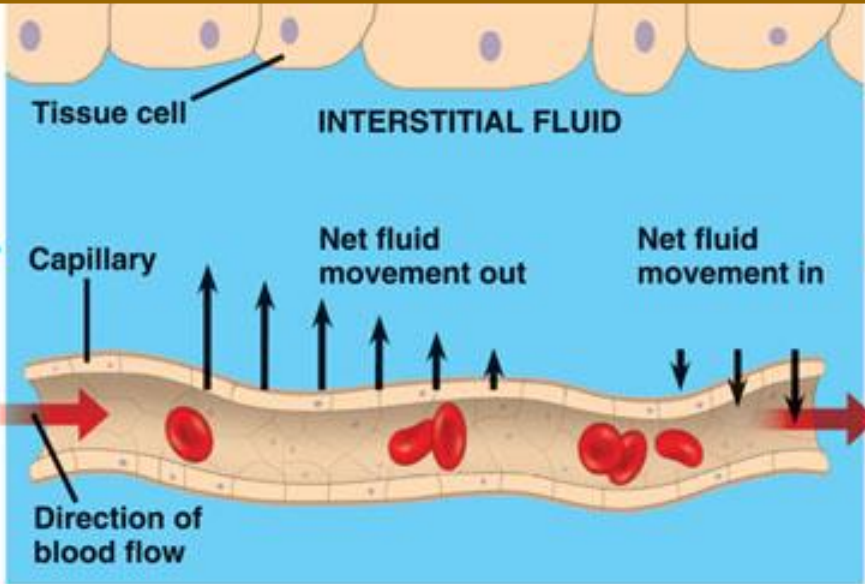
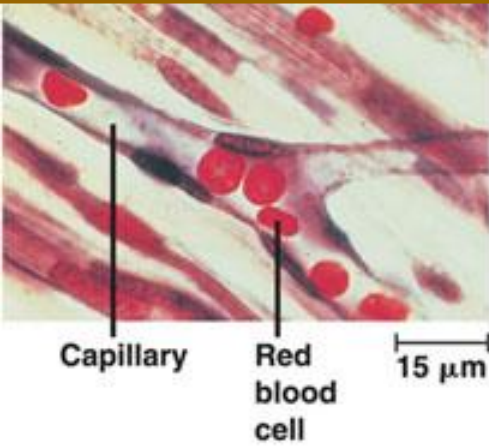


Prekapilární svěrače regulují tlak a průtok krve



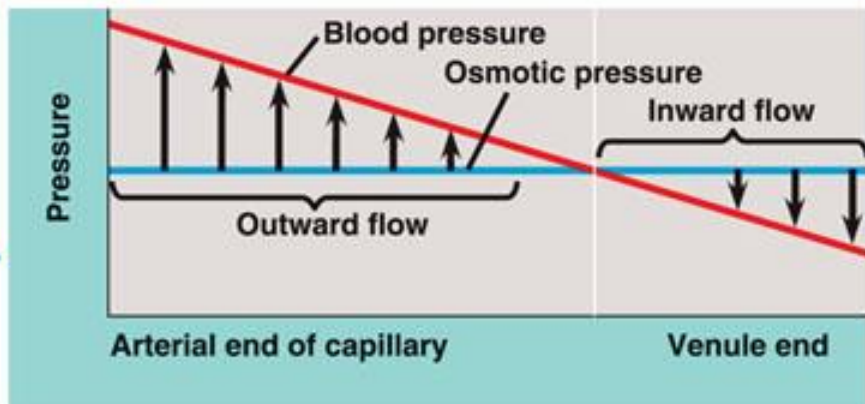
Tlaky zprostředkovávající výměnu látek mezi cévami a okolím





At the arterial end of a capillary, blood pressure is greater than osmotic pressure, and fluid flows out of the capillary into the interstitial fluid.

At the venule end of a capillary, blood pressure is less than osmotic pressure, and fluid flows from the interstitial fluid into the capillary.



Relativní permeabilita svalových kapilár pro různé látky (pro proteiny jsou prakticky nepropustné)

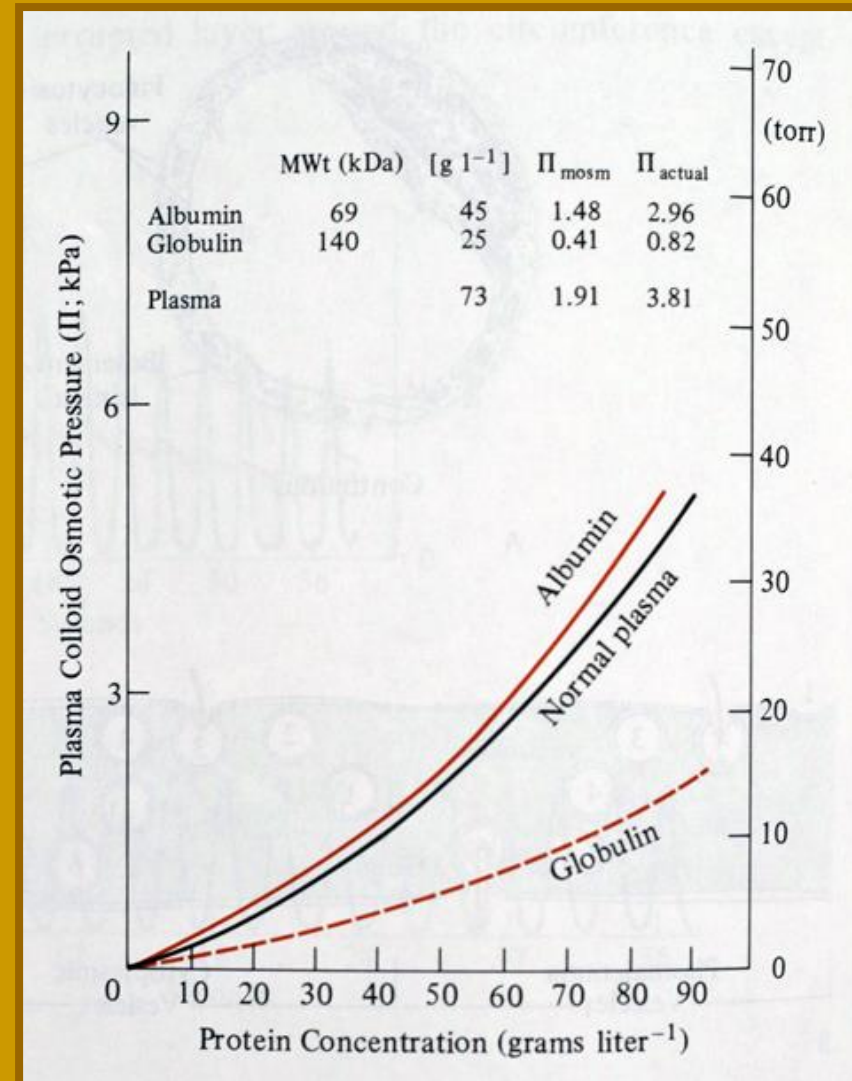
	Velikost (Da)	Ekvivalent sferoidu (nm)	Relativní permeabilita
Voda	18	-	1,00
NaCl	59	14	0,96
Urea	60	16	0,8
Glukósa	180	36	0,6
Sacharóza	342	44	0,4
Myoglobin	17600	190	0,03
Hemoglobin	68000	310	0,01
Albumin	69000	-	<0,0001

Průměrné hodnoty onkotických tlaků u různých živočichů

Cnidaria	0,005
Urochordata	0,05
Paryby	0,31 (0,2-0,5)
Kroužkovci	0,45 (0,09-1,02)
Obojživelníci	1,01 (0,5-1,6)
Plazi	1,16 (0,5-1,6)
Kruhoústí	1,30 (1,2-1,4)
Ptáci	1,30 (1,1-1,5)
Kostnaté ryby	1,32 (0,4-2,7)
Savci	2,88 (2,1-3,7)
Hmyz (hemolymfa)	8,35 (3,1-13,6)



Závislost okotického tlaku na koncentraci proteinů (Důležitá je molární koncentrace)



Endothelial Function Assessment

- Vascular Tone
 - Vascular reactivity
 - Vasoconstrictors: ET-1
 - Vasodilators: Nitric oxide products
- Markers of Endothelial Activation
 - Adhesion molecules (VCAM, ICAM, selectin)
- Markers of Coagulation/Fibrinolysis
 - PAI-1/tPA, fibrinogen, thrombomodulin, VWF
- Markers of Inflammation
 - CRP, TNF- α , IL-1, IL-6
- Hormones and Metabolic Products with Known Vascular Effects
 - Adiponectin, FFA

Caballero AE. *Obes Res.* 2003;11:1278-89.

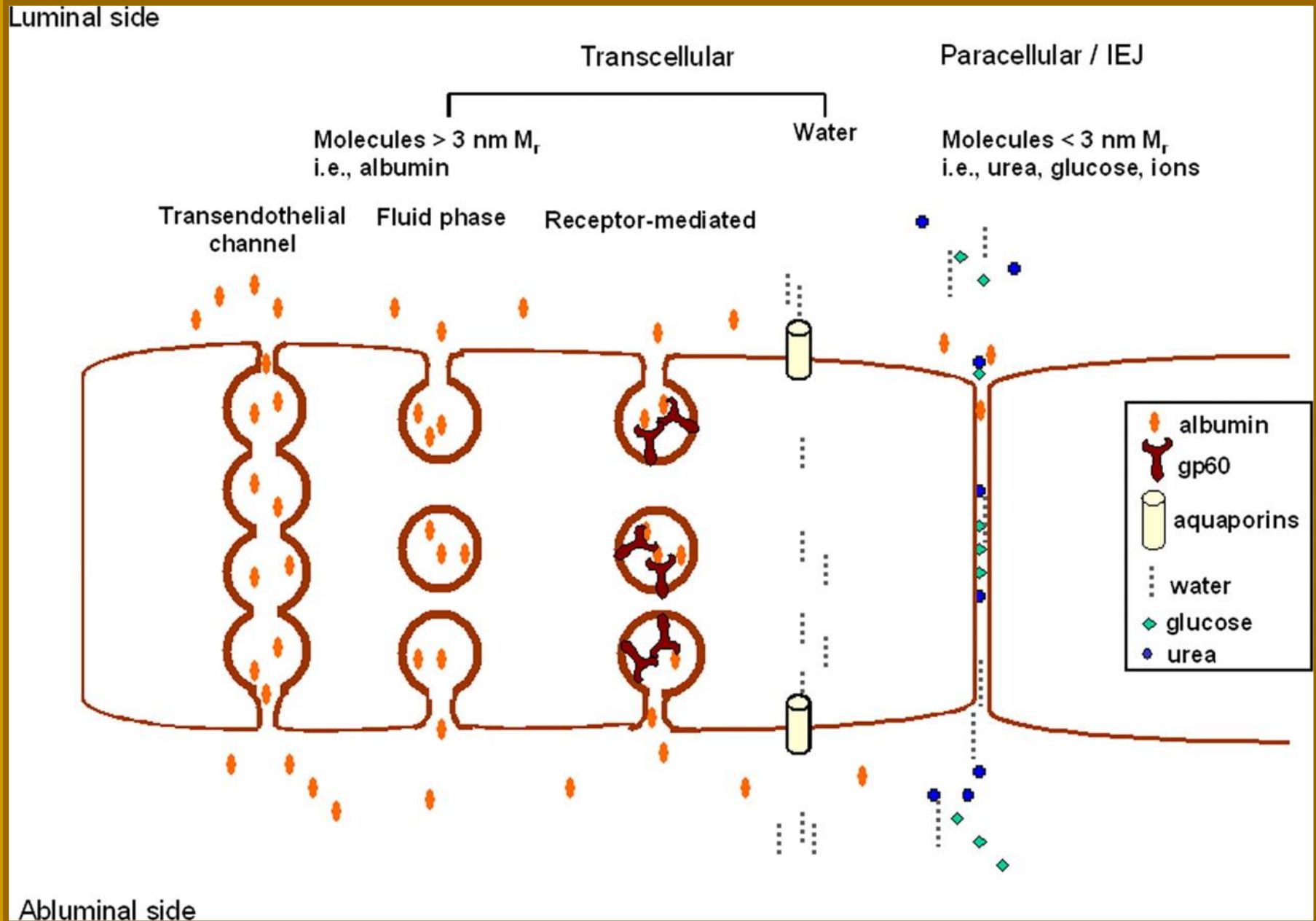
Endotel

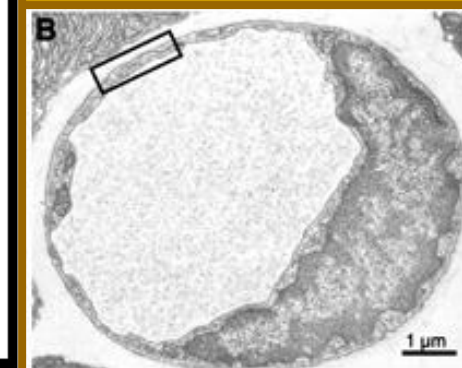
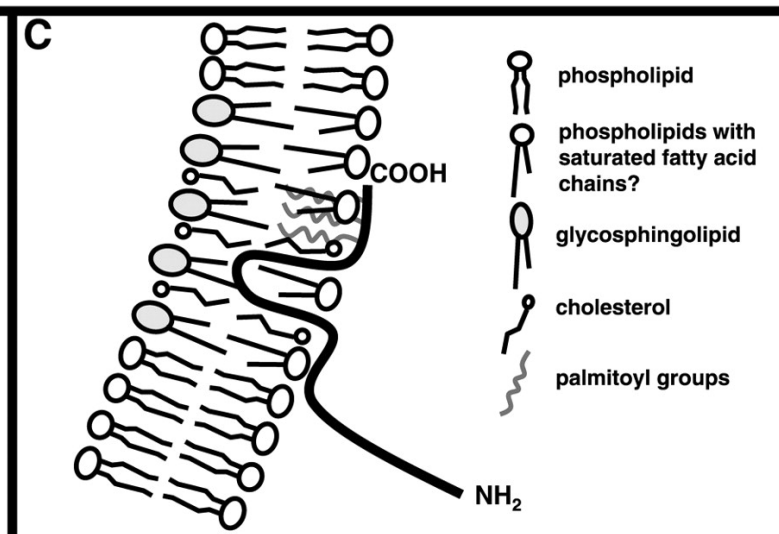
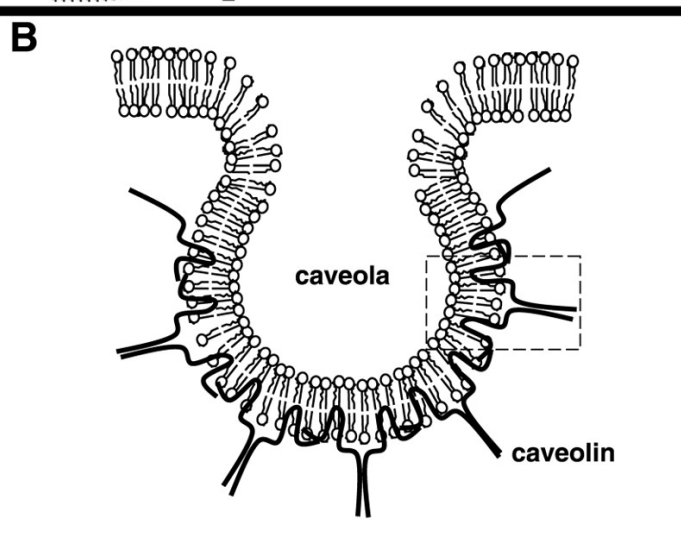
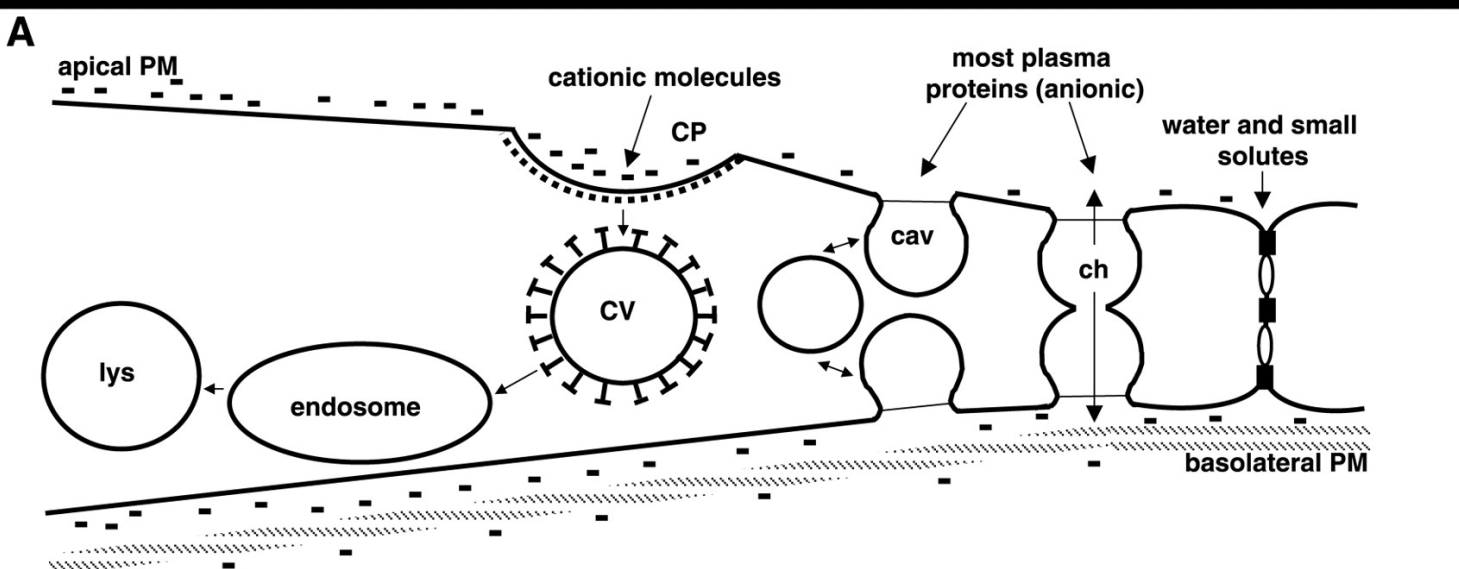
Normal Endothelial Function

Dilatation	Constriction
Growth inhibition	Growth promotion
Antithrombosis	Prothrombosis
Anti-inflammation	Proinflammation

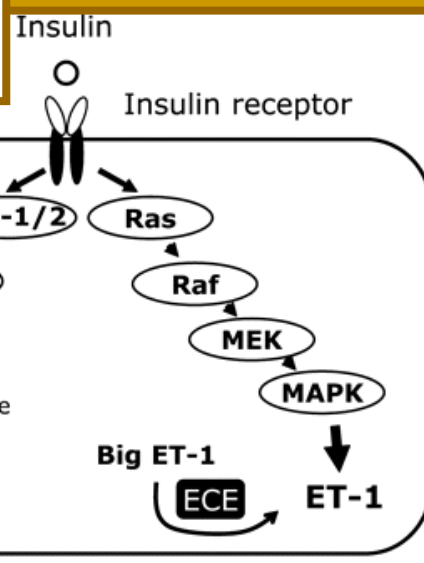
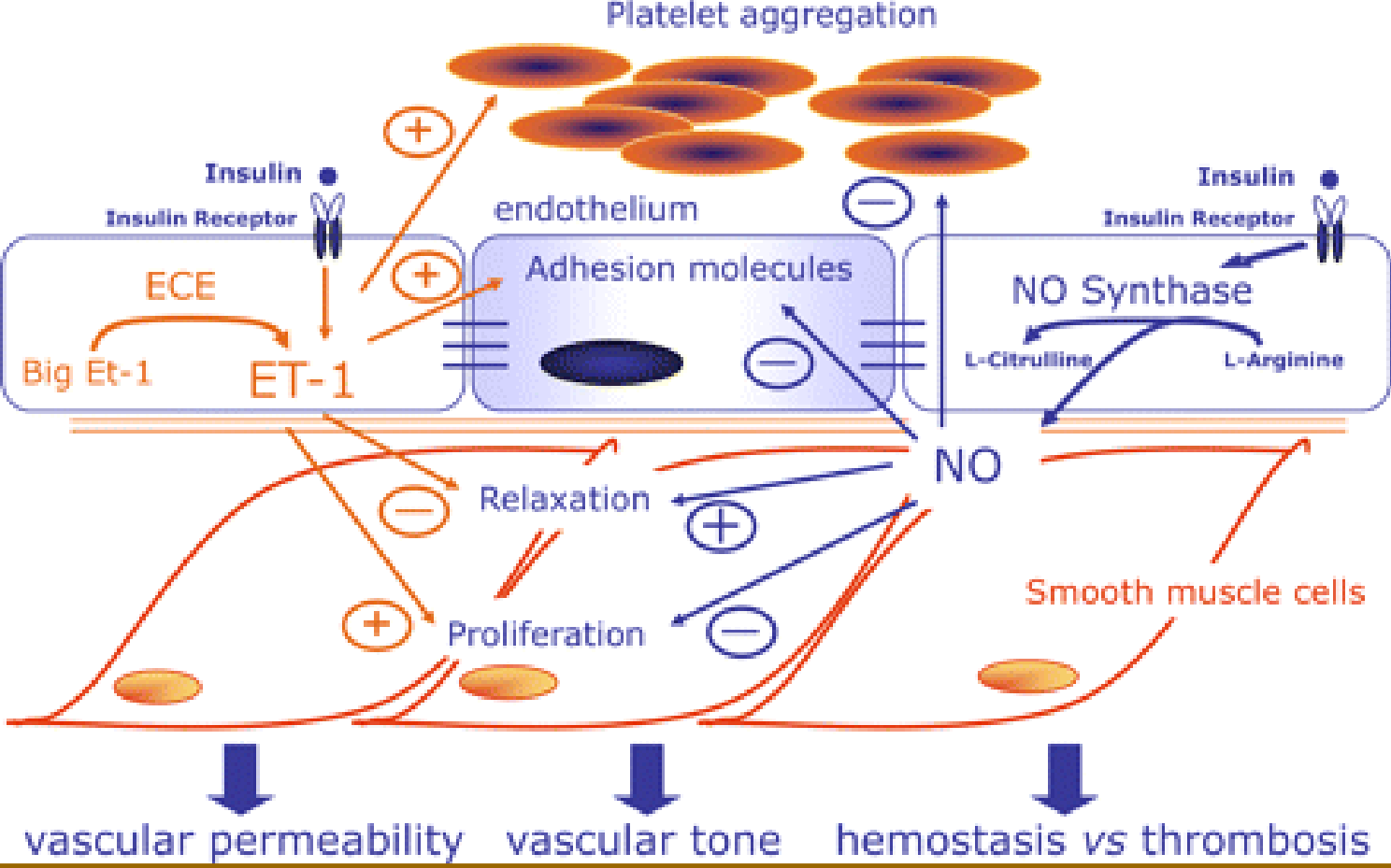


Transport látek endoteliemi





Caveolin - mediátor transcytószy



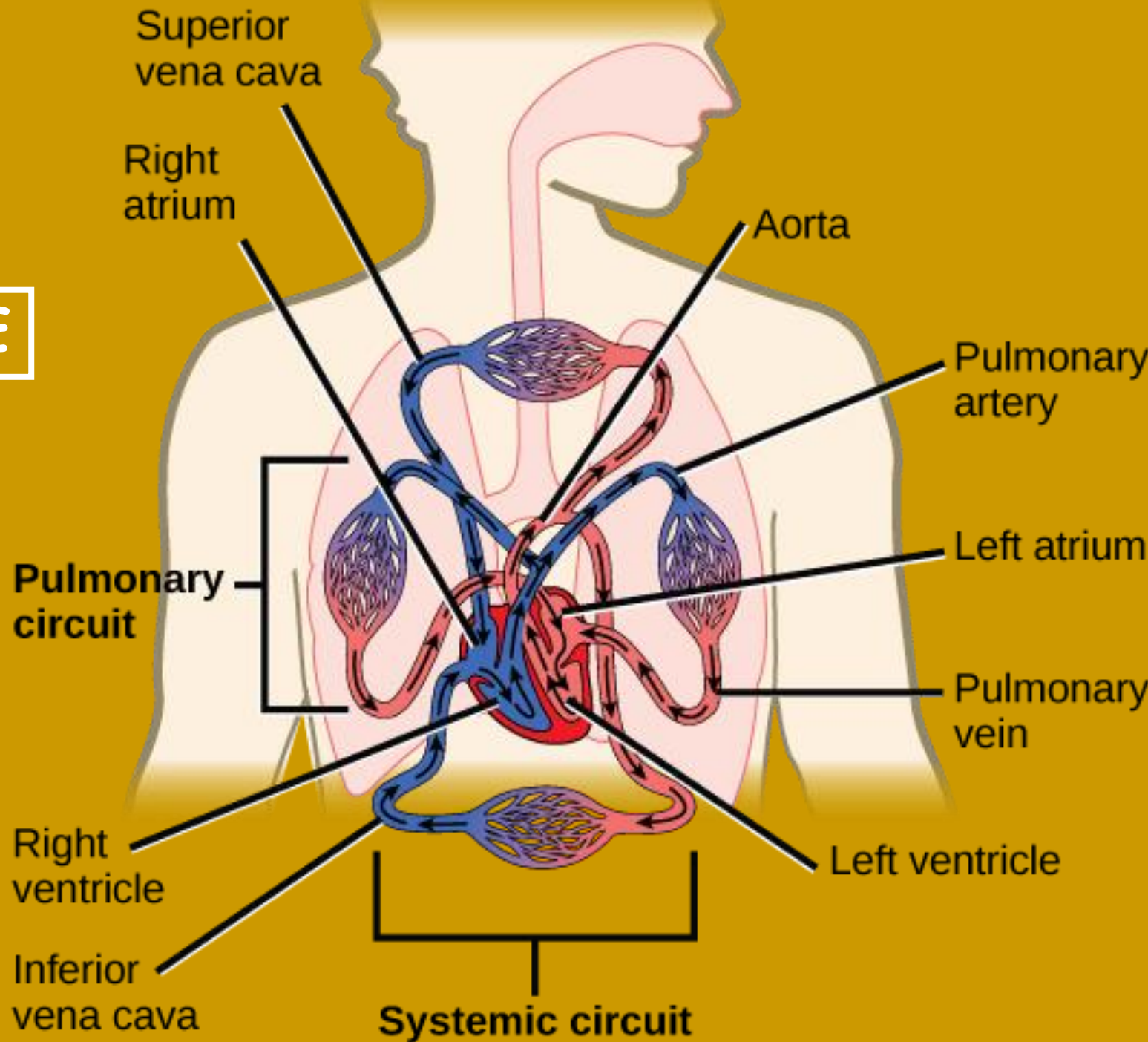
Insulinem řízená rovnováha ve funkcích endotelu

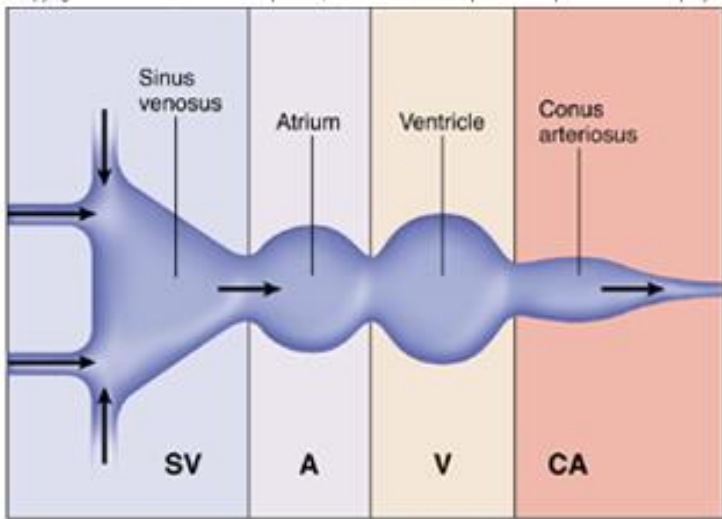
Mediátory :

NO (oxid dusnatý) x ET-1 (endotelin-1)

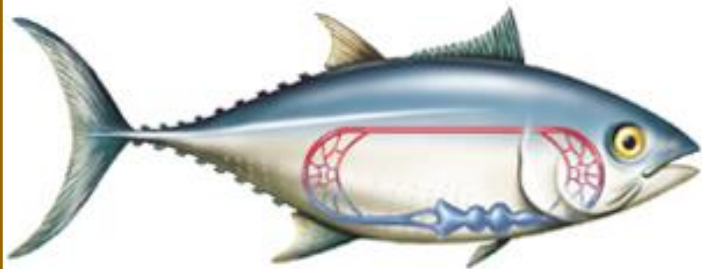
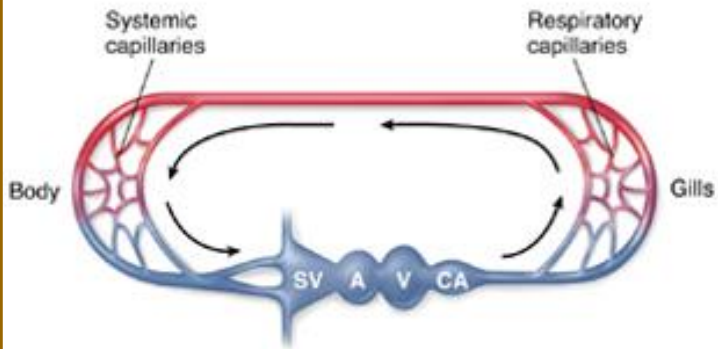
Endothelial cells

SRDCE



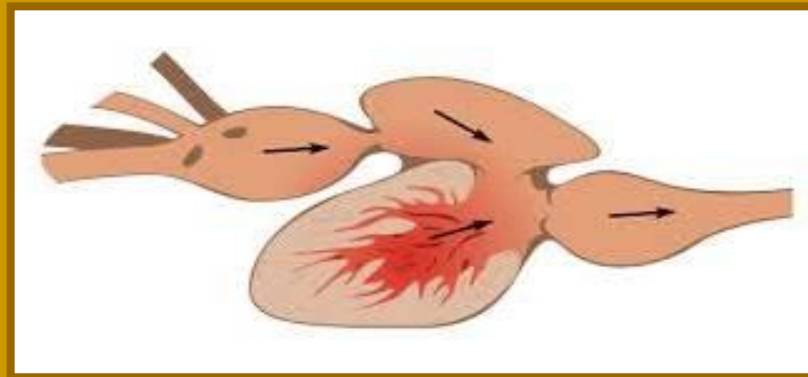


(a)

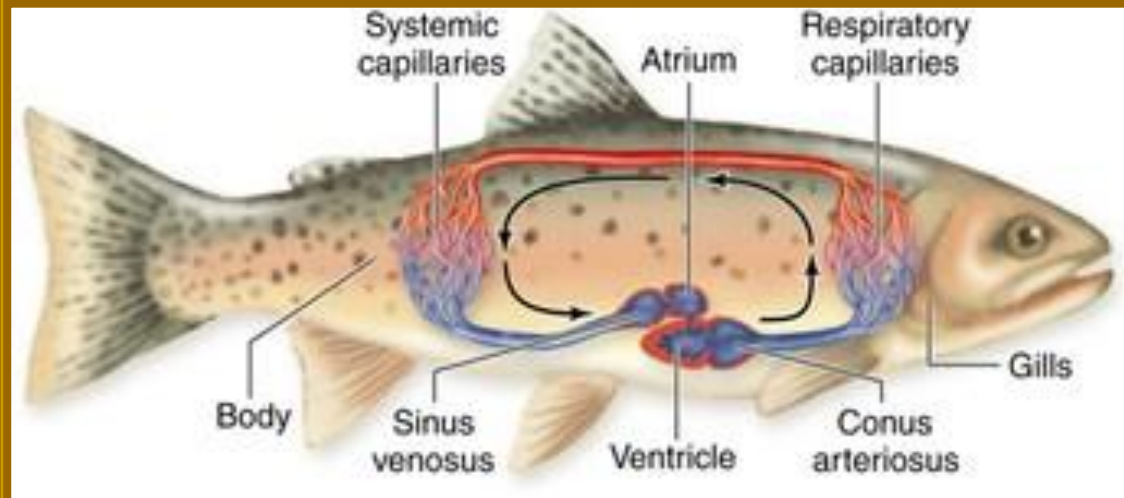


(b)

Ryby

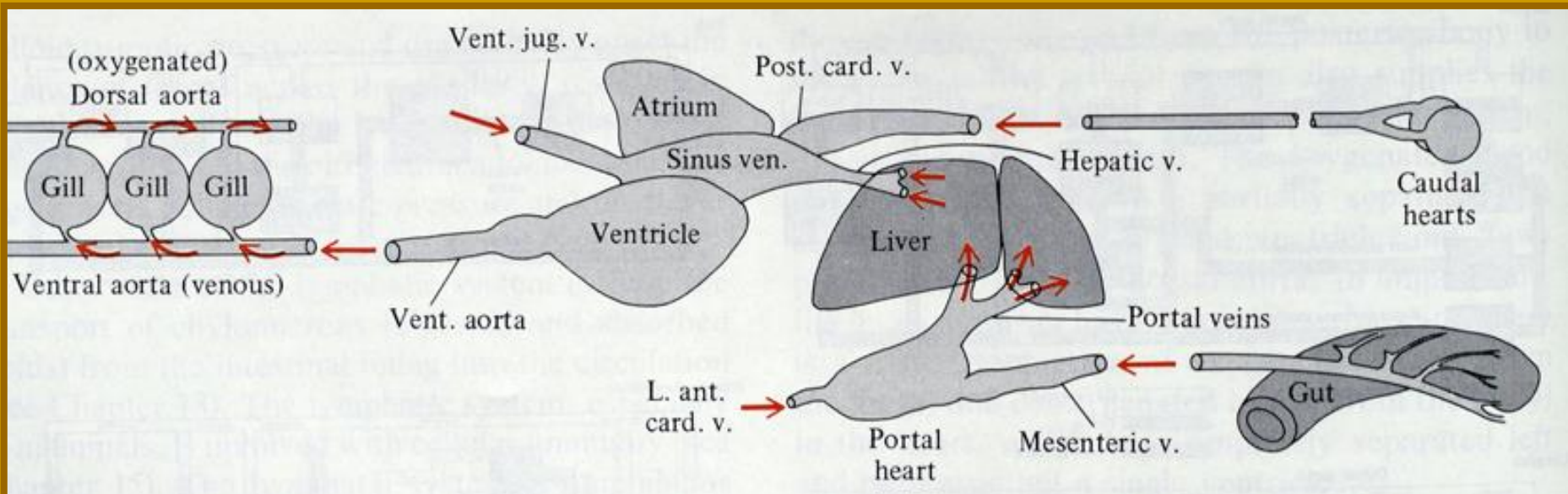
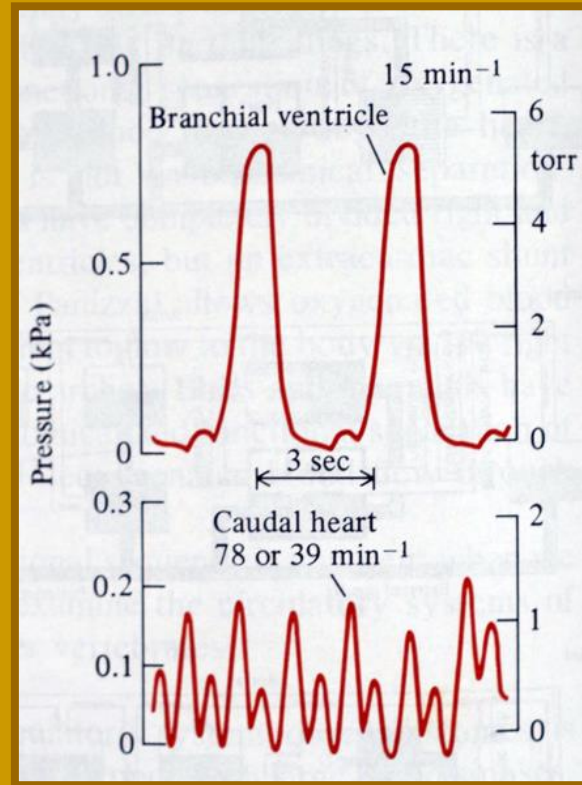


- dvoukomorové srdce
- srdcem prochází jen odkysličená krev
- některé (např. Sliznatky, *Myxini*) pomocná srdce



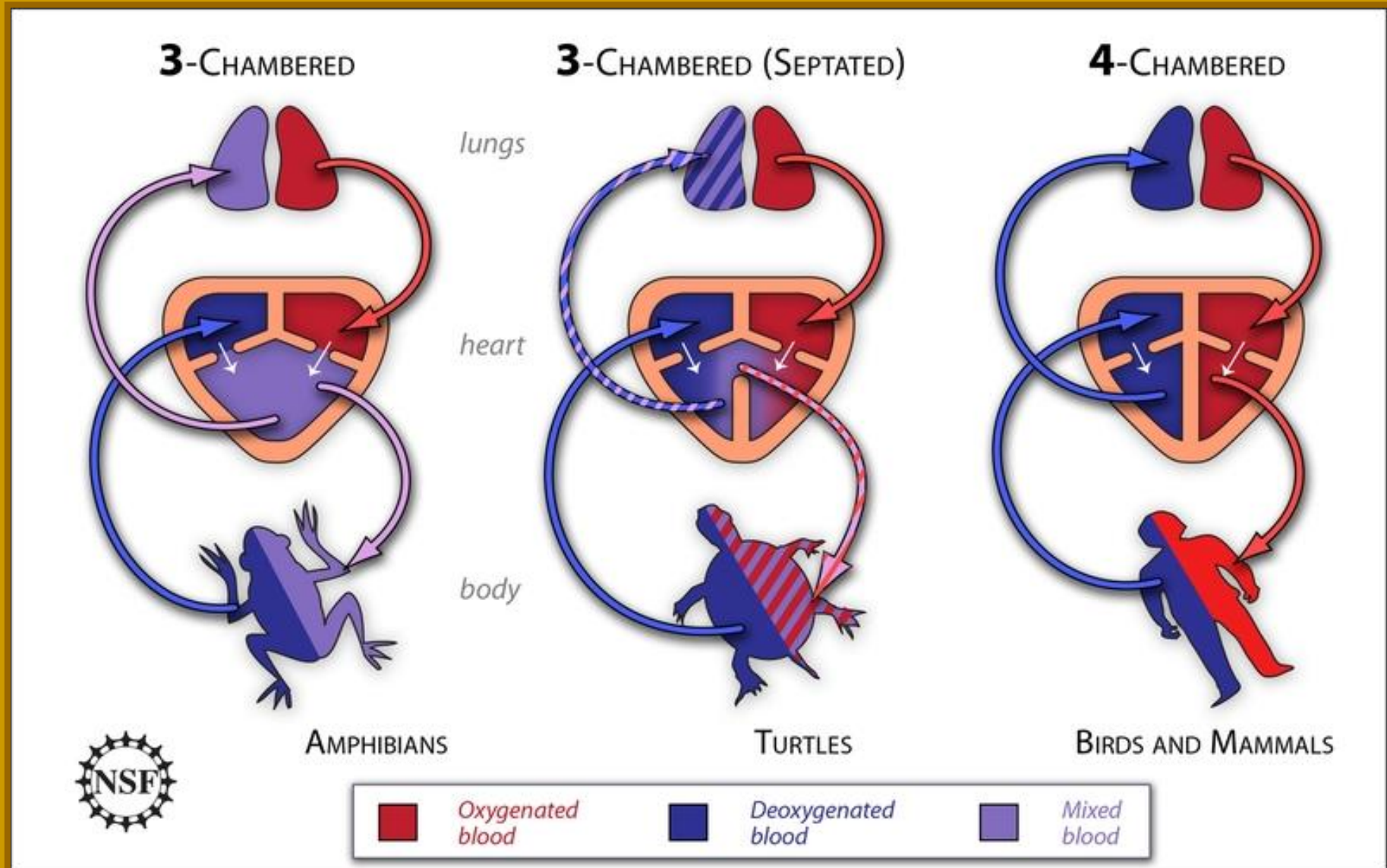
Srdce sliznatek

Jednotlivá srdce tepou různou frekvencí,
v závislosti na výkonu?

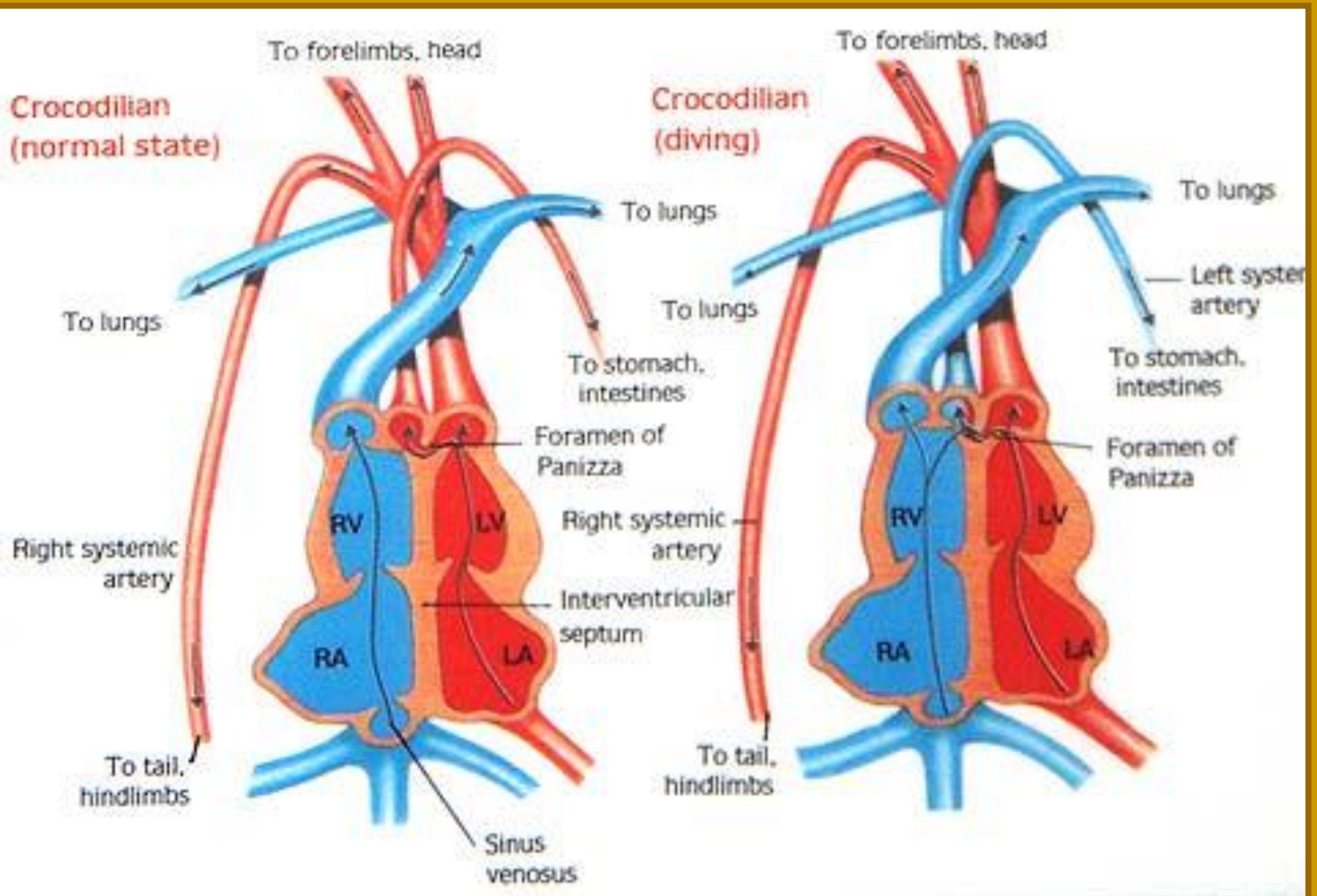


Srdce pumpuje od- i okysličenou krev od obojživelníků výše

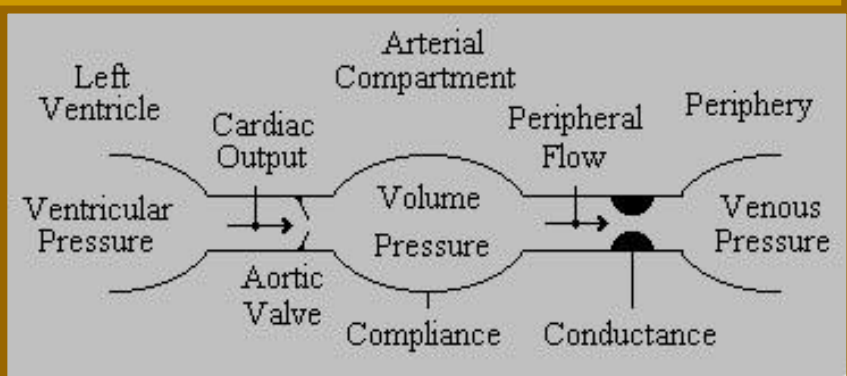
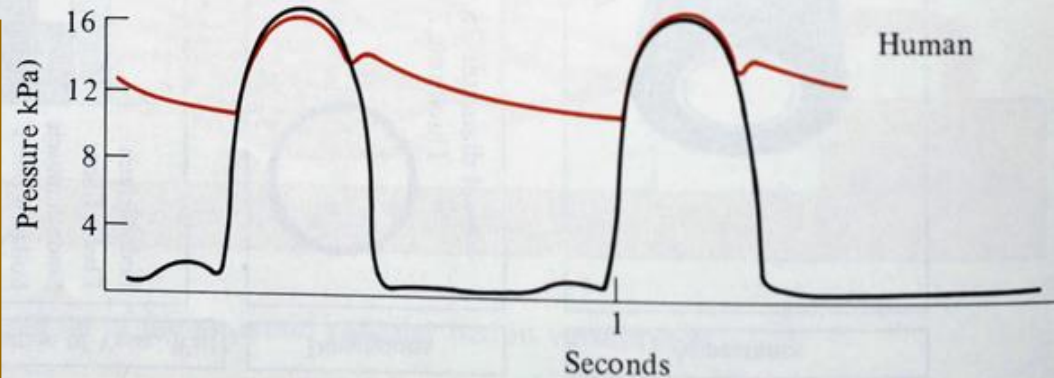
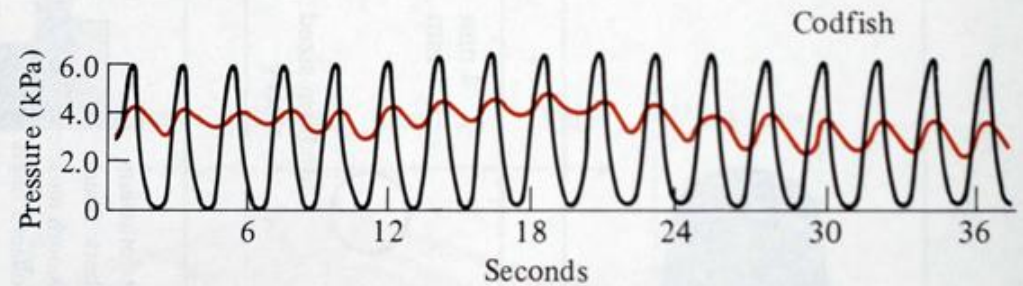
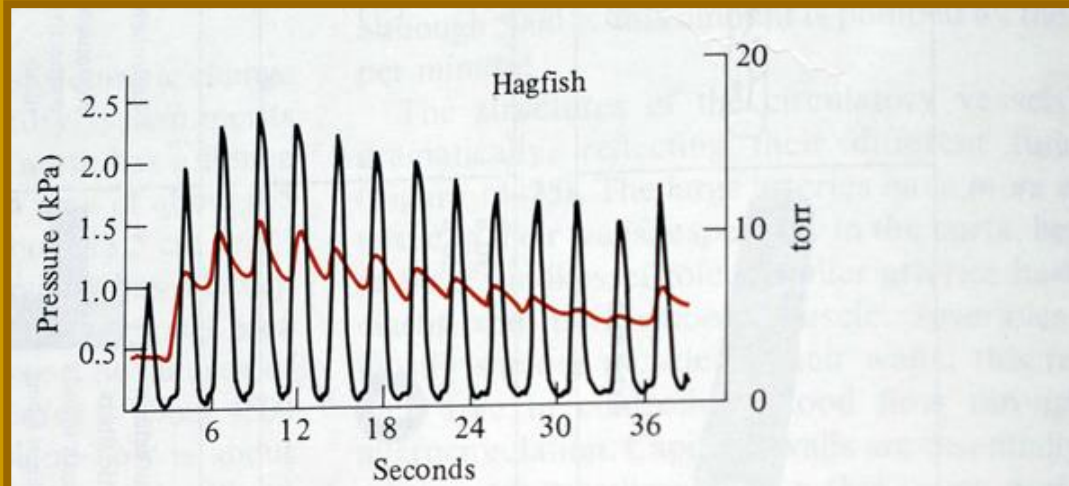
- u savců a ptáků již nedochází v srdci k míchaní od- s okysličenou krví
- u krokodýlů možnost přechodně kompletně oddělit



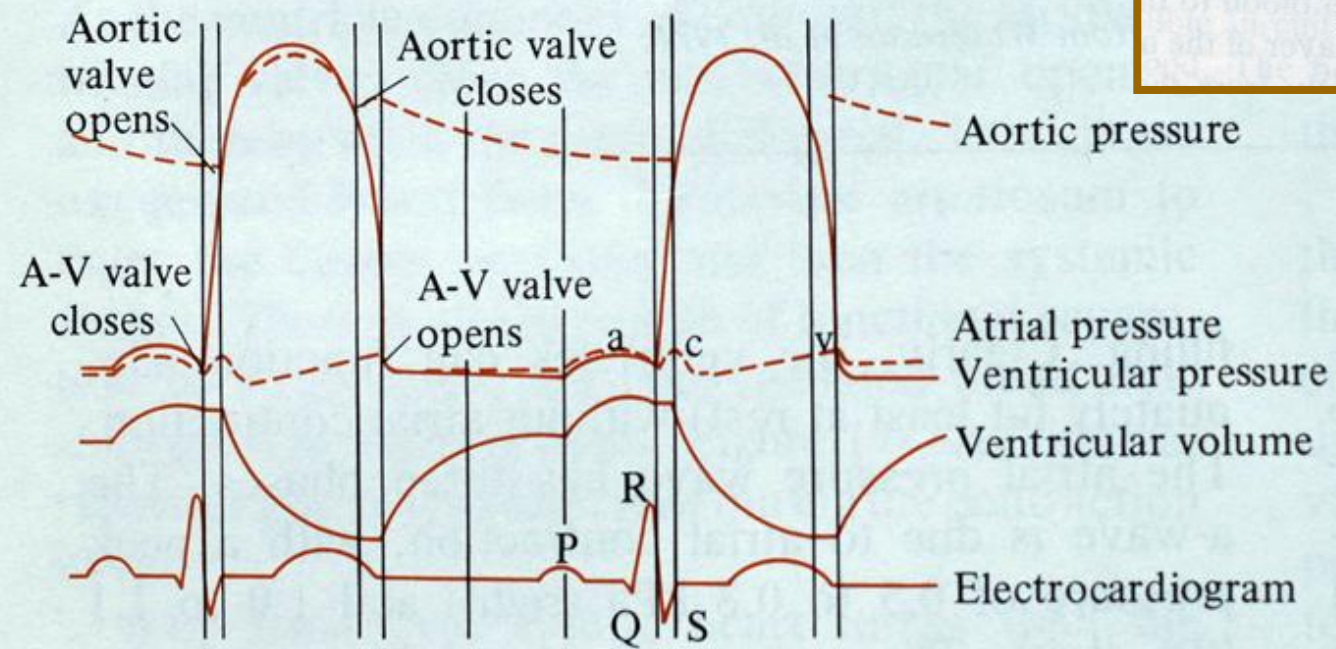
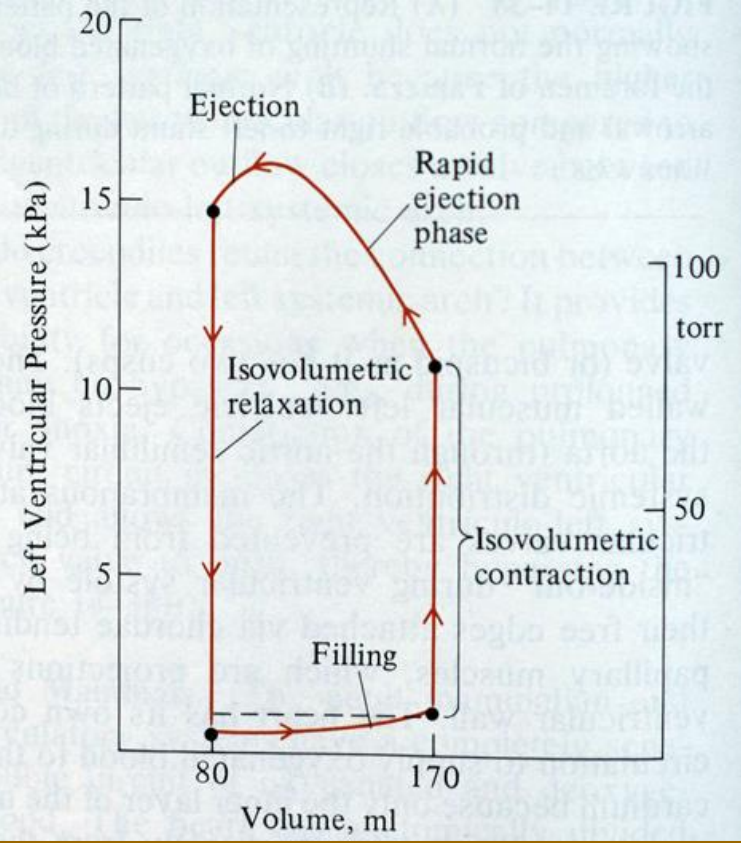
Distribuce krve srdcem u dýchajícího a potápějícího se krokodýla



Rozdíly v tlaku v komoře a v aortě (Windkessel efekt)



Porovnání dynamiky jednotlivých parametrů srdeční činnosti a isovolumetrická kontrakce



Srovnání systolického a diastolického tlaku v arteriích s hodnotou onkotického tlaku
 Přes relativně velké (násobky) rozdíly v arteriálním tlaku, jsou si poměry arteriálního tlaku ku onkotickému mezidruhově blízké. Vyrovnáno hodnotou onkotického tlaku.

Výjimka jsou ptáci - velmi nízký onkotický tlak, proč?

		Arteriální tlak (systola/diastola, kPa)	Onkotický tlak (kPa)	Arteriální tlak / onkotický tlak
Savci	Člověk	16,3/10,9	3,81	3,6
	Ovce	18,4/15,2	2,99	5,6
	Pes	15,2/7,6	2,72	4,2
Ptáci	Kur	20,3/5,8	1,50	8,7
	Holub	18,4/14,3	1,10	14,8
Plazi	Želva	5,7/4,4	0,87	5,8
Obojživelníci	Skokan	4,1/2,7	0,69	4,9
	Ropucha	4,4/2,6	1,28	2,5
Ryby	treska	3,9/2,5	1,13	2,8

Srovnání kardiovaskulárních parametrů v klidu a během aktivity u obratlovců

V závislosti na vývojové „vyspělosti“ při aktivitě stoupá tepová frekvence, oproti primitivnějším skupinám, kde se zvětšuje i tepový objem, s výjimkou obojživelníků.

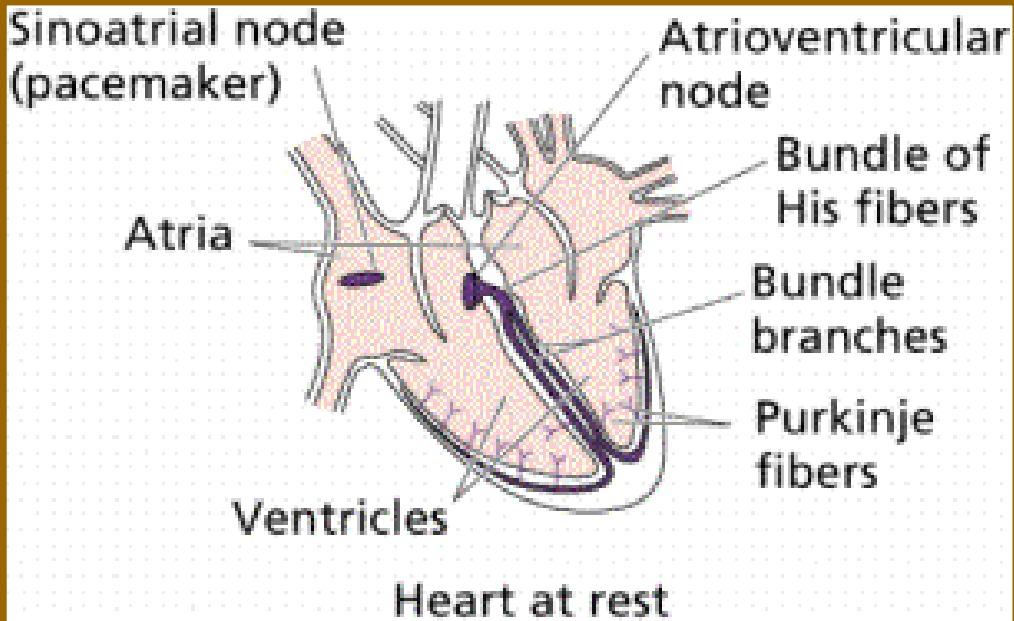
Tep – min⁻¹

Tepový objem – ml

VO₂ – ml O₂ / min

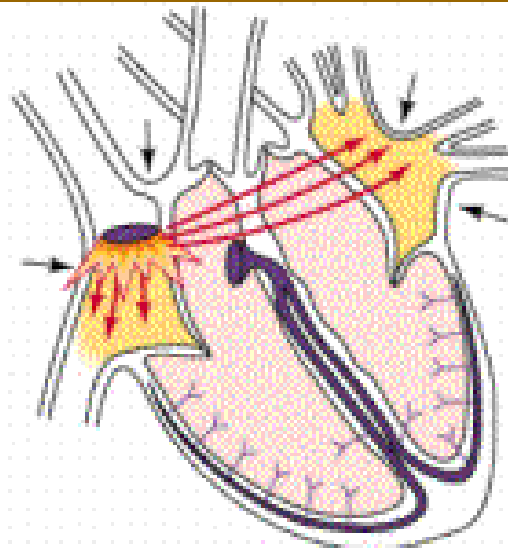
AV diference – množství O₂ v arteriální oproti venózní krvi (intenzita odebrání O₂ tkání)

		V klidu	Při aktivitě	Násobek zvýšení	% podíl na zvýšení VO ₂
Possum (1,48 kg)	Tep	143	321	2,2x	51%
	Tepový objem	2,43	2,29	0,9x	-2%
	AV diference	4,5	10,1	2,2x	51%
	VO ₂	19,5	100	5,1x	
Holub (0,44 kg)	Tep	115	670	5,8	87%
	Tepový objem	1,70	1,59	0,9x	-1%
	AV diference	4,6	8,3	1,8x	14%
	VO ₂	8,9	88	9,9x	
Ještěr (1,03 kg)	Tep	50	108	2,2x	41%
	Tepový objem	2,3	3,1	1,3x	12%
	AV diference	2,6	6,1	2,3x	47%
	VO ₂	3,3	21,6	6,6x	
Ropucha (0,25 kg)	Tep	26	47	1,8x	16%
	Tepový objem	0,34	0,32	0,9x	-1%
	AV diference	2,1	10,2	4,9x	84%
	VO ₂	0,18	1,53	8,5x	
Pstruh (1,00 kg)	Tep	38	51	1,4x	11%
	Tepový objem	0,46	1,03	2,2x	39%
	AV diference	3,2	8,3	2,6x	50%
	VO ₂	0,56	4,35	7,8x	

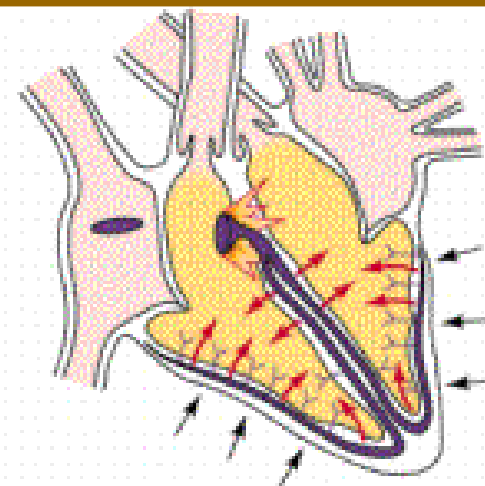


Autonomní řídicí centra srdeční činnosti

- Sino-atriální uzlík (pacemaker)
- Atrio-ventrikulární uzlík
- Hisův svazek + Purkyňova vlákna

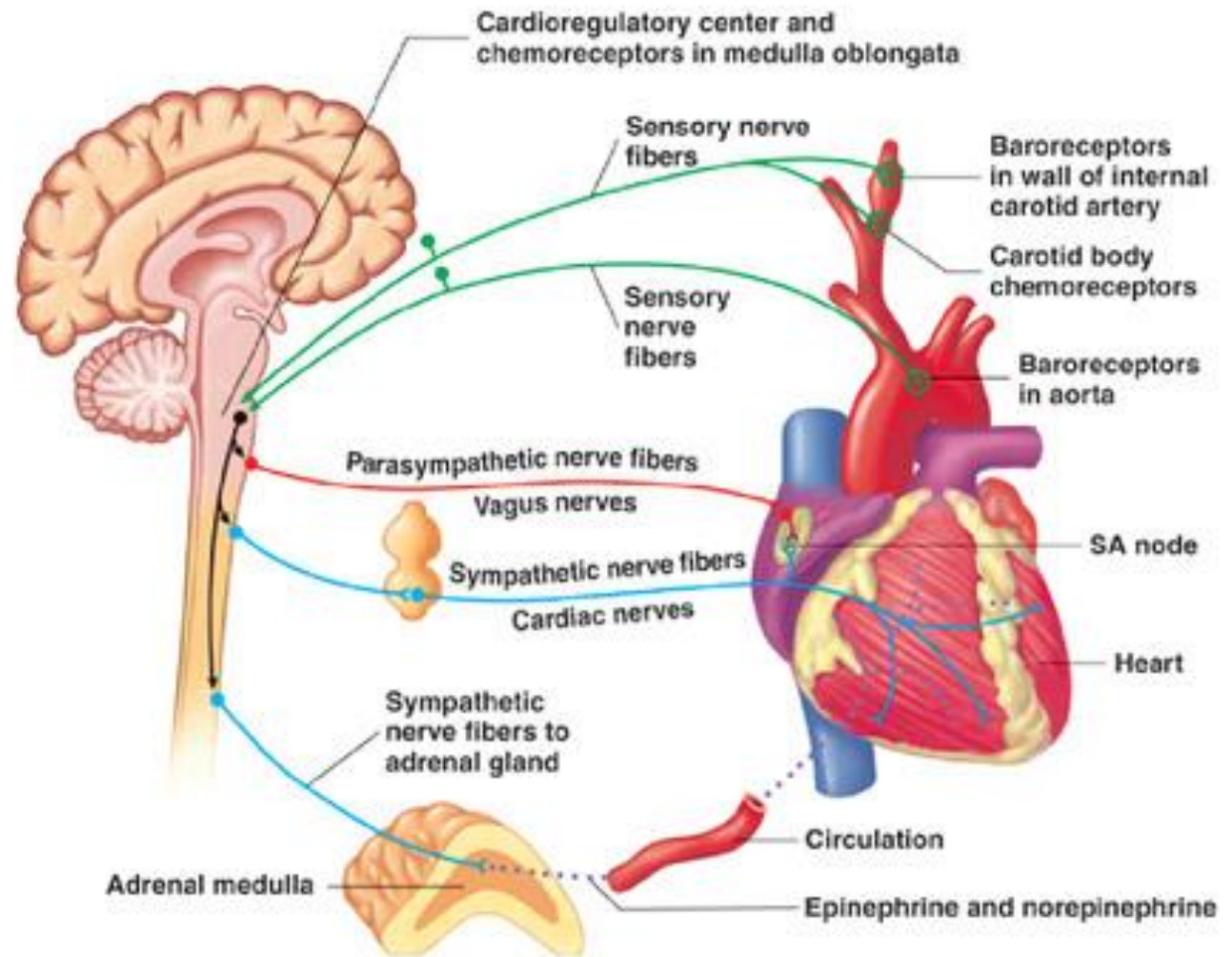


Sinoatrial node fires, action potentials spread through atria which contract



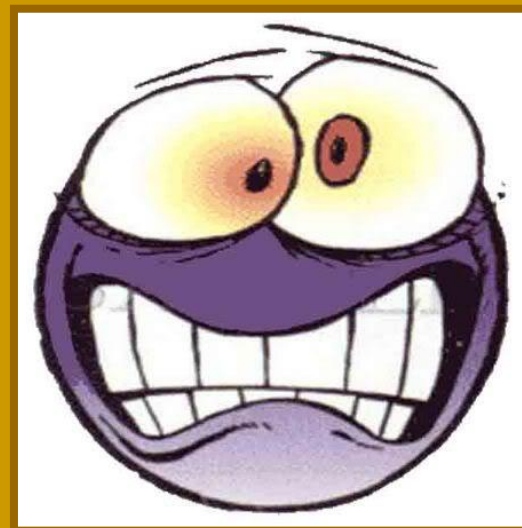
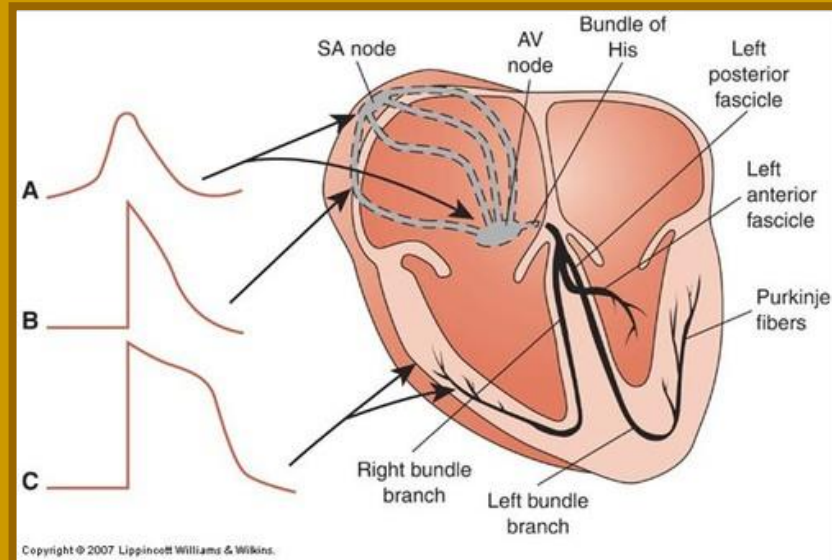
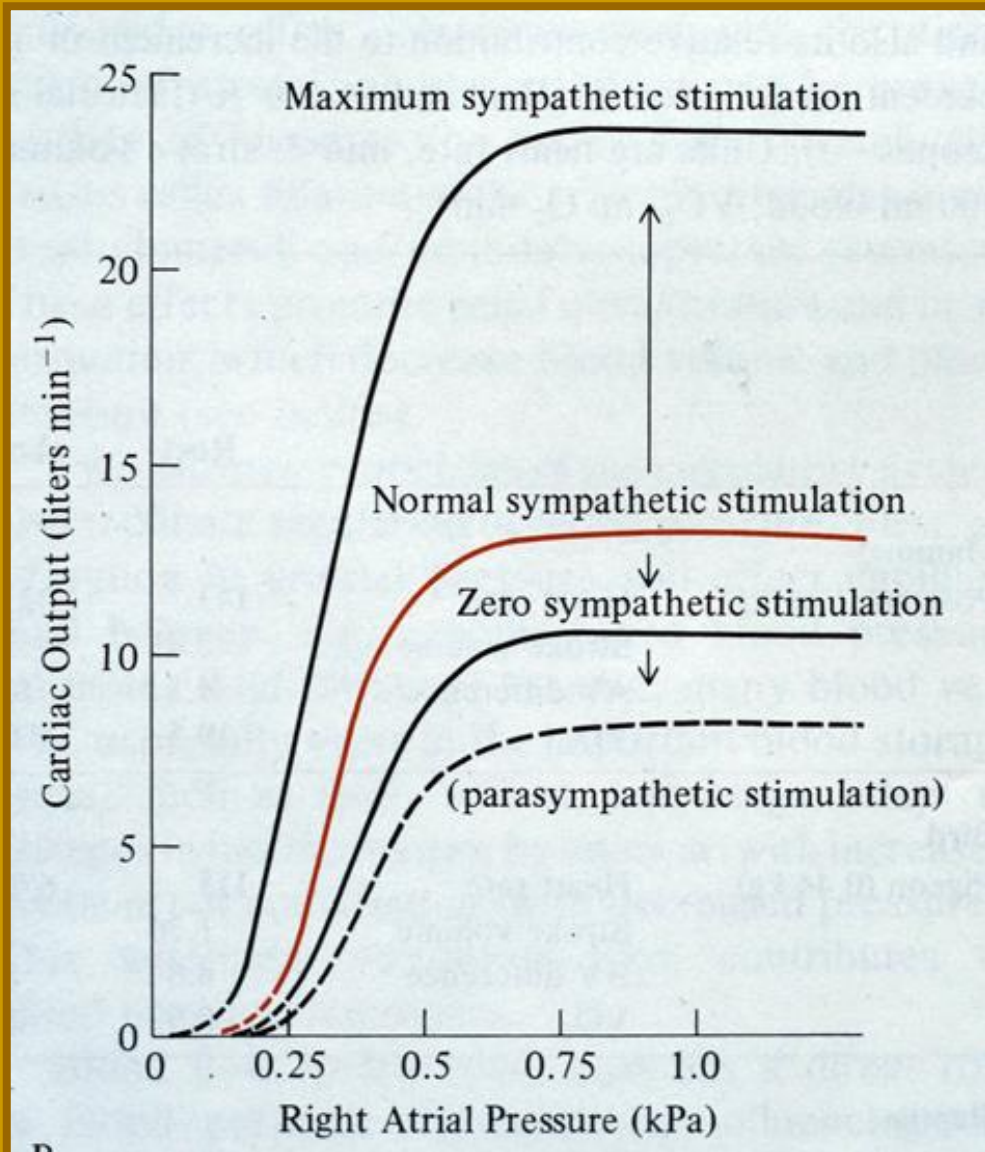
Atrioventricular node fires, sending impulses along conducting fibers; ventricles contract

Hlavní body regulace srdeční činnosti



2. The cardiorespiratory center controls the frequency of action potentials in the parasympathetic (*red*) neurons extending to the heart through the vagus nerves. The parasympathetic neurons decrease the heart rate.

Rozsah nervové stimulace srděční činnosti u člověka a charakter jednotlivých akčních potenciálů u jednotlivých převodních systémů



Glossopharyngeal nerve

Vagus nerve

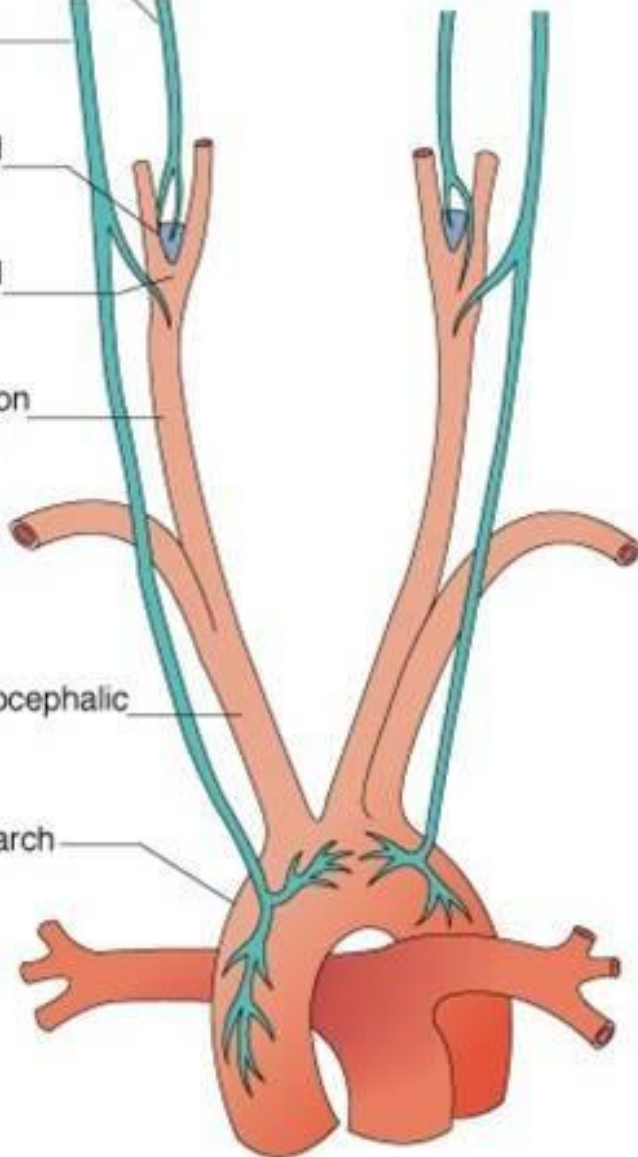
Carotid body

Carotid sinus

Common carotid artery

Brachiocephalic artery

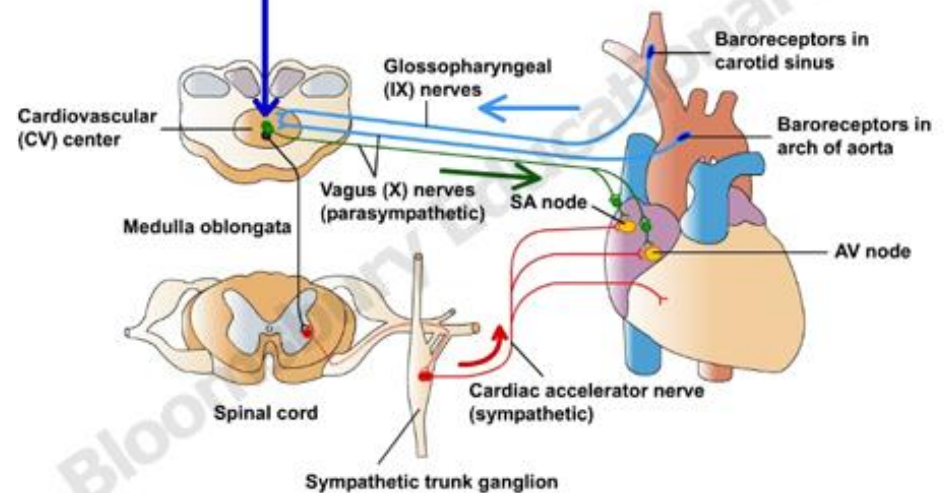
Aortic arch



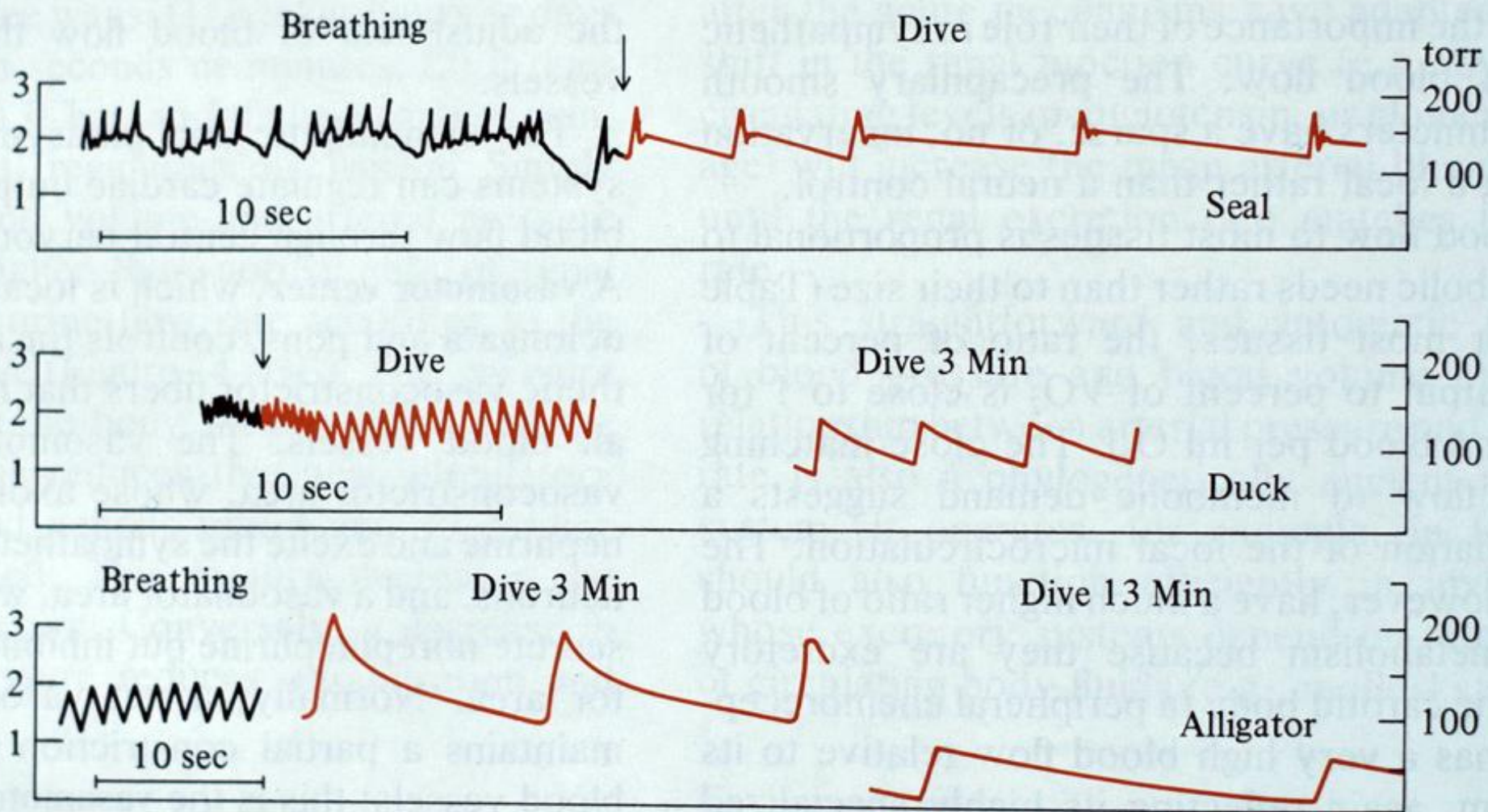
Zapojení baroreceptorů karotického sinu (karotická tělíska) a oblouku aorty

Regulation of heart rate and force

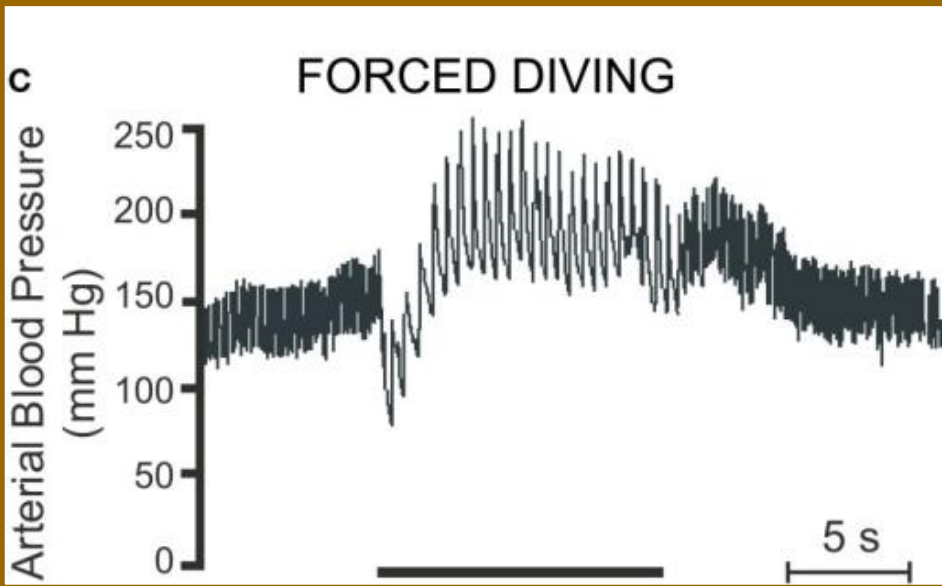
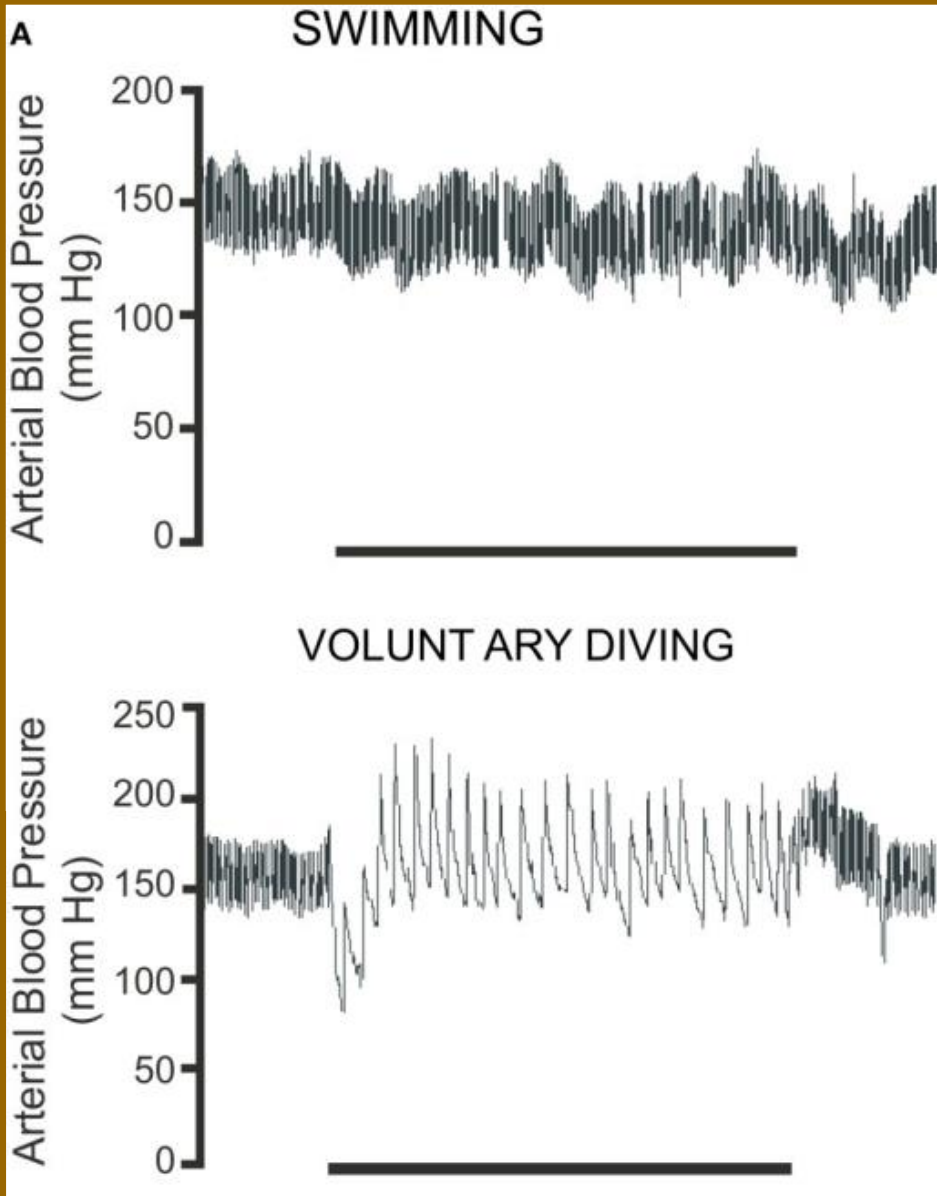
Hypothalamus



Změny tepové frekvence a krevního tlaku v důsledku potápění u tuleně, kačeny a aligátora. S ponořením klesá frekvence, ale může i tlak.



Přesto, že po ponoření se snižuje tepová frekvence, stresová stimulace stále funguje a je tak nadřazená. Demonstrováno na trénovaném (b) a netrénovaném potkanu (c).



Shrnutí mechanismů regulujících krevní tlak

Krátkodobé

srdce

cévní odpor
&
poddajnost

Baroreflex

objem krve

Hypertrofie

Angiotensin II
Vazopresin
NO
ANP
Endotelin
Sympatický nervový
systém

Příjem tekutin
Renální exkrece
Příjem Na

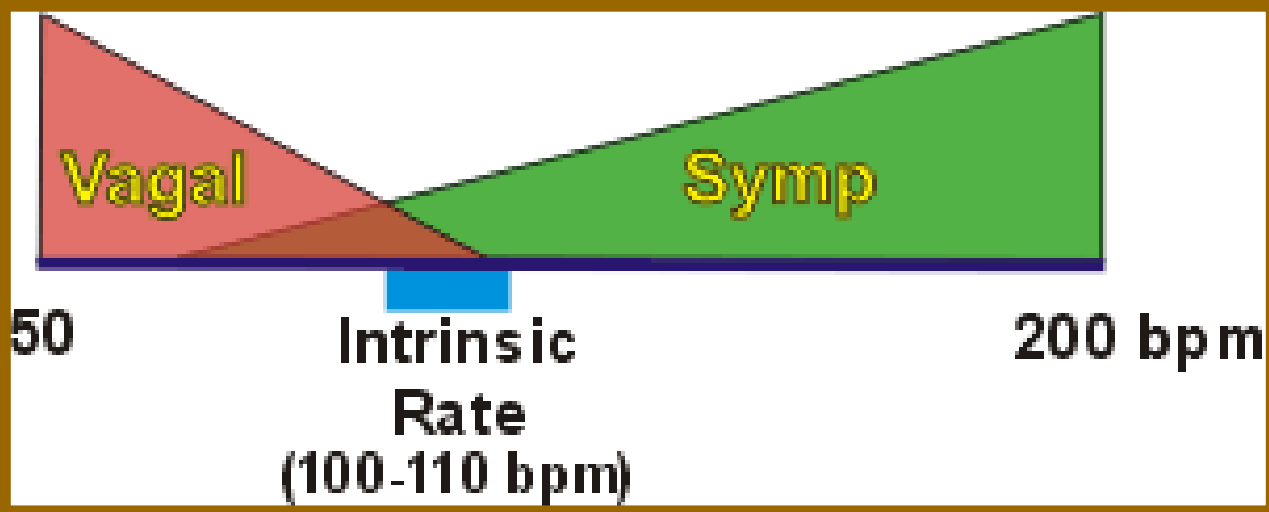
Dlouhodobé

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	

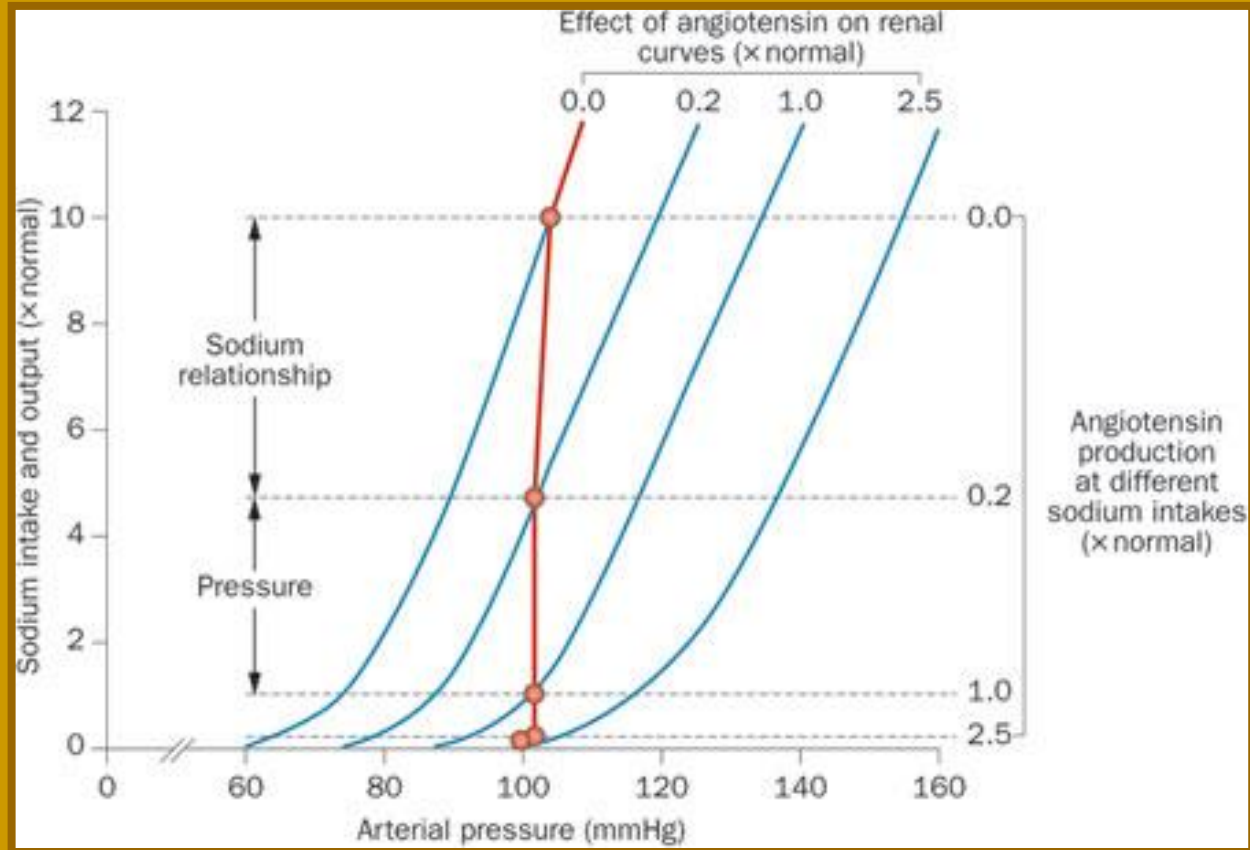
Regulace cévního průtoku

Myogenní autoregulace	Napětí cévní stěny aktivuje kationtové kanály - depolarizace - vazokonstrikce
Metabolická	Produkty metabolismu vyvolávají vazodilataci (CO_2 , AMP, ADP, H^+ , kyselina mléčná)
„shear“ dependentní	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

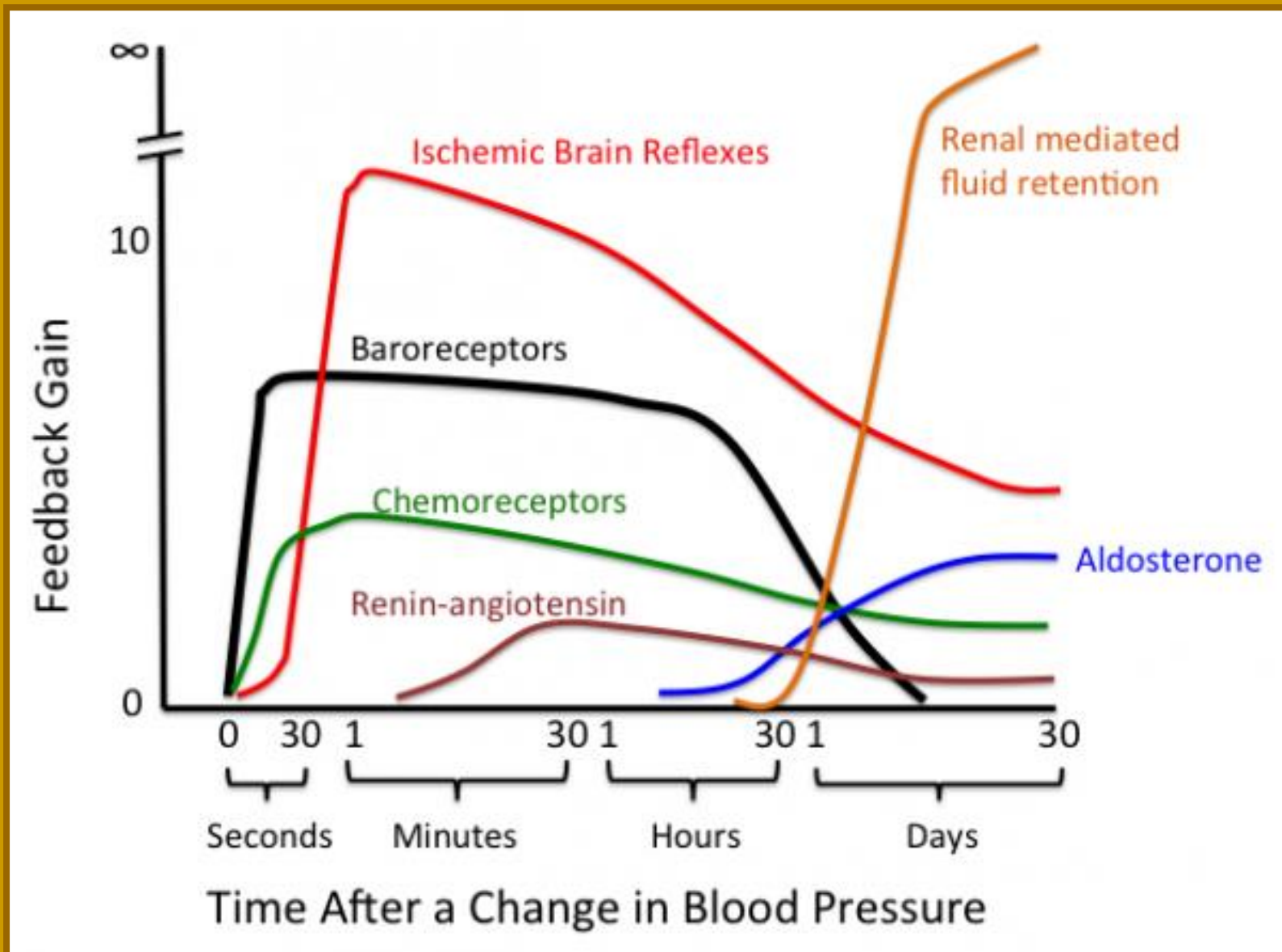


Podíl parasymptické a sympatické regulace srdečního tepu

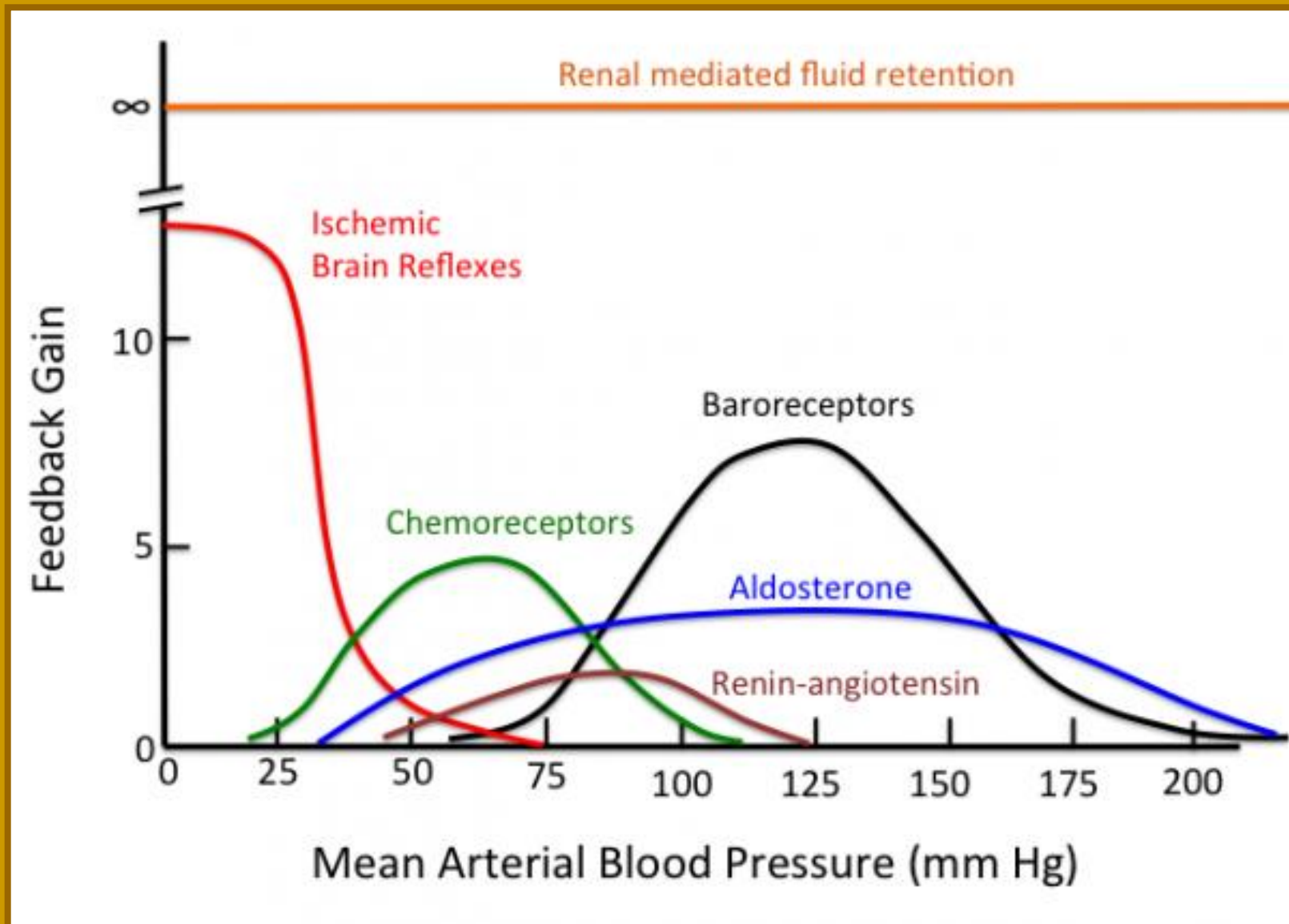
Ukázka účinku angitensinu na příjem Na iontů



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



Úloha jednotlivých regulátorů a receptorů při odpovědi na změnu krevního tlaku



Zapojení srdce v hormonální regulaci cévního systému a hospodaření s vodou

Cardiac distension
Sympathetic stimulation
Angiotensin II
Endothelin

Atriální (A) a mozkový (B) natriuretický peptid

