

# Přenos látek, cévní systém



## Přenos látek

Trend fylogeneze: zvětšování složitějšího těla – uspokojování potřeb tkání

3 možnosti

1. **Minimální difuzní vzdálenost** – zajišťuje

gastrovaskulární soustava (houbovci, žahavci, žebernatky)

Otevřená cévní soustava (hemolymfa)

Uzavřená cévní soustava (tkáňový mok)

2. **Maximální povrchy** pro výměnu, malý objem povrchů s největší plochou (zřasení, členění)

3. **Maximální gradient** (koncentrační spád)

Realizace: přenos pomocí tělních tekutin – **hydrolymfa** - tekutina v otevřeném střevě

(houbovci, žahavci, ploštěnci) soli, málo bílkovin, amébocyty, **hemolymfa** - tekutina v

otevřených soustavách (hmyz, vyšší korýši) hemocyty, bílkoviny, org. a anorg. látky

soustava **krev – tkáňový mok** (krevní plasma bez kr. bílkovin)– **míza (lymfa)** makromol.

Látky, bílé krvinky, bílkoviny

Prostřednictvím: **oběh tělních tekutin – cévní soustava**



# Přenos látek

je realizován prostřednictvím:  
**oběhu tělních tekutin v cévní soustavě**

## Oběh tělních tekutin – **cévní soustava**

Zajišťování funkcí krve – nutnost průniku do všech částí těla. Mnohobuněční – zvláštní cévní ústrojí. Nutnost pohonu tekutiny – úseky cév se schopností rytmických stahů (**pulzující cévy**).

Nárůst rozměrů – výkonnější **srdce**.

Rytmická část **komora** doplňována zásobárnou (**perikardiální prostor** korýšů, **předsíň**).

Směr toku krve – **chlopně**.

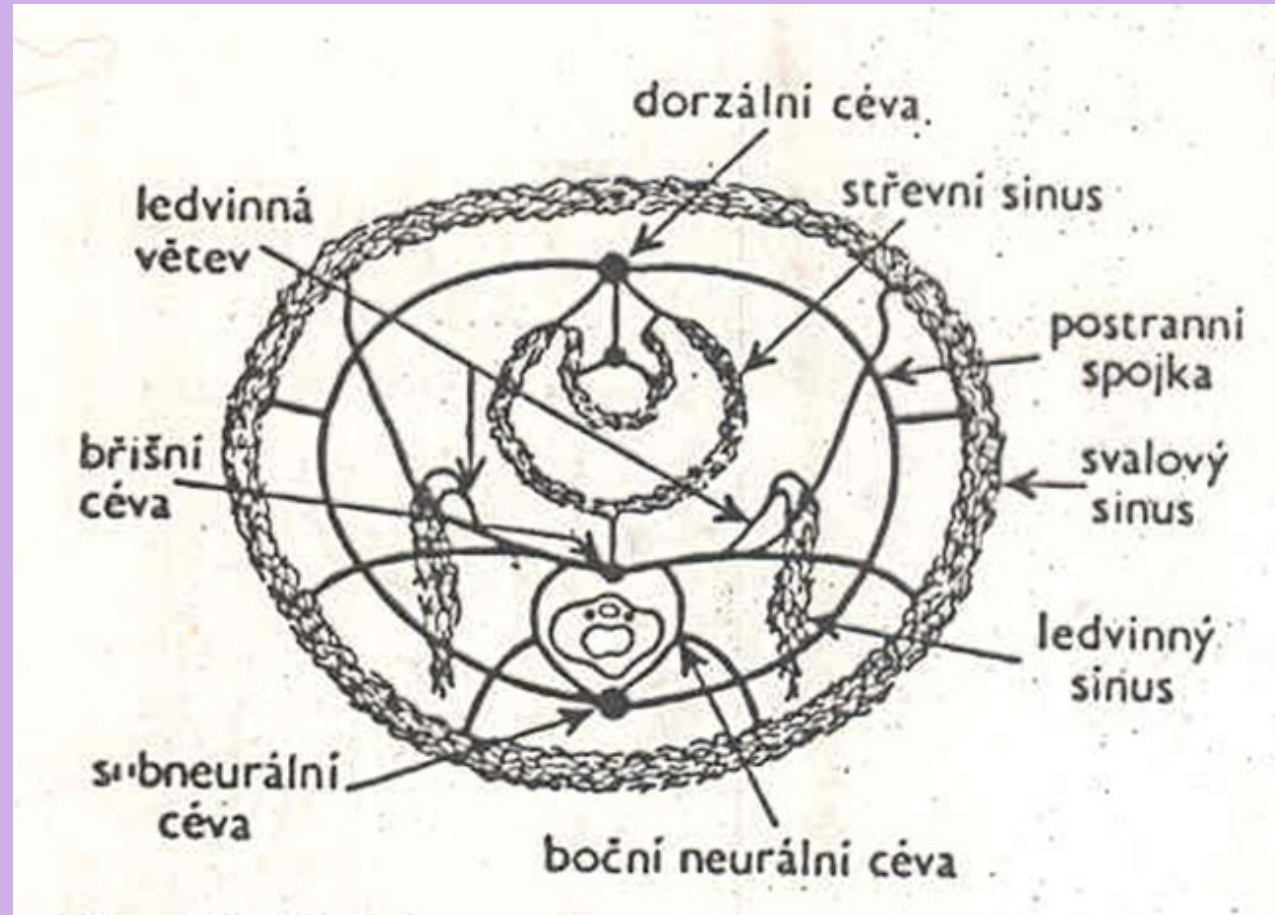
Zvýšený přívod krve k aktivním orgánům – **krevní splav (sinus)** (orgán oplachovaný krví), nebo protkán sítí **vlásečnic**

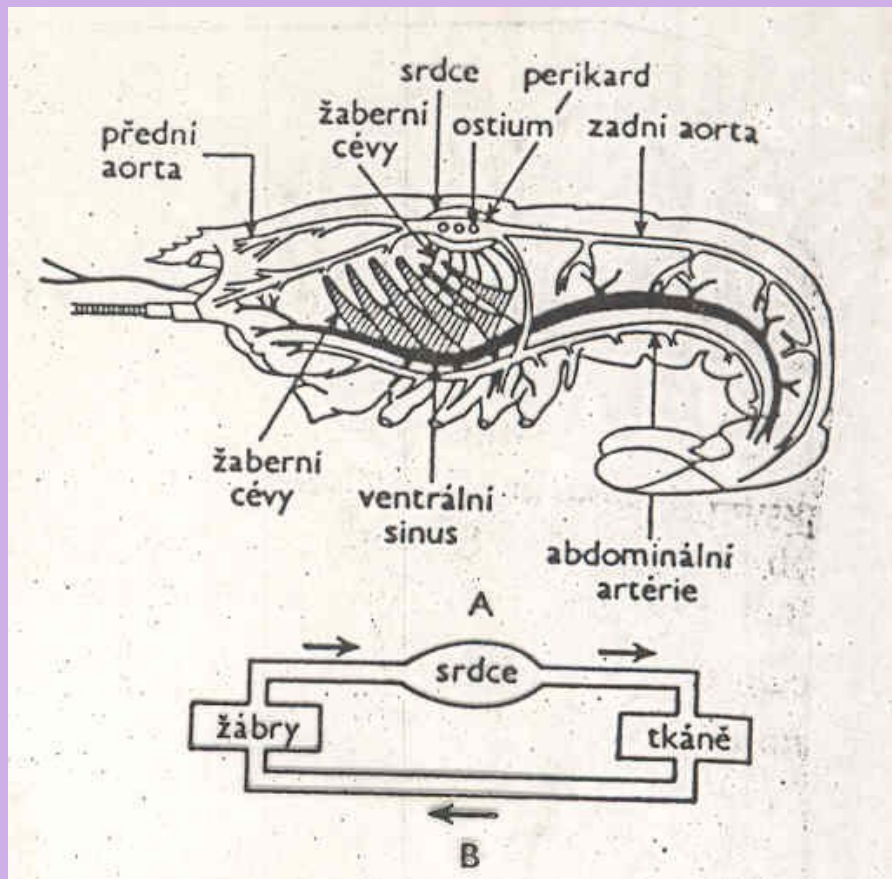


## Typy cévních soustav

Uzavřené soustavy trubic – peristaltika cévních stěn (kroužkovci – žížala)

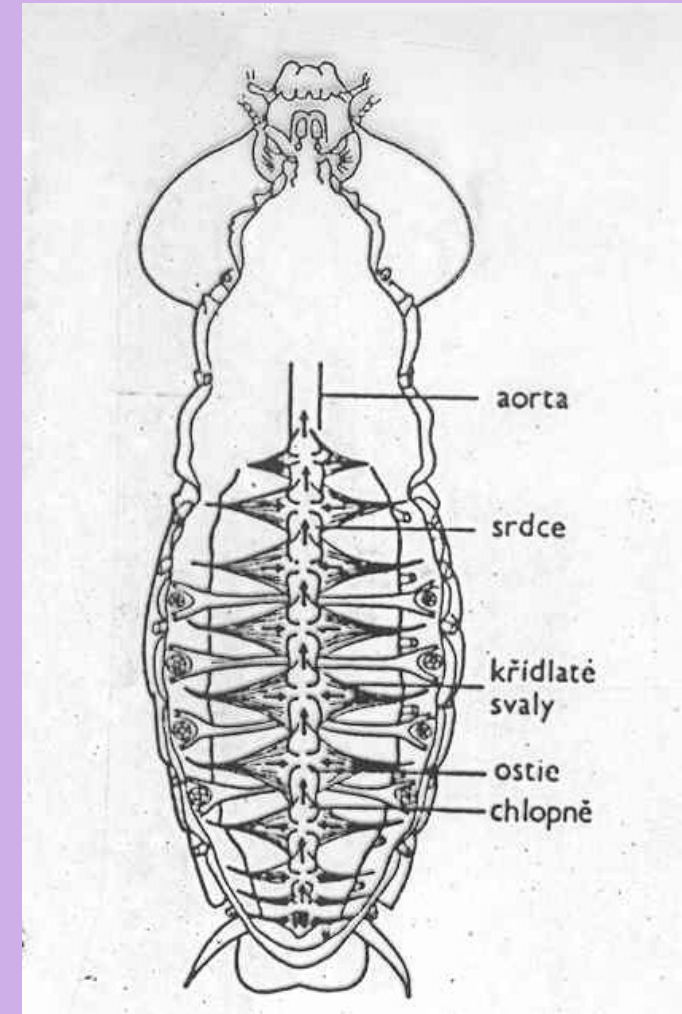
Ust - žížala





Os - rak

Os - hmyz



Typy cévních soustav

**Uzavřené soustavy trubic** – peristaltika cévních stěn (kroužkovci – žížala)

**Otevřené soustavy** se srdcem (vyšší korýši, hmyz)

**Uzavřené soustavy** – pohon krve srdcem v souvislé soustavě cév (hlavonožci, obratlovci)



## KREV – úkoly

1. Přívod živin a  $O_2$  k tkáním
2. Odvod odpadů k místu odstranění
3. Udržování stálosti vnitřního prostředí
4. Přenos účinných látek z místa tvorby na místa působení
5. Ochrana organismu před nákazou
6. Ucpávání poškozených cév

Složky krve: - voda 70 – 80 %

- sušina 30 – 20 %

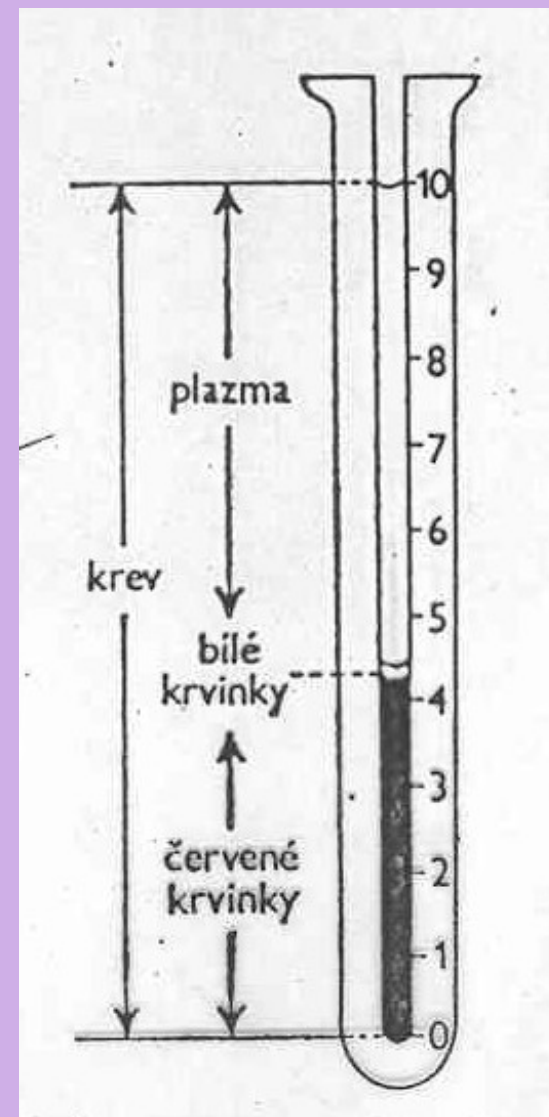
- tekutá složka (krevní plazma) muž 54, žena 59 %

- krevní buňky (krvinky) m. 46, ž. 41 %

**Hematokrit** - poměr krevní plazmy : krevními buňkám

U nižších obratlovců: objem buněk nad 15 %,

člověk M54(Ž59) : 46(41)





**Krevní plazma** → 90 % vody, 7 – 8 % bílkovin

- albuminy (mol. hmotn. 69 000) – 60 % bílkovin
- globuliny (alfa, beta, gama, mol. hmot. 80 000–200 000) – 35 %
- fibrinogen (do 350 000 – 400 000) – 5 %

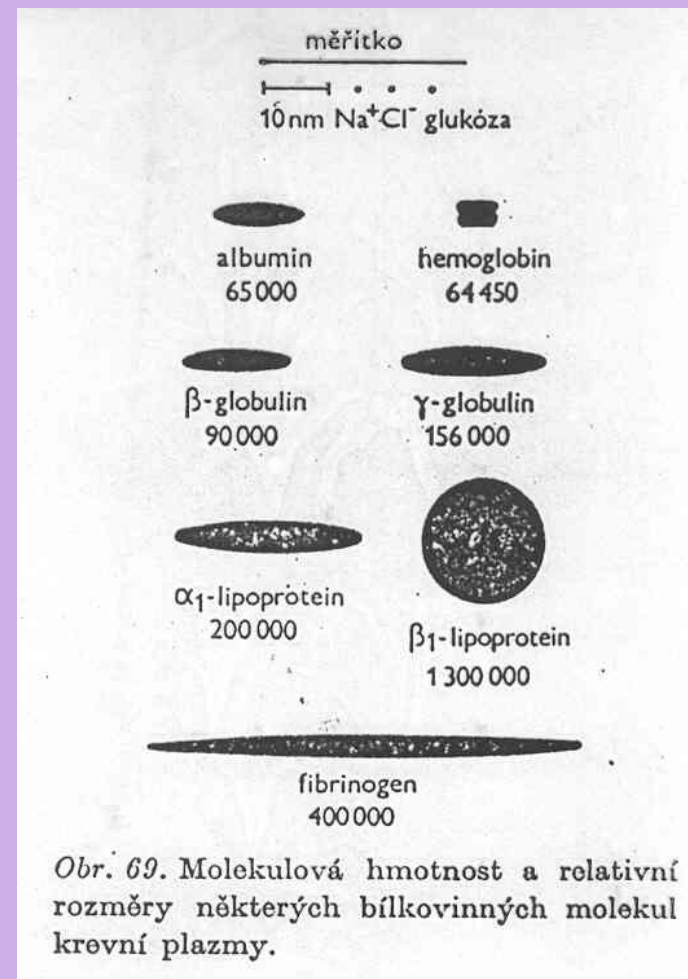
- tuky (5 – 7 g/l u člověka)
- fosfatidy (1,75 – 3,3 g/l)
- cholesterol (2,5 – 5,7 mmol/l)
- glukóza (x mmol/l)
- zplodiny rozpadu bílkovin

(močovina 2,5–7,5 mmol/l, kyselina močová)

M220 - 420  $\mu\text{mol/l}$ ,  $\text{Ž}140 - 340 \mu\text{mol/l}$ )

- další organické látky
- anorganické látky

(NaCl – 6 g/l, kyselý uhličitany – 2 g/l)

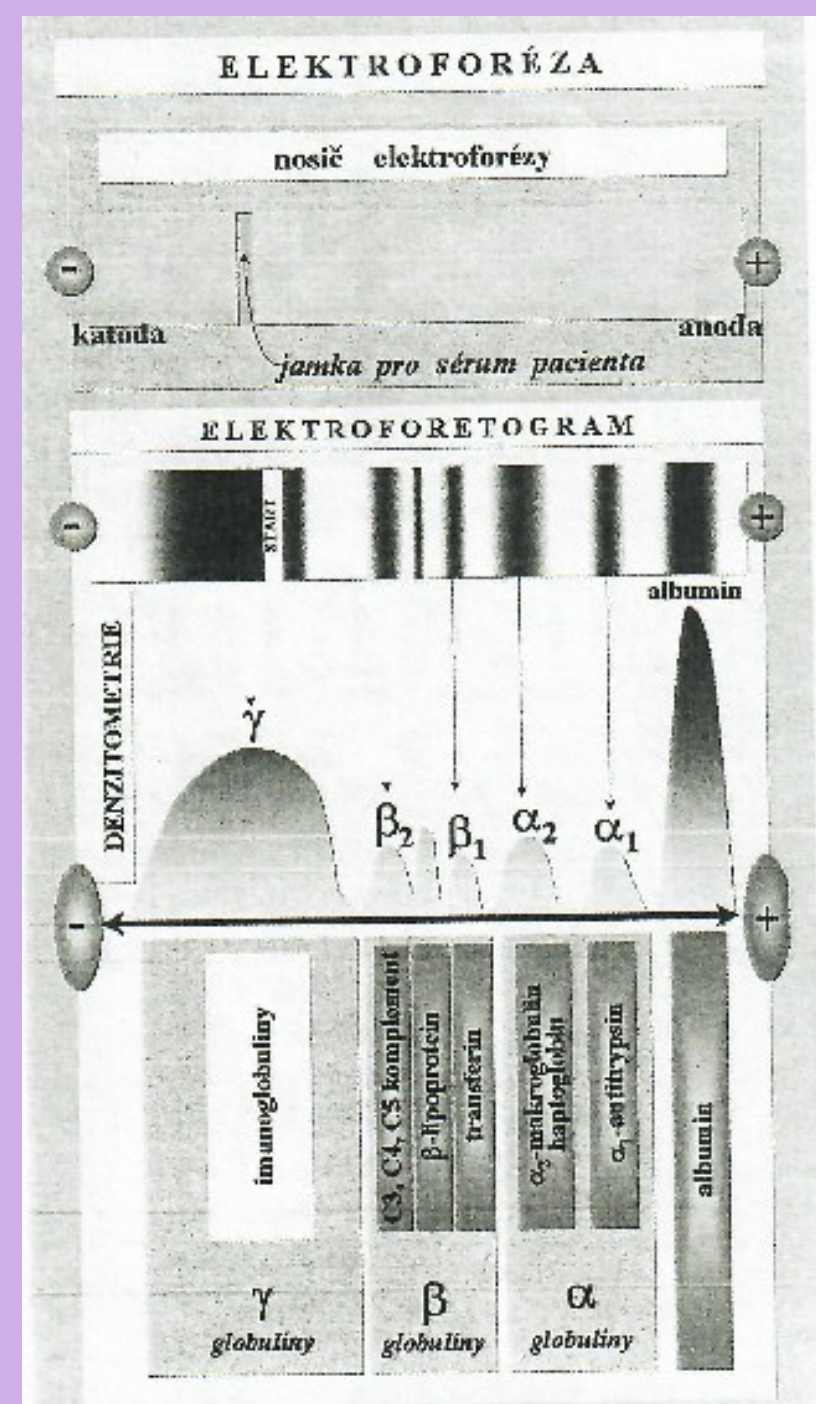


**Plazmatické bílkoviny:** ryby 1,4 – 4 %, obojživelníci 2,4 %, plazi 5 %, ptáci 4 – 5 %, savci 6 – 8 %.

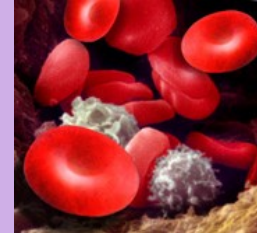
Nárůst albuminů. Fyziologické funkce: doprava látek (minerál.), MK, tuků (zvl. lipoproteinů), hormonů, ...  
γ-globuliny s protilátkami, protrombinem...

Krevní plazma → 90 % vody, 7 – 8 % bílkovin

- albuminy (mol. hmotn. 69 000) – 60 % bílkovin
- globuliny (alfa, beta, gama, mol.hmot. 80 000–200 000) – 35 %
- fibrinogen (do 350 000 – 400 000) – 5 %







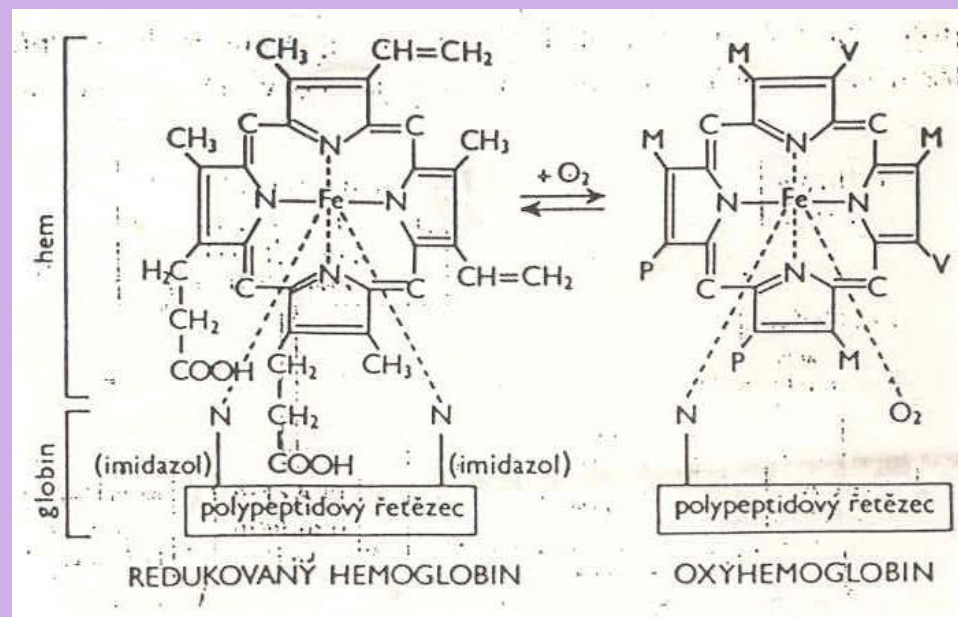
## Krevní buňky – červené krvinky (erythrocyty)

U obratlovců oválné s jádrem (3 – 9krát > než lidské), u savců okrouhlé (piškotovité) a zploštělé bez jádra (lidské  $\text{Ø } 6,7 - 7,7 \text{ }\mu\text{m}$ , tl.  $2 \mu\text{m}$ ). Monomolekulární povrchové vrstvy, bílkovinné stroma s roztokem hemoglobinu (37%)

Množství erythrocytů – druhově stálé: **M.:  $5,4 \cdot 10^{12}$       Ž.:  $4,5 \cdot 10^{12}$  v litru**

Fyziologická funkce: zásadní význam pro přenos  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$  (krevní barvivo) a  $\text{H}^+$ .

Krevní (dýchací) barviva – proteidy s bílkovinnou a barevnou (s kovem) složkou.



**Hemoglobin** – globin (96 %) + nebílkovinný pigment hem (4 %).  $O_2$  se váže na  $Fe^{2+}$  bez změny mocenství (celkem tedy 4  $O_2$ )

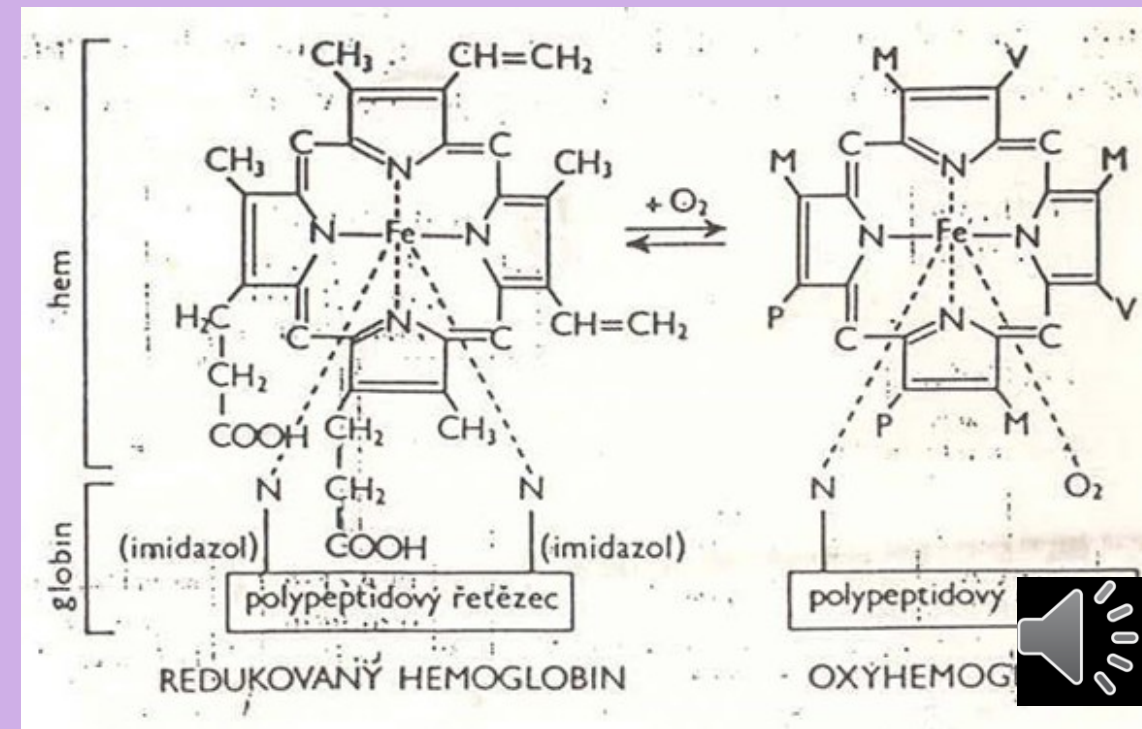
**oxyhemoglobin** ( $HbO_2$ ), (max. 200 ml  $O_2$  v 1 l krve).

Uvolnění  $O_2$  – "**redukováný**" hemoglobin.

Silnými oxidačními činidly se mění  $Fe^{2+}$  na  $Fe^{3+}$   
→ bezcenný **methemoglobin** pod vlivem dusitanů.

Možná vazba s  $CO_2$  – **karbaminohemoglobin**.

Silná vazba na CO (210krát větší než k  $O_2$ ) –  
**karboxylhemoglobin** (nebezpečnost 0,1 % CO ve vzduchu)



Hemocyanin – Cu, rozpuštěn v hemolymfě (rak, škeble, hlemýžď, hlavonožci) – třetinová vázací schopnost (70 ml O<sub>2</sub> na 1 l krve) oproti hemoglobinu (200ml)

Chlorokruoriny – mořští červi – Fe, zelená

Hemerytriny – Sipunculidae – Fe, červená

Erytrokruoriny – pakomár – Fe, u pásnic

Bezbarvý hemovanadin – pláštěnci – vanad

Erythropoéza: embryonální vznik – játra a slezina, po narození v kostní dřeni.

Metabolismus železa

– denní ztráty 1,5 mg

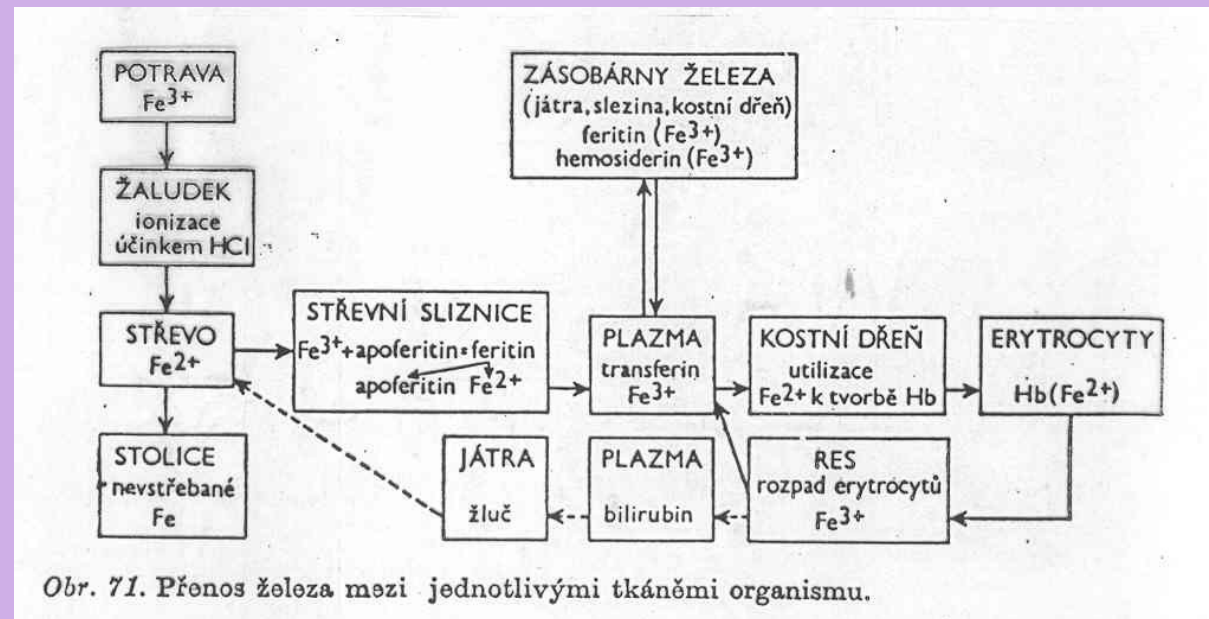
– doplnění potravou

(a. → do zásob Fe - ferritin / transferin+Fe=siderofilin/

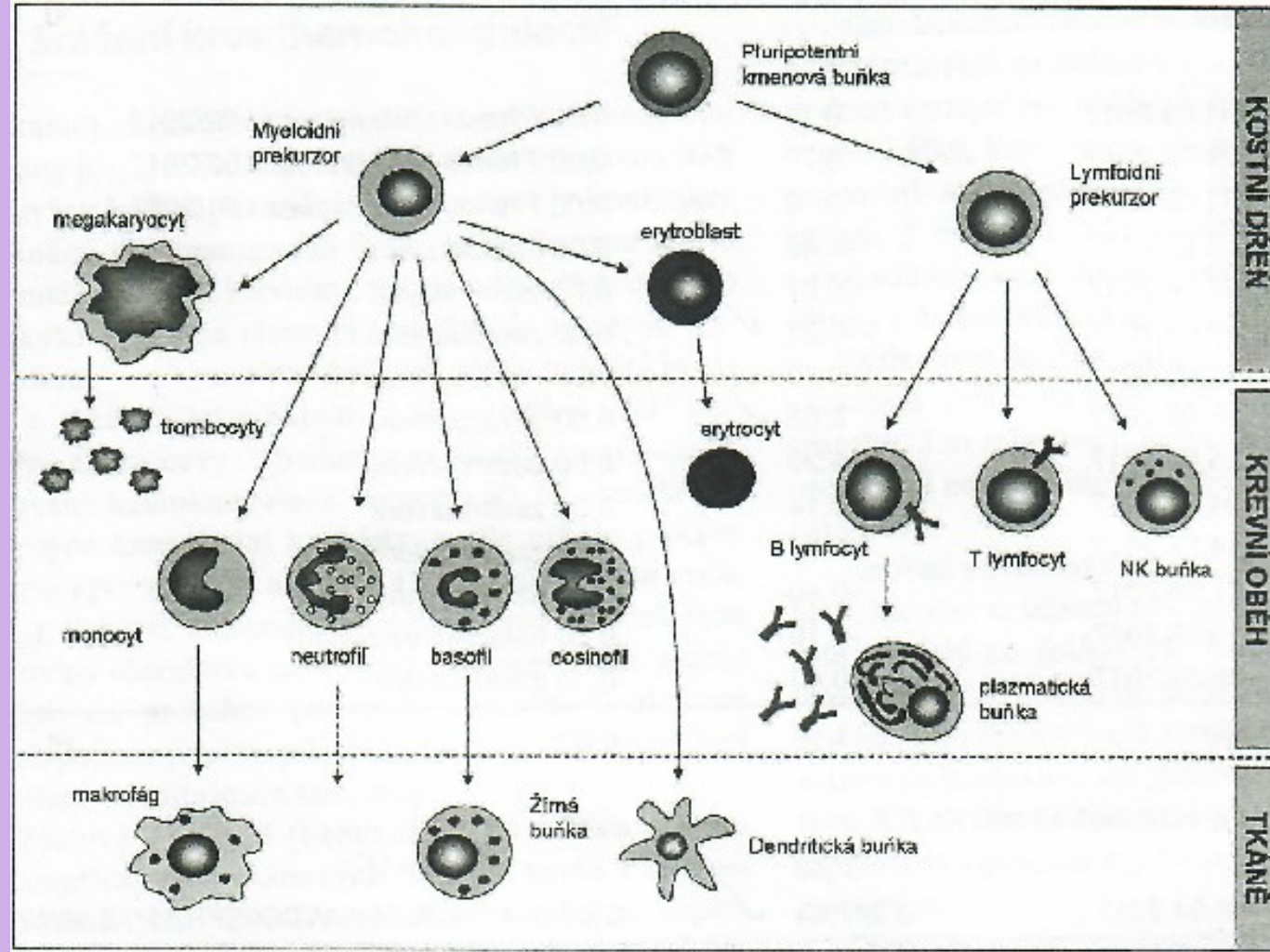
b. → do kostní dřeně).

Rozpad HmgI v RES-MF, Fe → transferin, Bilirubin do krve, vychytáván játry do žluče, Vylučován stolicí.

Červené krvinky se nemnoží (bezzaderné), po 120 dnech zanikají ve slezině (denně  $2 \cdot 10^{11}$ ), kde jsou pohlcovány buňkami RES.



# Diferenciace z kmenových buněk





– **bílé krvinky (leukocyty)**

Volné jaderné buňky, rozmanitý tvar. Vznik – kostní dřeň

**Agranulocyty** – protoplazma bez nápadné granulace, nečlenité jádro

**lymfocyty** – velké kulaté jádro. Nefagocytují, tvorba protilátek

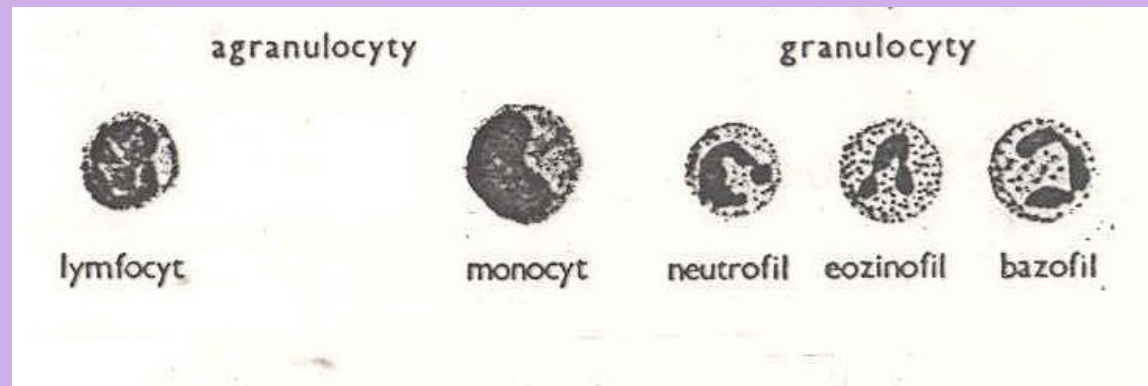
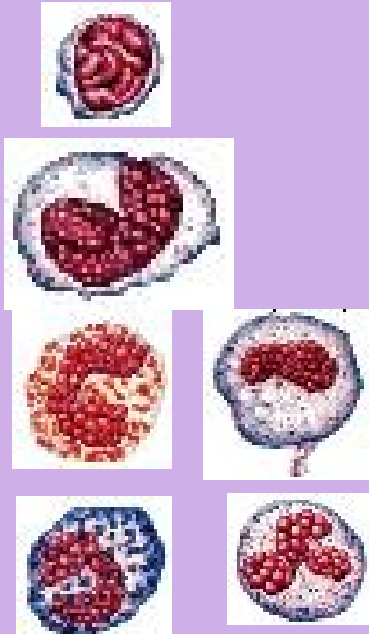
**monocyty** – největší bílé krvinky, velké ledvinité jádro. Fagocytují.

**Granulocyty** – granulovaná cytoplazma, segmentované jádro (70 % bílých krvinek)

**neutrofil** s velkým nejvíce členěným jádrem, fagocytují (50-60%)

**eozinofily** pomnožují se za patolog. stavů, fagocytují (3% granuloc.)

**bazofily** s nejméně členěným jádrem. Transportní role – (1% gran.)





Počet b.k.:  $4 - 9 \cdot 10^9 \cdot l^{-1}$

Novorozenec  $15 - 40 \cdot 10^3$  v  $mm^{-3}$

Velký oxidativní metabolismus.

Krátkověké (lymfocyty 1, neutrofily 13 dní); dlouhověké paměťové B a T lymfocyty, diapedeza.

Denní kolísání. Zmnožení po jídle, námaze (neutrofily) aj.

Relativní (distribuční) leukocytóza – vyplavení ze zásob, absolutní (dřeňová) – zvýšení tvorby v dřeni.

Snížení počtu – leukopenie – hladovění, pobyt v chladnu.

#### – krevní destičky (trombocyty)

Nejmenší krevní buňky Vřetenovité s jádrem (ptáci, obojživelníci), u savců nepravidelného tvaru bez jádra.

Vznik v kostní dřeni, po 3 – 5 dnech zánik ve slezině.

Člověk  $250 - 500 \cdot 10^9 \cdot l^{-1}$ .

Zvyšování při namáhavé práci, ve vysokohorském prostředí.

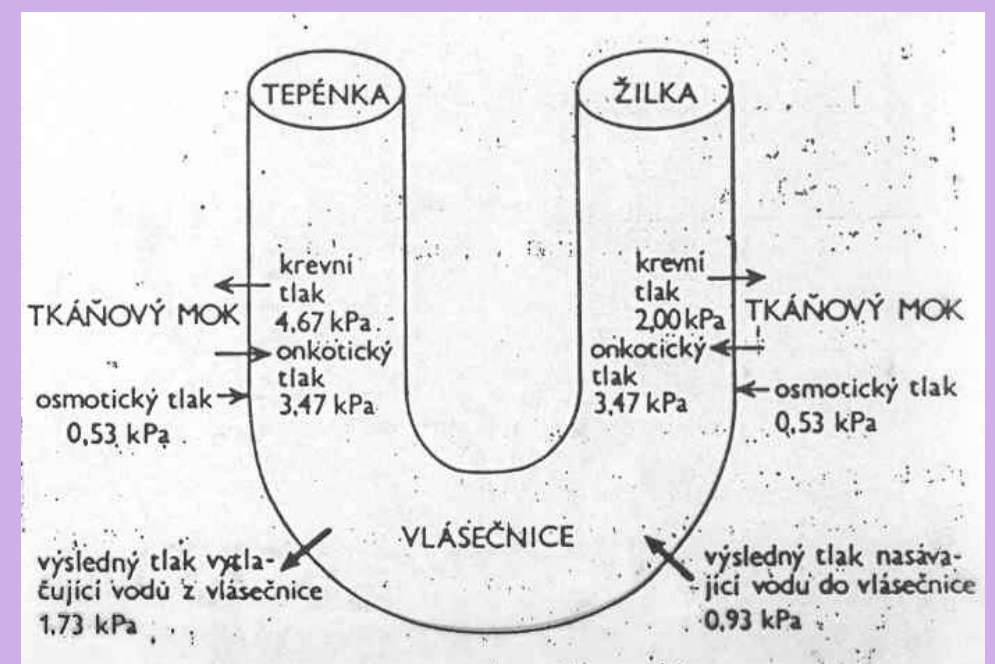
Velká aglutinační schopnost

(shluk, rozpad, zátka → **serotonin** (v krev. destičkách) a koagulační faktor).

Nachytání krevních destiček na fibrin – stah.



## Krevní bílkoviny a udržování osmotické rovnováhy



**Různá velikost osmotického tlaku krevních tekutin** (člověk 707,55 kPa – 5300 torr). Proto filtrace – podle hydrostatického tlaku krve – **arteriální vlasečnice** – 4,67 kPa (35 torr). Proti tlak onkotický (3,47 kPa = 26 torr) snížený o koloidně osmotický tlak tkáňového moku (0,53 kPa = 4 torr). Hydrostatický převažuje → voda přechází do tkáňového moku pod tlakem 1,6 kPa = 12 torr). V průběhu vlasečnic – pokles tlaku.

**Venózní (žilní) vlasečnice** – onkotický tlak převyšuje hydrostatický (2,0 kPa = 15 torr), voda přechází z tkáňového moku zpět do cév.

**Množství přecházející vody** – za minutu tam i zpět množství celkového objemu plazmy.



## Úloha krve při udržování pH

pH krve obratlovců – přibližně neutrální (člověk 7,4)(od 7,36 do 7,44), kolísání nepatrné, přesná regulace důležitá, změna pH - mění se vlastnosti bílkovin, aktivita enzymů, metabolismus, vlastnosti mebránových kanálů

H<sup>+</sup> – velmi nízká koncentrace, přesto vliv hlavně na aktivitu enzymů.

### Vznik H<sup>+</sup>:

- H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, která disociuje na H<sup>+</sup> a HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>
- při uvolňování P a S ze složitých sloučenin (vznik anorganických kyselin, s následnou disociací)
- disociace mastných kyselin.

Udržování pH: soustava H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> a HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> včetně bílkovin krevní plazmy a hemoglobinu.

Pufrovací schopnost soustavy: stálý poměr H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> : NaHCO<sub>3</sub> = 1 : 20. Alkalická rezerva.

Při vyloučení mnoho CO<sub>2</sub> – možnost zvýšení Na<sup>+</sup> v krvi →důsledek vylučování ledvinami, snižování obsahu alkálií → to vede k: pokles pufrovací schopnosti krve.

Část iontů pufrována redukHb (rHb<sup>-</sup> + H<sup>+</sup>). V plicích – opačný proces.



## Obranné reakce krve

Proti průniku patogenních mikroorganismů nebo škodlivých látek.

### Imunita

Patogeny z vnějšku (mikroorganismy, cizorodé bílkoviny, polysacharidy - obecně antigeny) – tvorba protilátek.

**Antigen** určuje povahu protilátky (pozměněné globuliny krevní plazmy s jiným uspořádáním postranních řetězců – otisk antigenu)

Po vniku antigenu do organismu – přestavba často se zvýšenou odolností –

**imunita**. **Vrozená imunita (nespecifická)** na základě různých mechanismů. **Získaná (specifická) imunita** – paměť, specifita, oba typy - buněčná, látková

Fagocytóza

Schopnost bílých krvinek a buněk RES sleziny, jater, kostní dřeně a histiocytů pohltnout a rozložit (enzymy).



	NESPECIFICKÁ IMUNITA	SPECIFICKÁ IMUNITA
SLOŽKY	Fagocyty (makrofágy, neutrofilny, NK buňky)	T-lymfocyty, B-lymfocyty
	Proteiny komplementu	Protilátky
	Kůže, mukózní sekrety epitelů, pH, teplota	Lymfocyty v krvi, lymfatických uzlinách a epitelech
CHARAKTERISTIKA	Reaguje na <b>struktury společné</b> mnoha různým patogenům	Rozpoznává <b>specifické</b> mikrobiální nebo patologické molekuly (hl. proteiny)
	<b>Nemá imunologickou paměť:</b> Při opakované infekci reaguje stále stejně	<b>Imunologická paměť:</b> Při opakované infekci reaguje rychleji a silněji
	Receptory jsou kódovány již v zárodečném vývoji	Receptory vznikají náhodnou kombinací během života
	Reaguje okamžitě	Aktivace trvá několik dní (spojena s klonální expanzí lymfocytů)

## Imunitní buňky

Agranulocyty – lymfocyty – B, T, NK buňky

monocyty – fagocytují, tkáňové makrofágy

Granulocyty – neutrofilny - fagocytují, eozinofily - fagocytují (3% granuloc.), bazofily (1% gran.)





## Imunitní buňky

**Agranulocyty** – lymfocyty – B,T, NK buňky  
monocyty – fagocytují, tkáňové makrofágy

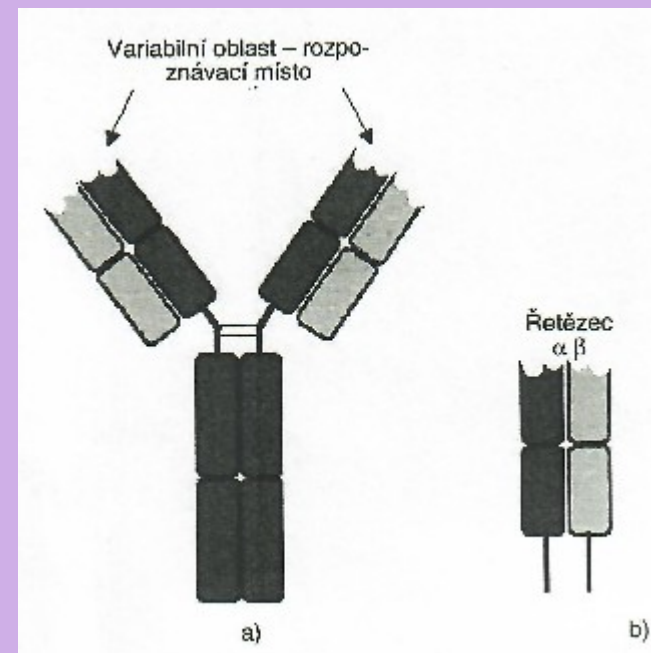
**Granulocyty** – neutrofily - fagocytují, eozinofily - fagocytují (3% granuloc.), bazofily (1% gran.)

**B lymfocyty** - povrchové receptory, **Infekce** – tvorba i specifických protilátek

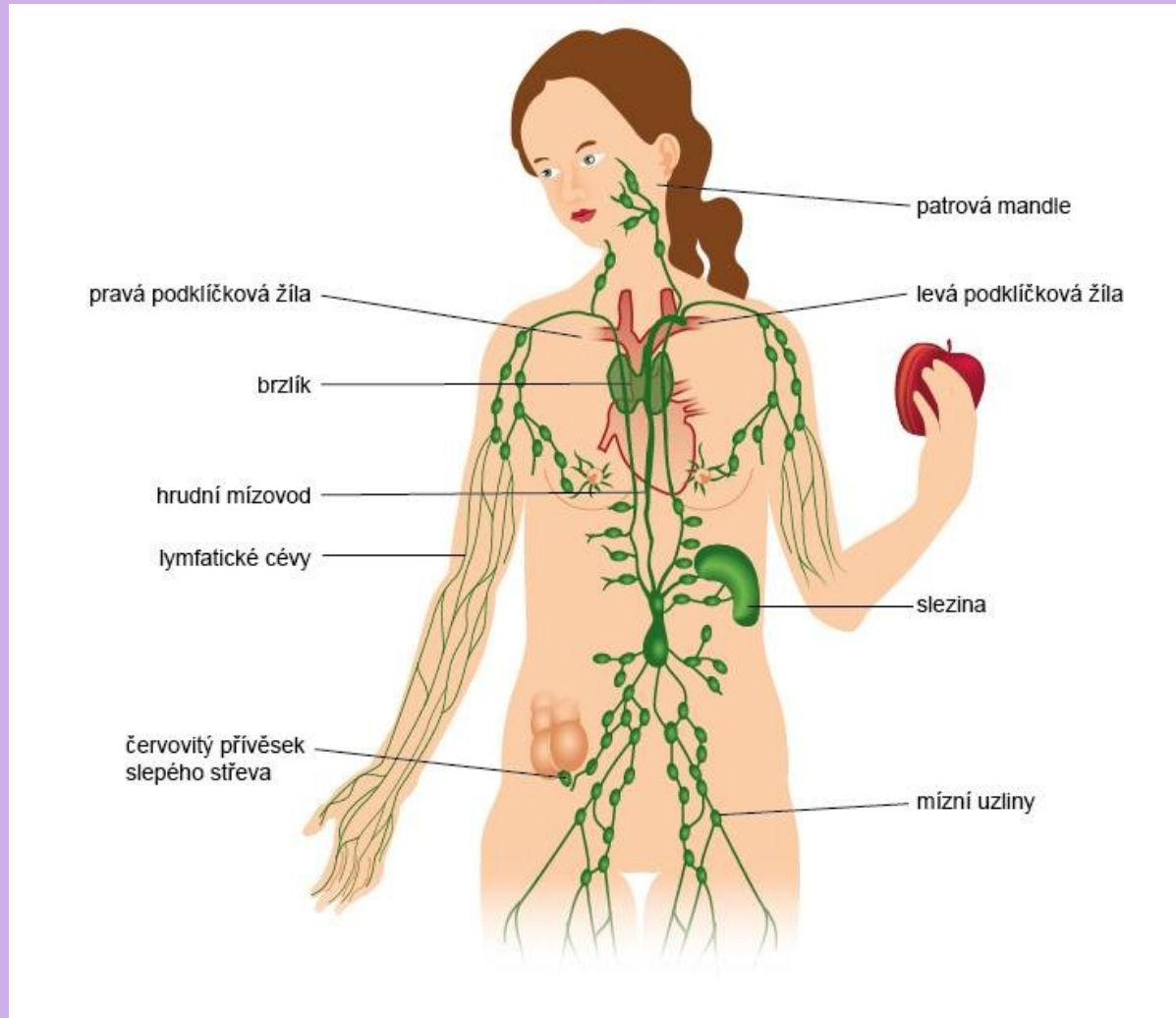
**T lymfocyty** – povrchové receptory

Antigen – látka vyvolávající reakci v organismu za vzniku Ab, T reaktivních buněk,  
teorie zámek – klíč

**Bezobratlí** – hlavně fagocytóza, srážení, nodulace enkapsulace, fenoloxidázová kaskáda (tvorba melaninu)



# Lymfatický cévní systém



## biologické vlivy

Neovlivnitelné: pohlaví,  
věk, rasa, genová výbava  
atd

Ovlivnitelné: léky, životní  
styl, kouření



## Aglutinace (shlukování) krvinek

Reakce antigen-protilátka. Membrány erytrocytů – mohou mít antigen – **aglutinogen A nebo B** (mukopolysacharidy) nebo žádný (**0**). Reaguje s protilátkou v plazmě – **aglutininem anti-A** (a.&) nebo aglutininem **anti-B** (a.β) (oba γ-globuliny). U jednoho jedince není nikdy stejný aglutinogen a antiaglutinin. Transfúze.

Krev člověka: 4 základní skupiny (podle aglutinogenu v membránách).

Krvinky 0 (bez antigenu) neaglutinuje,

krvinky A shlukuje B a 0,

krvinky B shlukuje A a 0,

krvinky AB nemají protilátky.

Tab. 10. Krevní skupiny u člověka

Krevní skupina	Aglutinogen	Aglutinin	Četnost výskytu v populaci
O	žádný	anti-A, anti-B	45 %
A	A	anti-B	41 %
B	B	anti-A	10 %
AB	A a B	žádný	4 %



Podskupiny  $A_1 - A_6$ , další aglutinogeny D(Rh) – systém 13 a-genů (C,D,E aj.).  
Nejvíce antigenní D. Pokud D přítomen = Rh<sup>+</sup>. Aglutininy anti-D normálně nejsou přítomny, tvoří se při setkání s krví Rh<sup>+</sup>.

Nebezpečí: matka D(Rh) – a dítě Rh<sup>+</sup> (matka může mít vytvořeny protilátky proti Rh<sup>+</sup> (hemolytická nemoc novorozenců))










Dědičnost krevních skupin, 0 recesivní, A,B, dominantní

Krevní skupiny u zvířat: více než u lidí. Vznik antigenů před vývojem primátů.  
Známý i u slepic, kachen, králíků, koz.

Neidentifikovány u morčat, myší, koček a poikilotermů.

Mezitonová aglutinace



	fenotyp	genotyp	Antigeny erytrocytů	Aglutiny plazmy	% zastoupení v české populaci
Systém ABO	A	AA AO	 Antigen A	 anti - B	41,5
	B	BB BO	 Antigen B	 anti - A	14,1
	AB	AB	 Antigen A Antigen B	- žádné protilátky	6,6
	O	OO	 Žádný antigen	 anti - A anti - B	37,8
Systém Rh	Rh <sup>+</sup>	DD Dd	 Antigen D	-	85
	Rh <sup>-</sup>	dd	 Žádný antigen	Jen po imunizaci (anti - D)	15





## Regulace krve tvorby

Víceméně konstantní počet krvinek. Řízení tvorby – neurohumorální povaha přes **hypotalamus**. Plazmový **erythropoetin** podněcuje tvorbu erytrocytů a hemoglobinu.

## Srážení krve (hemokoagulace x hemostáza)

Tekutý stav krve – fyziologický, na vzduchu tuhne.

Podstata: přeměna rozpustného **fibrinogenu** na nerozpustný síťový **fibrin**.

Aktivace: enzymatická bílkovina **trombin** (vzniká v játrech jako neaktivní prekursor **protrombin**). Přeměna protrombin → trombin – kaskádová teorie). **Kofaktory: tromboplastin a Ca<sup>2+</sup>, vitamín K** (podporuje syntézu protrombinu v játrech), fosfolipidy z rozpadlých krevních destiček.



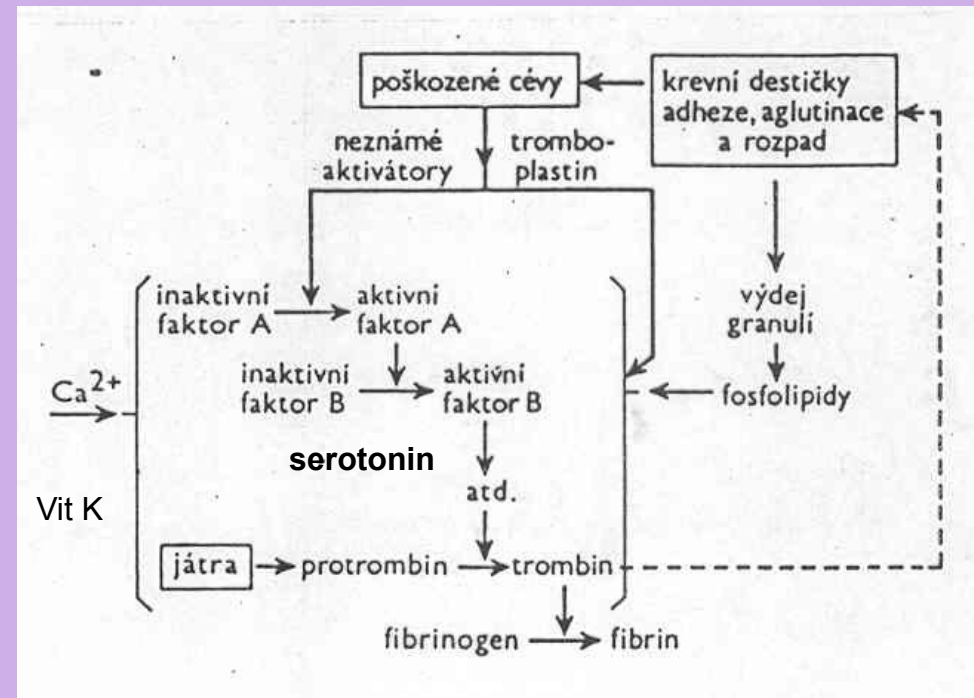
## Poškození

adheze trombocytů v poraněném místě – **primární destičková hemostatická zátka**

uvolnění **serotoninu** – **vazokonstrikční fáze** (smrštění cév v místě poranění)

přeměna fibrinogenu na fibrin (pomocí trombinu) –

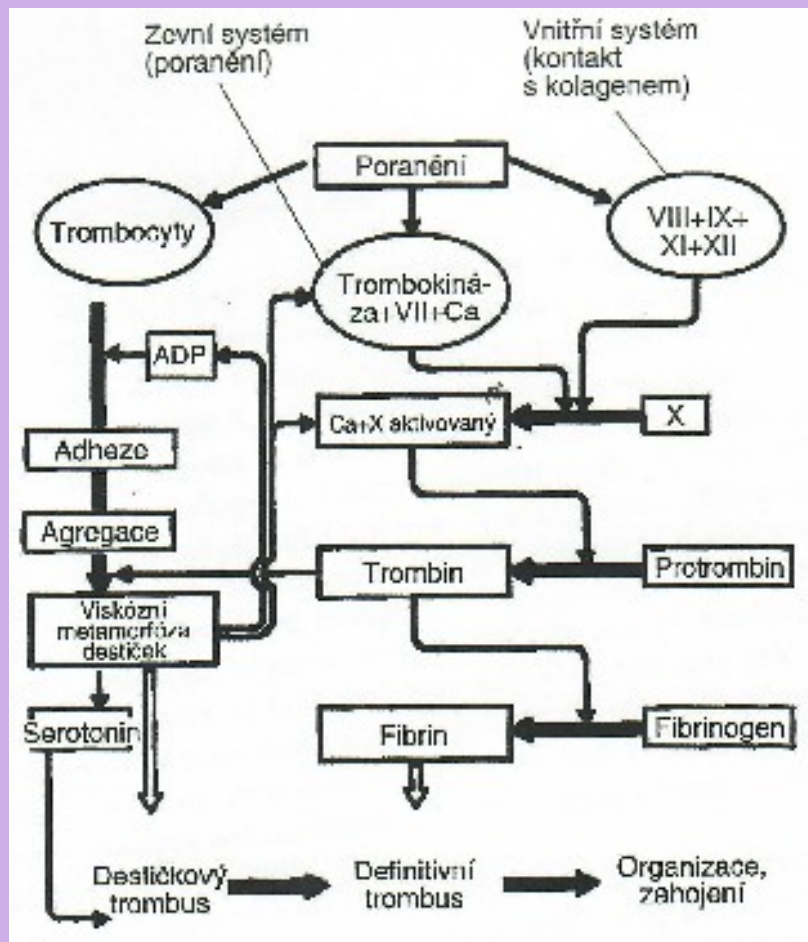
vznik **sekundární fibrinové hemostatické zátky** - ucpe poraněnou cévu, smrštěním vytlačuje krevní sérum.



**Heparin** zabezpečuje nesrážení krve za normálních podmínek. S albuminy krevní plazmy **brání aktivaci protrombinu**.



## Druhá možnost popisu srážení krve



## Tkáňový mok

Podstatná část extracelulární tekutiny – 10 – 16 % hmotnosti (12 l u 75 kg muže).

Složení závislé na krevní plazmě (bez bílkovin) – krevní ultrafiltrát + **malé množství bílkovin z tkání**. Tvoří životní prostředí tkání, zajišťuje látkovou výměnu.



## Míza (lymfá), lymfatický cévní systém

Obratlovci, mízní cévy. Vzniká z tkáňového moku, přenos zplodin látkové přeměny. Složení odpovídá krevní plazmě, poloviční obsah bílkovin, více lymfocytů ( $40 \cdot 10^9$  v l).

Mízní cévy z orgánů se spojují, v mízních uzlinách fagocytace zplodin a mikroorganismů. Kapiláry, žíly, mízní kmeny, spojování do mízních kmenů, ústí do žilného oběhu. Jednosměrný pohyb mízy (chlopně) – tlakové změny v těle – peristaltika střev, stahy klků.

### Mízní srdce

(úhoř, oboživelníci, plazi, někteří ptáci).

