

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, **hemolymfa** - tekutina v otevřených soustavách, soustava **krev** – **tkáňový mok** – **míza (lymfa)**

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

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 : krevním 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)
- fibrinogen (do 350 000 – 400 000) – 5 %

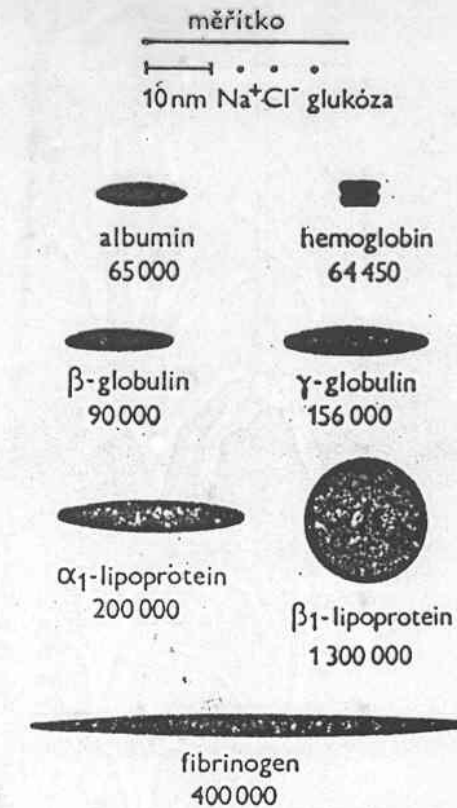
- tuky (5 – 7 g/l u člověka)
- fosfatidy (1,75 – 3,3 g/l)
- cholesterol (2,5 – 5,7 mmol/l)
- glukóza (x mmol/l)
- zplodiny rozpadu bílkovin

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

M220 - 420 μ mol/l, Ž140 - 340 μ mol/l)

- další organické látky
- anorganické látky

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



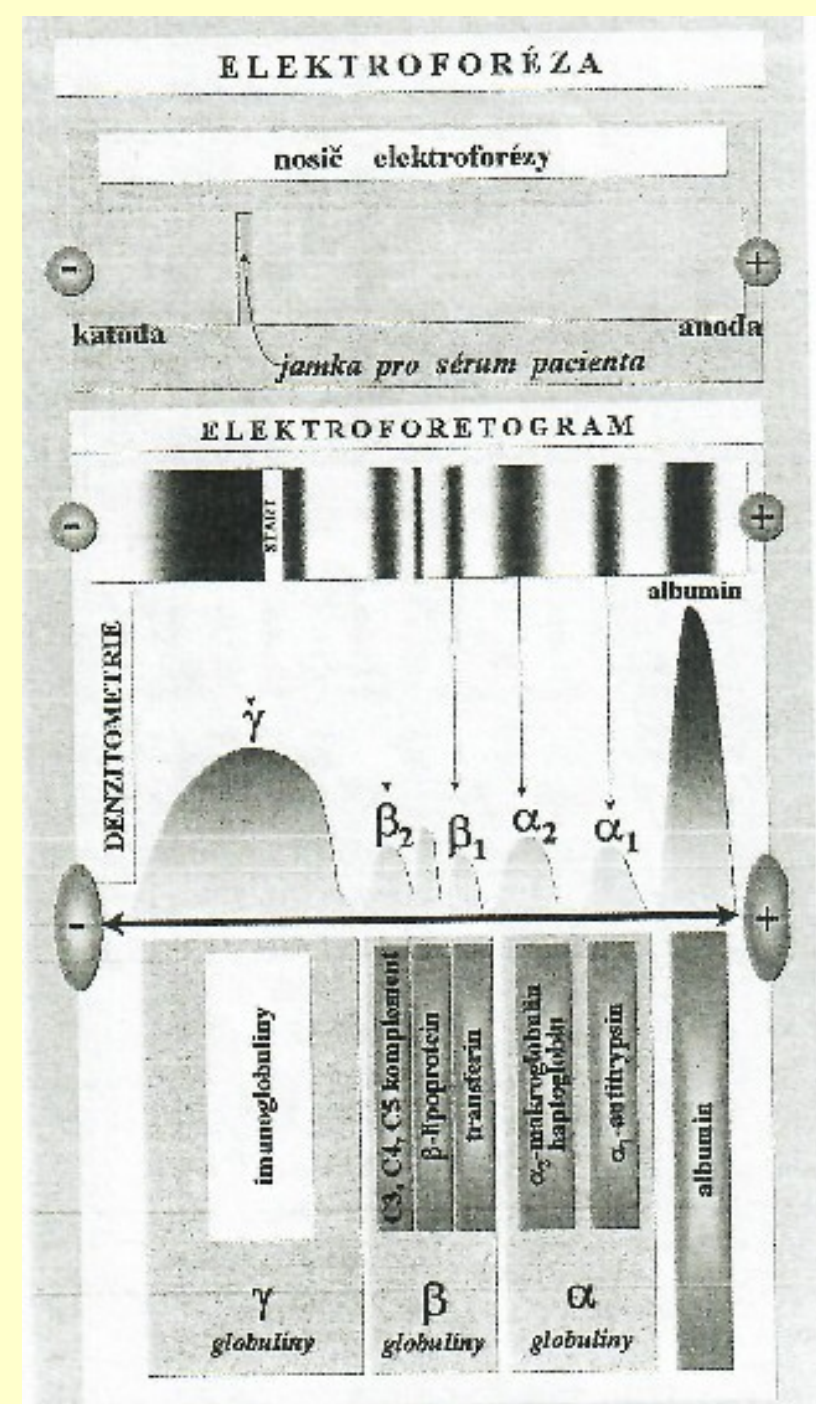
Obr. 69. Molekulová hmotnost a relativní rozměry některých bílkovinných molekul krevní plazmy.

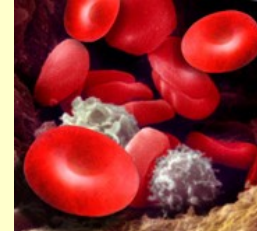
Plazmatické bílkoviny: ryby 1,4 – 4 %, obojživelníci 2,4 %, plazi 5 %, ptáci 4 – 5 %, savci 6 – 8 %.

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 \varnothing 6,7 – 7,7 μm , tl. 2 μm).

Monomolekulární povrchové vrstvy, bílkovinné stroma s roztokem hemoglobinu (37%)

Množství erythrocytů – druhově stálé:

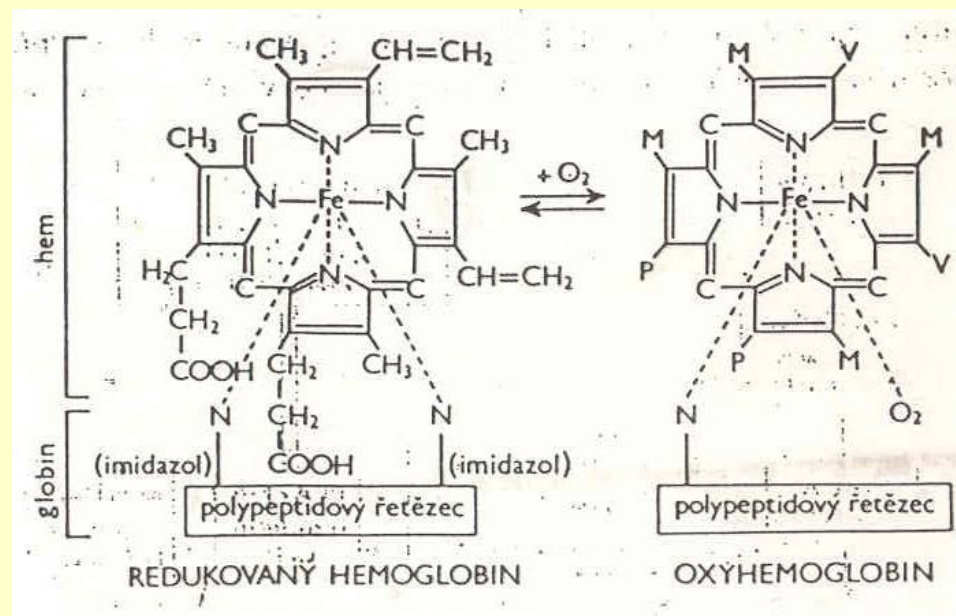
M.: 5,4 . 10¹²

Ž.: 4,5 . 10¹² v

litru

Fyziologická funkce: zásadní význam pro přenos O_2 , CO_2 (krevní barvivo) a 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.

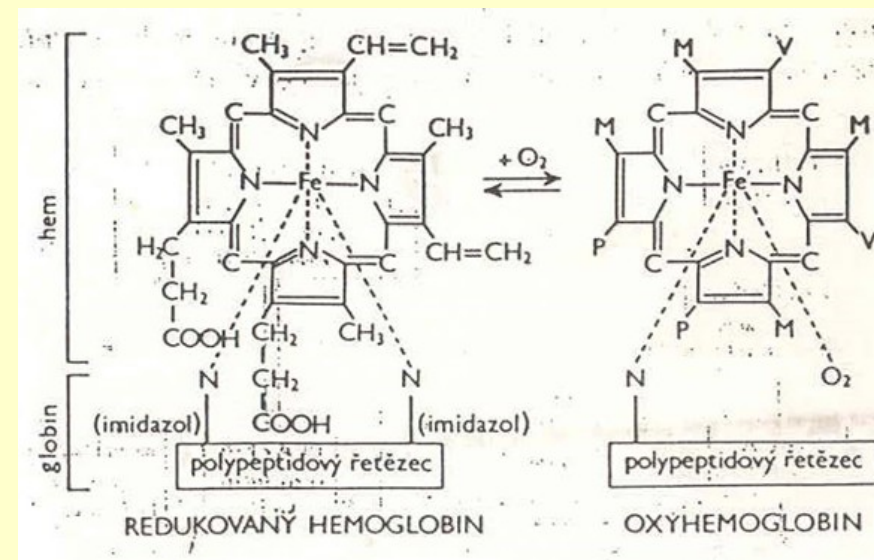
Silnými oxidačními činidly se mění Fe^{2+} na Fe^{3+}

→ 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 O₂ 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).

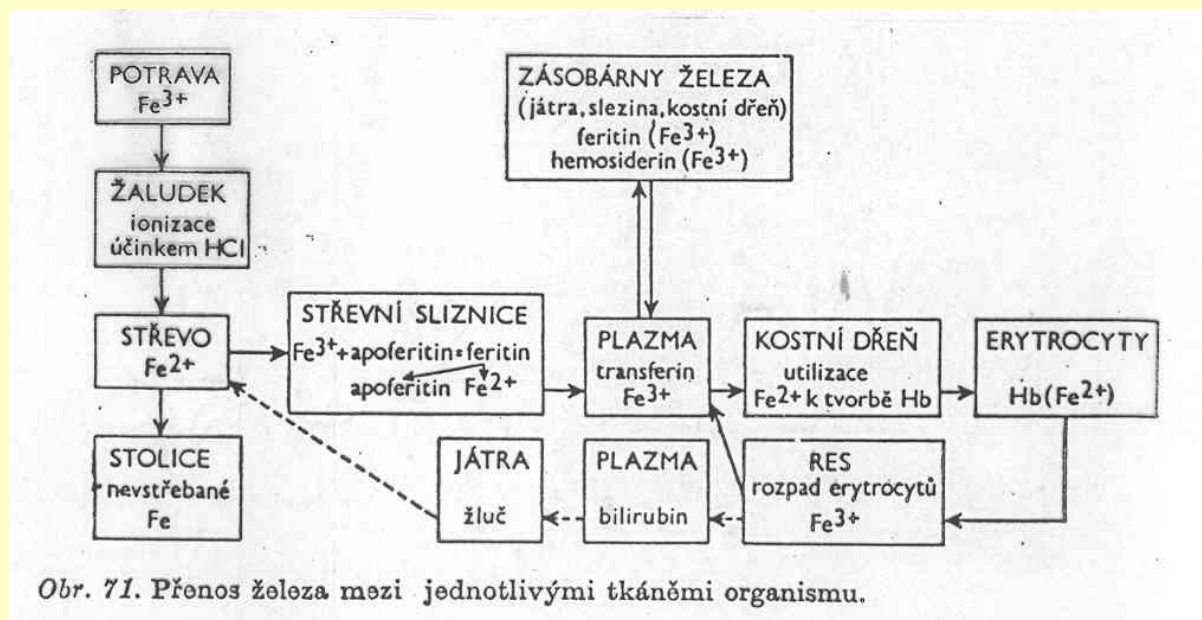
Rozpad HmgI v RES-MF, Fe

→ transferin, Bilirubin do krve, vychytáván játry do žluče,

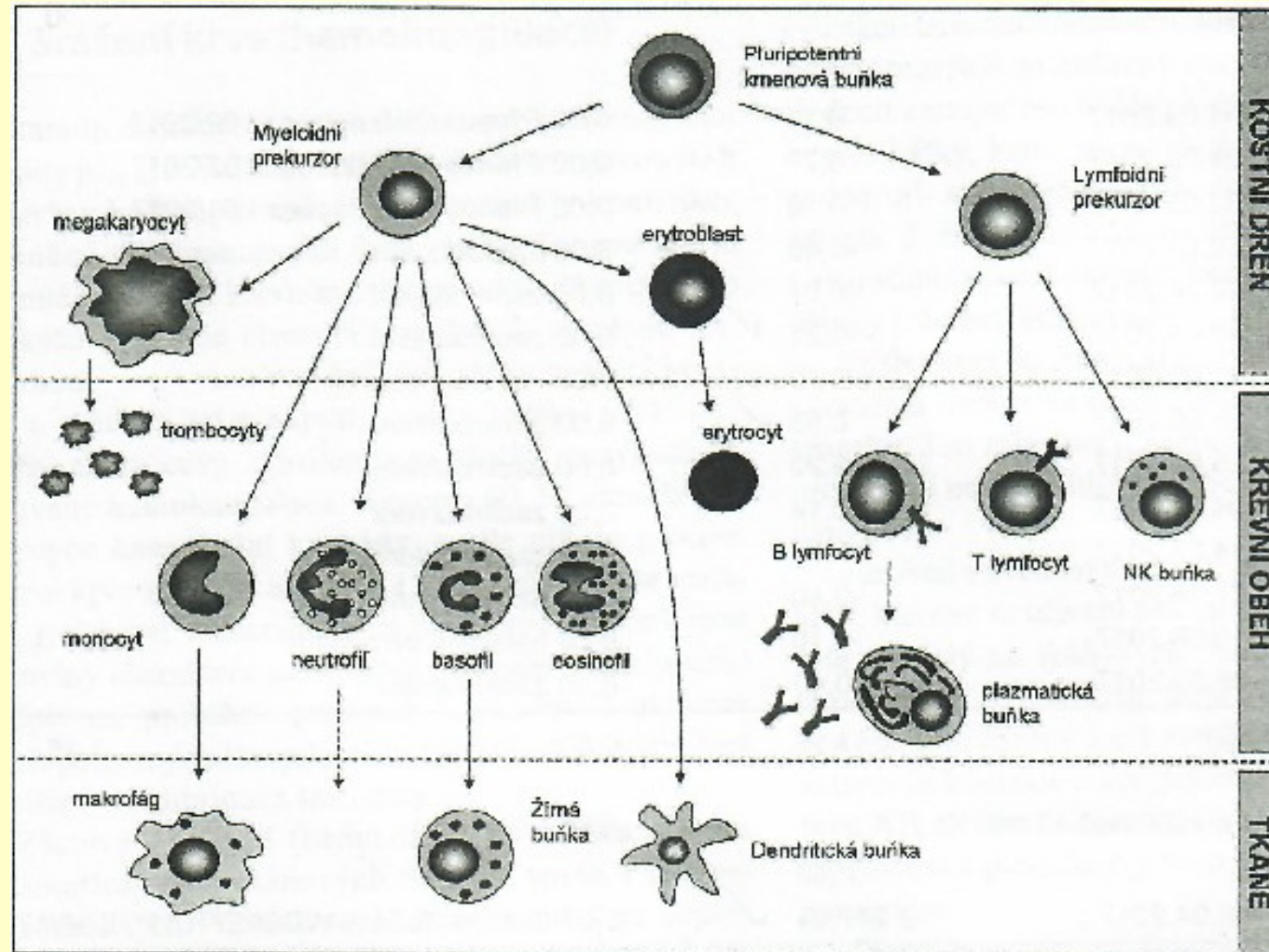
Vylučován stolicí.

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 granulace, nečlenité jádro

lymfocyty – velké kulaté jádro. Nefagocytují, tvorba protilátek

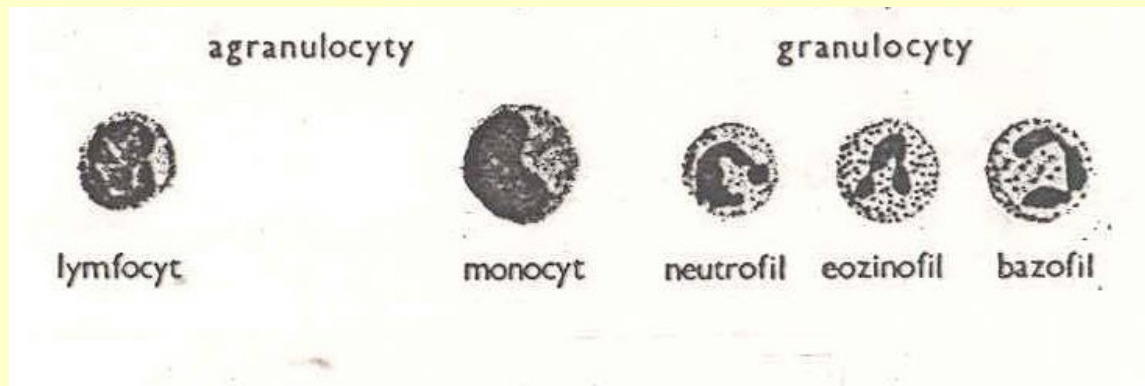
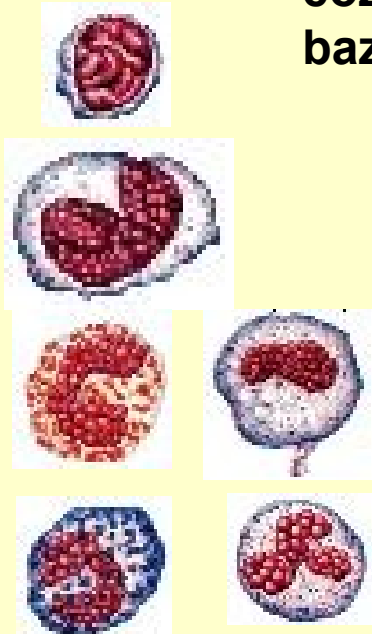
monocyty – největší bílé krvinky, velké ledvinité jádro. Fagocytují.

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

neutrofil s velkým nejvíce členěným jádrem, fagocytují

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

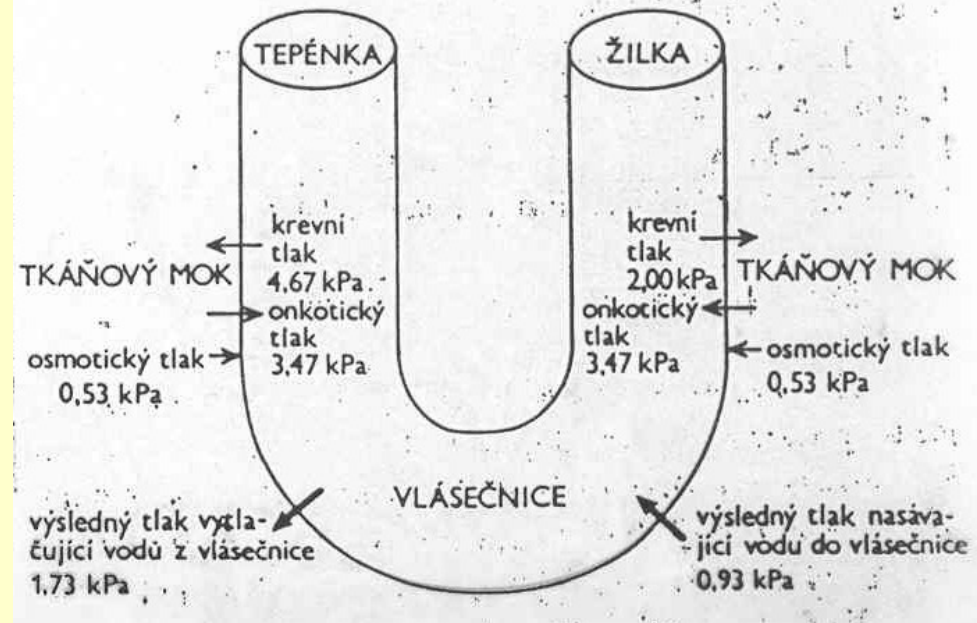
Zvyšování při namáhavé práci, ve vysokohorském prostředí.

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). **Odpovídá osmotickému tlaku tkáňového moku.**

Proto filtrace – podle hydrostatického tlaku krve – **arteriální vlásečnice** – 4,67 kPa (35 torr).

Proti tlak onkótický (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 vlásečnic – pokles tlaku.

Venózní (žilní) vlásečnice – onkótický 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).

H⁺ – velmi nízká koncentrace, přesto vliv hlavně na aktivitu enzymů.

Vznik H⁺:

- H₂CO₃, která disociuje na H⁺ a HCO₃⁻
- při uvolňování P a S ze složitých sloučenin (vznik anorganických kyselin, s následnou disociací)
- disociace mastných kyselin.

Udržování pH: soustava H₂CO₃ a HCO₃⁻ alkalických kovů včetně bílkovin krevní plazmy a hemoglobinu.

Pufrovací schopnost soustavy: stálý poměr H₂CO₃ : NaHCO₃ = 1 : 20.

Alkalická rezerva.

Při vyloučení mnoho CO₂ – možnost zvýšení Na⁺ v krvi → důsledek vylučování ledvinami, snižování obsahu alkálií → to vede k: pokles pufrovací schopnosti krve.

Část iontů pufrována redukHb (rHb⁻ + H⁺). V plicích – opačný proces.

Obranné reakce krve

Proti průniku patogenních mikroorganismů nebo škodlivých látek.

Fagocytóza

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

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

Bezobratlí – hlavně fagocytóza

	NESPECIFICKÁ IMUNITA	SPECIFICKÁ IMUNITA
SLOŽKY	Fagocyty (makrofágy, neutrofilů), 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 struktury společné mnoha různým patogenům	Rozpoznává specifické mikrobiální nebo patologické molekuly (hl. proteiny)
	Nemá imunologickou paměť: Při opakované infekci reaguje stále stejně	Imunologická paměť: 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)

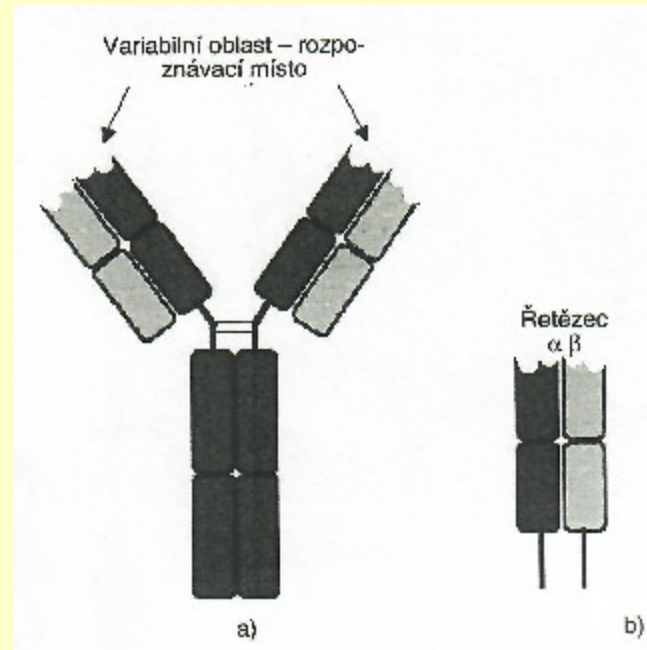
Imunitní buňky

Agranulocyty – lymfocyty – B, T, NK buňky

monocyty – fagocytují, tkáňové makrofágy

Granulocyty – neutrofilů - 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

Aglutinace (shlukování) krvinek

Reakce antigen-protilátka. Membrány erytrocytů – mohou mít antigen – **aglutinogen A nebo B** (mukopolysacharidy). 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	Aglutinín	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 A₁ – A₆, další aglutinogeny D(Rh) – systém 13 a-genů (C,D,E aj.). Nejvíce antigenní D. D přítomen = Rh⁺. Aglutininy anti-D normálně nejsou přítomny, tvoří se při setkání s krví Rh⁺.
Dědičnost krevních skupin.

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.
Mezitonoxová aglutinace

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 %

	fenotyp	genotyp	Antigeny erytrocytů	Aglutiniны plazmy	% zastoupení v české populaci
System 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	37,6
System Rh	Rh ⁺	DD Dd	 Antigen D	-	85
	Rh ⁻	dd	 Žádný antigen	Jen po imunizaci (anti - D)	15

Regulace krvetvorby

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**.

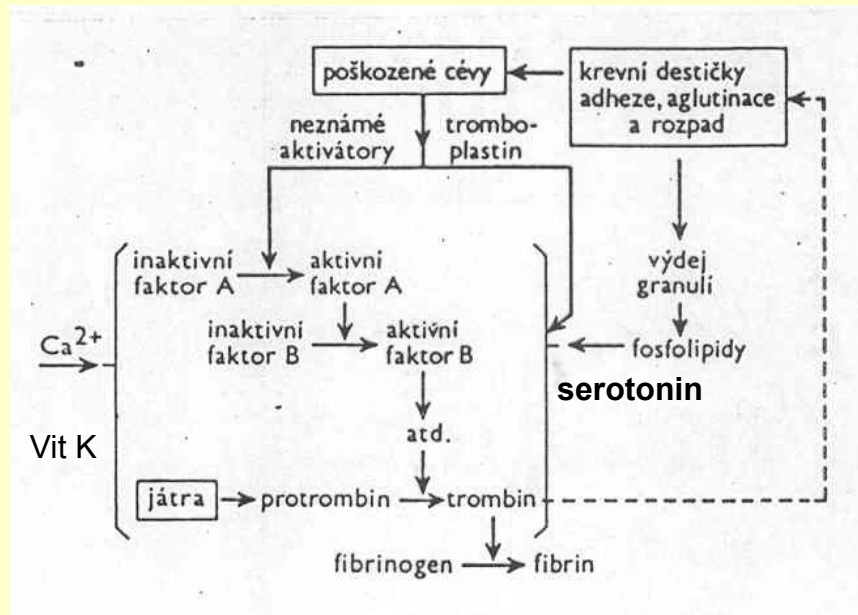
Aktivace: enzymatická bílkovina **trombin** (vzniká v játrech jako neaktivní prekursor **protrombin**). Přeměna protrombin → trombin – kaskádová teorie). **Kofaktory: tromboplastin a Ca^{2+} , vitamín K** (podporuje syntézu protrombinu v játrech) fosfolipidy z rozpadlých krevních destiček.

Poškození

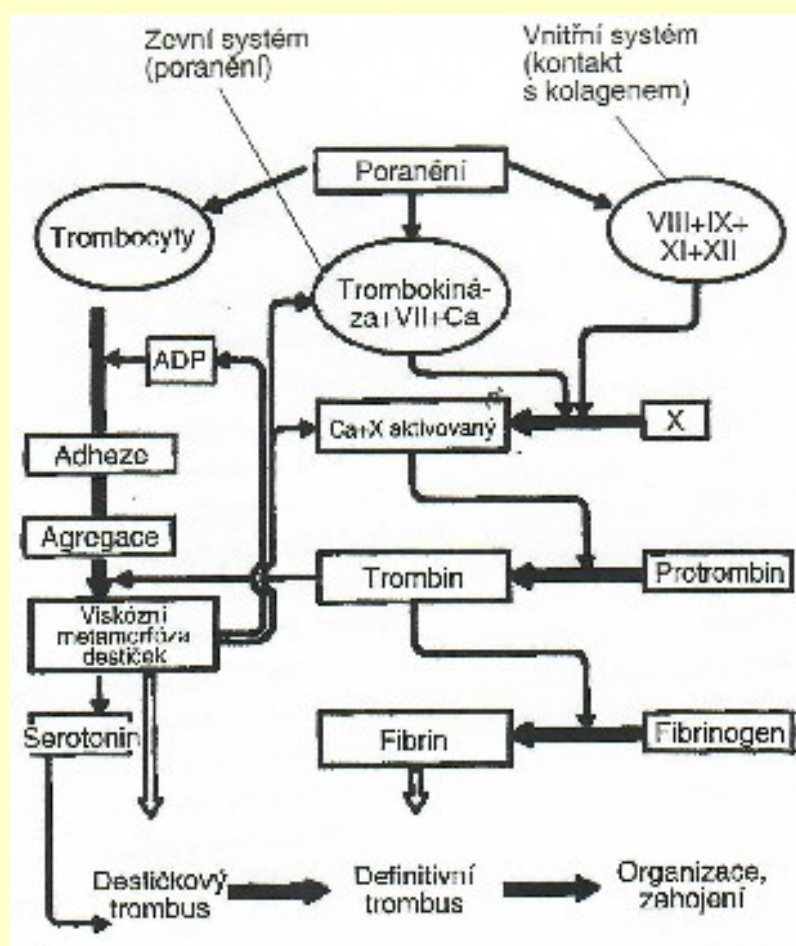
adheze trombocytů v poraněném místě – **primární destičková hemostatická zátka**

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.



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.

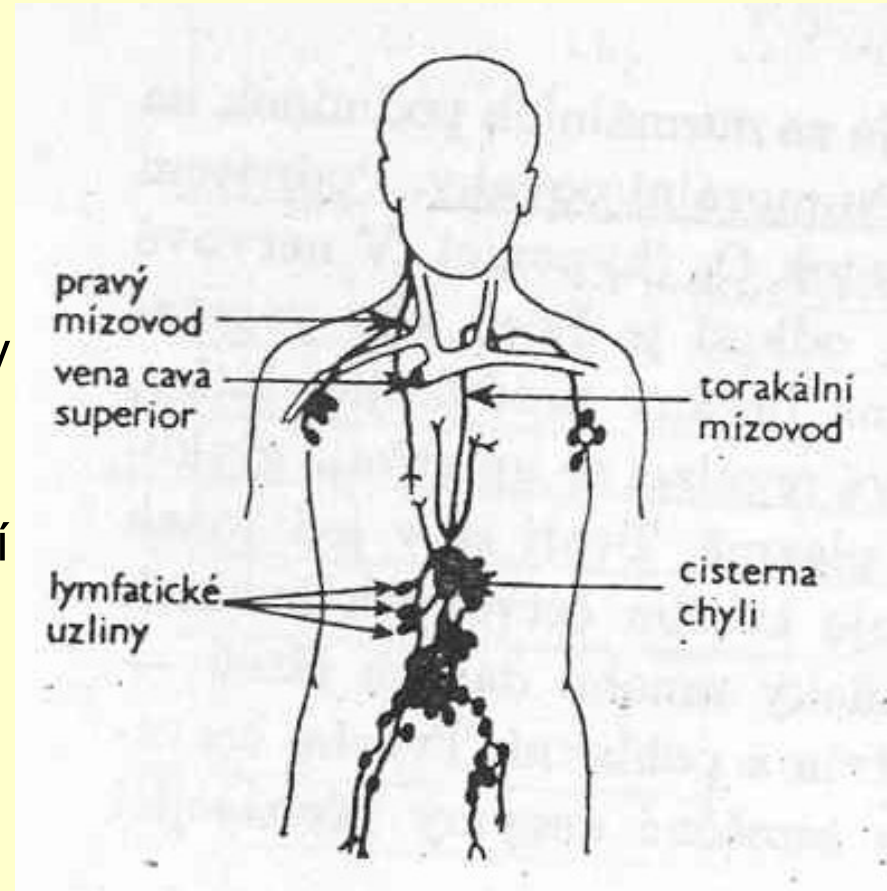
Míza (lymfa), lymfatický cévní systém

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

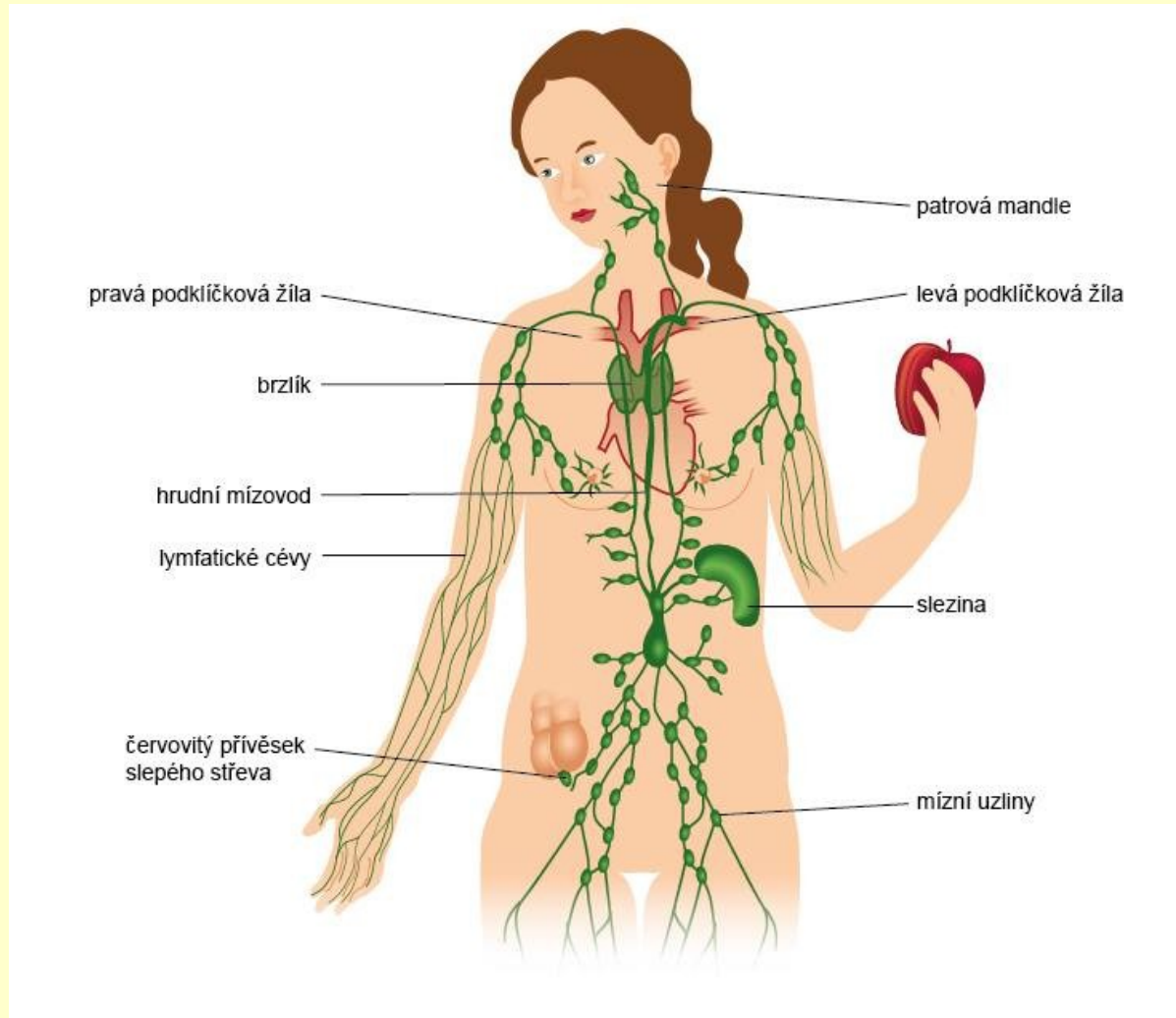
Mízní cévy ze štěrbin orgánů se spojují, v mízních uzlinách fagocytace zplodin a mikroorganismů. Kapiláry, žíly, mízní kmeny, spojování do mízních kmenů, ústí do žilného oběhu. Jednosměrný pohyb mízy (chlopně) – tlakové změny v těle – peristaltika střev, stahy klků.

Mízní srdce

(úhoř, obojživelníci, plazi, někteří ptáci).



Lymfatický cévní systém



biologické vlivy

Neovlivnitelné: pohlaví,
věk, rasa, genová výbava
atd

Ovlivnitelné: léky, životní
styl, kouření