

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)

Druhy tělních tekutin

přenos pomocí tělních tekutin – **hydrolymf**a - tekutina v otevřeném střevě (houbovci, žahavci, ploštěnci)
soli, málo bílkovin, améboocyty,

hemolymfa - tekutina v otevřených soustavách (hmyz, vyšší korýši) - roztok mízy, ve které je rozpuštěno
krevní barvivo

- nejjednodušší obdoba krve (bílkoviny, org. a anorg. látky)

- Na rozdíl od krve nedokáže transportovat kyslík

- její hmotnost - 25 – 50% tělesné hmotnosti

hemocyty = buňky, slouží především k pohlcování cizorodých
částic (jednoduchý imunitní systém) a hojení ran.

soustava **krev, tkáňový mok** (krevní plasma bez kr. bílkovin)– **míza (lymf**a) makromol. látky, bílé krvinky,
bílkoviny

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

Evoluce oběhové soustavy

Jednobuněční - Živočichové bez oběhové soustavy

jednobuněčné organismy

cévní soustava chybí, výměna živin a plynů zajišťována difuzí - probíhá v cytoplazmě, která slouží jako médium

např. **prvoci** - funkci obstarává

1. Oběh založený na **difúzi látek** v buněčné cytoplazmě

Mnohobuněční

2. Gastrovaskulární soustava (Porifera – Houbovci, Cnidaria - Žahavci, Platyhelminthes - Ploštěnci) pokud oběhová soustava chybí, její funkci zajišťuje voda (živiny a kyslík získávány z vody, která vyplňuje tělo)
slouží k trávení a resorpci potravy a zároveň i k rozvodu živin - spojuje funkce trávicí a cévní soustavy (tělní dutiny – hydrolymfa)

3. Pseudocoelom - volná cirkulace tekutin (nezasahuje do trávicí trubice)
pohyb tekutiny zajišťován kontrakcemi svalů tělní stěny
tekutina v přímém kontaktu s orgány

4. Uzavřená soustava

koluje krev - uzpůsobena k transportu a odvodu metabolitů

5. Otevřená cévní soustava bezobratlých

6. Cévní soustava u obratlovců

Přenos látek

je realizován prostřednictvím:

oběhu tělních tekutin v cévní soustavě

Oběh tělních tekutin – cévní soustava

Vlastnosti: Zajišťování funkcí krve – **1. nutnost průniku do všech částí těla.**

Mnohobuněční – zvláštní cévní ústrojí. **2. Nutnost pohonu tekutiny** – úseky cév se schopností rytmických stahů (**pulzující cévy**).

Nárůst rozměrů – **3. vznik srdce** – s fylogenezí- výkonnějšího **srdce**.

Rytmická část **komora** doplňována zásobárnou krve (**perikardiální prostor** korýšů, vznik **předsíně**).

Směr toku krve – **chlopně**.

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

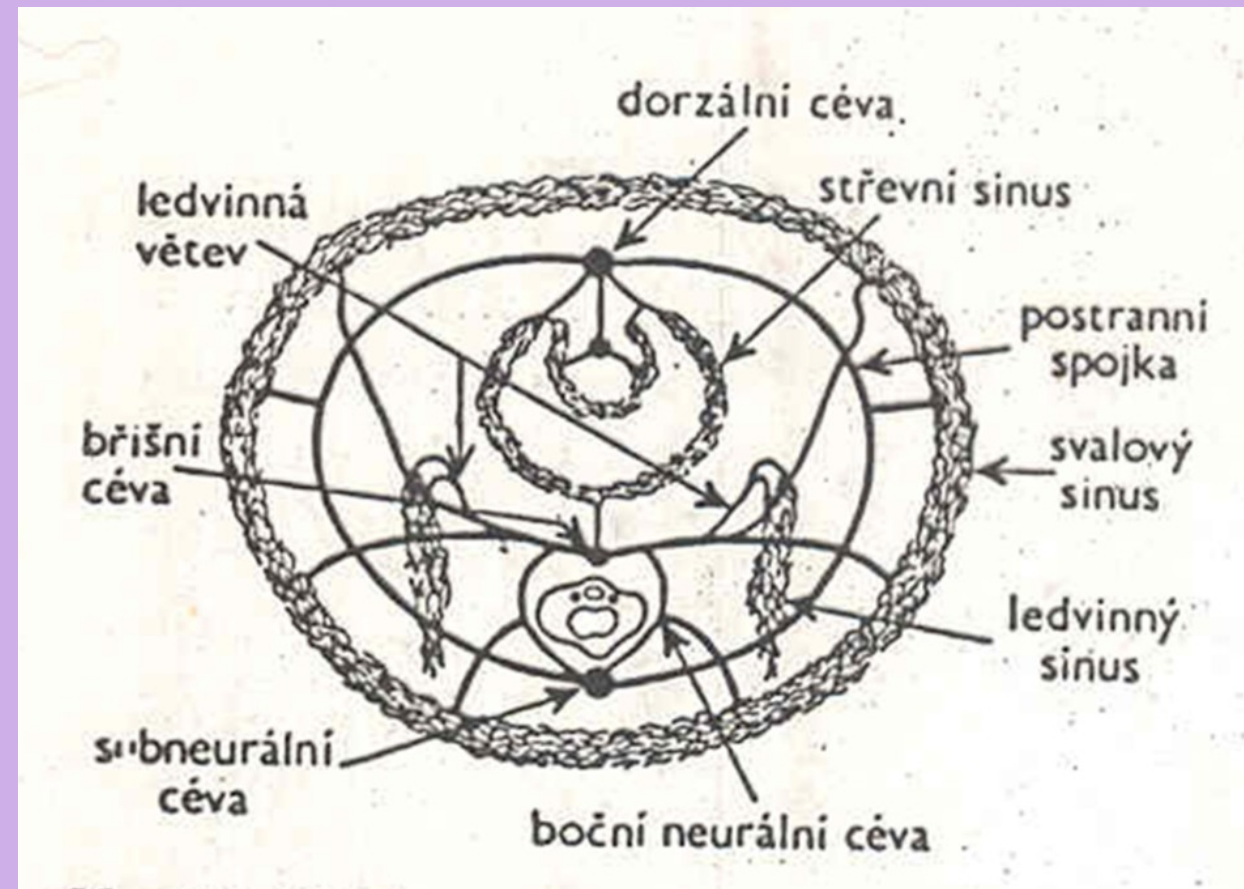
Uzavřená cévní soustava bezobratlých

koluje již krev - uzavřený systém
jednoduché krevní oběhy

1. pásnice - několik dutin (lakun) odškrcených od tělní dutiny

2. kroužkovci - břišní strana těla proudí krev dozadu, hřbetní směrem dopředu

+ příčné spojky stažitelné - fce **srdcí**



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

Otevřená cévní soustava bezobratlých

Charakteristika:

- tělní tekutina necirkuluje v uzavřeném systému, ale z cév se vylévá přímo vnitřních prostorů mezi orgány
- oběhu se účastní veškerá mimobuněčná tekutina v organismu
- tělní tekutina = hemolymfa

1) **členovci** - uzavřená část cévní soustavy redukována na malé úseky cév hemolymfa se rozlévá do tkání - **spíše otevřená CS** - mají silné srdce, které hemolymfu pumpuje po celém těle bez potřeby cév

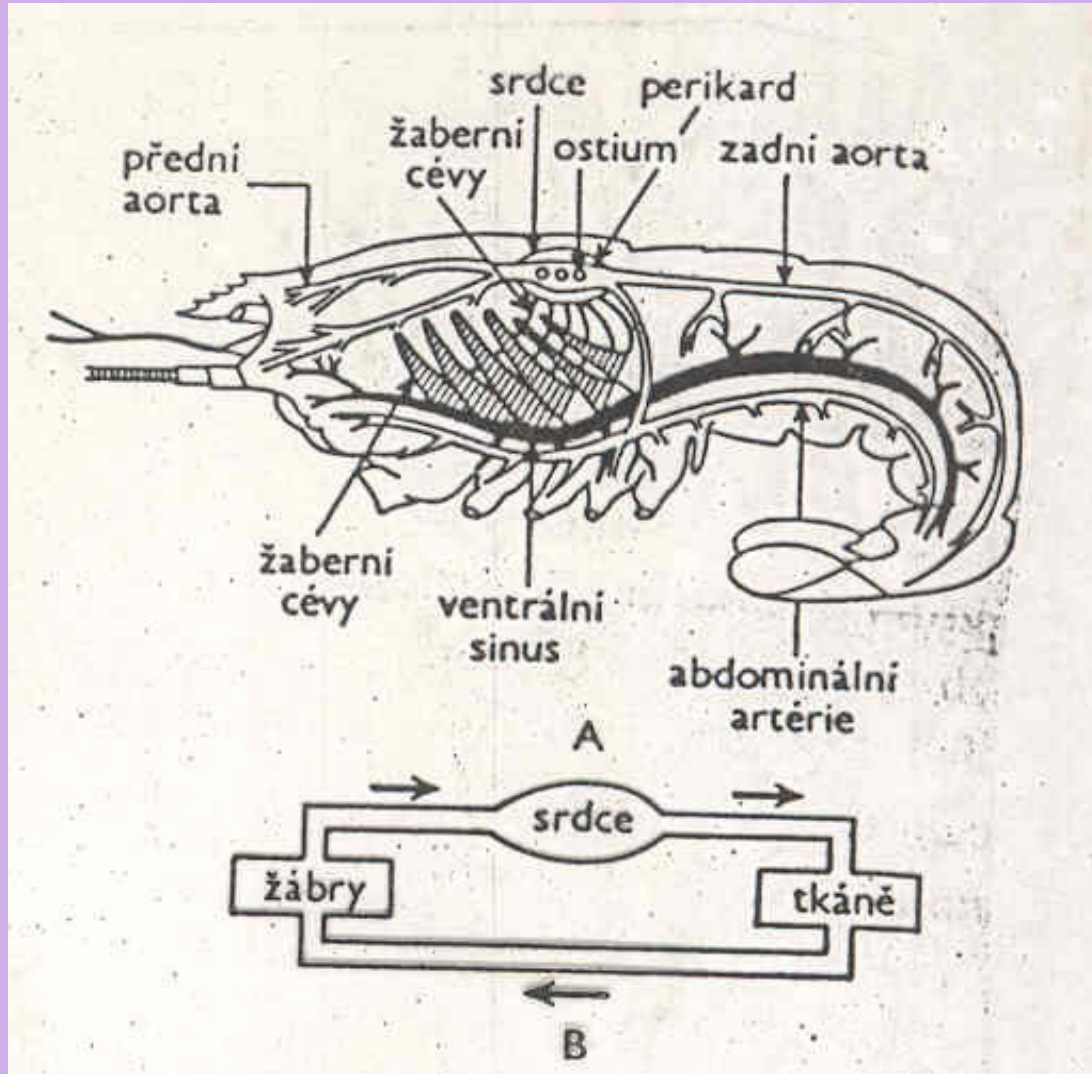
2) **měkkýši** - srdce opět pumpuje hemolymfu přímo do tkání a ta se až následně sbírá pomocí cév zpátky do srdce

3) **hlavonožci** - druhotně uzavřená cévní soustava

- oddělená **okysličená a odkysličená krev, tepny a žíly**
- plži – 1 komora a 1 síň
- mlži – 1 komora a 2 síně
- hlavonožci – 1 komora a 4 síně – pohon krve srdcem v souvislé soustavě cév (hlavonožci, obratlovci)

4.) **pláštěnci** - CS: otevřená, srdce pohání krev oběma směry

rak



Korýši

tělní tekutina necirkuluje v uzavřeném systému, ale z cév se vylévá přímo do vnitřních prostorů mezi orgány

CS: otevřená (s hemolymfou, s hřbetní cévou nebo srdcem)

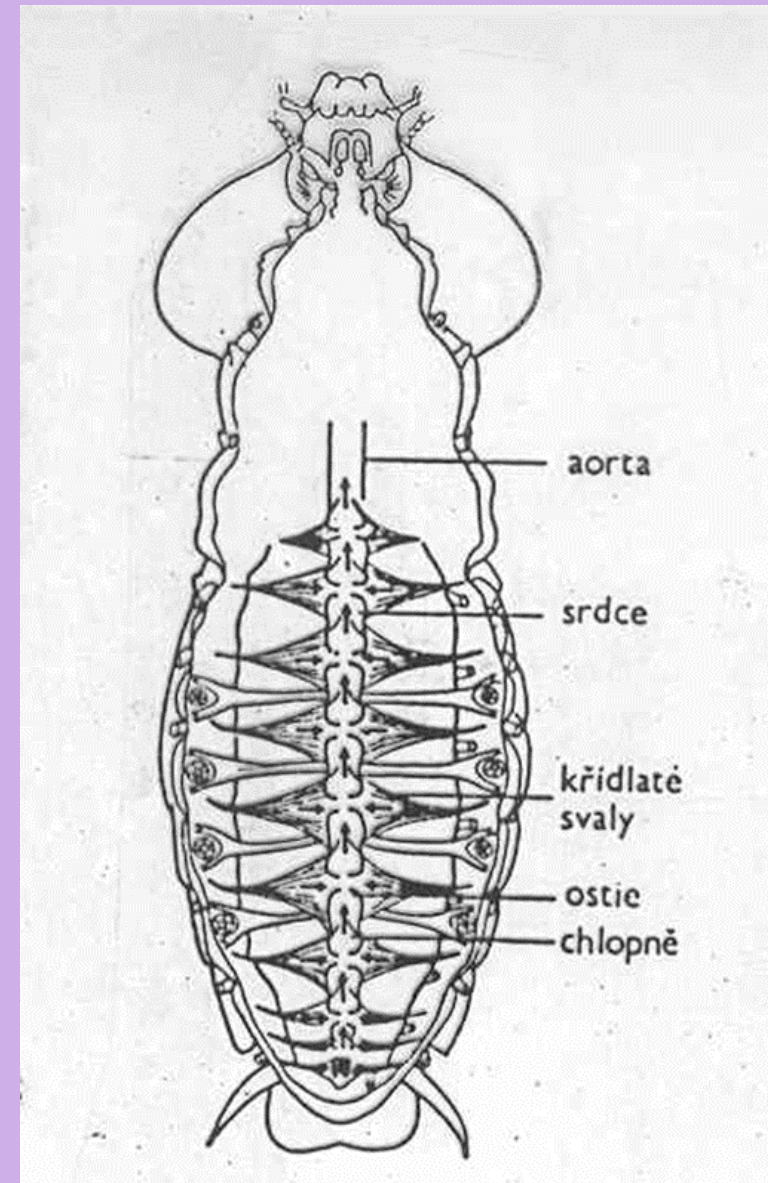
Otevřené soustavy se srdcem (vyšší korýši, hmyz)

hmyz

měkkýši, členovci – CS: otevřená (s hemolymfou, cs s hřbetní cévou nebo srdcem)

členovci - uzavřená část cévní soustavy redukována na malé úseky cév

hemolymfa se rozlévá do tkání - mají silné srdce, které hemolymfu pumpuje po celém těle bez potřeby cév



KREV – funkce

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 **jen** 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

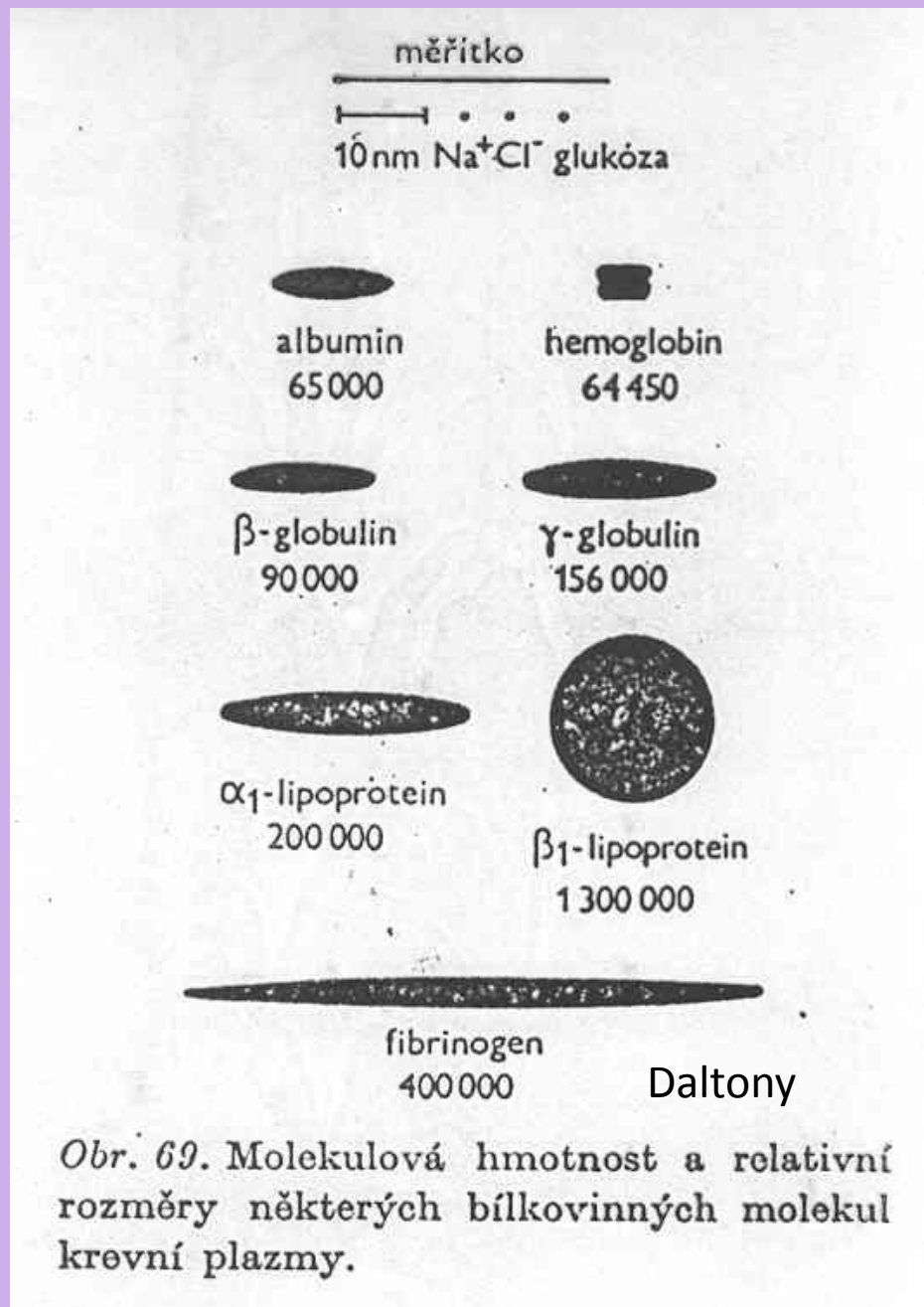
(močovina 2,5–7,5 mmol/l, kyselina močová

M220 - 420 μ mol/l, \dot{Z} 140 - 340 μ mol/l)

- další organické látky

- anorganické látky

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

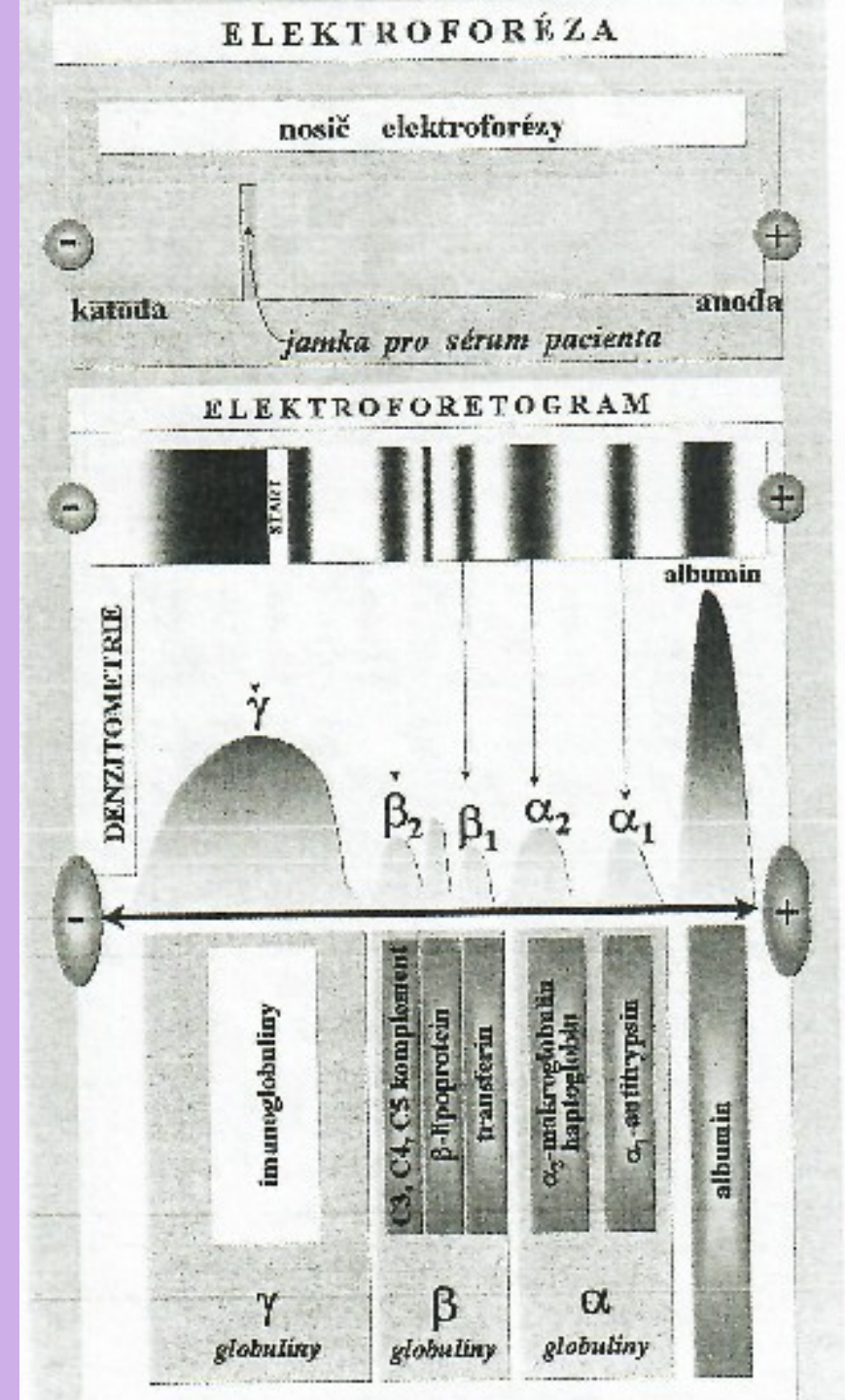


Plazmatické bílkoviny: ryby 1,4 – 4 %, obojživelníci 2,4 %, plazi 5 %, ptáci 4 – 5 %, savci 6 – 8 %.

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 %





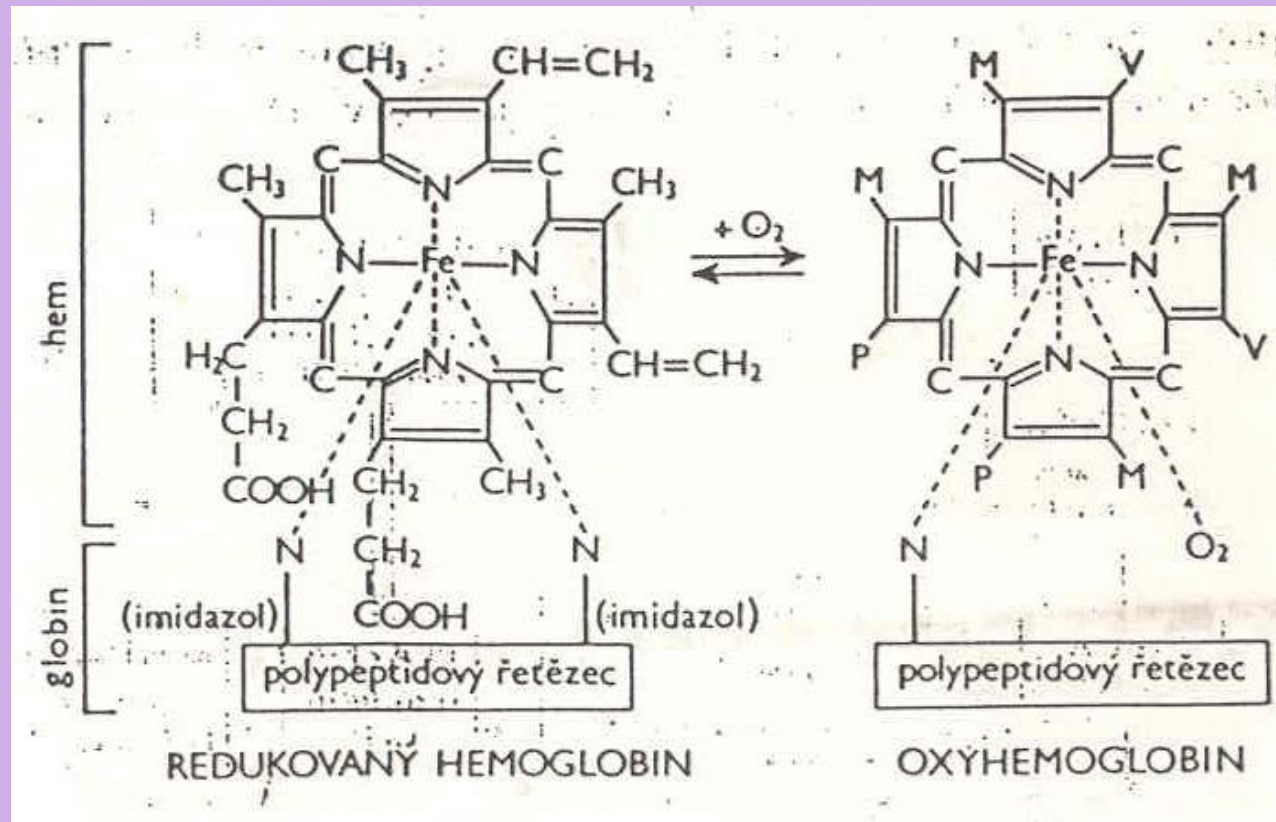
Krevní buňky – červené krvinky (erythrocyty)

U obratlovců oválné s jádrem (3 – 9krát > než lidské), u savců okrouhlé (piškotovité) a zploštělé bez jádra (lidské \varnothing 6,7 – 7,7 μm , tl. 2 μm). Monomolekulární povrchové vrstvy, bílkovinné stroma s roztokem hemoglobinu (37%)

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

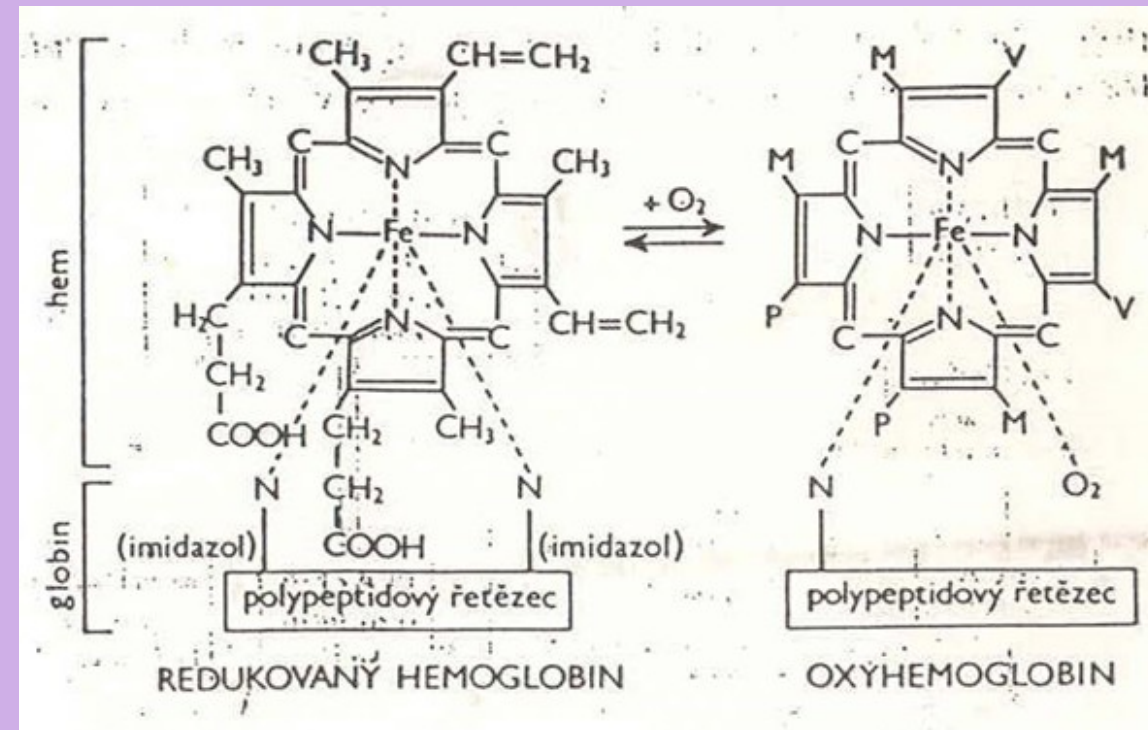
Silnými oxidačními činidly se mění Fe^{2+} na Fe^{3+}

→ bezcenný **methemoglobin** pod vlivem dusitanů.

Možná vazba s CO_2 – **karbaminohemoglobin**.

Silná vazba na CO (210 krát větší než k O_2) –

karboxylhemoglobin (nebezpečnost 0,1 % CO ve vzduchu)



Krevní barviva:

Hemocyanin – Cu, rozpuštěn v hemolymfě (rak, škeble, hlemýžď, hlavonožci) – třetinová vázací schopnost (70 ml O₂ na 1 l krve) oproti hemoglobinu (200ml) na kyslík - modrý

Chlorokruoriny – mořští červi – Fe, zelená

Hemerytriny – Sipunculidae – Fe, do fialova

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

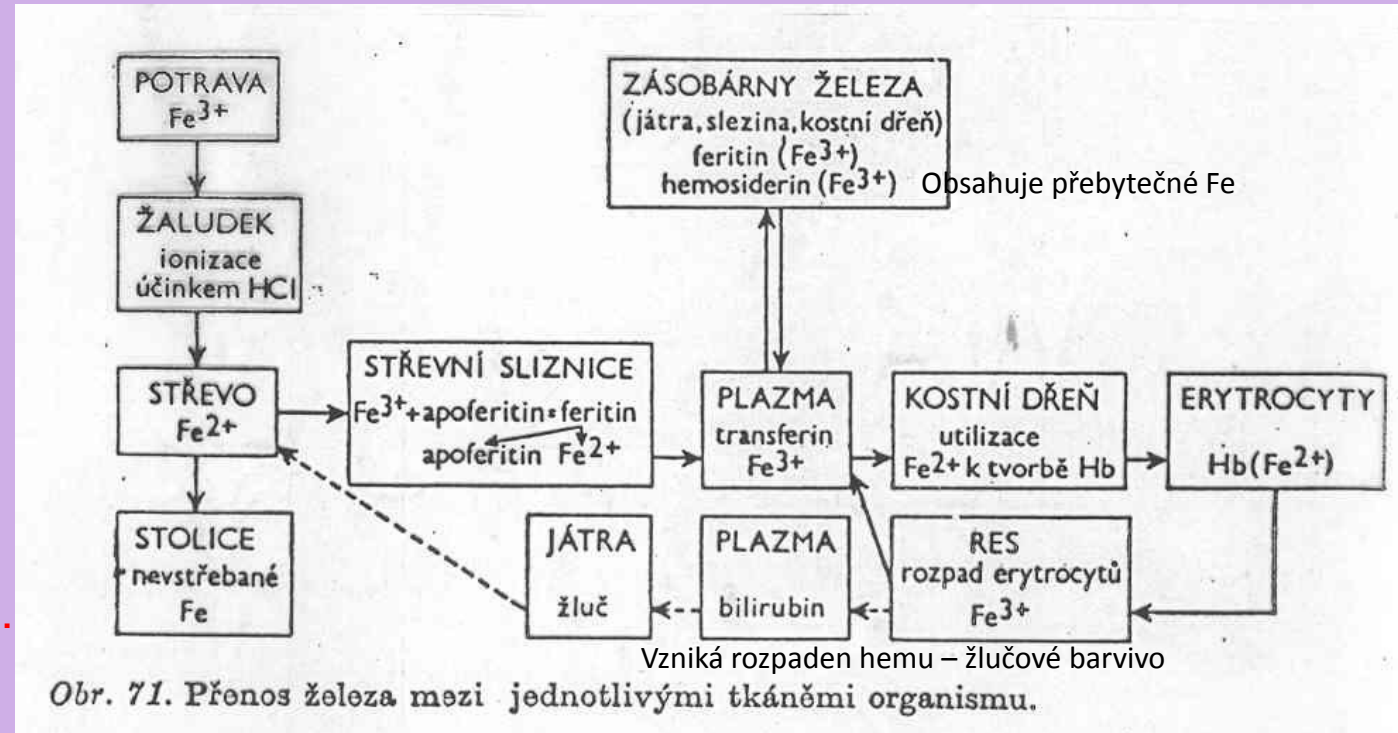
(a. → do zásob Fe - ferritin / transferin+Fe=siderofilin/
b. → do kostní dřeně).

Rozpad HmgI makrofágy, Fe

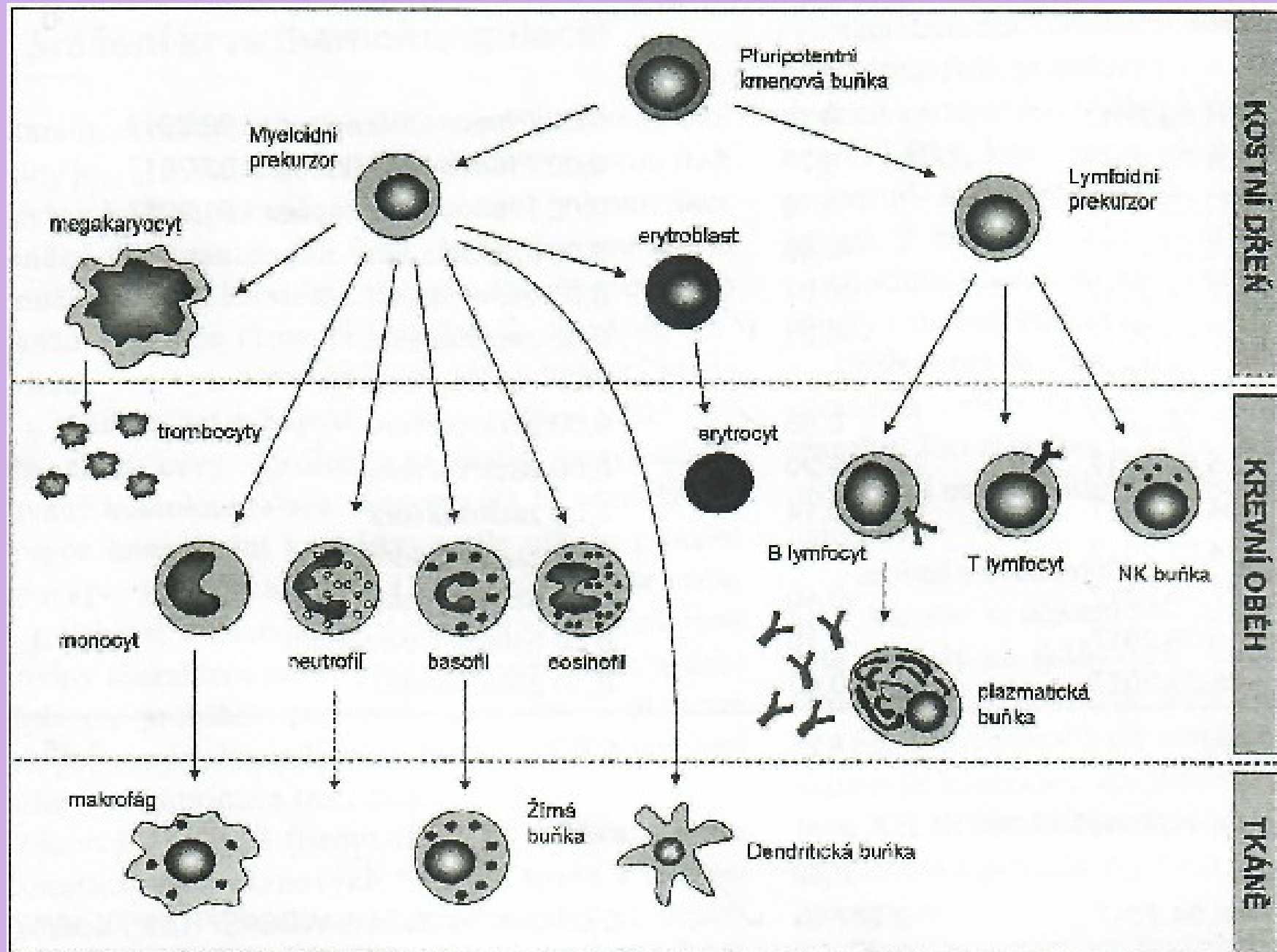
→ transferin, bilirubin do krve,

vychytáván játry do žluče, vylučován stolicí

Č. kr.po 120 dnech zanikají ve slezině (denně 2 .
kde jsou pohlcovány buňkami fagocyty.



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

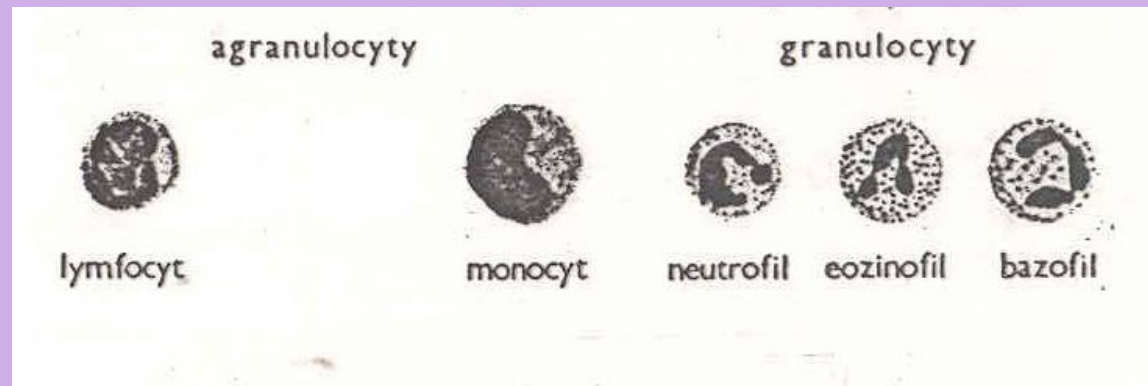
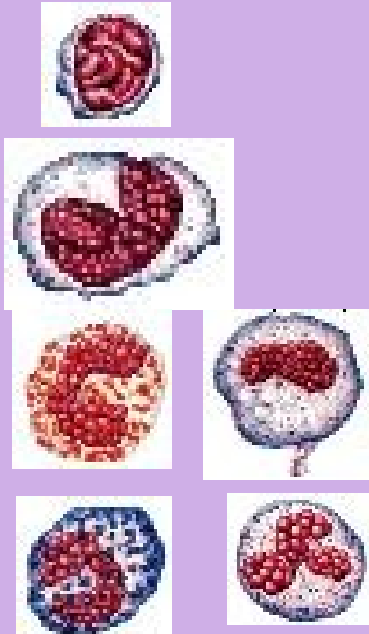
monocyty – největší bílé krvinky, velké ledvinité jádro. Fagocytují.

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 3 dny); dlouhověké paměťové B a T lymfocyty, diapedeza.

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

Relativní (**distribuční leukocytóza** – vyplavení ze zásob

absolutní (**dřeňová**) leukocytóza – zvýšení tvorby v dřeni.

Snížení počtu – leukopenie – hladovění, pobyt v chladnu, některé typy - námaha

– 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.

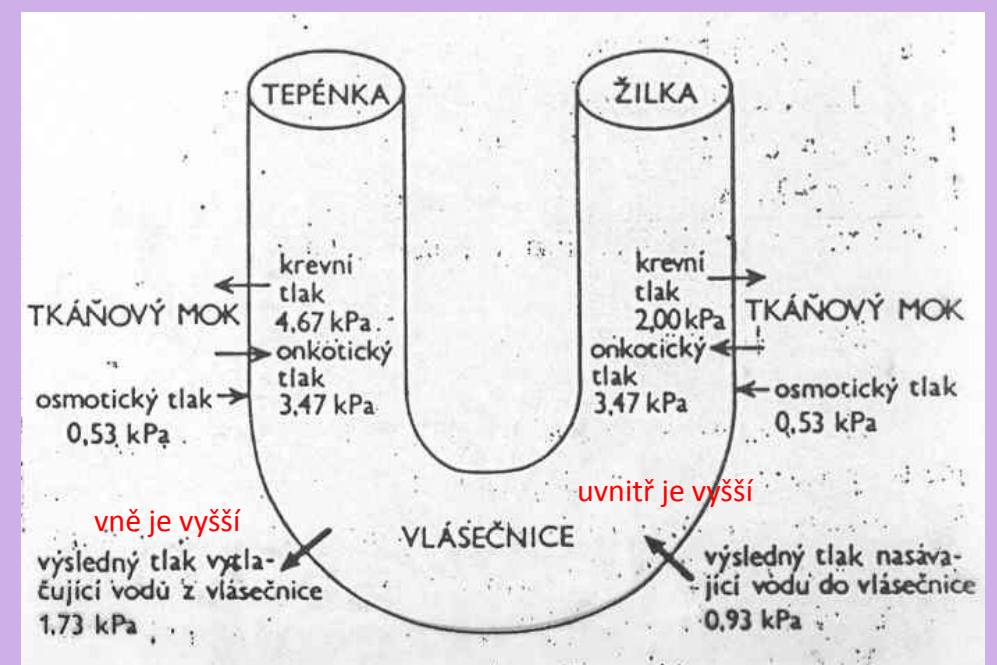
Velká aglutinační schopnost

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

Nachytání krevních destiček na fibrin – stah.

hydrostatický tlak krve 4,67 (2,00) kPa
Proti onkotický 3,47
Když onkotický tlak převyšuje
hydrostatický, voda přechází z
tkáňového moku zpět do cév a naopak

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 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 vlásečnic – pokles tlaku.

Venózní (žilní) vlásečnice – 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⁺ – 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⁻ 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.

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, T, B lymfocyty, specifita, oba typy - buněčná, látková

Fagocytóza

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

	NESPECIFICKÁ IMUNITA	SPECIFICKÁ IMUNITA
SLOŽKY	Fagocyty (makrofágy, neutrofilý), 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 (žírné, alveolární, Kupfferovy, mikroglie)

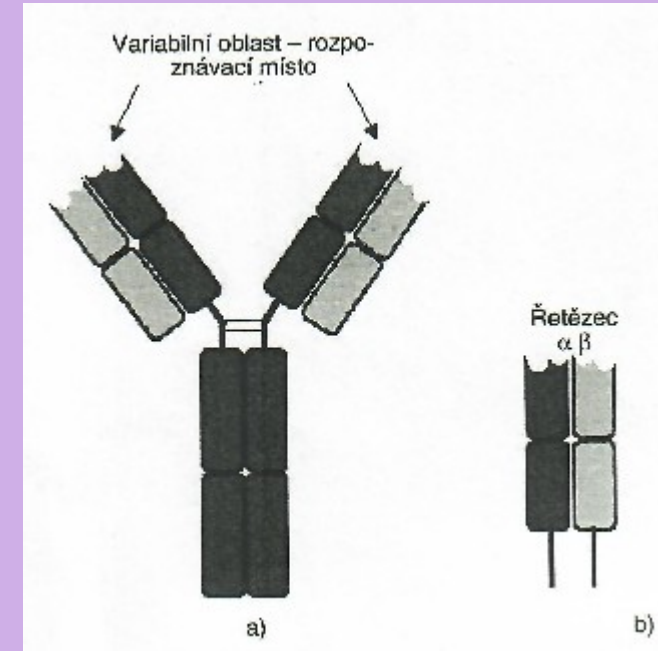
Granulocyty – neutrofily 50-60% fagocytují, eozinofily - fagocytují (3% granuloc.), bazofily (1% gran.)

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

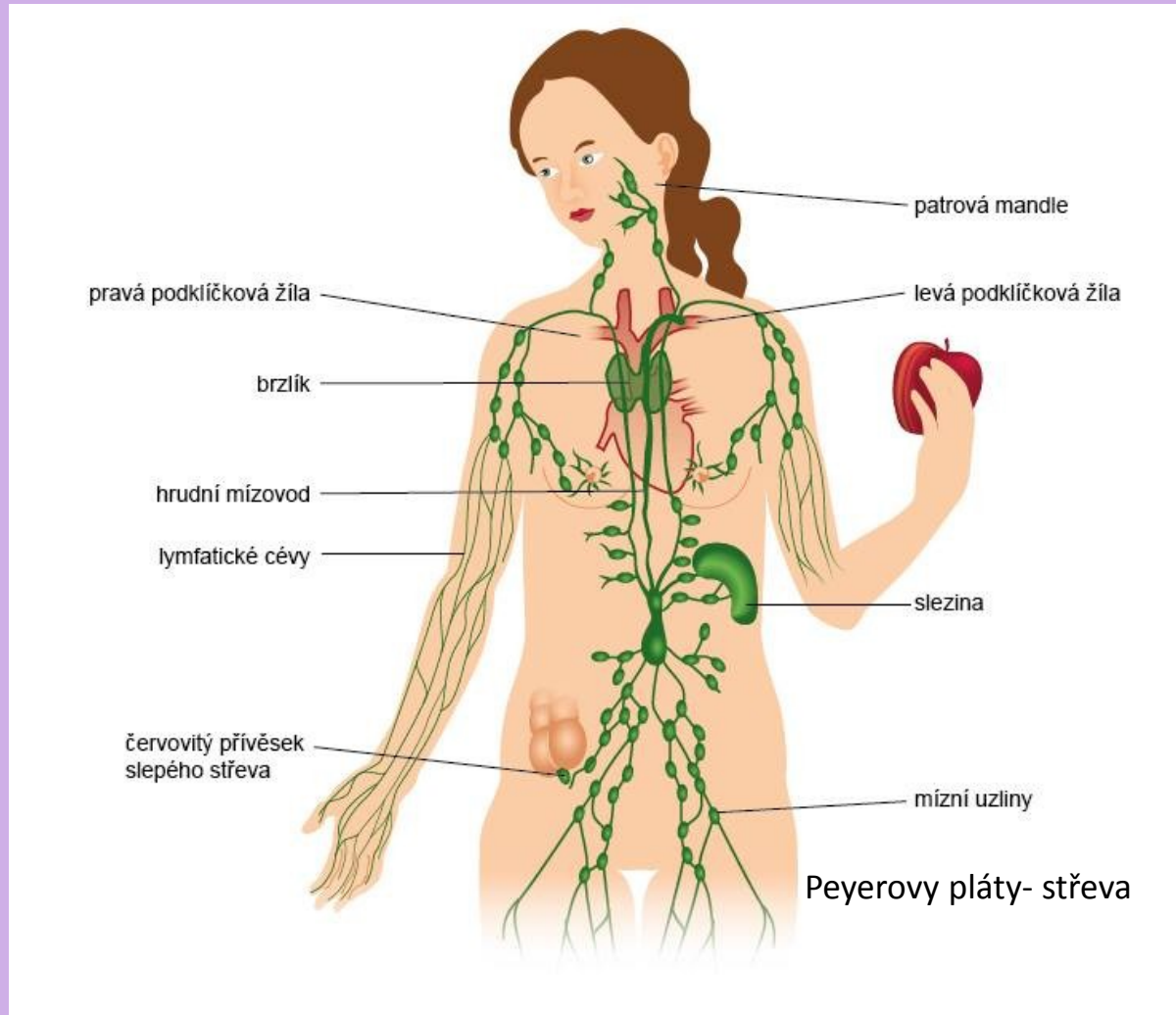
T lymfocyty – povrchové receptory

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

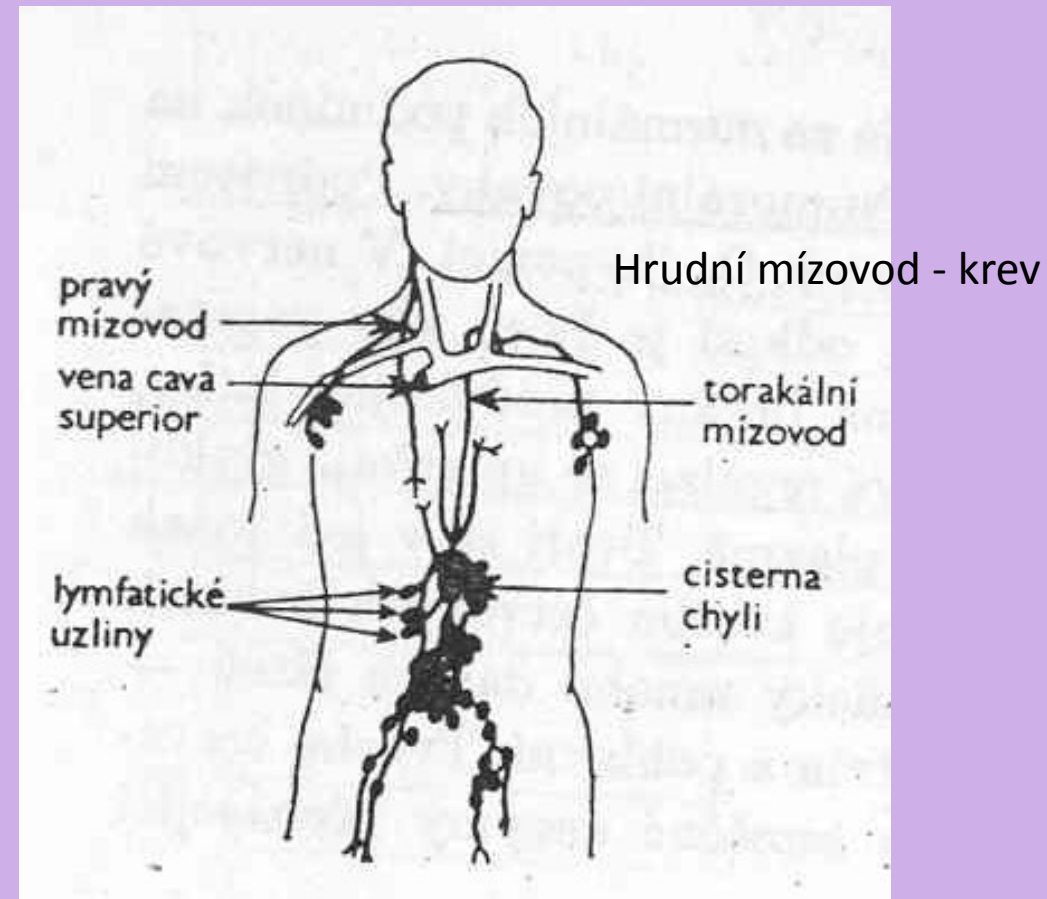
Míza (lymfá), lymfatický cévní systém

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, obojživelníci, plazi, někteří ptáci).



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 A₁ – A₆, další aglutinogeny D(Rh) – systém 13 a-genů (C,D,E aj.).

Nejvíce antigenní D. Pokud D přítomen = Rh⁺. Aglutininy anti-D normálně nejsou přítomny, tvoří se při setkání s krví Rh⁺.

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


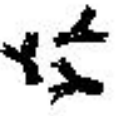







Dědičnost krevních skupin, 0 recesivní, A,B, dominantní

Krevní skupiny u zvířat: více než u lidí. Vznik antigenů před vývojem primátů.

Známy i u slepic, kachen, králíků, koz.

Neidentifikovány u morčat, myší, koček a poikilotermů.

Mezitaxonová 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
	0	00	 Žádný antigen	 anti - A anti - B	37,6
Systém Rh	Rh ⁺	DD Dd	 Antigen D	-	85
	Rh ⁻	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)

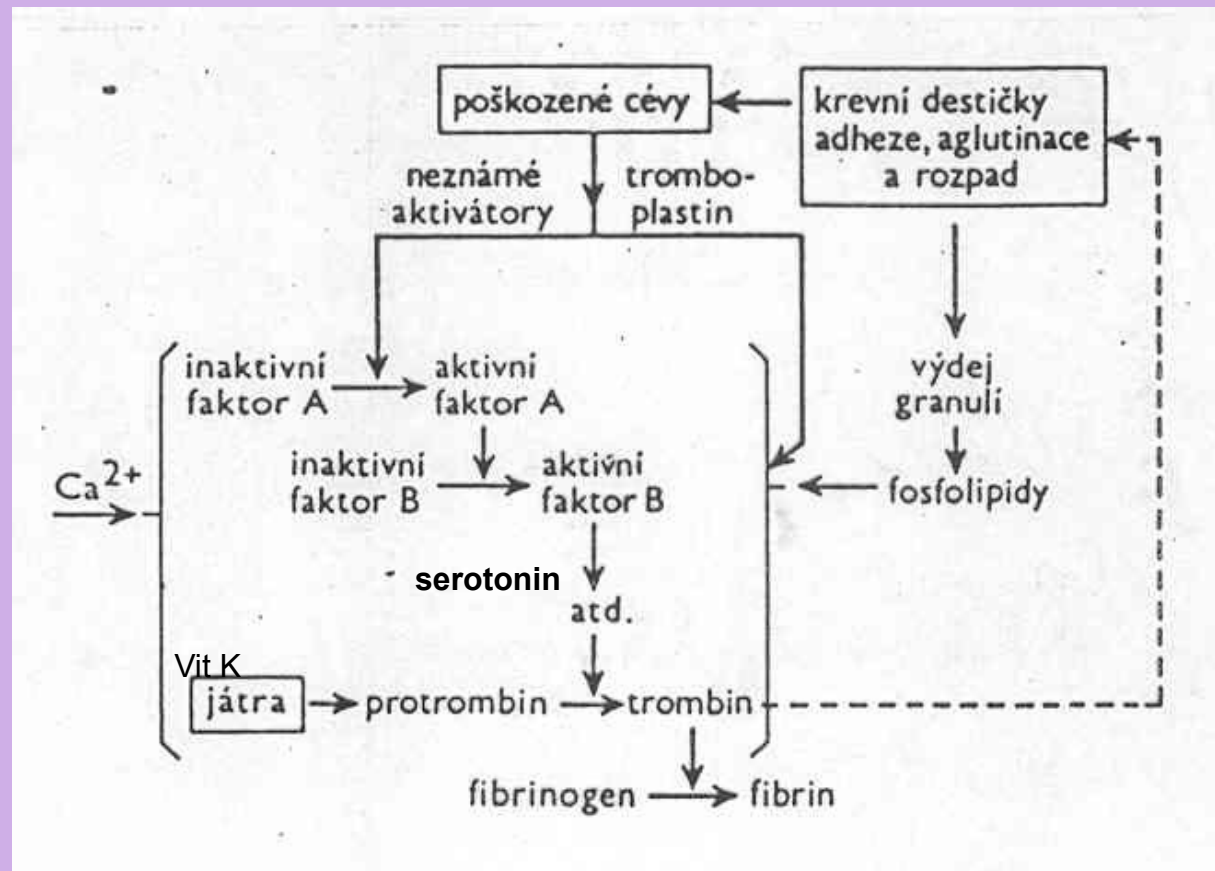
Tekutý stav krve – fyziologický, na vzduchu tuhne.

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^{2+} , vitamín K** (podporuje syntézu protrombinu v játrech), fosfolipidy z rozpadlých krevních destiček.

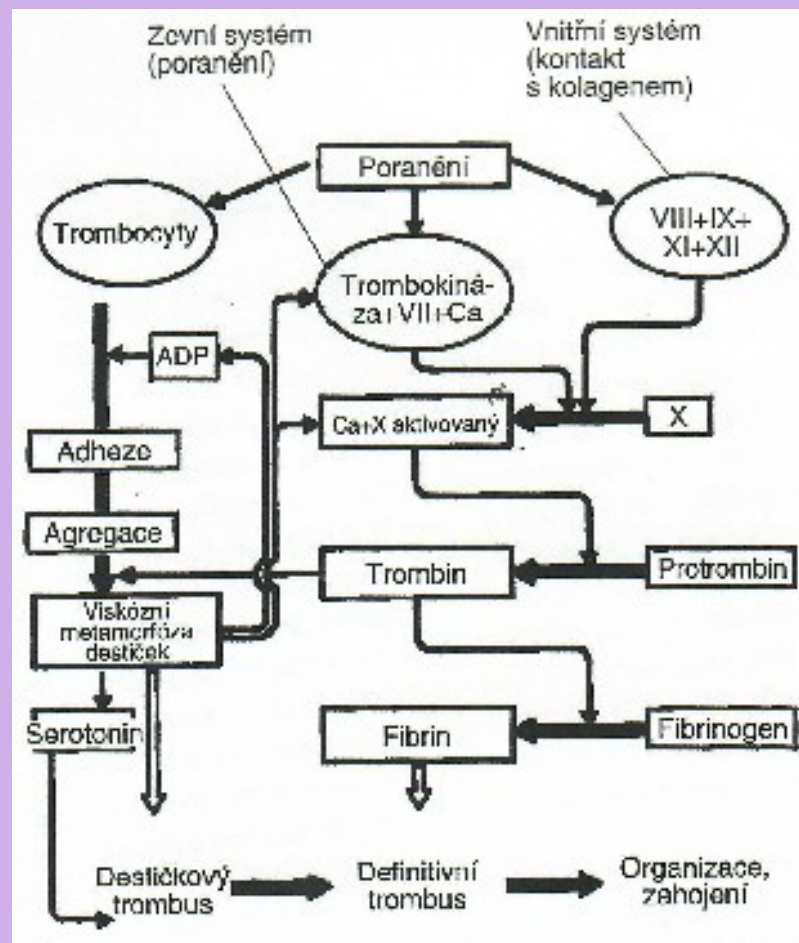
Poškození

1. adheze trombocytů v poraněném místě – **primární destičková hemostatická zátka**
2. uvolnění **serotoninu** – **vazokonstrikční fáze** (smrštění cév v místě poranění)
přeměna fibrinogenu na fibrin (pomocí trombinu) –
3. 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.