

9. Funkce tělních tekutin

Difuze

Difuzní vzdálenost

Relativně menší povrch těla na jednu buňku
s větší velikostí organismu

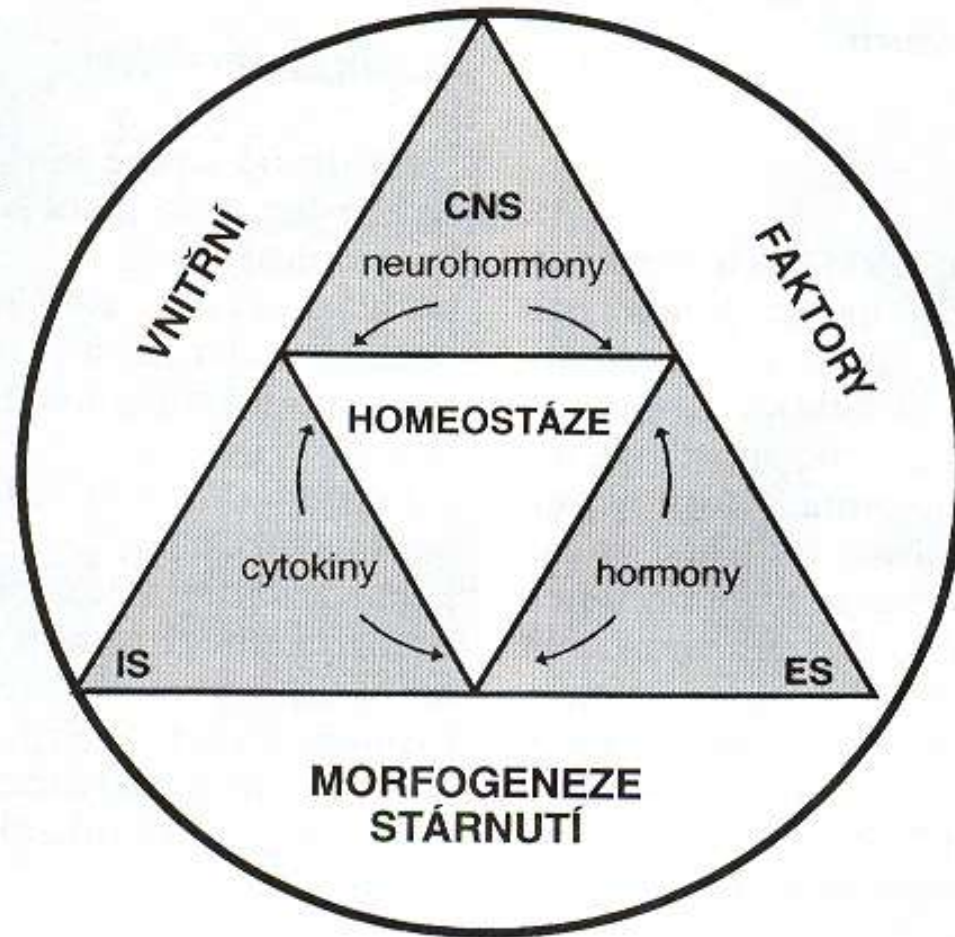


- minimální difuzní vzdálenost
- maximální povrchy pro výměnu
- maximální gradient

**VNĚJŠÍ
FAKTORY**
fyzikální
chemické
výživa
patogeny

**ETOLOGICKÉ
A SOCIÁLNÍ
FAKTORY**
psychické
kulturní

PERIODICITA
lunární
solární
sezonní
circadiální

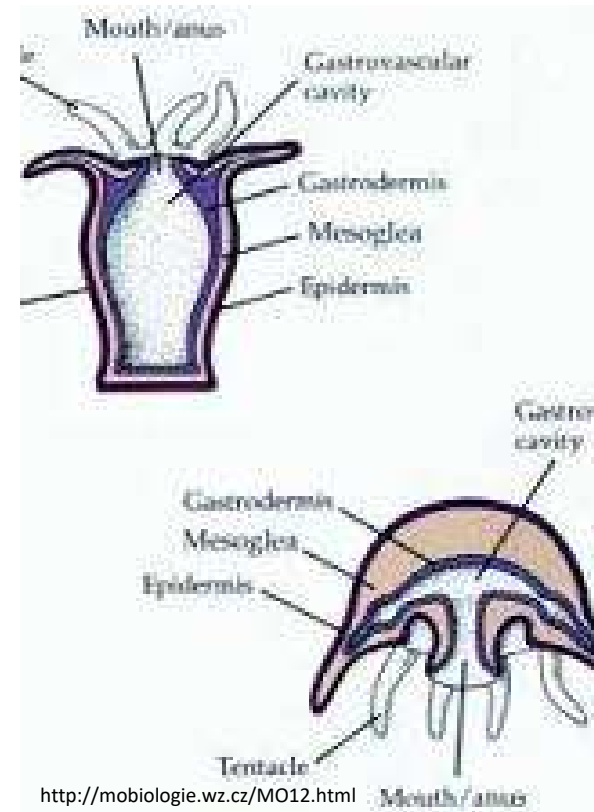


ADAPTACE

**MORFOGENEZE
STÁRNUTÍ**

Typy tělních tekutin

- Hydrolymfa (houbovci, žahavci, ploštěnci), tekutina v otevřeném střevě plní i úkoly transportu látek, nejsou v ní bílkoviny s transportní funkcí



- Hemolymfa/coelomová tekutina (hemocyty/coelomocyty)
- otevřené soustavy bezobratlých
- pokud není vyvinuta tracheální soustava, objevují se dýchací barviva
- srážení
- melanizace (fenoloxidázová kaskáda)



- vodnatá tekutina obsahující ionty, molekuly a buňky
- může být čirá a bezbarvá, ale často je pigmentována a je nažloutlá, zelenavá, modrá nebo hnědá; vzácně červená (u některých nedospělých stadií vodních nebo parazitických Dipter) z důvodu přítomnosti hemoglobinu
- pH hemolymfy je slabě kyselé - 6,4 až 6,8
- koncentrace solí dosahuje hodnot 1,5 - 2,1% (obratlovcí 0,9%), vysoký je také obsah aminokyselin (20 až 30 krát vyšší než u obratlovců) i peptidů
- hemolymfa obsahuje též steroidní látky a hormony
- ze sacharidů je nejdůležitější trehalóza - transportní disacharid složený ze dvou molekul glukózy, slouží také jako kryoprotektant
- v hemolymfě je také řada dalších cukrů - glukóza, sacharóza, fruktóza, galaktóza, ribóza atd.
- jejich obsah v hemolymfě je druhově specifický a závisí především na vývojovém stádiu
- běžná koncentrace proteinů dosahuje hodnot okolo 6% (podobně jako u obratlovců).

Krev - v uzavřených cévních soustavách,
tkáňový mok – ultrafiltrát krevní plazmy, míza

- červená, neprůhledná, viskózní tekutina
- pH = 7,4
- proudí v uzavřeném cévním oběhu
- 8% hmotnosti: Ž – 4,5 l, M - 5-6 l
- stále se obnovuje
- za 1 den 50 ml
- za rok 18 litrů



Množství krve

Normální objem krve se nazývá **normovolémie**, snížený **hypovolémie**, zvýšený **hypervolémie**.

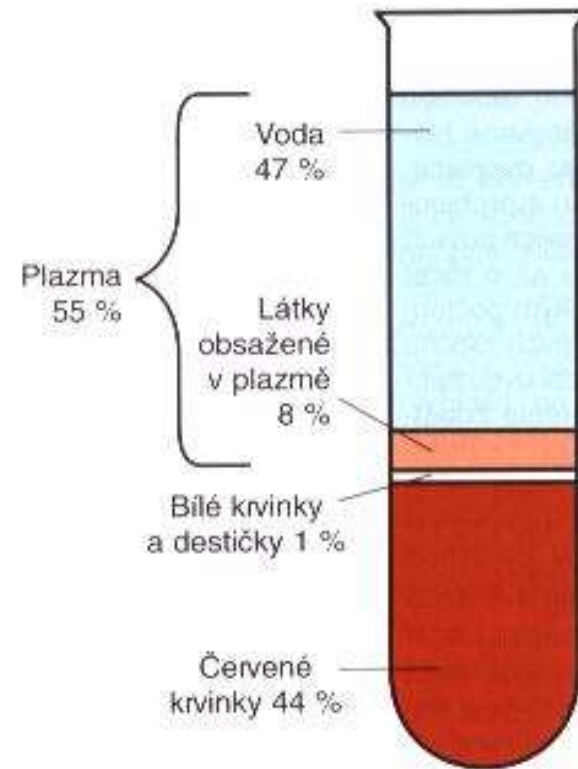
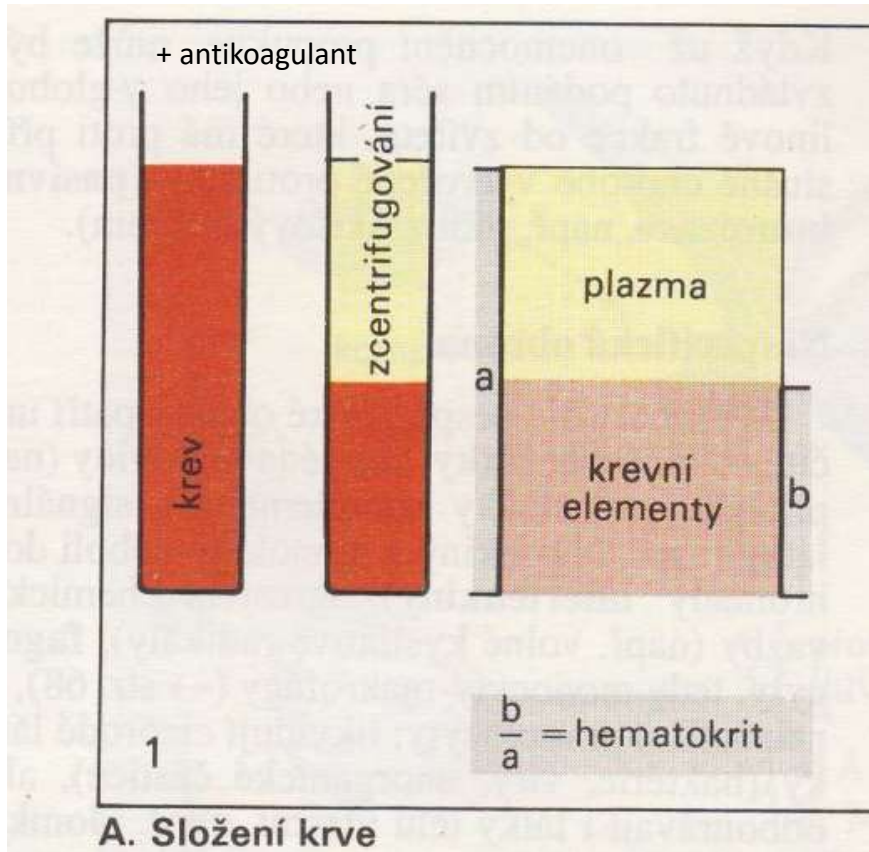
Zdravý člověk snáší ztrátu do 10 % objemu krve. Určité zdravotní potíže může vyvolat ztráta kolem 750 ml, tj. asi 15 % objemu krve. I tuto ztrátu dokáže však člověk postupně vyrovnat. Menší ztráty krve se vyrovnávají přesunem z **krevních zásobáren** (játra, slezina) a převedením tkáňového moku do krve. Poté se urychlí i **tvorba krvinek**. Denně se takto obnovuje asi 50 ml krve. To znamená, že za rok se objem krve u člověka vymění 3–3,5krát.

- Krev se také může vyskytovat v moči a může být také [krev ve stolici](#). V těchto případech je nutné navštívit lékaře. Krev ve stolici může signalizovat [rakovinu tlustého střeva](#) a krev v moči může značit [rakovinu ledvin](#) nebo [rakovinu močového měchýře](#).

Funkce krve

1. Od dýchacích orgánů přivádí kyslík do tkání a oxid uhličitý odvádí zpět.
2. Přivádí živiny a ostatní látky resorbované v gastrointestinálním traktu ke tkáním a odvádí z nich odpadní zplodiny látkové přeměny.
3. Transportuje hormony, organické i anorganické látky z místa jejich sekrece nebo resorpce k cílovým orgánům a tkáním.
4. Přenáší teplo a tak se řízeným prokrvením podílí na termoregulaci.
5. Má mechanismy na udržení stálosti vnitřního prostředí (pufrovací schopnost udržení pH, zásobárna vody na regulaci osmotického tlaku atd.).
6. Plní imunitní funkce odstraňující mrtvé nebo cizorodé elementy z těla.
7. U některých bezobratlých plní hydrostatický tlak krve nebo hemolymfy roli hydrostatického skeletu.

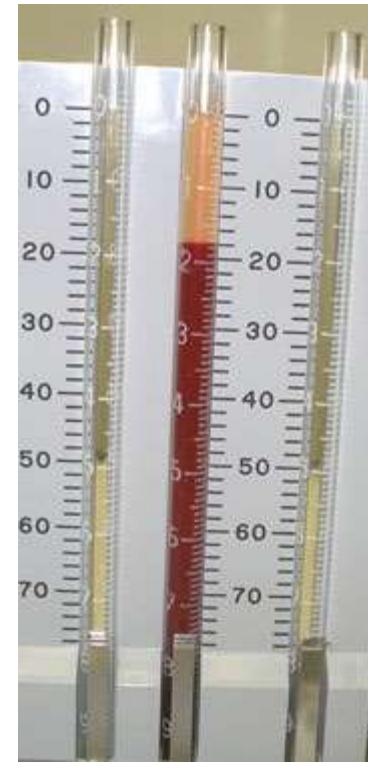
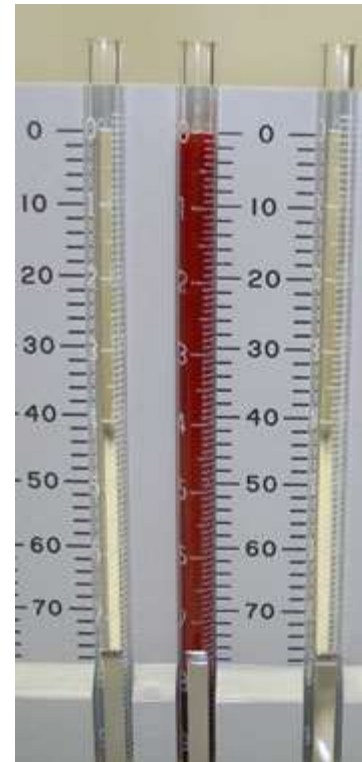
Složení krve



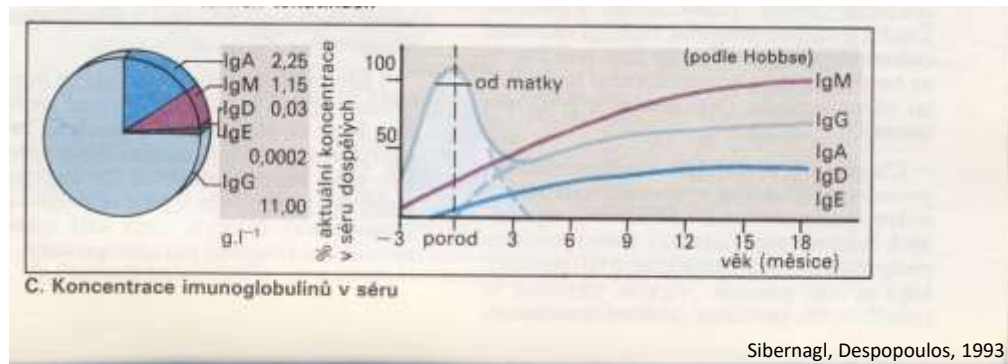
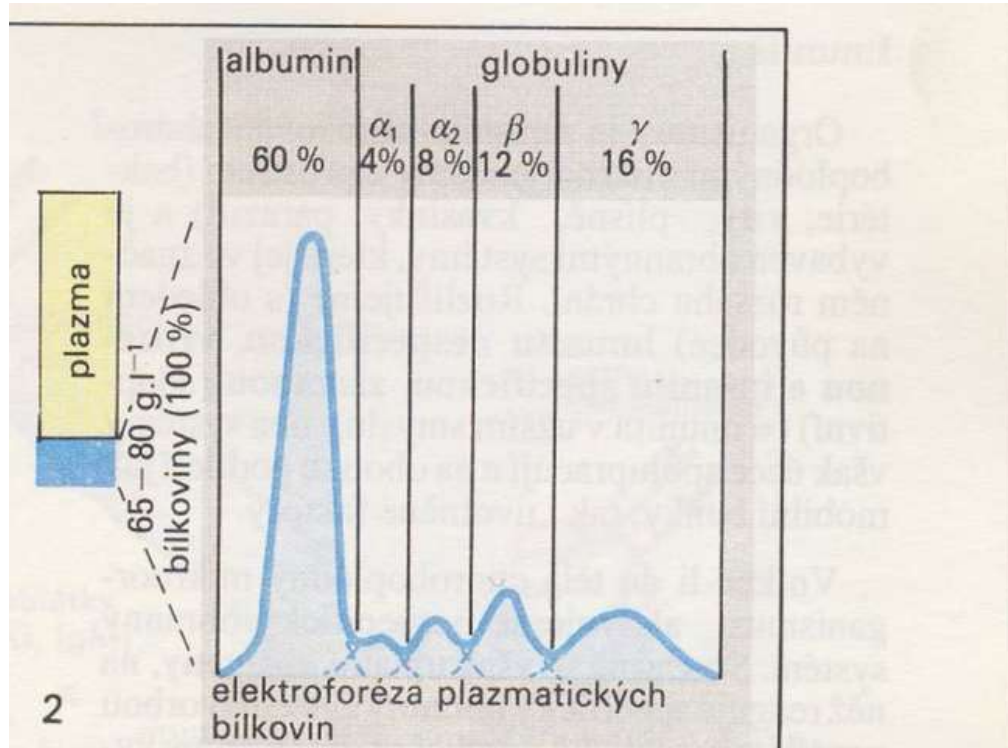
Krev je **suspenze buněčných elementů – erytrocytů** (červených krvinek), **leukocytů** (bílých krvinek) a **trombocytů** (krevních destiček) v **krevní plazmě**. Poměr objemu krvinek ke krevní plazmě nazýváme **hematokrit**. U mužů je tento poměr přibližně 44 : 56 %, u žen, které mají méně erytrocytů, 40 : 60 %.

Sedimentace

- diagnostická metoda
- krev + antikoagulant (šřavelan nebo citronan sodný)
 - zabrání srážení krve, naváží na sebe vápenaté ionty
 - jednotlivé složky se usazují – sedimentují
- zjišťuje se na sedimentačním přístroji
 - u zdravého muže 2 – 5 mm za hodinu
 - u zdravé ženy 3 – 8 mm za hodinu
- vyšší hodnoty = ukazatel zánětu

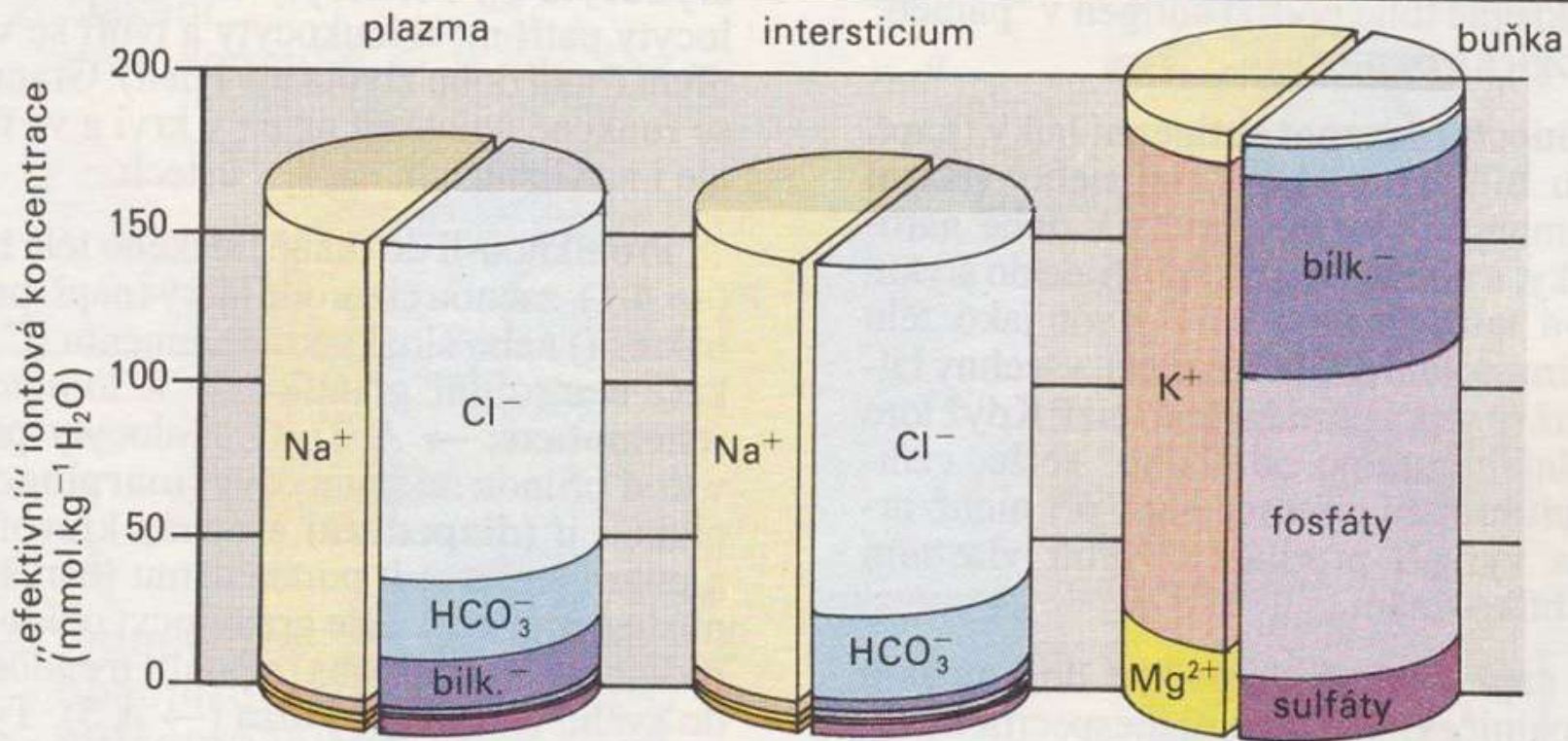


Bílkoviny a organické látky krevní plasmy



fibrinogen
sérum x plasma

Glc, lipidy (cholesterol), močovina, kyselina močová...



plazma intersticiium buňka

Na ⁺	150	144	10
K ⁺	5	5	160
Mg ²⁺	2	2	28
Ca ²⁺	3	3	

kationty

plazma intersticiium buňka

Cl ⁻	110	114	3
HCO ₃ ⁻	27	28	10
bílk.⁻	17	4	65
fosfáty	2	2	100
sulfáty	1	1	20
org. kyseliny	4	4	

anionty

B. Obsah iontů v tělních tekutinách

Hlavní kationty jsou ionty **sodíku**, které se významně podílejí na udržování osmotického tlaku. Retence (zadržování) natria znamená i retenci vody.

Ionty **chloru** pocházejí z ionizovaného NaCl. Chlor je důležitý i pro tvorbu HCl žaludeční šťávy.

Hladina **vápenatých** iontů je v plazmě poměrně stálá. Jsou nezbytné pro srážení krve, neuromuskulární přenos a kontrakci svalů. Hypokalcémie vede až ke svalovým křečím (tetanii). Spolu s **fosforem** je vápník také důležitým prvkem při tvorbě kostí a zubů.

Draselné ionty jsou sice převážně intracelulárními kationty, ale jejich určitá stálá koncentrace v plazmě je důležitá pro aktivitu řady enzymů. Spolu s Na⁺ ionty hrají významnou roli při přenosu nervového vzruchu.

Také **hořečnaté ionty** jsou nezbytné pro aktivitu důležitých enzymů. Snižují dráždivost kosterního svalstva a jejich vysoká hladina může mít narkotické účinky.

Ionty **železa** jsou v plazmě ve vazbě na bílkovinu transferin. Jsou nezbytné pro oxidační děje a představují důležitou součást hemoglobinu i cytochromů.

Měď je v plazmě vázána na bílkovinu **ceruloplazmin** a je důležitá pro syntézu mnoha enzymů. U mužů je hladina mědi vyšší než u žen (což platí i pro samčí pohlaví mnoha dalších druhů živočichů).

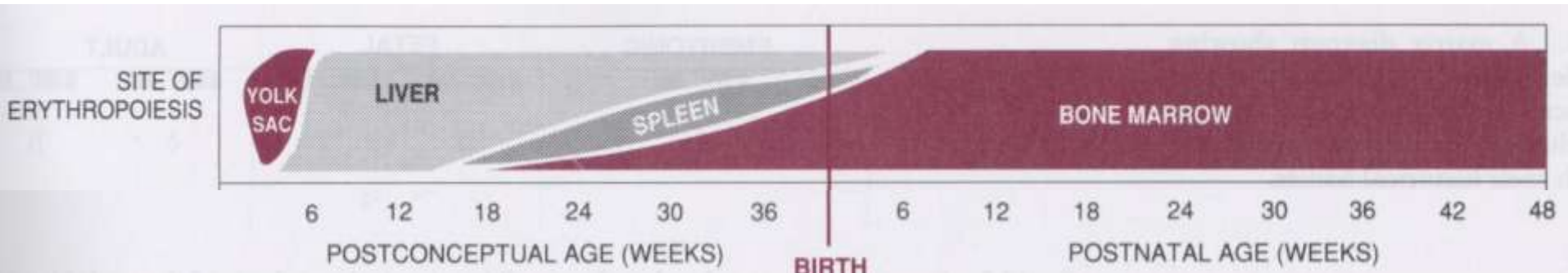
Z anorganických složek krevní plazmy jsou dále přítomny anionty **bikarbonátové, fosfátové, sulfátové** a přechodně i řada dalších anorganických látek, které jsou krví transportovány zejména z trávicího traktu k cílovým orgánům

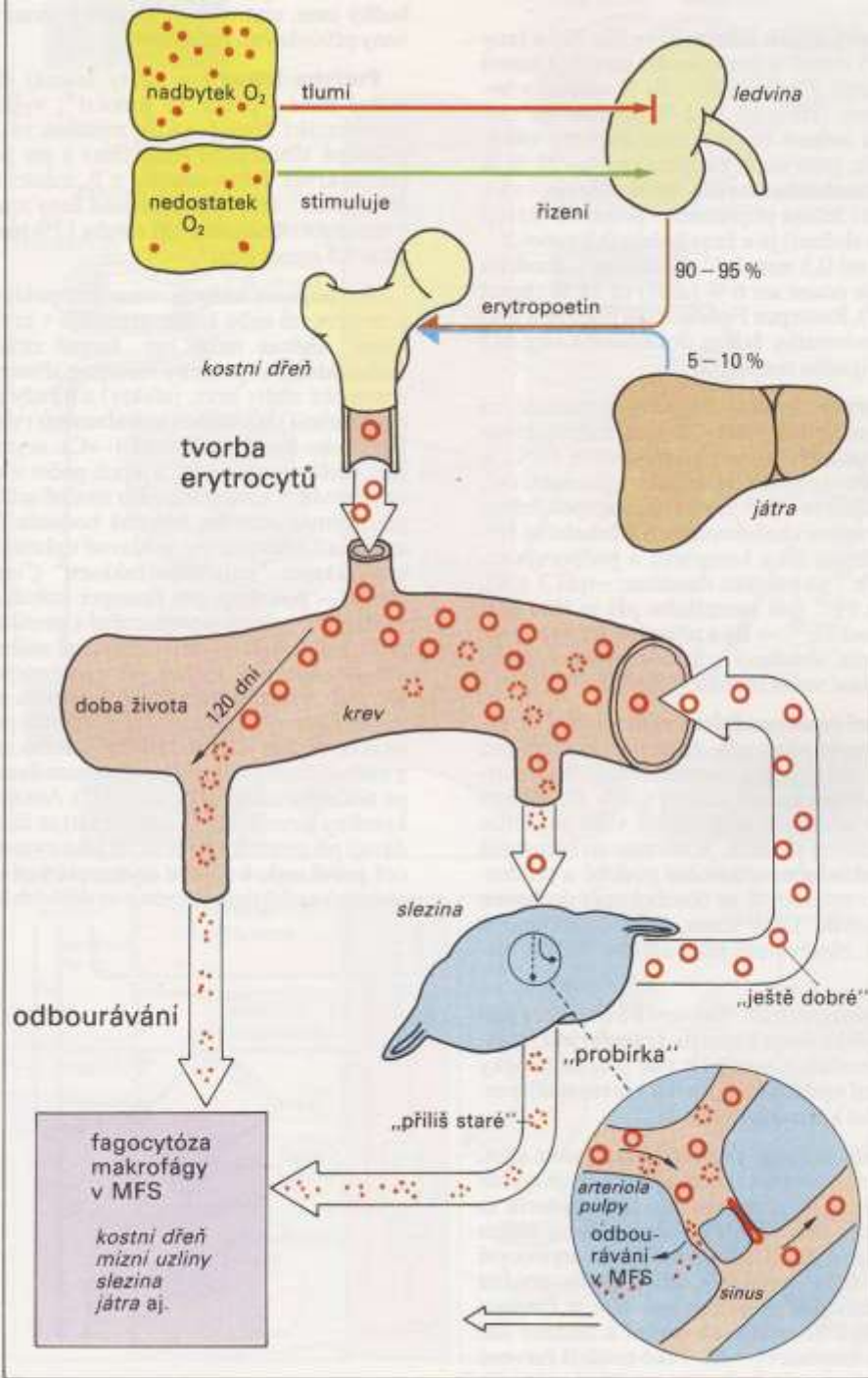
fyziologický roztok – 0,9% r. chloridu sodného

Erythrocyty



Erythropoéza během vývoje

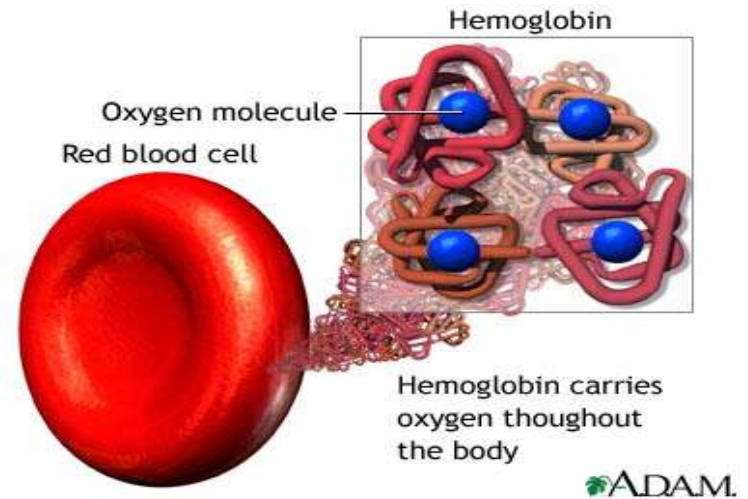




A. Tvorba a odbourávání erythrocytů

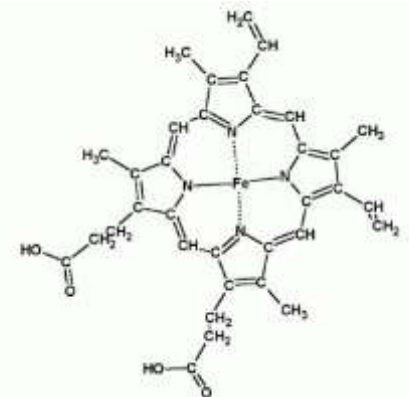
Hemoglobin

- Přenos dýchacích plynů
 - Pufrovací kapacita krve
 - Hemolýza:
 - slezina, játra
 - **Globin** – rozštěpen na aminokyseliny
 - **Hem** – Fe^{3+} - transferin – hemosiderin – feritin, zbytek hemu na biliverdin – bilirubin – žluč
- 1 erythrocyt – 265mil. molekul hemoglobinu

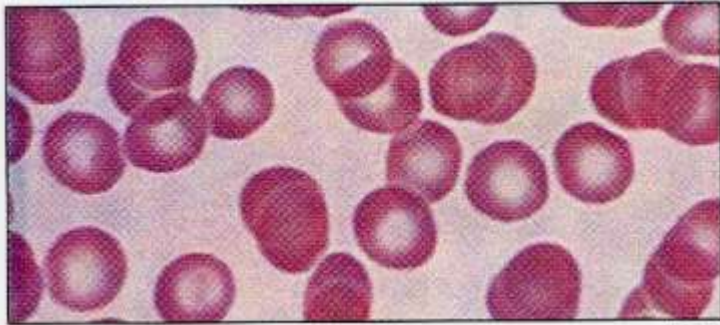


♂ 14 – 18g/100ml

♀ 12 – 16g/100ml



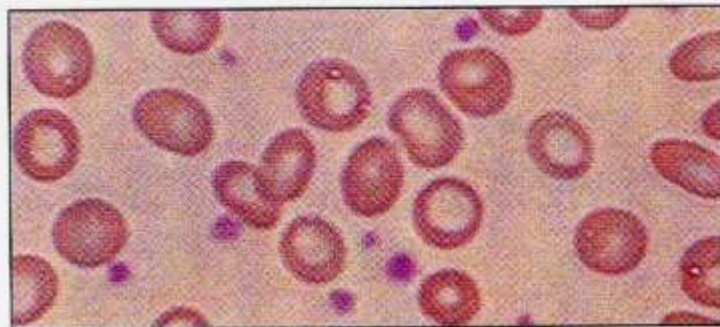
Anémie = chudokrevnost



LM

Normální krev

Molekuly hemoglobinu, pigmentu, který váže kyslík, dávají krvi její červenou barvu, jak je vidět na tomto vzorku normálních červených krvinek.

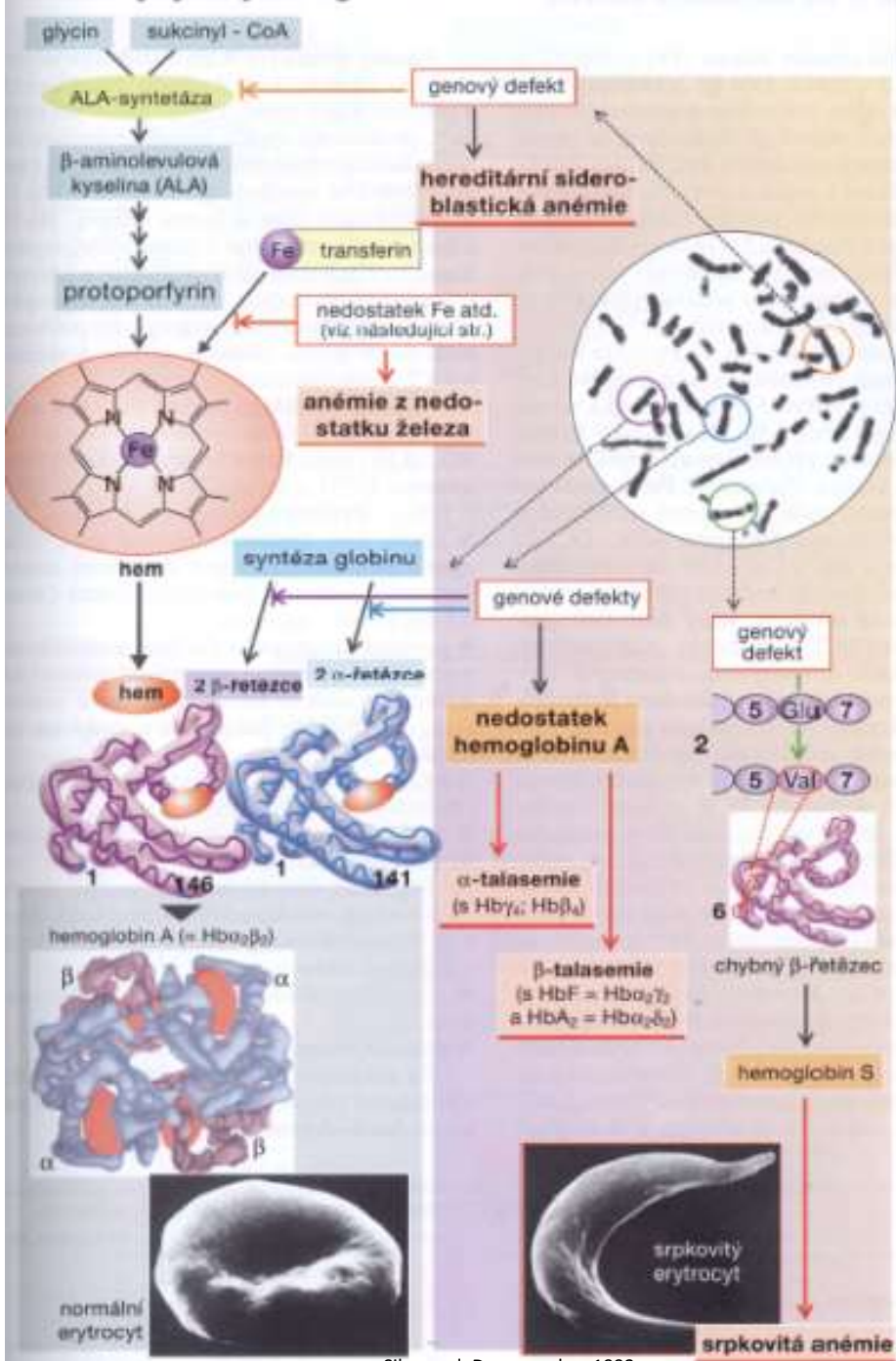


LM

Anémie z nedostatku železa

U anémie jednak nízký počet červených krvinek a jednak nedostatek hemoglobinu způsobuje vyblednutí. Buňky obsahují méně kyslíku než normální krvinky.

A. Poruchy syntézy hemoglobinu



Leukocyty

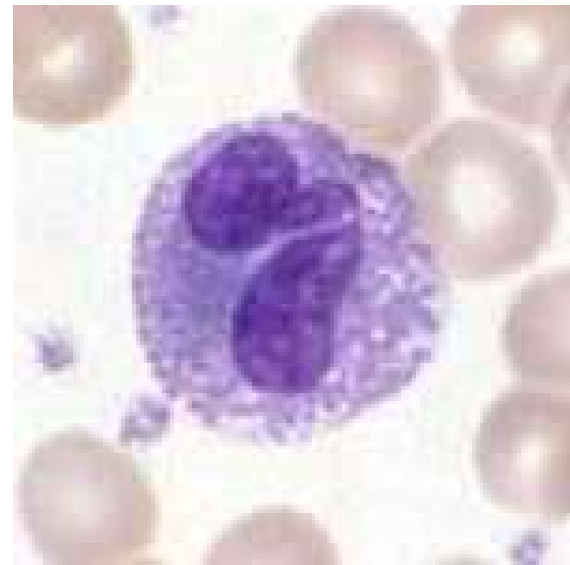
1) granulocyty

buňky s jádrem, mají v cytoplazmě barvitelná zrníčka (granula)

jejich počet kolísá

životnost 7 dní až měsíc

jsou schopné fagocytozy



eosinofilní granulocyt

Rozdělení granulocytů

1. neutrofilní:

- nejpočetnější skupina – 60 - 70%
- barví se neutrálními barvivami (fialová)
- mají schopnost diapedézy i fagocytózy – označují se jako mikrofágy, tvoří první obrannou linii
- počet stoupá při infekcích, ve velkém počtu obsaženy ve hnisu

2. eosinofilní:

- 3 – 5%
- barví se kyselým barvivem (červená)
- schopnost pohybu, ale nefagocytují
- množují se při alergiích a parazitálních onemocněních

3. basofilní:

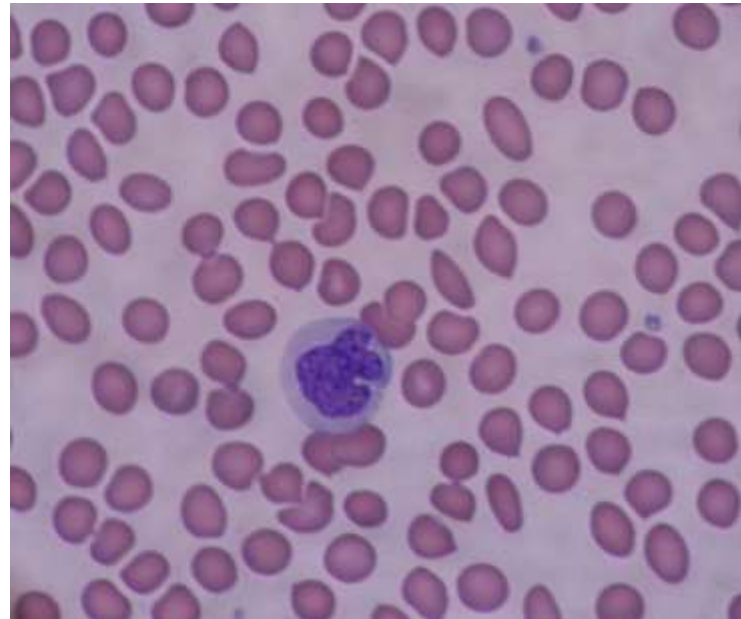
- 0,5 – 1%
- barví se zásaditými barvivami (modrá)
- protisrážlivá funkce – obsah heparinu

2) agranulocyty

neobsahují barvitelná zrníčka (grana)

životnost měsíce – celý život

mají celistvé jádro



monocyt

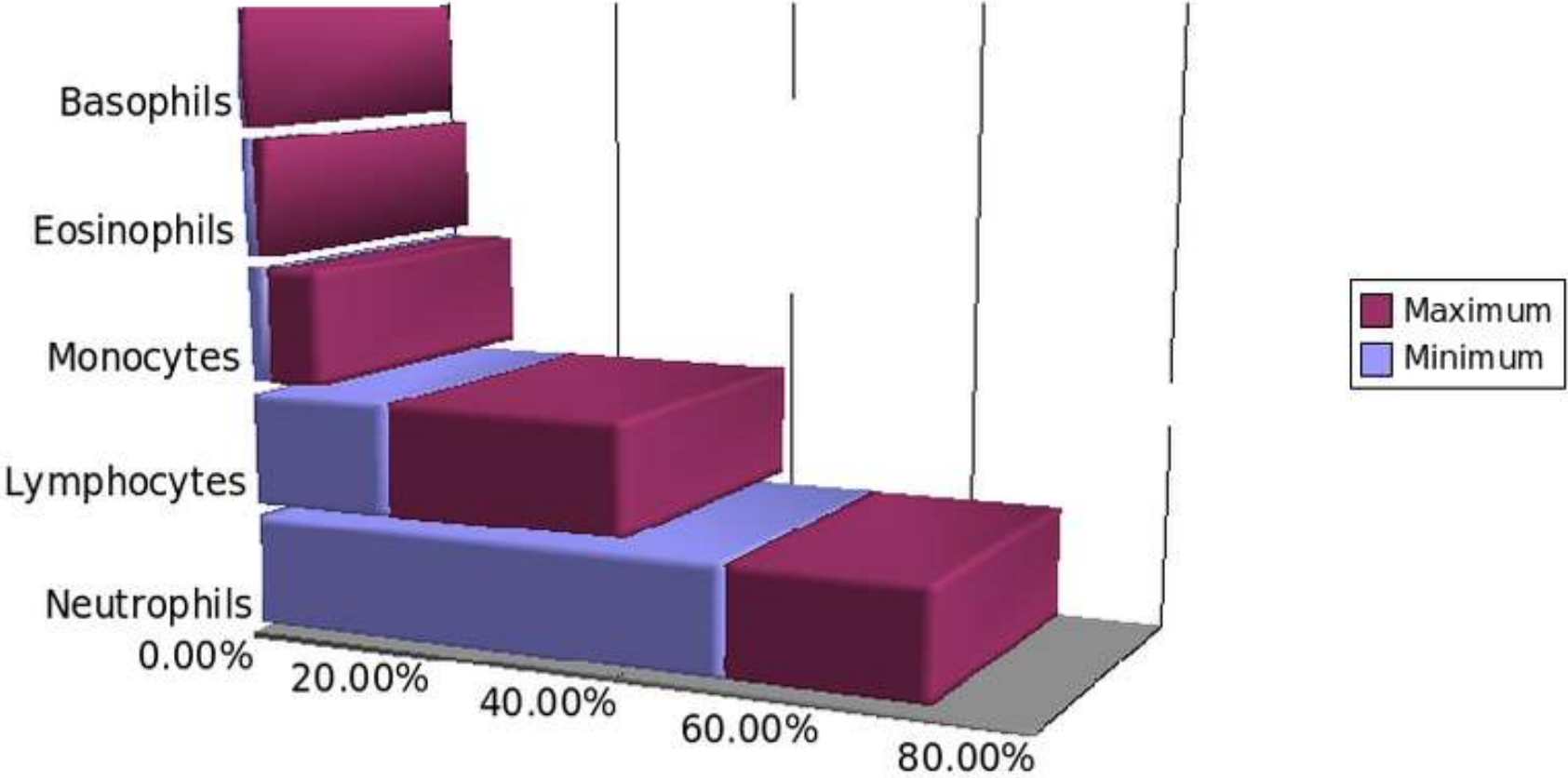
Typy agranulocytů

a) **monocyty** – schopné fagocytozy

b) **lymfocyty** – nefagocytují, vytvářejí protilátky
vznikají v mízní tkáni (mízní uzliny, mandle, brzlík)

- lymfocyty B – zodpovídají za humorální imunitu
(tvorba protilátek)
- lymfocyty T – zodpovídají za buněčnou imunitu
(odvržení cizí tkáně transplantátu)

White Blood Cell Distribution

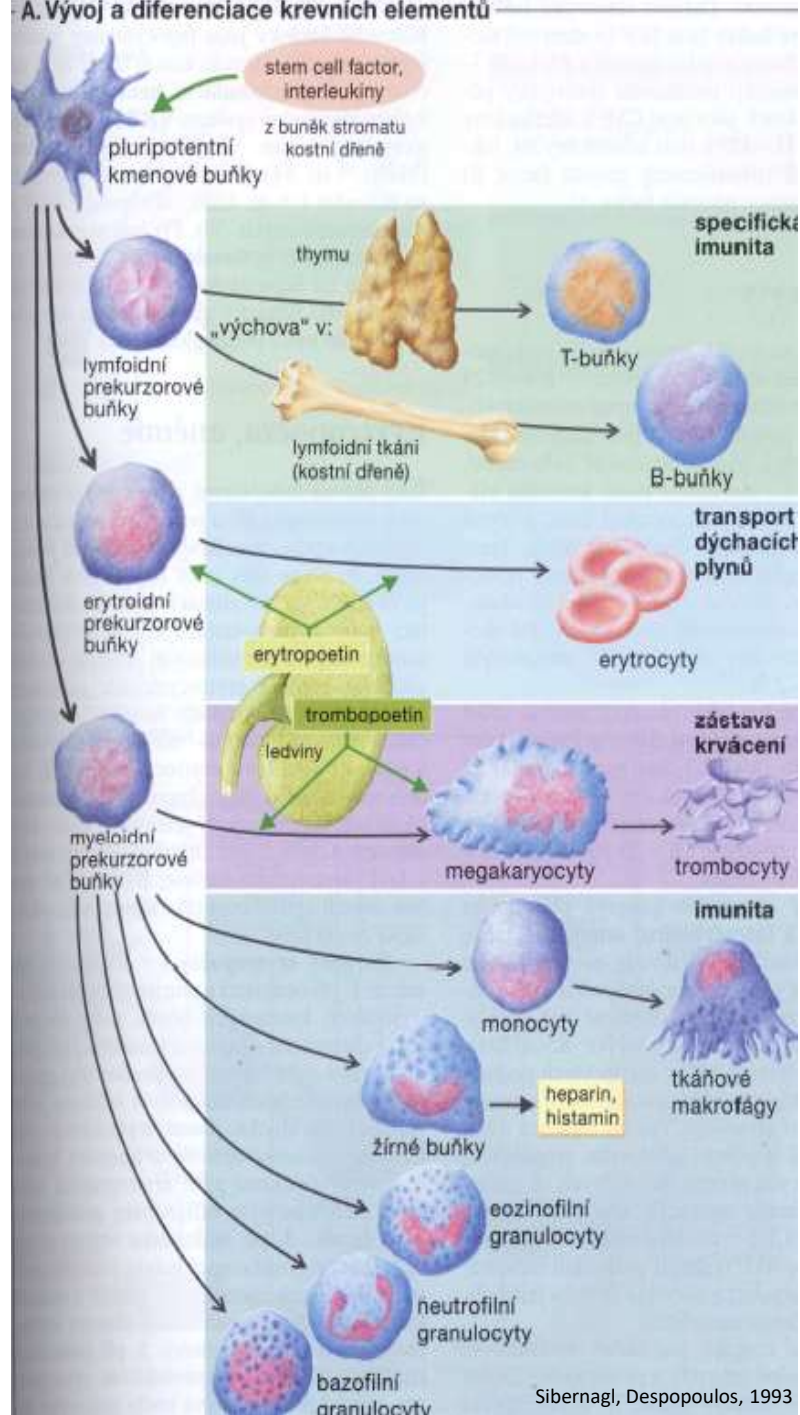


Trombocyty

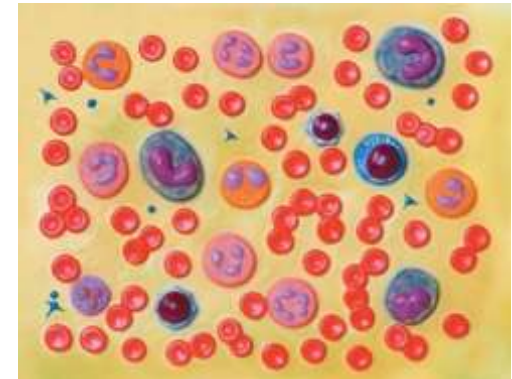
- malá zrnitá tělíčka bez jádra, z megakaryocytů, 150-300tis/mm³
- vznikají v kostní dřeni
- životnost 8-12 dní
- zahajují srážení krve – uzavření poraněné cévy



Hemopoéza - krvetvorba



Krevní obraz



Stanovuje počet a charakter
krevních elementů

– Josef Arneth (De) 1904, neutrofily, díky metodě barvení krevních buněk
(1877, Paul Ehrlich)

- Erythrocyty 4,3 - 5,3 x 10⁶/μl, 3,8 - 4,8 x 10⁶/μl
- Leukocyty 4 - 9 x 10³/ μl
- Trombocyty 1-1,5 x 10⁵/μl
- Hemoglobin 14 - 18g/100ml, 12 - 16g/100ml
- Hematokrit 0,39 - 0,49; 0,35 - 0,43



Krevní roztěr

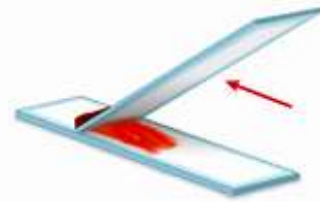
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



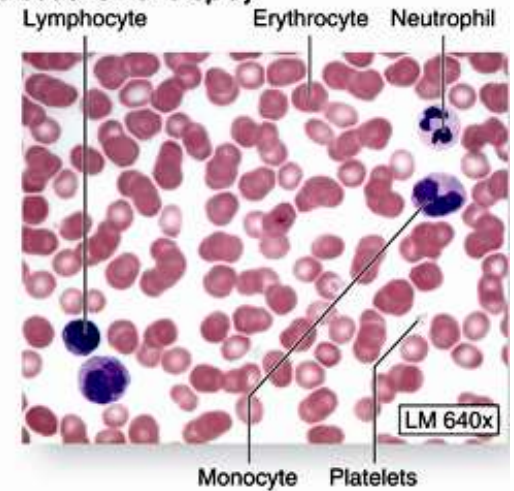
① Prick finger and collect a small amount of blood.



② Place a drop of blood on a slide.



③ Using a second slide, pull the drop of blood across the slide surface, leaving a thin layer of blood on the slide. After the blood dries, apply a stain for contrast. Place a coverslip on top.



④ When viewed under the microscope, blood smear reveals the components of the formed elements.

Patologie krevních elementů

- Erytrocyty - ↓ anémie (i nižší hladina hemoglobinu)
(oligocytémie, erythrocytopenie)
 - ↑ polyglobulie
- Leukocyty - ↓ leukopénie - pod 4tis (x leukémie)
 - ↑ leukocytóza - nad 10tis/mm³)
- Hemoglobin – ↓ anémie (při zachování normálního počtu erythrocytů)

Leukémie



Transplantace kostní dřeně



Acidobazická rovnováha krve

Acidobazická rovnováha = kyselost plazmy (pH)

pH plasmy 7,4±0,04 !!!!! (změny pH v setinách!!)

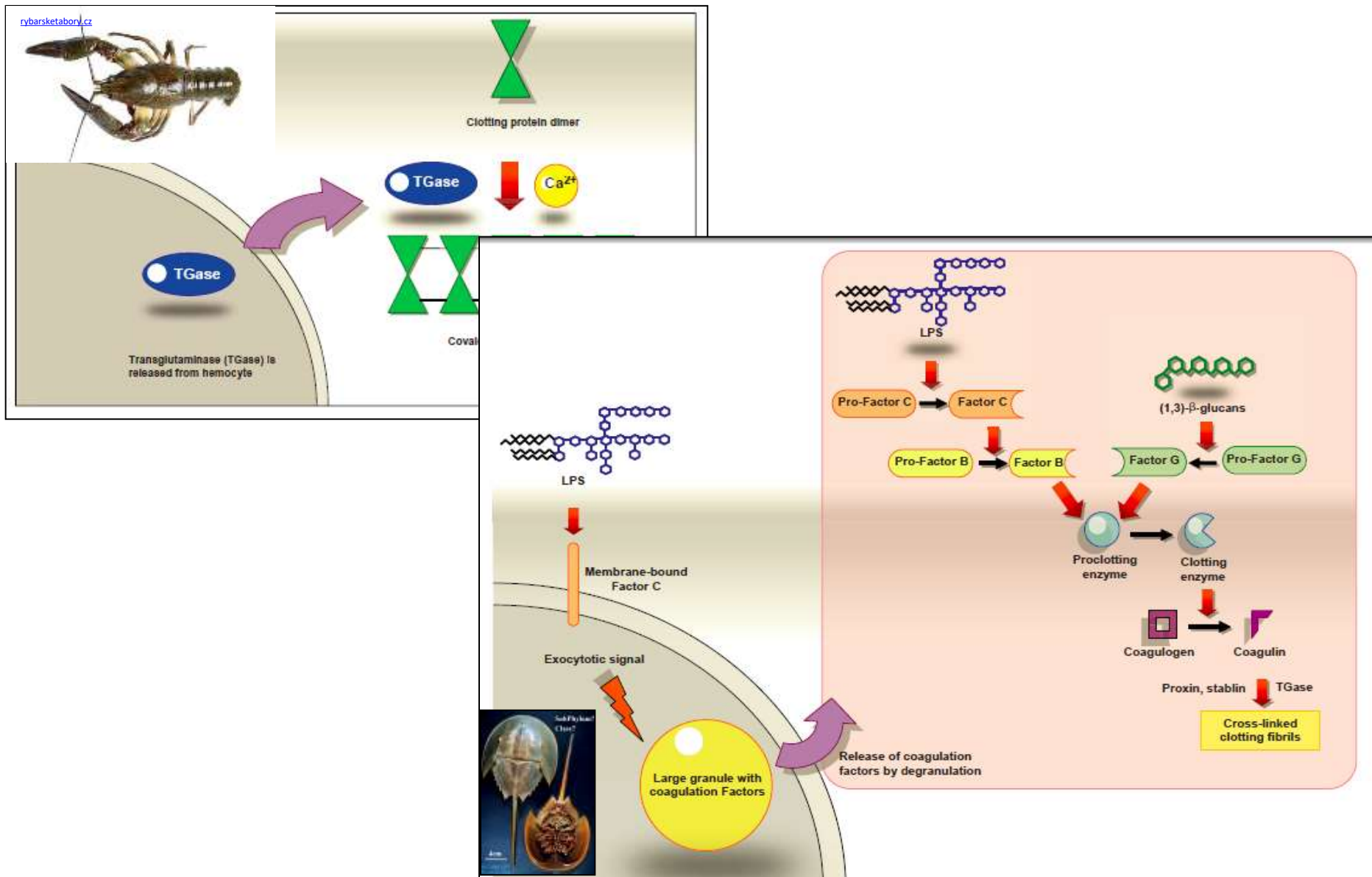
Kolísání pH – acidóza ...alkalóza

změnami pH krve, (tj. změnami vnitřního prostředí)
se mění reaktivita našeho organismu, odlišně začínají
pracovat naše metabolické enzymy v buňkách a vzniká
únava, nepohoda, psychické problémy, změny metabolické,
trávicí apod. ...nebo naopak se vše zlepší !!

(tj. při změnách vlhkosti vzduchu, změnách počasí,
barometrického tlaku...)

pH krve je barometrem našeho těla a metabolických reakcí

Srážení tělních tekutin



Srážení krve

Srážení krve:

- důležitá funkce – ochrana před ztrátami krve
- nastává vždy, pokud se krev dostane mimo uzavřený oběh
- smrštění poraněné cévy (vazokonstrikce) + vytvoření krevní sraženiny

proces hemokoagulace = srážení krve

- trvá několik minut, podle velikosti poranění
- serotonin – zúžení cév

z rozpadlých
krevních destiček
se uvolňuje Ca^{2+}
a enzym
trombokináza



protrombin ze
začíná měnit na
trombin



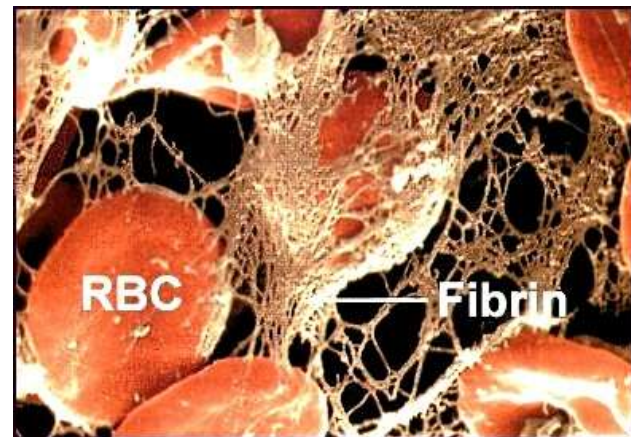
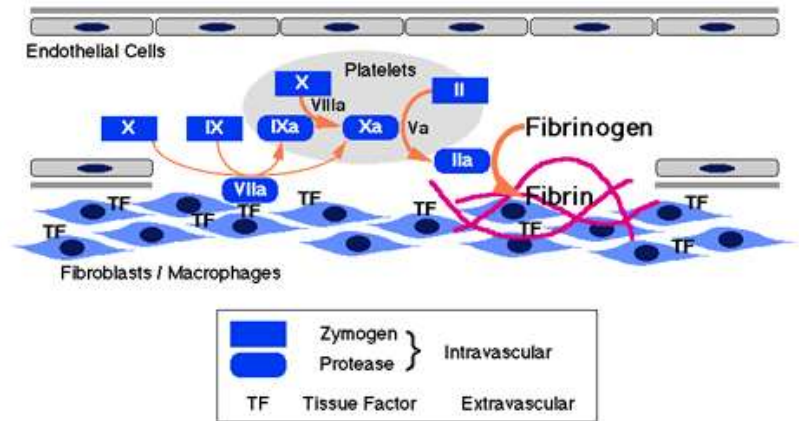
rozpuštěný
fibrinogen se
změní na
nerozpuštěný fibrin
= vytvoření sítě



vytvoří se tzv.
krevní koláč, na
okrajích krevní
sérum

Cíl

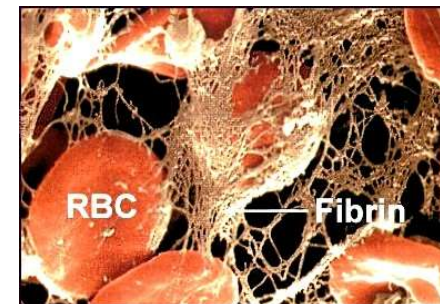
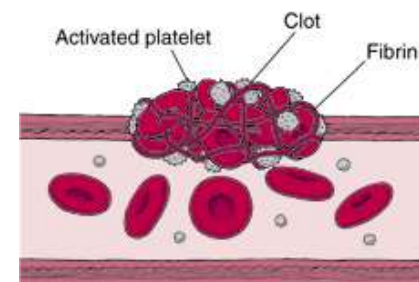
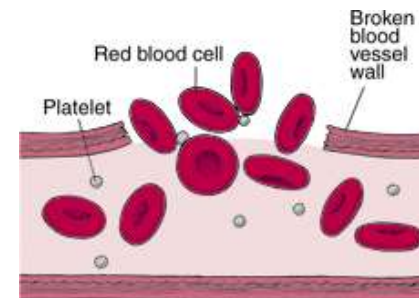
- Přeměna rozpustného fibrinogenu na nerozpustný fibrin
- Vytvoření prostorové sítě pro zachycení krvinek a destiček

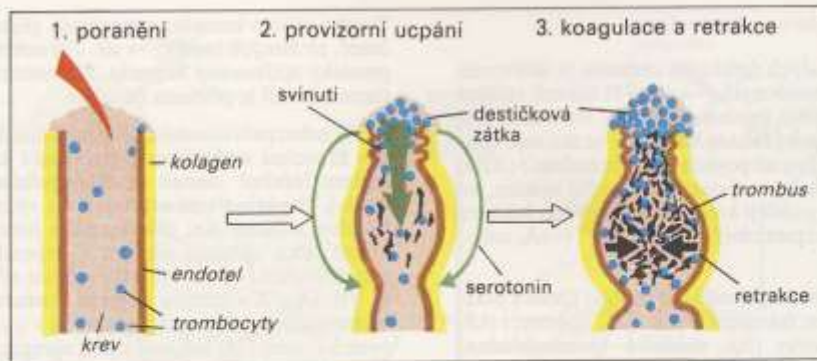


Srážení krve = hemokoagulace

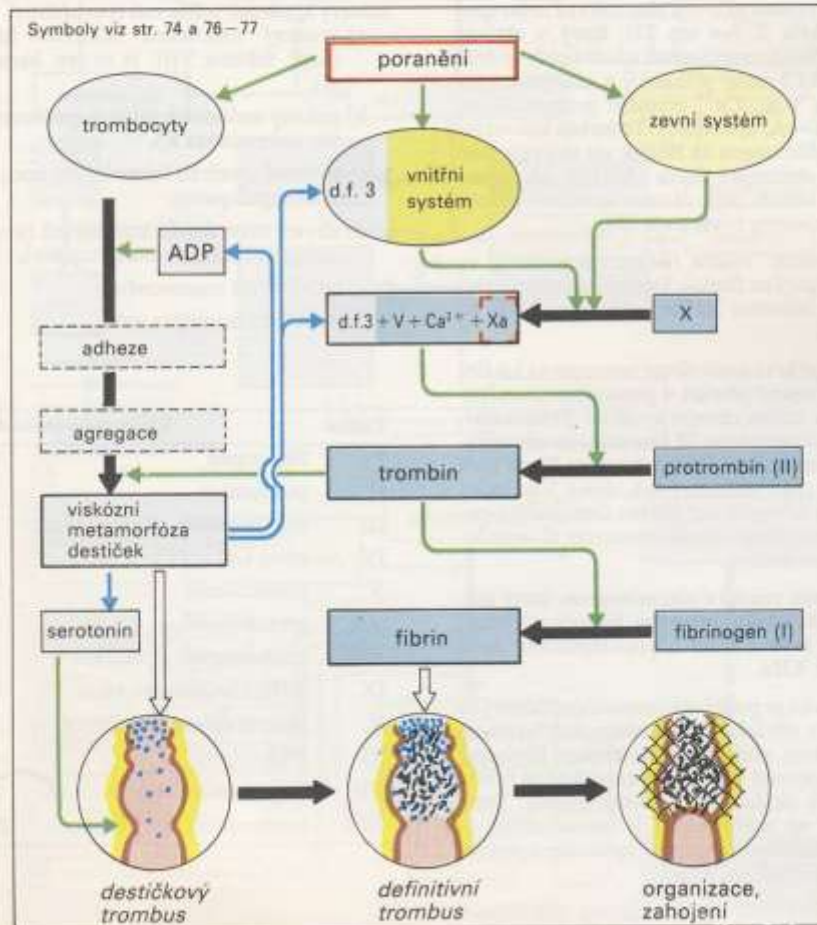
- Soubor enzymatických reakcí
- Obnažený kolagen cévy → vazokonstrikce → aktivace **trombocytů** (adheze a shlukování) → **bílý trombus** → sekrece serotoninu
→ aktivace koagulačních faktorů
- Koagulační faktory (I –XII) - syntéza závislá na vit. K
- **Vnější systém** – faktory srážení v cévní stěně a tkáních – VII., III.
- Aktivace - **Vnitřní systém** – faktory srážení obsažené v krevní plazmě a trombocytech – XII., XI., **X.**, IX., VIII., V.

→ **Aktivovaný faktor X** (dochází k propojení obou systémů) štěpí **protrombin** na **aktivní trombin** → změna **fibrinogenu** na **fibrin**, **síť** = **červený (definitivní) trombus**





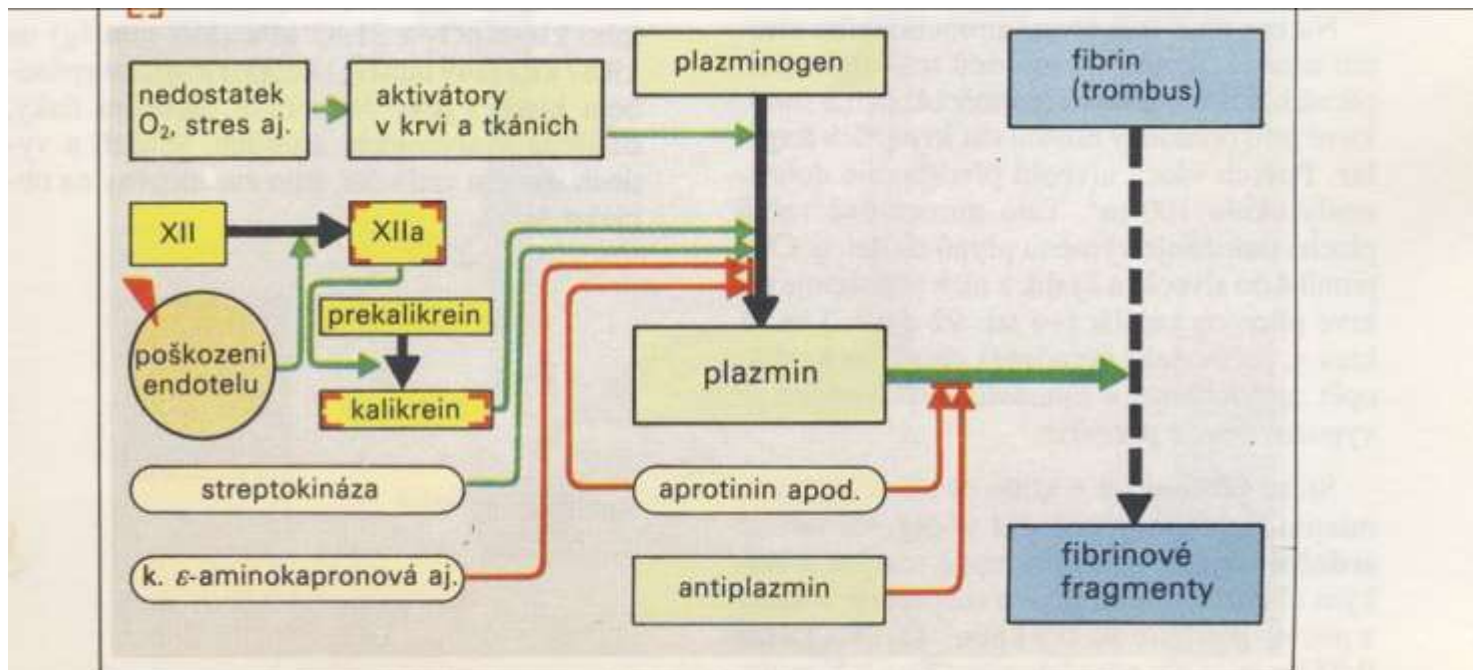
A. Zástava krvácení



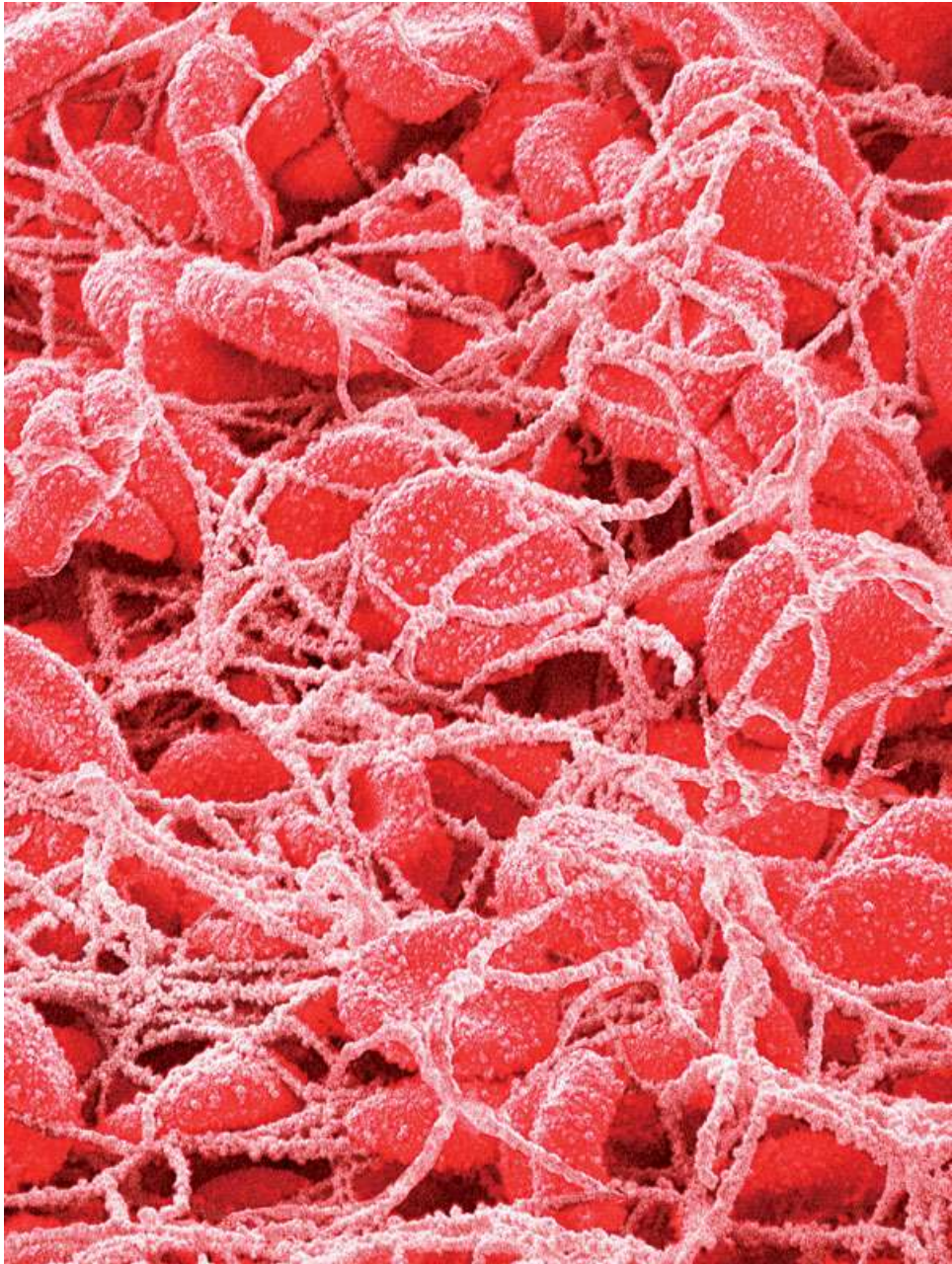
B. Přehled dějů při hemostáze

Hemostáza - dokončení

- Po určité době je trombus odstraněn působením fibrinolytického systému – hlavní představitel – Plazmin - Fibrinolyzin (proteáza – rozpouští fibrin v krevní plazmě a ve tkáních)



A. Srážení krve a fibrinolýza



Prokoagulační faktory

- tkáňový faktor
- trombin
- pektiny
- hypertonické roztoky
- zvýšení teploty

Protikoagulační faktory

- proud krve
- neporušený endotel
- humorální odstranění a inaktivace faktorů srážení pomocí chemických látek například Antitrombin a Heparin

Protisrážlivé látky

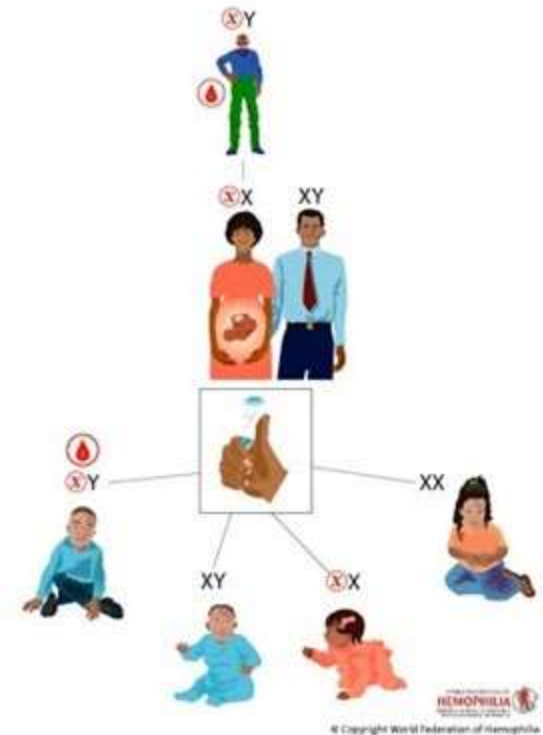
- **Heparin** – vazba na antitrombin III, inhibice aktivace trombinu – v bazofilech a žírných buňkách
- **Hirudin** – taktéž anti-trombinový efekt
- **Kumarin** – blokuje účinky **vitamínu K**
- **Warfarin** – prevence plic. trombózy, žilní trombózy aj.
- **Natrium citricum, šťavelan sodný** – soli kyseliny šťavelové a citronové - naváží na sebe Ca^{2+}
- ... a mnohé další



Patologie

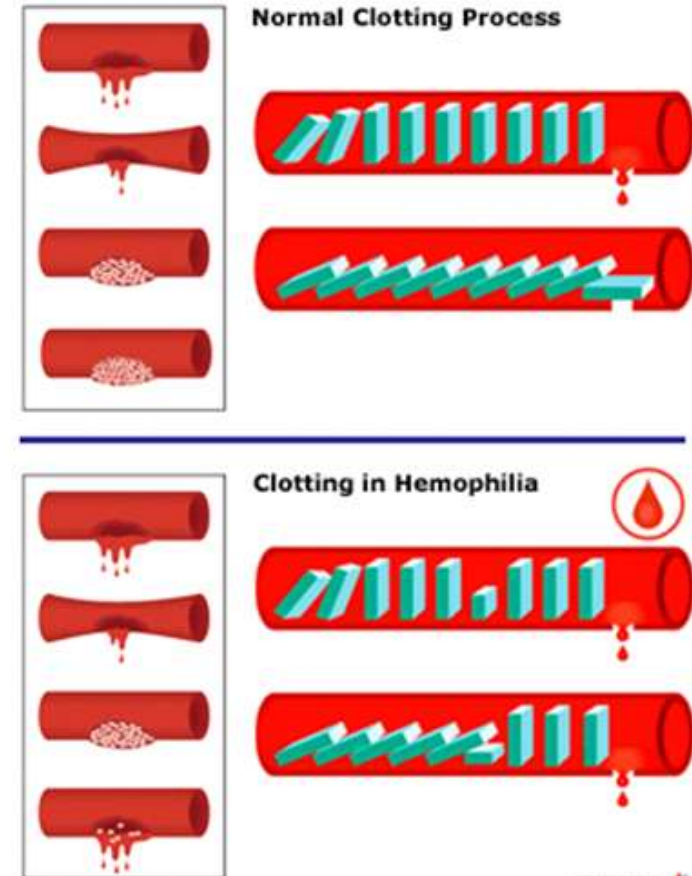
- Přílišné srážení – např. embolizace vedoucí až k tamponádě cév a k místní ischemii
- Nedostatečné srážení (např. hemofilie)
- Většinou vznikají kvůli nesprávným koncentracím faktorů v krvi

Přibližně jeden z 5000 mužů se narodí s hemofilií A. Gen pro hemofilii se nachází na chromozomu X a projeví se klinickými příznaky, pokud je v kombinaci s chromozomem Y (tedy XY, což je kombinace pohlavních chromozomů muže). Dcera hemofilika je tedy vždy přenašečkou onemocnění, 50 % jejích synů může mít hemofilii a 50 % jejích dcer může být přenašečkami nemoci.



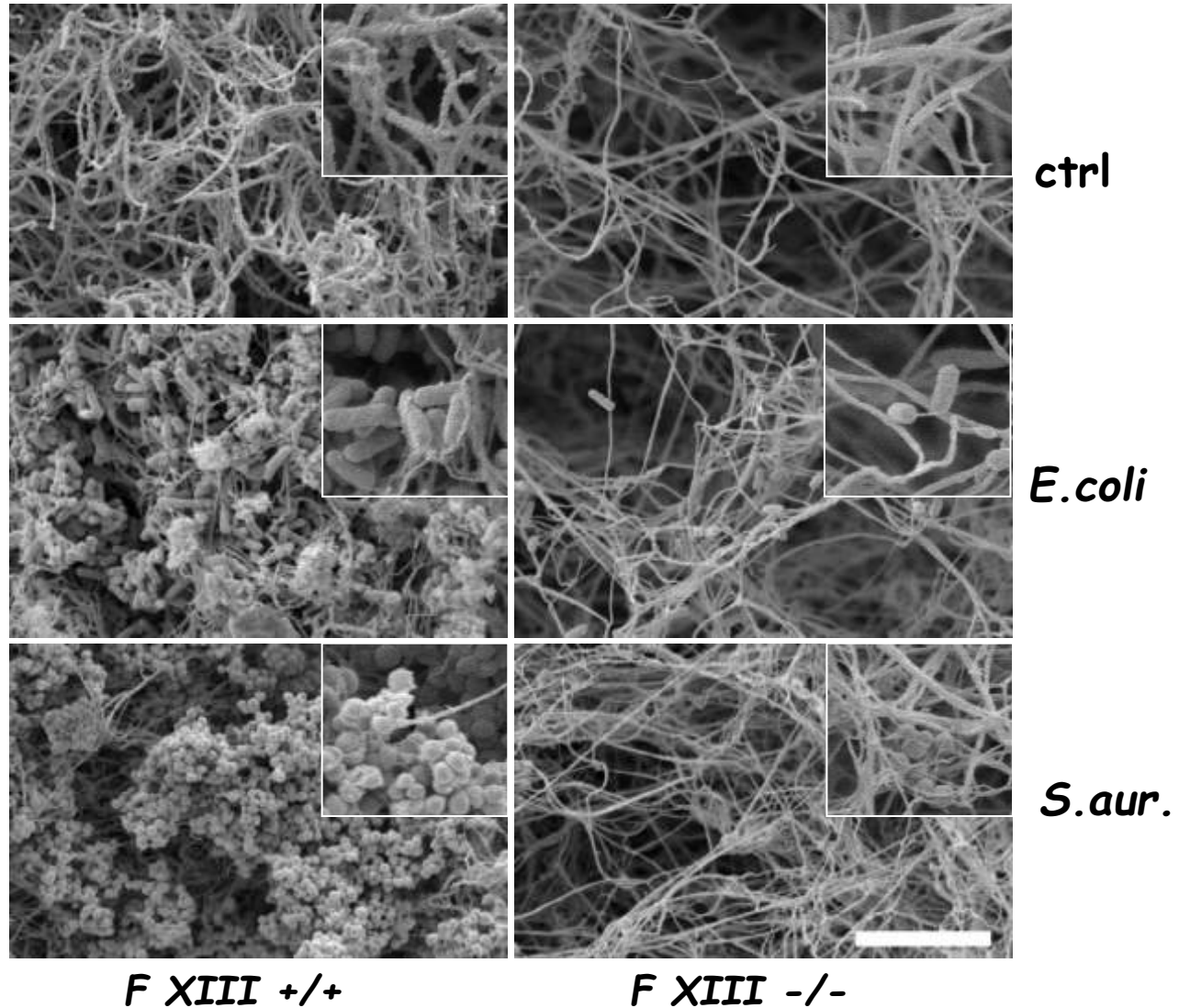
Hemofilie

- Dědičná X-přenosná choroba
- Několik typů – A,B,C podle chybějícího faktoru koagulace
- faktor VII – Hem A (90%)
- faktor IX – Hem B (1%)
- Různá závažnost, pokud je neléčená může vést k vykrvácení

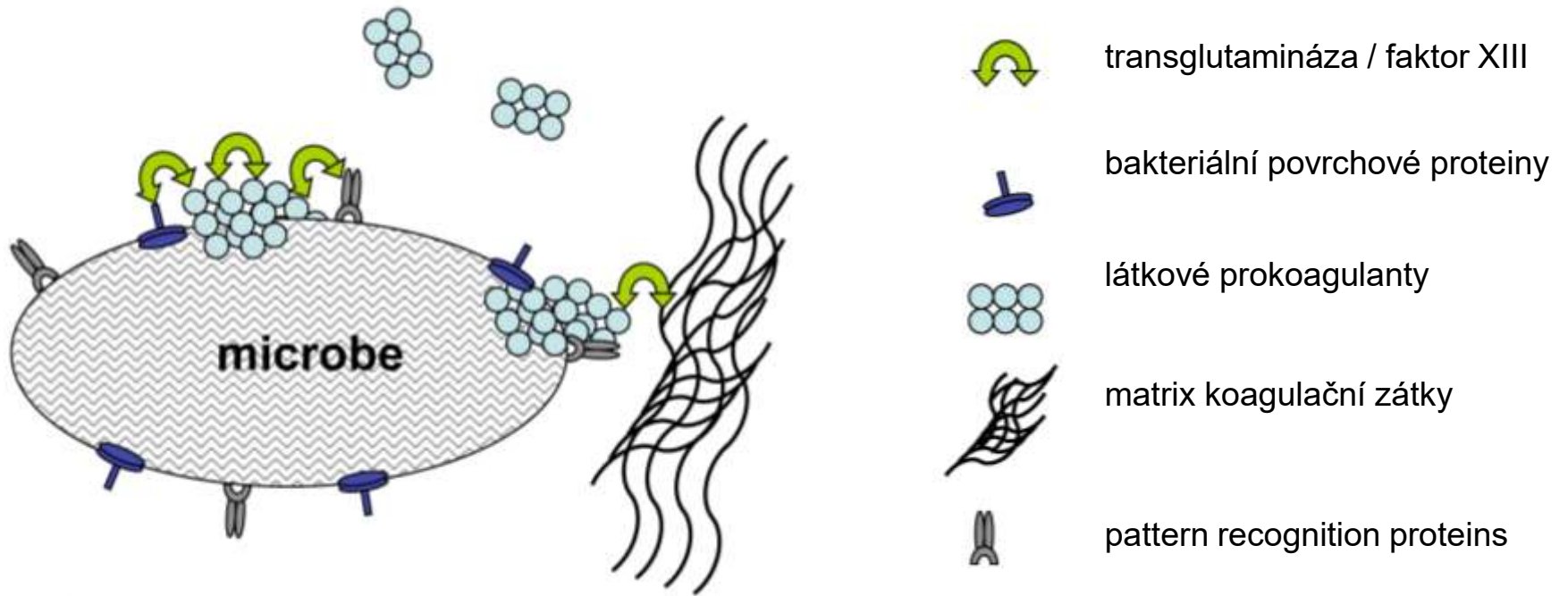


Human F XIII is essential for entrapment of bacteria

Wang *et al.* *PLoS Pathogens*, 6(2): 1-9, 2010.

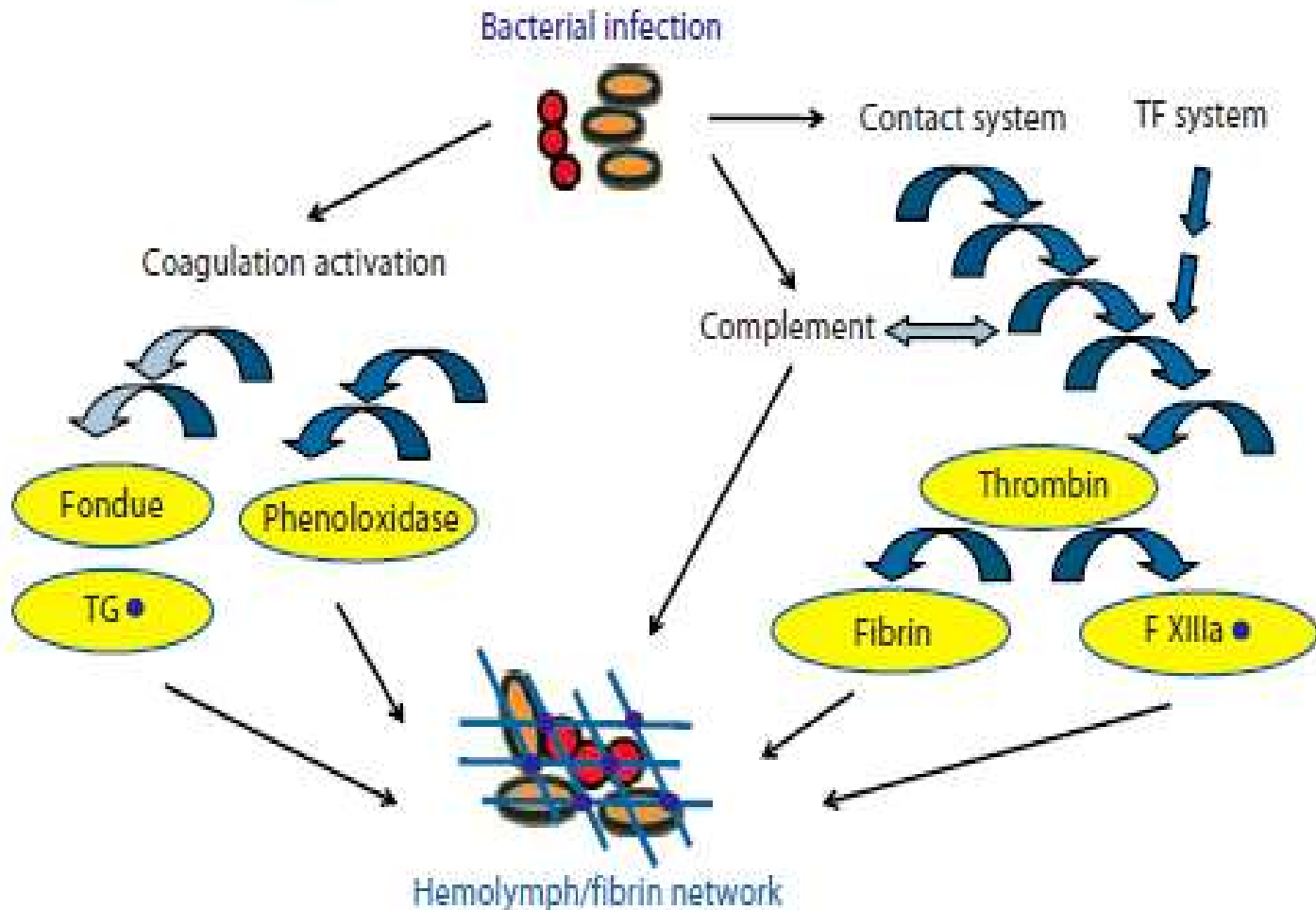


Situace je podobná u hmyzu i u člověka:



Insect (*Drosophila*)

Mammals (humans, mice)



Transfúze krev/plasma



To se už blížíme k imunologii...