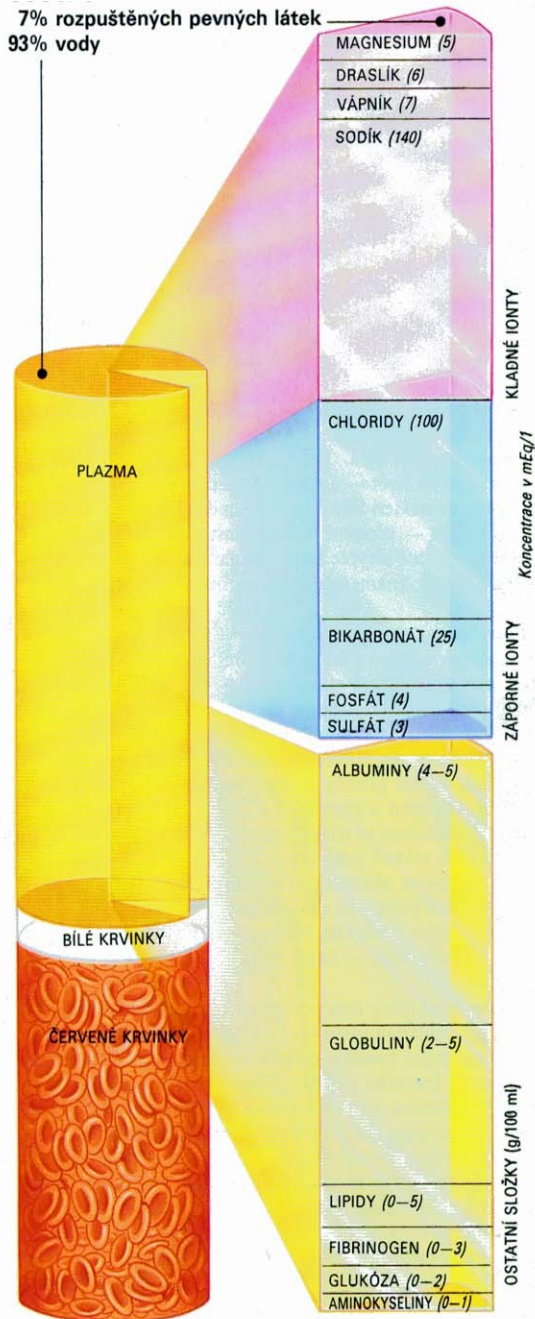


KREV

Funkce krve:

- ✓ **transportní** - *přenos dýchacích plynů, živin odpadových látek*
- ✓ **homeostatická** - *udržení stálosti vnitřního prostředí (teploty, pH, koncentrace iontů, objemu; hemostáza)*
- ✓ **obranná** - *obrana proti infekci, odstranění vlastních nefunkčních buněk, nebo nádorových buněk*
- ✓ **přenos informací** - *transport hormonů od endokrinních k cílovým buňkám*



KREV

krevní plazma

- Anorganické látky
- Organické látky

formované krevní elementy

KREVNÍ PLAZMA

Anorganické látky

- Na⁺** (137-147 mmol/l) - udržení osmotického tlaku, objemu, pH
- Cl⁻** (98-106 mmol/l) - udržení osmotického tlaku, objemu, pH
- K⁺** (3,8-5,1 mmol/l) - činnost svalů (hl. myokardu)
- Ca²⁺** (2,1-2,7 mmol/l) - nervová dráždivost, stažlivost svalu, srážení krve, propustnost membrán, mineralizace kostí
- P** (0,65-1,62 mmol/l) - regulace pH, mineralizace kostí
- Mg²⁺** (0,75-1,25 mmol/l) - aktivita enzymů, nervová dráždivost
- HCO₃⁻** (25-34 mmol/l) - transport CO₂, součást nárazníkové soustavy pro udržení pH
- Fe** (16-25 μmol/l) - součást hemoglobinu - transport plynů
- I** (275-630 nmol/l) - tvorba hormonů štítné žlázy

KREVNÍ PLAZMA

Organické látky

Plazmatické proteiny 60-80 g/l

• **Albuminy** 40-48 g/l - onkotický tlak, transport iontů, mastných kyselin, pigmentů, látek tělu cizích, hormonů

• **Globuliny** 18-30 g/l

• α -globuliny - transport hormonů, kovů, vitamínů

• β -globuliny - vazba hemu, vit. B12, železa, transport cholesterolu

• γ -globuliny - protilátky, specifická imunita

• **Fibrinogen** 3 g/l - srážení krve

Tuky 4-10 g/l

Glukosa 4-5,5 mmol/l

Dusíkaté látky (mimo bílkoviny) 0,2-0,4 g/l - močovina, bilirubin, aminokyseliny

Hormony, vitamíny, enzymy, léky

FORMOVANÉ KREVNÍ ELEMENTY

Červené krvinky
erythrocyty
 $5 \cdot 10^{12}/l$



Bílé krvinky
leukocyty
 $4-10 \cdot 10^9/l$

Destičky
trombocyty
 $150-400 \cdot 10^9/l$



granulocyty

agranulocyty

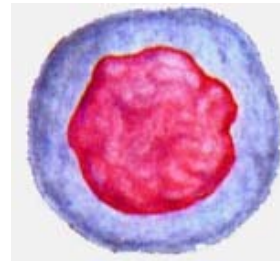
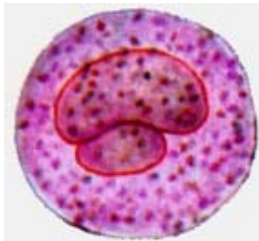
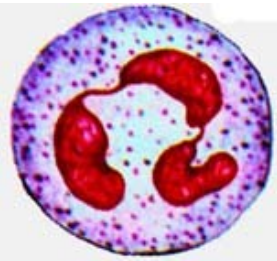
neutrofil

bazofil

eozinofil

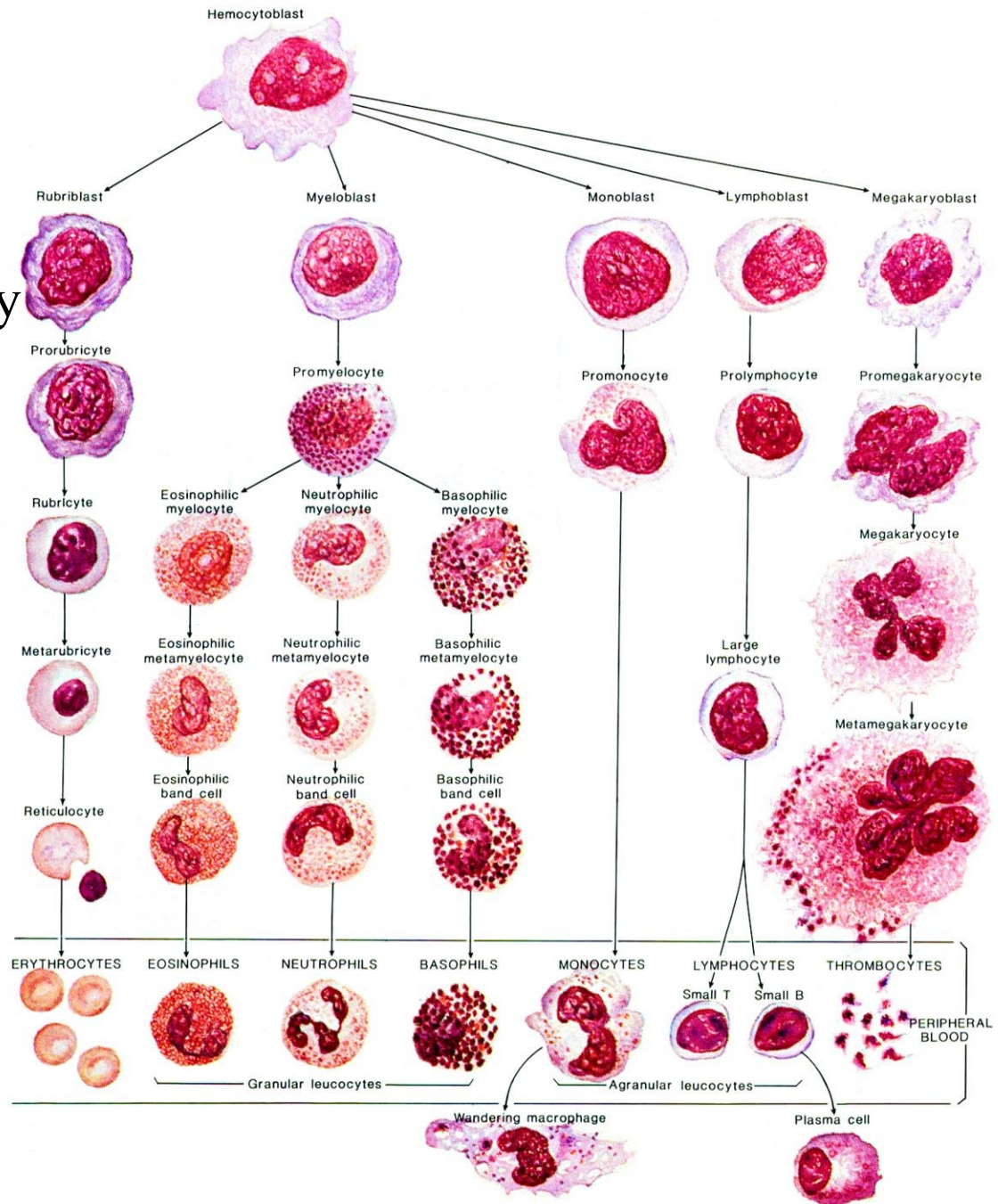
monocyt

lymfocyt



pluripotentní kmenová buňka

unipotentní
determinované buňky



ČERVENÉ KRVINKY

erythrocyty

Jediná bezjaderná buňka

Bikonkávní tvar

Funkce:

- Přenos O_2 a CO_2 mezi plicemi a tkáněmi
- Spolupodílejí se na udržení stálého pH krve

Vznik: krvetvorné tkáně - dřeň velkých kostí
(*erythropoetin; vitamín B_{12} , kyselina listová, Fe^{2+}*)

Zánik: slezina

HEMOGLOBIN

= 4 × (hem + bílkovina)

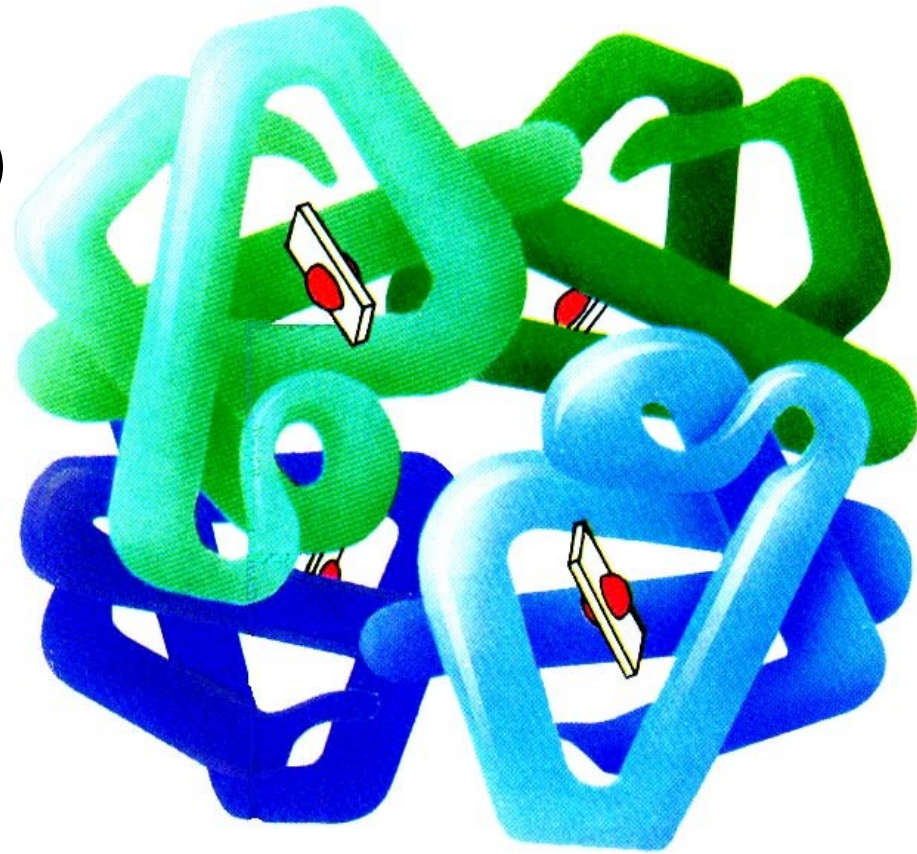
α β γ δ ϵ

Embryo: $\epsilon 4$ nebo $\alpha 2 \epsilon 2$

Plod: HbF $\alpha 2 \gamma 2$

Dospělý: HbA $\alpha 2 \beta 2$

HbA2 $\alpha 2 \delta 2$



Oxyhemoglobin:

vazba O_2 na Fe^{2+} v hemu

Karbaminohemoglobin: vazba CO_2 na NH_2 konce bílkoviny

Karboxyhemoglobin: vazba CO na Fe^{2+} v hemu

Methemoglobin: hem s Fe^{3+} - nemůže vázat O_2

RBC (ERY)

počet červených krvinek

3,5-5,5.10¹²/l

↑ POLYCYTEMIE
↓ ERYTROCYTOPENIE

HCT

hematokrit

0,38-0,49 l/l

HGB

koncentrace hemoglobinu

140-180 g/l

↑ POLYGLOBULIE
↓ ANÉMIE

MCV

střední objem Ery

82-97 fl

↑ MAKROCYT
↓ MIKROCYT

MCH

*průměrný obsah
hemoglobinu v Ery*

27-33 pg - NORMOCHROMNÍ

↓/ ↑ HYPO/HYPERCHROMNÍ

MCHC

*průměrná koncentrace
hemoglobinu v Ery*

320-360 g/l NORMOCHROMNÍ

↓/ ↑ HYPO/HYPERCHROMNÍ

SEDIMENTACE

*-rychlost poklesu krvinek v nesrážlivé krvi
(ke dnu sedimentační pipety)*

↑ SEDIMENTACE

velké erythrocyty, malé množství

↑ pH

↑ tuky, cholesterol

↑ **bílkoviny (fibrinogen, globuliny)**

Muži 2-8 mm/hod

Ženy 7-12 mm/hod

ERYTROPOÉZA

- tvorba červených krvinek

Ontogeneze

3. týden - žloutkový vak

6. týden - játra (tvorba v žloutkovém vaku zaniká)

12. týden - slezina

20. týden - kostní dřeň

32. týden - přesmyk z embryonálního hemoglobinu na HbF

novorozenec - krvetvorba pouze v kostech, přesmyk HbF na dospělý hemoglobin HbA

dospělý člověk - krvetvorba v hrudní kosti, obratlech, žebrech, v klíční kosti, v pánevních kostech, v plochých lebečních kostech, v proximálních epifýzách některých dlouhých kostí

ERYTROPOÉZA

- látky potřebné pro tvorbu erytrocytů

aminokyseliny - bílkovinná část hemoglobinu

železo - vazba kyslíku na hemoglobin a myoglobin

vitamín B₁₂ - důležitý pro syntézu DNA

kyselina listová - důležitý pro syntézu DNA

ERYTROPOÉZA

- regulace

Erythropoetin - *tvorba v ledvinách*

- působí na citlivé determinované progenitorové buňky v kostní dřeni
- stimuluje syntézu nukleových kyselin
- aktivuje geny potřebné k syntéze hemoglobinu
- zvyšuje příjem Fe

↓ **pO₂ ve tkáních** (např. při výškové hypoxii, ztrátě krve, otravě CO, stagnační hypoxii)
– **podnět pro zvýšení sekrece erythropoetinu**

ERYTROPOÉZA

- regulace

androgeny - ↑ erytropoézu stimulací tvorby erythropoetinu

estrogeny - ↓ erytropoézu utlumením tvorby erythropoetinu

hormony štítné žlázy - ↑ erytropoézu

růstový hormon - ↑ erytropoézu

hormony kůry nadledvin - ↑ erytropoézu

prostaglandin E - ↑ produkci erythropoetinu v ledvinách

Zánik červených krvinek

Slezina - fagocytóza starých a poškozených erytrocytů

Hemoglobin → **globin** + **hem**

Globin → **aminokyseliny**

Hem → **CO₂** + **Fe** + **biliverdin**

Biliverdin → **bilirubin** (žlučové barvivo) →

→ **konjugovaný bilirubin** (v játrech) →

→ **urobiliny a sterkobiliny** (ve stolici)

Fe - syntéza dalšího hemoglobinu

HEMOLÝZA

- *rozpad červených krvinek*

Osmotická hemolýza

hypotonické prostředí - krvinka přijímá vodu až dojde k poškození membrány, z krvinky tak uniká hemoglobin

hypertonické prostředí - voda opouští krvinky, může rovněž dojít k poškození membrány a úniku hemoglobinu

Fyzikální hemolýza - poškození při třepání, šlehání, působení ultrazvuku, nízké či vysoké teploty, záření

Chemická hemolýza - látky rozpouštějící nebo reagující s lipidy v membráně krvinek (např. saponáty)

Toxická hemolýza - bakteriální, hadí nebo rostlinné jedy

KREVNÍ SKUPINY

- Aglutinogen* - glykoprotein v membráně červených krvinek
Aglutinin - protilátka proti aglutinogenu
Aglutinace - shlukování červených krvinek











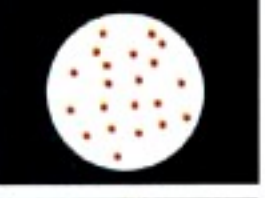





System ABO:

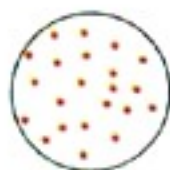
- O** žádný aglutinogen *v membráně*
v plazmě protilátky anti-A a anti-B
- A** *v membráně* aglutinogen A
v plazmě protilátka anti-B
- B** *v membráně* aglutinogen B
v plazmě protilátka anti-A
- AB** *v membráně* aglutinogen A i B
v plazmě žádná protilátka

Rh – systém:

- Rh+** - v membráně **přítomen**
aglutinogen D
- Rh-** - v membráně **není**
aglutinogen D

! Za normálních okolností !
nejsou přítomny v plazmě
protilátky proti aglutinogenu D

<i>Krev příjemce</i>		<i>Reakce s krví dárce</i>			
<i>Antigeny červených krvinek</i>	<i>Plazmatické protilátky</i>	<i>Dárce sk. 0</i>	<i>Dárce sk. A</i>	<i>Dárce sk. B</i>	<i>Dárce sk. AB</i>
<i>žádné skupina 0</i>	<i>anti-A anti-B</i>				
<i>A skupina A</i>	<i>anti-B</i>				
<i>B skupina B</i>	<i>anti-A</i>				
<i>AB skupina AB</i>	<i>žádné</i>				



normální krev



aglutinovaná krev

KREVŇÍ DESTIČKY

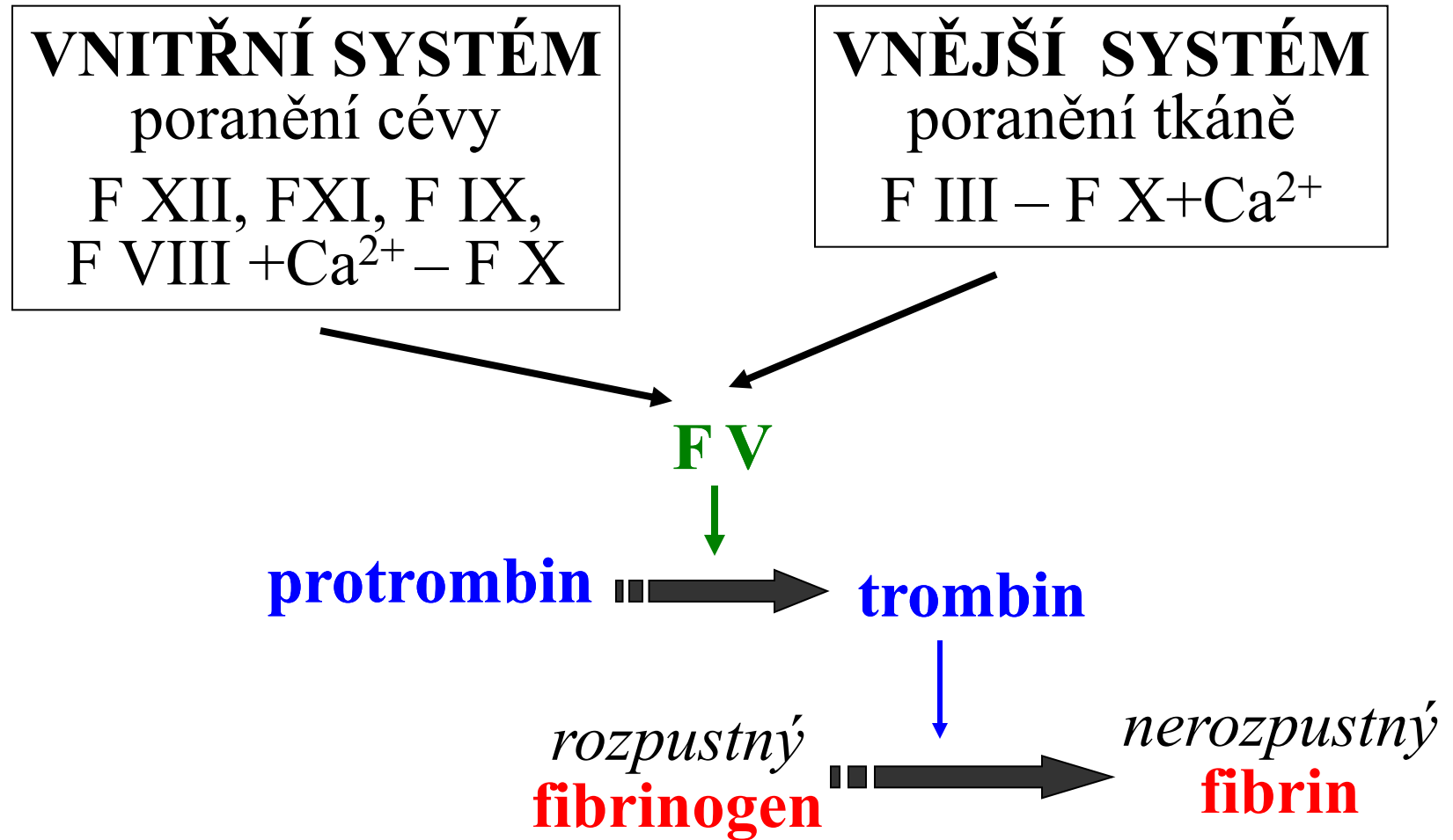
TROMBOCYTY

- vznikají ve dřeni fragmentací *MEGAKARYOCYTŮ*
- bezjaderné malé disky
- produkce vazokonstrikčních látek (*serotonin,*
thromboxanA)
- thromboxan A zesiluje aktivaci destiček (*blokuje ho ASPIRIN*)

HEMOSTÁZA zástava krvácení

- 1. Cévy – vazokonstrikce (zúžení) v místě poškození**
- 2. Trombocyty – dočasná zátka (bílý trombus), postupně zpevňován vlákny fibrinu, pak se nalepují i erytrocyty**
- 3. Tvorba definitivního trombu**

ZÁSTAVA KRVÁCENÍ - HEMOSTÁZA



SRAŽENÍ KRVE - HEMOKOAGULACE

Složité řetězec enzymových reakcí, na kterých se podílí látky uvolňující se z krevní plazmy, z trombocytů a cévní stěny

Sérum - plazma bez faktorů, které se spotřebovaly při srážení krve

Látky důležité pro koagulaci:

Vitamín K

Ca²⁺

Důležité látky bránící koagulaci:

Tělu vlastní – plazmin, heparin

Tělu cizí - látky *blokuující* funkci vitamínu K (Warfarin)

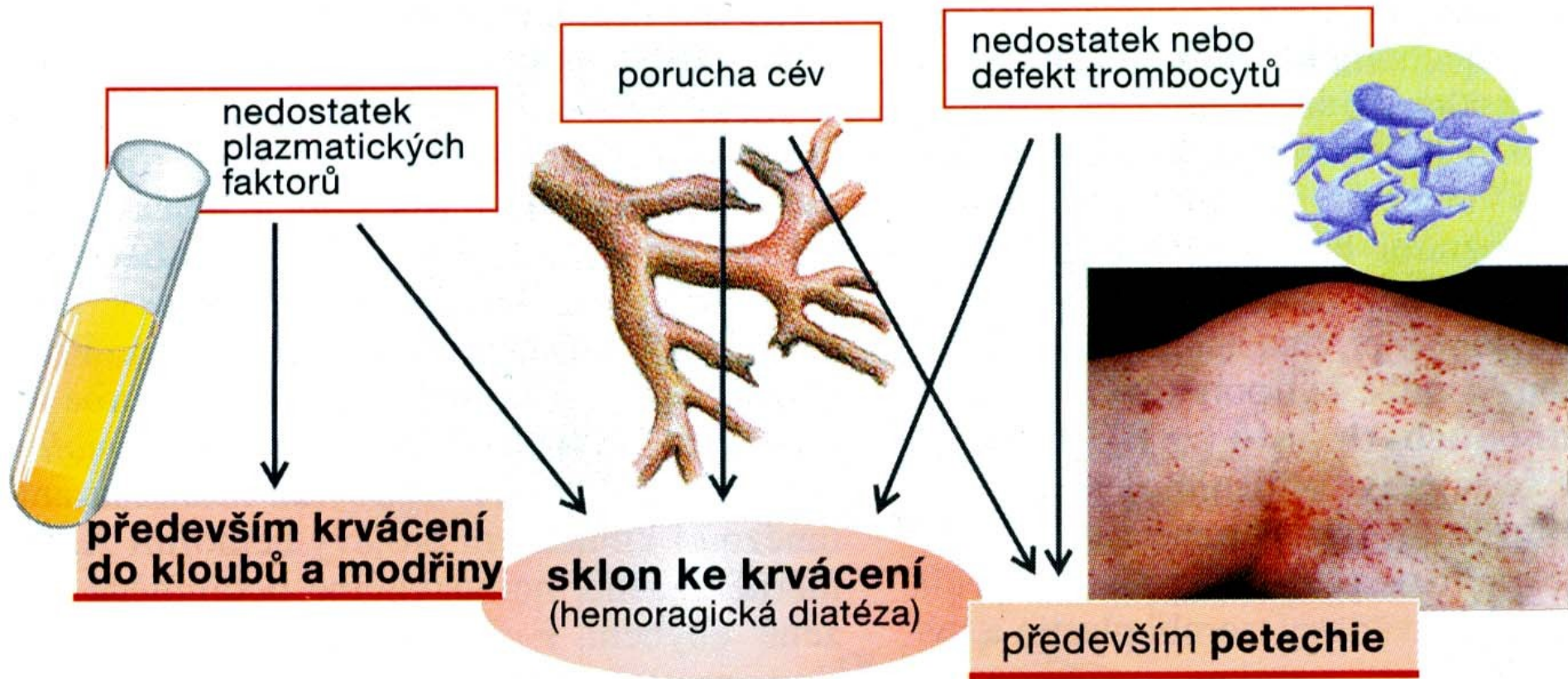
- látky *vyvazující* Ca²⁺ (pouze ve zkumavce)

SRÁŽENÍ

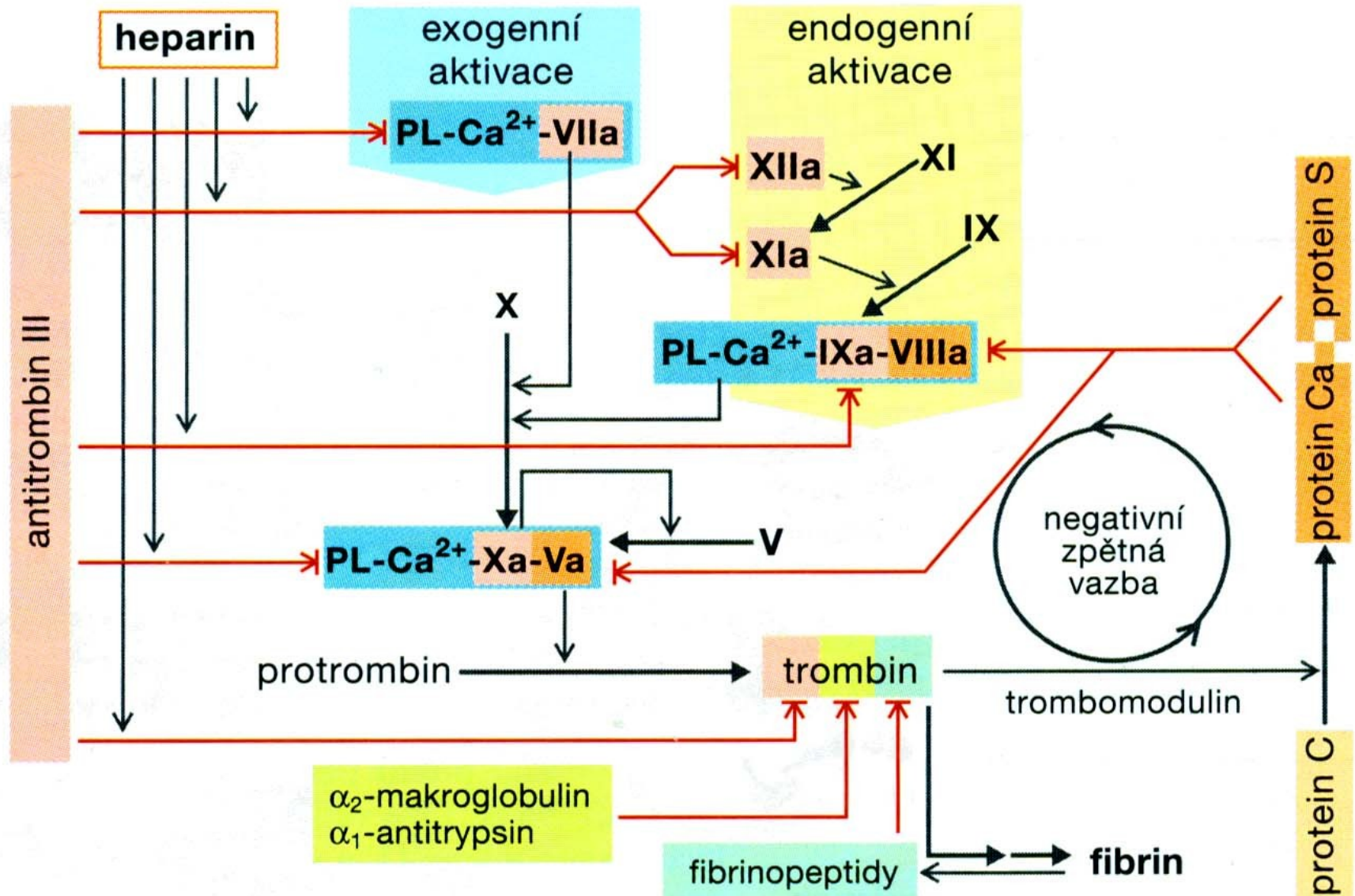
koagulační faktory

cévy

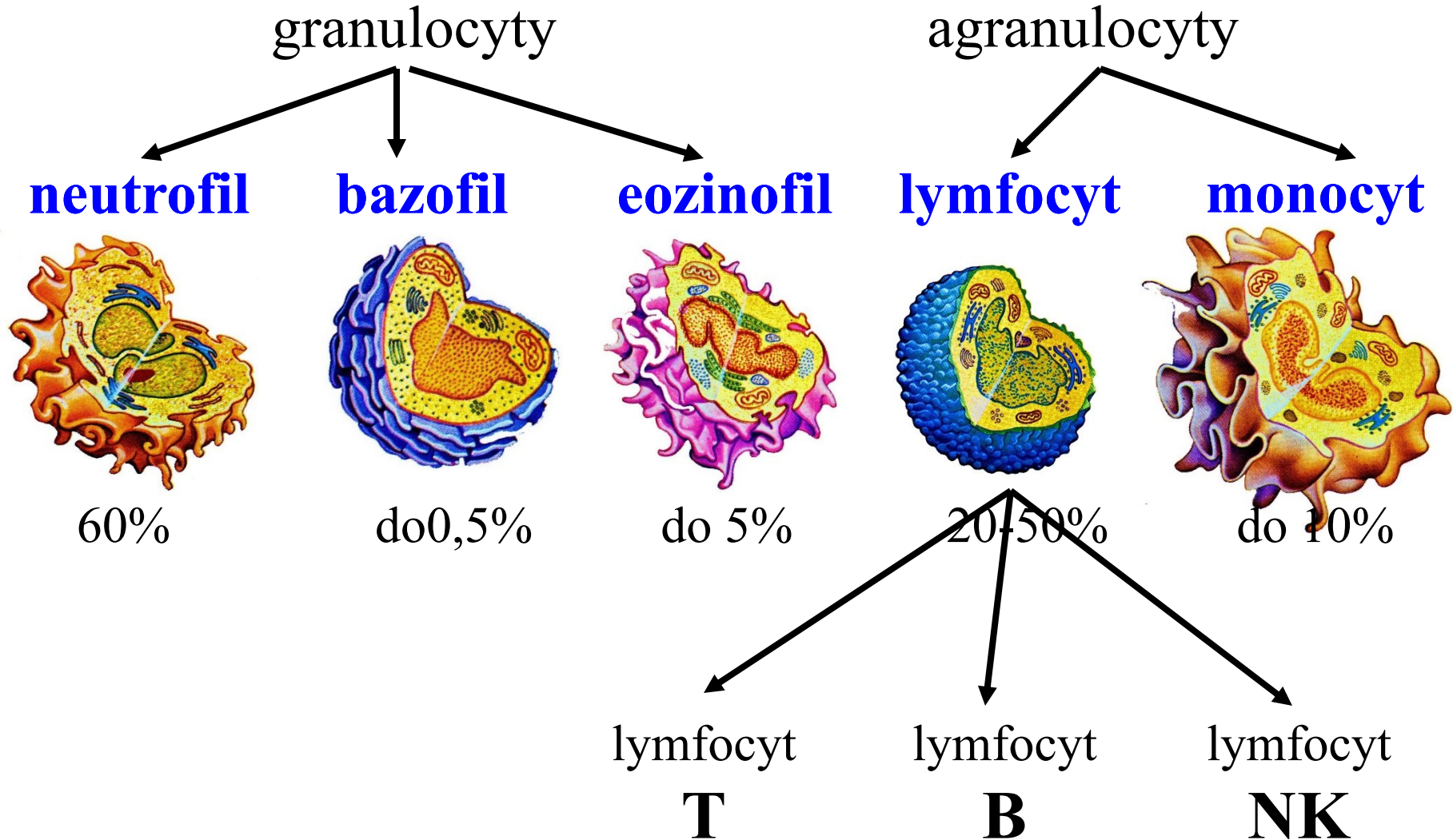
destičky



INHIBICE SRÁŽENÍ



BÍLÉ KRVINKY - LEUKOCYTY



IMUNITA

- **obrana organismu proti napadení škodlivých činitelů**
- **odstraňování nefunkčních nebo poškozených buněk organismu**
- **dozor nad odstraňováním heterologních (např. nádorových) buněk**

IMUNITA

VROZENÁ
(nespecifická)

Už se s ní rodíme – obranné reakce jsou stále stejné, zasahují stejnou rychlostí, stejným způsobem

BUNĚČNÁ
HUMORÁLNÍ



ZÍSKANÁ
(specifická)

Vybudováváme si ji při setkávání se s různými antigeny; poprvé reaguje systém pomalu, ale při dalším setkání již rychleji a efektivněji

BUNĚČNÁ
HUMORÁLNÍ

POJMY

IMUNOGEN - molekulární nebo nadmolekulární struktura, která může u příjemce vyvolat imunitní odpověď

ANTIGEN - schopnost molekuly reagovat s produkty získané imunity - s *protilátkami*,

- sloučeniny mohou reagovat s protilátkami, ale nemusí vyvolat imunitní odpověď

- všechny imunogeny jsou antigeny, ale ne všechny antigeny jsou imunogeny

Antigen-jakákoli látka z vnějšího či vnitřního prostředí schopná aktivovat imunitní systém

- Antigeny – složité 3D struktury – na buňkách či volně v plazmě – sacharidy, bílkoviny, nukleové kyseliny a jejich kombinace – př. Ag na povrchu erytrocytů – ale tyto náš imunitní systém nezajímají
- **PAMPs** – s patogenem asociované molekulové vzorce (Pathogen Associated Molecular Patterns) – běžně se v těle nenacházejí (liposacharid G bakterií, dvouvláknová RNA virů, sacharid manan tvořící stěnu kvasinek)
- **PRR** – jsou v našem těle, slouží k rozpoznání patogenu (Pathogen Recognition Receptor) - poznají PAMPs – naše tělo má jejich strukturu zabudovanou ve svém genetickém kódu, protože soužití s patogeny již trvá dlouho a informace o PAMPs se stihla dostat do naší DNA

LYMFOIDNÍ ORGÁNY

Brzlík (thymus) - neúčastní se imunitních reakcí

- poskytuje prostředí pro zrání T buněk

Fabriciova burza u ptáků a její ekvivalenty u savců

(střevní lymfoidní tkáně, apendix) - vznik a zrání B buněk

(u člověka v kostní dřeni)

Lymfatické uzliny - filtr pro cizorodé částice a tkáňové zbytky

Slezina

Lymfoidní tkáň asociována se sliznicemi - difúzní

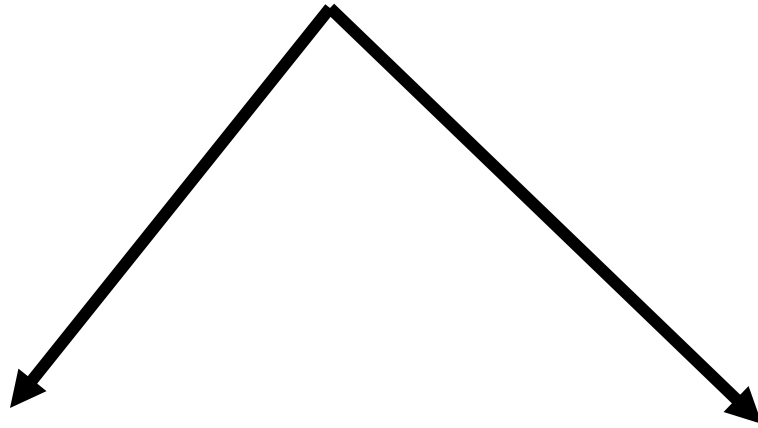
lymfoidní tkáně slizničních povrchů (trávicí trakt, dýchací systém, ledvinový systém)

Mandle (tonsily) - umístěny v místě s největším kontaktem antigenů, hluboké krypty usnadňují zachycení cizích částic, odkud jsou transportovány do lymfoidních folikulů

VROZENÁ (NESPECIFICKÁ) IMUNITA

- schopnost normálního živočicha přebývat v prostředí bez poškození vyplývajícího z infekce určitými mikroorganismy
- není vázaná na předchozí individuální zkušenost s patogenními mikroorganismy

VROZENÁ (NESPECIFICKÁ) IMUNITA



BUNĚČNÁ

MONOCYTY / MAKROFÁGY

GRANULOCYTY

-fagocytóza

NK BUŇKY (naturale killers)

- přirozená toxicita

HUMORÁLNÍ

KOMPLEMENT

-alternativní cesta

LEKTINY

-C reaktivní protein

INTERLEUKINY

INTERFERONY

MONOCYTY A MAKROFÁGY

Soubor buněk rozprostřených v celém organismu nadaných schopností fagocytózy=fagocyty

MONOCYTY- několik hodin cirkulují v krvi a pak vycestovávají do perivaskulárního prostoru, kde se z nich stávají **MAKROFÁGY** (zvětšení objemu, zmnožení počtu lysozomů...aby byly účinnými odklízeči)

Dle místa opuštění cévního řečiště jsou makrofágy různých jmen: játra – Kupferovy buňky; mozek- mikroglie; kosti – osteoklasty; makrofágy sleziny – alveolární –vazivové tkáně

(Poznámka: monocyty produkují endogenní pyrogeny=interleukin 1 – indukce tvorby prostaglandinu E₂ v hematoencefalické bariéře - mechanismus vzniku horečky)

zvýšení teploty –fyziologický jev – zpomalení množení bakterií a urychlení imunitních dějů pro rychlejší vypořádání s nebezpečím

MONOCYTY A MAKROFÁGY

MAKROFÁGY

- jsou pak schopny specificky (s pomocí protilátek) i nespecificky rozpoznat a pohltit baktérii, rozložit ji a její antigeny prezentovat na svém povrchu

FAGOCYTOSA

Migrace - fagocyty cestují směrem k částicím, které mají být pohlceny. Při cestě z cév přilnou k endotelu (*adherují*) a protáhnou se mezi jednotlivými endotelovými buňkami (*diapedéza*).

Fagocytóza - fagy sérií postupných kroků rozpoznají cizorodou částici, poznají ji, přilnou (*adherují*) a pohltní (*ingesce*). Následně uvolní obsah granul do fagocytárních vakuol (*degranulace*) a zintenzivní svůj oxidativní metabolismus (respirační vzplanutí).

- fagocytóza může být usnadněna navázáním „ochucovadel“ - *OPSONINŮ* (protilátky nebo komplement)

NK buňky - přirození zabíječi

- obrana proti virovým infekcím a nádorovým buňkám bez potřeby rozeznat HLA na cílové buňce
- nemají antigenní specifitu, nemají imunologickou paměť
- zabíječská aktivita je aktivována interleukiny
- snadno zabíjí buňky „ochuceny“ protilátkou

NEUTROFILY- mikrofágy

- obrana těla proti pronikajícím mikroorganismům – proti bakteriím
- v cytoplazmatických granulách jsou obsaženy trávicí enzymy (nitrobuněčné nebo mimobuněčné usmrcování a trávení mikroorganismů)

BAZOFILY

(induktory zánětu - v granulech je obsažen *histamin=krevní forma žírných buněk; histamin v okolí způsobuje vasodilataci a zvyšuje permeabilitu cév – zpřístupní místo zánětu ostatním buňkám*)

EOZINOFILY

- zabíjení parazitů
- sekundárně: úloha při vzniku alergie (např. astmatu)

Zánět

- Je nespecifická reakce organismu na poškození, která je makroskopicky popisována pěti tzv. Celsovými znaky:
 - Rubor - zarudnutí
 - Calor – zvýšení teploty
 - Tumor – otok
 - Dolor – bolest
 - Functio laesa – poškození funkce

KOMPLEMENT

- skupina bílkovin v krevním séru (C1-C9) aktivovaných na určitý podnět kaskádovitým způsobem, za normálních okolností neaktivní
- komplement po vazbě na antigen v povrchu buněk vede k nezvratnému poškození buňky - cytolýze

klasická cesta (popsána jako první) - komplement je aktivován komplexem antigen-protilátka typu IgG či IgM (vazba antigenu odhalí na protilátce vazebné místo, do kterého se zapojí složka C1, aktivuje kaskádu C2-C4, jejich štěpné produkty C2a + C4b se spojí do komplexu=klasická C3-konvertáza, ta štěpí C3 na C3a+C3b – vznik C5 konvertázy – aktivace složky C5 – C5a+C5b – aktivace složek C6-C7-C8-C9=membránu atakující komplex)

Základní 3 funkce komplementu:

Opsonizace (označení „toto je cizí“+ zchutnění)

Chemotaxe (nalákání ostatních buněk)

Osmotická lýza mikroba (narušení buněčné membrány a zničení nepřítele – C9 má tvar klínu, zabodne se, naruší membránu, vnik vody či sodíku do buňky, iontová dysbalance)

KOMPLEMENT

alternativní cesta (byla popsán později, ale v organismu je častější) – spuštěna změnou v mikroprostředí našeho organismu = v přítomnosti bakterií je komplement aktivován povrchovými bakteriálními polysacharidy (G⁺-peptidoglykan, G-lipopolysacharid) – složka C3 se samovolně štěpí na C3a+C3b-C3b se napojuje na povrch mikroba+faktor B z krve (štěpen na Ba+Bb) - C3b+Bb=alternativní C3 konvertáza...)

lektinová cesta – pomáhá v boji s kvasinkovými infekcemi (na povrchu kvasinek se nachází manan, na který se napojuje manan-vázající lektin, ten se stane součástí imunokomplexu, který aktivuje složku C3 komplementu)

VROZENÁ (NESPECIFICKÁ) IMUNITA

KOŽNÍ A SLIZNIČNÍ BARIÉRY

KŮŽE - suchá, obsahuje baktericidní látky z potu a mazu
- osídlení „cizími“ baktériemi je znesnadněno přítomností „vlastních“, symbiotických, baktérií (mikroflóra)

TRÁVICÍ TRAKT

dutina ústní - odlučování povrchových epiteliálních buněk
- přítomnost *baktericidních* (baktérie zabíjející) látek ve slinách

žaludek - přítomnost kyseliny chlorovodíkové (HCl)

střevo - působí žlučové kyseliny
- hlen na střevní sliznici
- normální střevní mikroflóra
- rychle se obnovující střevní sliznice
- podslizniční fagocyty

reflexy - zvracení

VROZENÁ (NESPECIFICKÁ) IMUNITA

KOŽNÍ A SLIZNIČNÍ BARIÉRY

DÝCHACÍ SYSTÉM - řasinkový epitel odnáší hlen se zachycenými bakteriemi a nečistotami do hltanu, následuje spolknutí a zničení HCl v žaludku

- v hlenu jsou přítomny protilátky a inhibitory virů

reflexy - kýchání, kašel, bronchokonstrikce (zúžení bronchů)

MOČOVÉ CESTY - rychlý proud moči

- hleny a lehce kyselé sekrety

pochva ženy - „*Döderleinův*“ *laktobacil* - vytváří kyselinu mléčnou, která brání množení jiných bakterií

OKO - mrkání a omývání slzami (baktericidní látky)

ANATOMICKÉ STRUKTURY

- druhotně vznikající opouzdření ložisek zánětu

- krevně-orgánové bariéry

ZÍSKANÁ (SPECIFICKÁ) IMUNITA

HUMORÁLNÍ – zprostředkována *B lymfocyty*



BUNĚČNÁ – zprostředkována **T lymfocyty**

T lymfocyty vyžívají v *brzlíku (thymu)*, kde se školí k rozeznávání vlastních antigenů a k ničení antigenů *cizích*

IMUNOGLOBULINY

- bílkoviny s protilátkovou aktivitou
- vážou se s antigenem, který vyvolal jejich tvorbu

IgG (75% z celkového množství) - prochází placentou a zajišťuje obranu novorozence v prvních měsících života

- fixují komplement (aktivace klasické cesty)
- OPSONIN - usnadňují pohlcení bakterie fágem

IgA (15%) - dominantní třída slizničního imunitního systému

IgM (10%) - prvá protilátka časné imunitní odpovědi

IgD (0,2%) - nejasný význam

IgE (0,004%) - obrana proti parazitárním bakteriím

- vazba na žírné buňky způsobuje uvolnění histaminu (alergie)

LYMFOCYTY T

- vznik v kostní dřeni, dozrávání v thymu
- zahajují imunitní odpověď
- regulují činnost dalších leukocytů pomocí vylučovaných faktorů

klasifikace dle CD:

CD4+ - vážou se s HLA II.třídy

CD8+ - vážou se s HLA I.třídy

Pomocné T buňky (CD 4+)- zvyšují odpověď B buněk a cytotoxických T buněk, produkují interleukiny

Cytotoxické T buňky (CD 8+) - zabíjejí buňky, které jsou vnímané jako cizí (buňky napadené virem nebo buňky transplantovaného orgánu)

Supresorové (tlumivé) T buňky (CD 8+) - brání činností jiných buněk

IMUNIZACE

Pasivní imunizace - podání specifických protilátek (*IgG*)
- okamžitá reakce s antigenem, omezená délka ochrany
- neaktivuje se vlastní imunitní systém
- nevznikají paměťové buňky

Aktivní imunizace - podání antigenního materiálu
(*mrtvé/oslabené viry, bakterie nebo toxiny*)
- nutnost podání dlouho před stykem s antigenem
- aktivace vlastního imunitního systému
- vznikají paměťové buňky – dlouhodobá imunita

PORUCHY IMUNITY

ALERGIE – přehnaná, neúměrná reakce imunitního systému na běžný zevní podnět

AIDS (*syndrom získané imunodeficiency*)
– infekční onemocnění, virus HIV napadá buňky imunitního systému (T pomocné lymfocyty a makrofágy), narušena schopnost obrany

AUTOIMUNITNÍ ONEMOCNĚNÍ – narušená schopnost rozeznávat vlastní buňky od cizích, dochází k poškození vlastních tkání

HLAVNÍ HISTOKOMPATIBILNÍ KOMPLEX (MHC)

K úspěšné činnosti imunitního systému musí být tento systém schopný odlišit „*cizí*“ od „*vlastního*“. Toto rozlišení je dosaženo prostřednictvím molekul MHC (main histokompatibility complex) v membráně buněk. U člověka se tento systém nachází na leukocytech a označuje se jako HLA (human leukocyte antigen)

I. třída - přítomný na všech jaderných buňkách (NE na erytrocytech)
- předkládá „*cizí*“ molekulu (virovou, nádorovou)
cytotoxickým T lymfocytům – buňky specifické imunity se na HLA I.tř napojí a zkontrolují, zda protein(antigen) vystavený patří našemu organismu

II. třída – na povrchu antigen prezentujících buněk (APC)
(lymfocyty B, makrofágy; po aktivaci buňky T, buňky štítné žlázy, endotelové buňky)
- předkládá cizí molekuly **pomocným buňkám T**