

Krevní řečiště

- Pro správnou funkci organismu je nutná:
 - integrita cévního řečiště
 - nepřerušovaný = kontinuální tok krve
 - nesmáčivost endotelu
 - rovnováha mezi vazokonstrikčními a vazodilatačními působky
 - rovnováha mezi prokoagulačními (pro srážení krve) a antikoagulačními (proti srážení) mechanismy

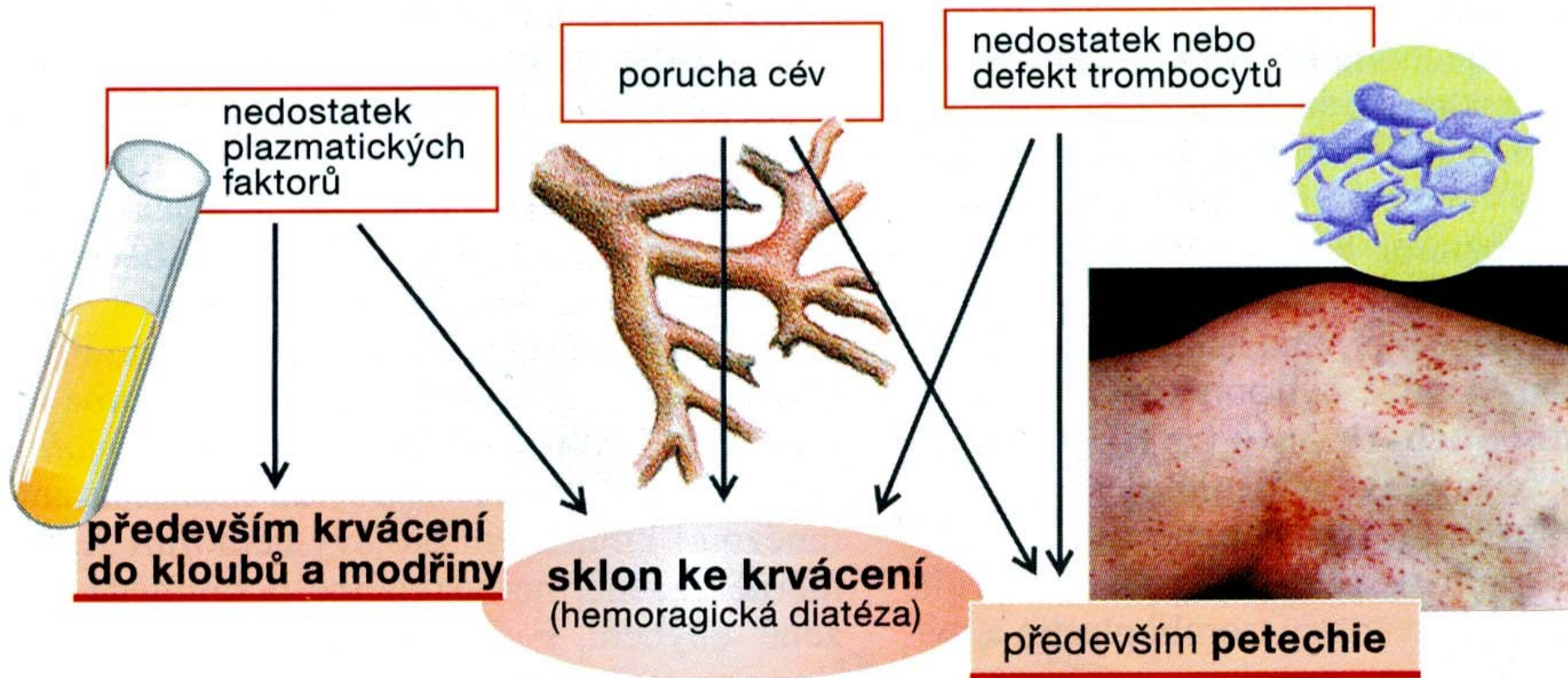
- V případě, že dojde k poranění cévní stěny:
 - dochází k lokální vazokonstrikci
 - dochází k přesunutí rovnováhy k prokoagulačnímu stavu a aktivaci buněčných i bílkovinných komponent zapojených do hemostázy (do procesu zástavy krvácení)

Hemostáza – proces zástavy krvácení, ve kterém srážení krve (hemokoagulace) hraje důležitou roli, společně s cévami a krevními destičkami

koagulační faktory

cévy

destičky



SRAŽENÍ KRVE - HEMOKOAGULACE

Sérum - plazma bez hemokoagulačních faktorů

Látky důležité pro koagulaci:

Vitamín K

Ca²⁺

Důležité látky bránící koagulaci:

Tělu vlastní – plazmin, heparin

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

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

Hemostáza

- Primární hemostáza = funkce trombocytů
- Sekundární hemostáza = hemokoagulace
 - bílkovinný model krevního srážení („koagulační kaskáda“)
 - buněčný model krevního srážení (nový náhled na fyziologii koagulace)

v rovnováze s procesy fibrinolýzy/trombolýzy

Trombocyty

- žena 180 000 – 400 000/ μl
 - muž 180 000 – 360 000/ μl
 - trombocytopenie, trombocytóza
-
- Vznik:
 - megakaryocyty z kostní dřeně – oddělování fragmentů cytoplasmy = trombocyty
 - trombopoetin
 - Morfologie:
 - tvar disků o průměru 2–4 μm , tloušťce 0,5–1 μm a o objemu 4–8 fl
 - bezjaderné (= neprobíhá v nich proteosyntéza)
 - obsahují funkční granula
 - **α -granula:** fibrinogen, tromboplastin, fVW a fVIII, PDGF
 - **δ -granula (elektron-denzní):** ADP, ATP, histamin, serotonin, Ca^{++}
 - **γ - granula:** lysosomální enzymy

DESTIČKY

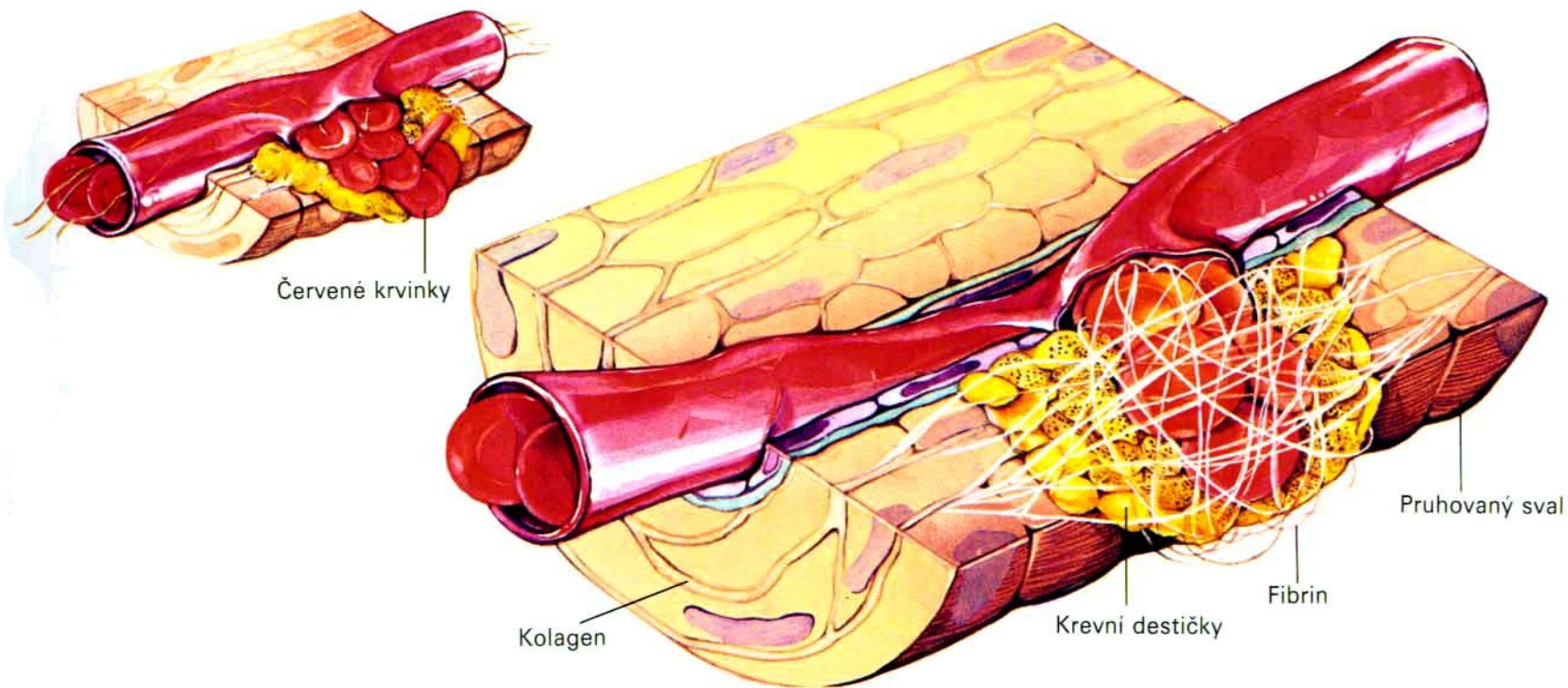
- vznikají ve dřeni fragmentací *MEGAKARYOCYTŮ*
- bezjaderné malé disky
- aktivovány „*von Willebrandovým*“ faktorem, který je produkován endoteliálními buňkami
 - přilnutí destiček na obnažený kolagen
- produkce vazokonstrikčních látek (*serotonin*, *thromboxanA*)
- thromboxan A zesiluje aktivaci destiček (*blokuje ASPIRIN*)

Funkce trombocytů (primární hemostáza)

- Při poškození cévní stěny vytvářejí primární zátku (=bílý trombus)
 1. ADHEZE (subendotelilní kolagen, vWF)
 2. AKTIVACE (vyplavení obsahu granul)
 3. AGREGACE (gpIIb/IIIa, fibrinogen)

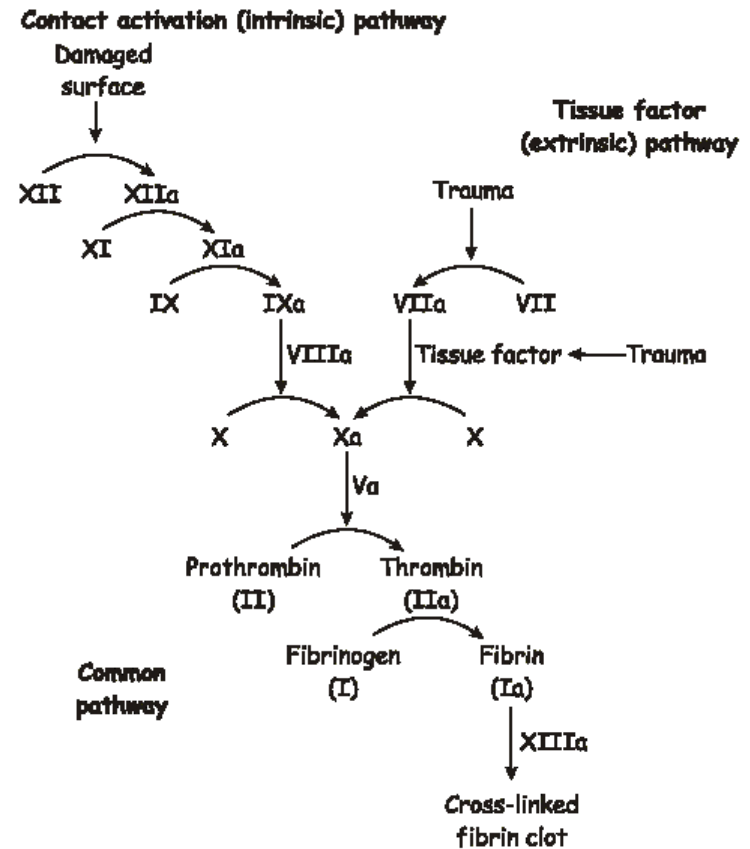
Sekundární hemostáza = hemokoagulace

- navazuje na primární hemostázu
- účastní se jí **faktory krevního srážení**
- **dnes dva náhledy:**
 - **bílkovinný model**
 - **buněčný model**
- **výsledek je vznik fibrinu a následně definitivního trombu**



Faktory krevního srážení

- syntéza v játrech
- I-XIII
- vitamin K-dependentní faktory
- bílkovinný model:
 - vnitřní a vnější cesta srážení krve



Buněčný model

- Nový pohled na fyziologii krevního srážení – zdůrazňuje význam buněk, zejména destiček, a faktorů na nich/v nich obsažených
- 4 fáze:
 - INICIACE
 - AMPLIFIKACE
 - PROPAGACE
 - STABILIZACE

Fibrinolýza

- zahrnuje procesy, které chrání tělo před vznikem velkých trombů
- plazmin štěpí fibrin, vznikají fibrin degradační produkty (FDP) a konečným produktem jsou D-dimery

plazmin (fibrinolysin): štěpí fibrin, vzniká z plazminogenu pomocí tkáňového plazminogenového aktivátoru (TPA)

Trombolýza

- využíváno v klinické praxi: streptokináza (aktivuje TPA)

Faktor V – Leiden

- jedná se o genetický polymorfismus
- jedinci s určitou variantou **genu pro faktor V** ho mají snáze aktivovatelný, a tak je u nich vychýlena rovnováha směrem k prokoagulaci (k tvorbě trombů)
- Praktická poznámka: Před nasazením antikoncepce by měl gynekolog vyšetřit tuto mutaci a u nositelek zvážit použití jiného druhu antikoncepce.

IMUNITNÍ SYSTEM

Thymus

Bone marrow

Tonsils and adenoids

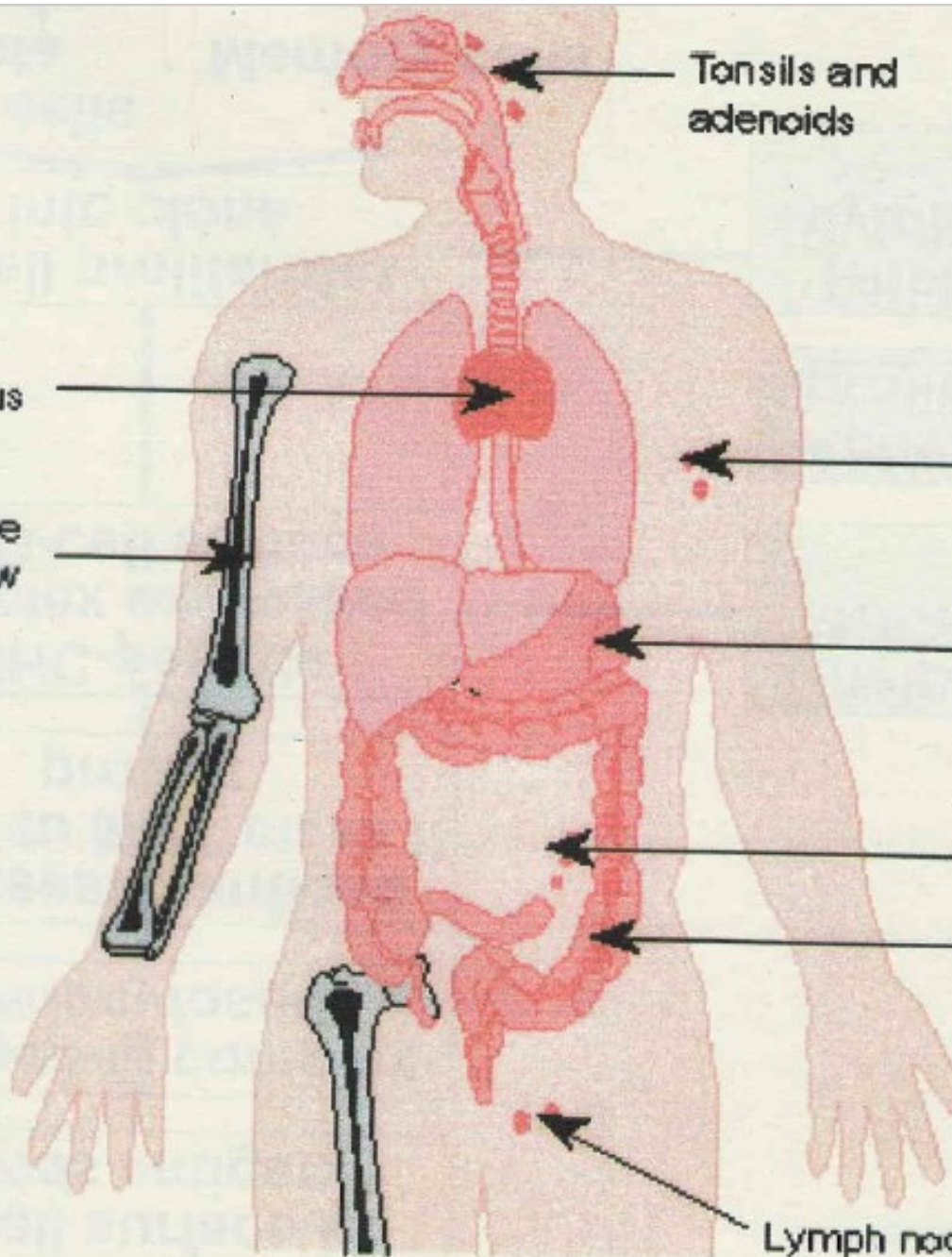
Lymph node

Spleen

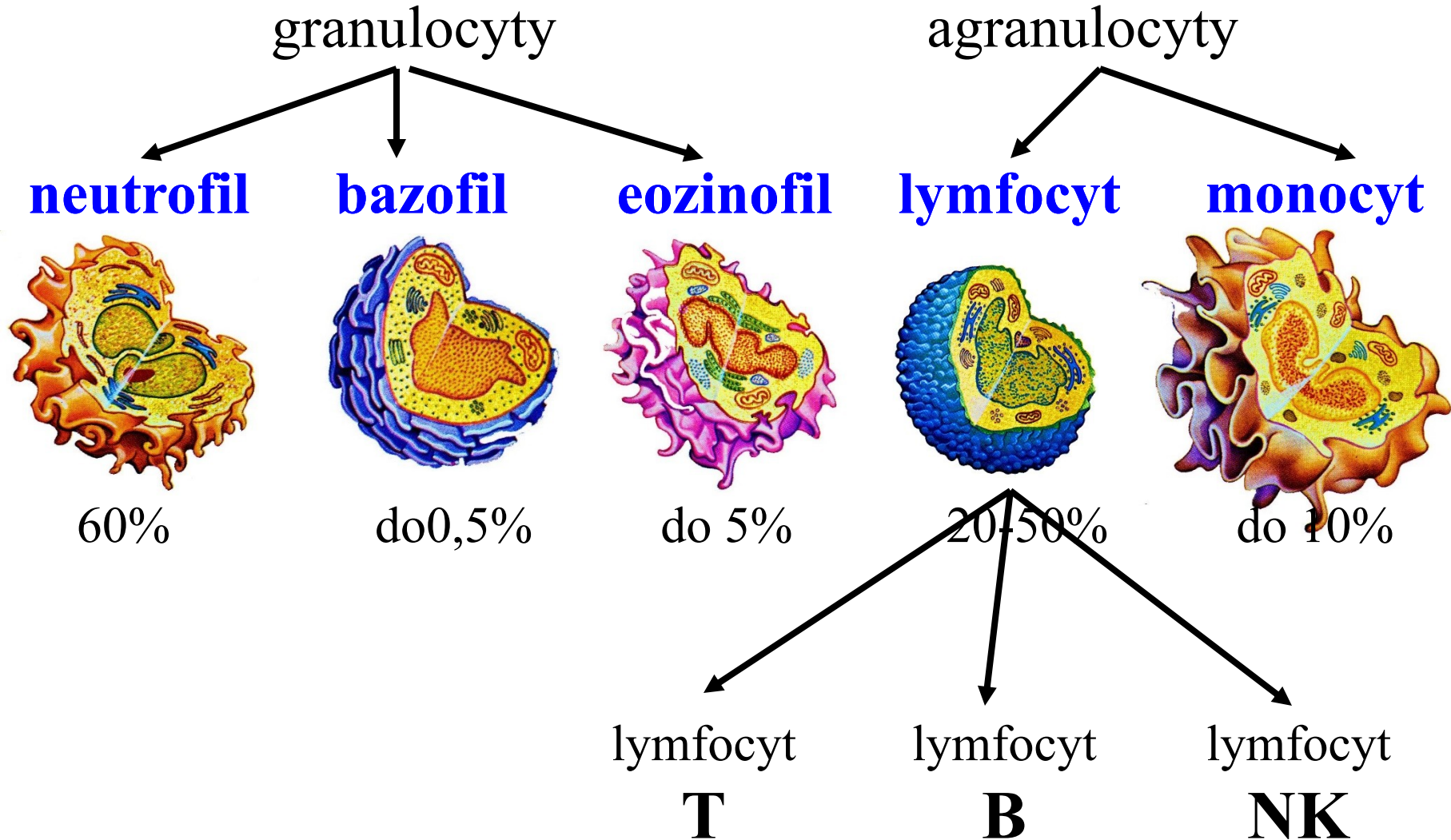
Lymph node

Peyer's patch

Lymph nodes



BÍLÉ KRVINKY - LEUKOCYTY



IMUNITA

- **schopnost rozeznat látky tělu vlastní a tolerovat je**
- **poznat látku tělu cizí - obrana organismu proti napadení (eliminovat látky tělu cizí)**
- **odstraňování nefunkčních nebo poškozených buněk organismu**
- **dozor nad odstraňováním látek tělu vlastních, ale které se tělu odcizily = 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



LYMFOIDNÍ ORGÁNY

Centrální:

Brzlík (thymus) - neúčastní se imunitních reakcí
- poskytuje prostředí pro zrání T buněk

Kostní dřeň

(Fabriciova burza u ptáků a její ekvivalenty u savců - střevní lymfoidní tkáň, apendix) - vznik a zrání B buněk

Periferní:

Lymfatické uzliny - filtr pro cizorodé částice a tkáňové zbytky

Slezina

Lymfoidní tkáň asociována se sliznicemi - difúzní lymfoidní tkáň slizničních povrchů (trávicí trakt, dýchací systém, ledvinový systém)

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

POJMY

ANTIGEN - schopnost molekuly reagovat

s produkty získané imunity - s *protilátkami*

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

IMUNOGEN - molekulární nebo nadmolekulární struktura, která může u příjemce 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

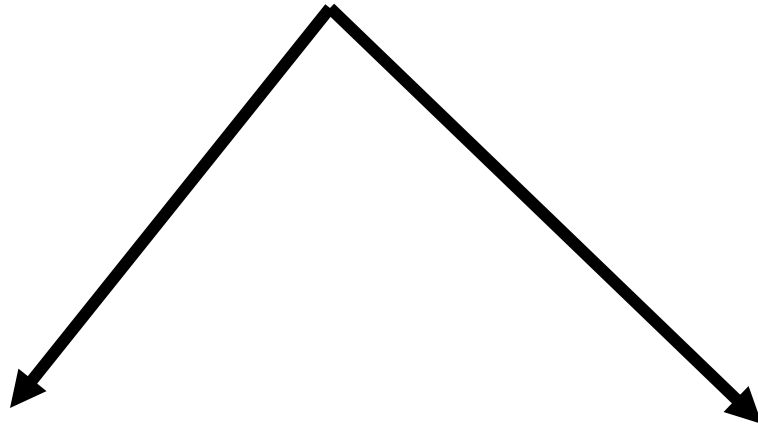
Typy PRR

- PRR v cirkulaci (rozpuštěné PRR) — např. manose binding lectin (MBL) spouštějící komplementovou kaskádu
- PRR na membránách buněk mohou:
 - Zprostředkovávat endocytózu (např. na makrofázích se nachází tzv. scavengerové receptory, které po kontaktu s antigenem spouští proces fagocytózy)
 - Způsobit aktivaci intracelulární kaskády, která vede k požadované odpovědi na ohrožení (těmto receptory označujeme jako TLR – toll like receptory, které po vazbě na PAMP mohou indukovat dělení buněk, zánik buněk, produkci volných kyslíkových radikálů apod.)
- PRR uvnitř buněk (intracelulární)

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

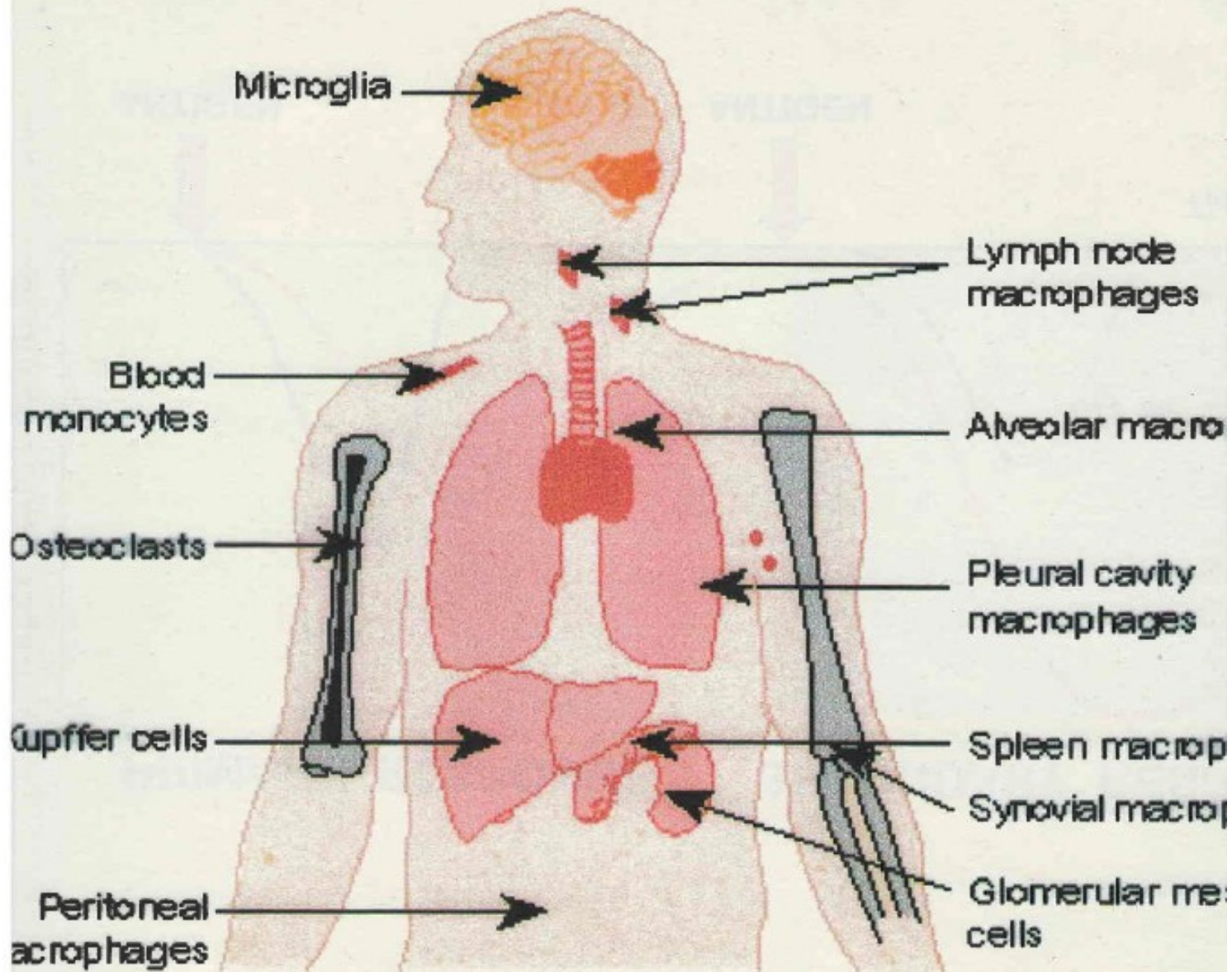
Soubor buněk rozprostřených v celém organismu nadaných schopností fagocytózy=fagocyty

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



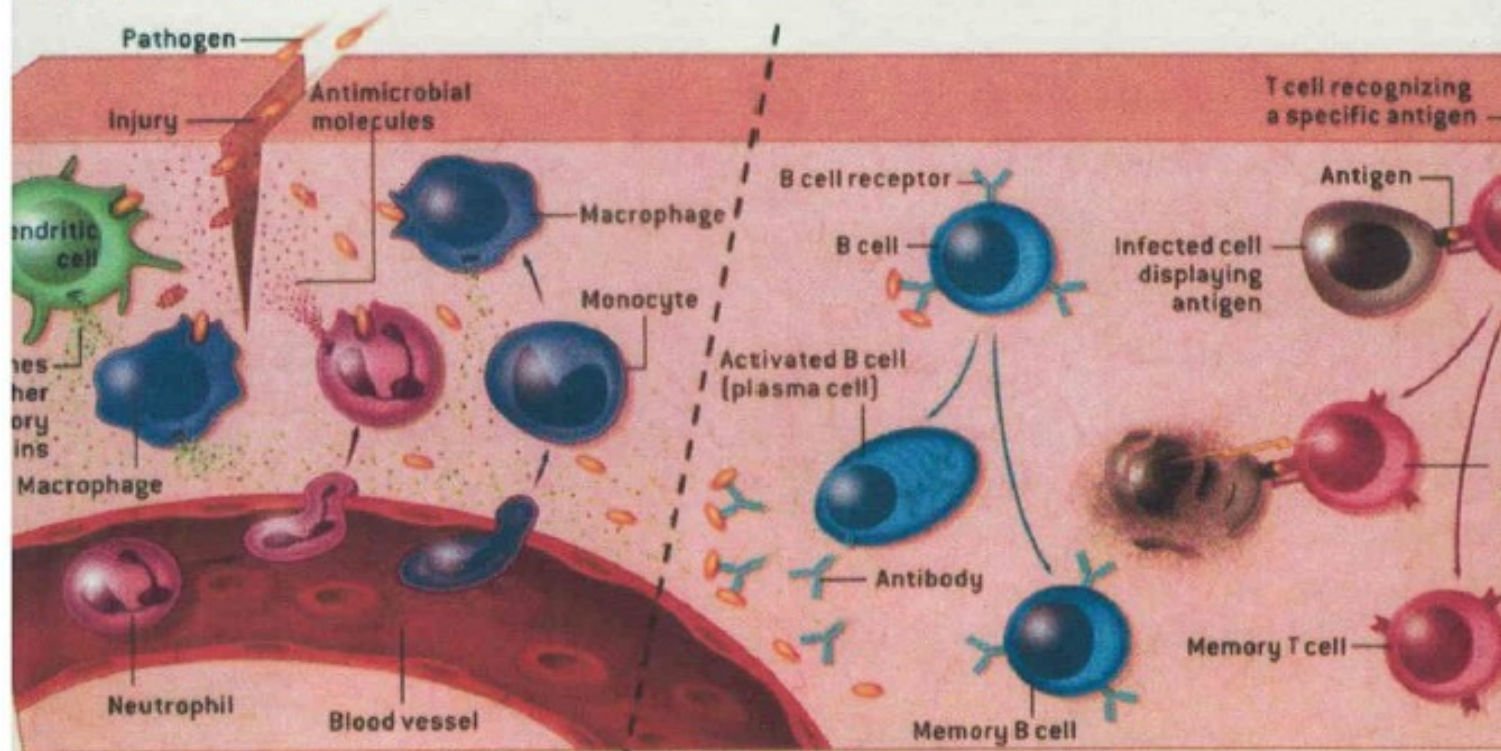
Neaktivované dendritické buňky

- Pod názvem Langerhansovy buňky epidermis – vznik z monocytů – najdeme je v kůži a sliznicích
- Svými výběžky pronikají do vrstev pokožky/sliznic
- Řadí se k tzv. antigen prezentujícím buňkám

THE DIVISIONS OF THE IMMUNE SYSTEM

The mammalian immune system has two overarching divisions. The innate part (*left side*) acts near entry points of the body and is always at the ready. If it fails to

contain a pathogen, the adaptive division (*right side*) mounts a later but highly targeted attack against the specific invader.



INNATE IMMUNE SYSTEM

This system includes, among other components, antimicrobial enzymes and various phagocytes (cells that ingest and destroy pathogens). These cells, such as dendritic cells and macrophages, initiate an inflammatory response, secreting proteins called cytokines that trigger an influx of defensive cells from the blood. The recruits are more phagocytes—notably monocytes (which mature into macrophages) and neutrophils.

ADAPTIVE IMMUNE SYSTEM

This system "stars" B cells and T cells. Activated B cells secrete antibody molecules that bind to antigens—specific components of a given invader—and destroy the invader directly or mark it for attack by others. T cells recognize antigens displayed on the surface of infected cells. T cells help to activate B cells and other T cells (not shown). T and B cells spawn "memory" cells that promptly eliminate invaders encountered before.

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, přilnou (*adherují*) a pohltí ji (*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)

migrace



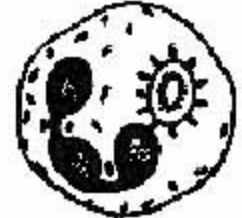
adheze



ingesce



degradace



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

Nespecifická humorální

- **Bazické polypeptidy** – spermin, defenziny – které se vážou na kyselé mukopolysacharidy ve stěně bakterií – narušují jejich strukturu, tím nespecificky zabíjejí mikroba
- **Kyselé látky** – laktát, HCl v žaludku apod. – mohou navodit takové prostředí v našem organismu pro patogenní bakterie, které způsobí zpomalení jejich růstu až zánik
- **Lysozym** – enzym ve slinách, na sliznicích, v slzách – nám neublíží – štěpí peptidoglykan, který najdeme ve stěně bakterií tzv. gram pozitivních (G+)
- **Cytokiny** – látky zajišťující komunikaci mezi buňkami

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“ tzv. 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 baktériemi 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 baktérií
- OKO** - mrkání a omývání slzami (baktericidní látky)

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*

B-lymfocyty – vznik v kostní dřeni (dozrívají v periferních lymf.tkáních), ale nedostanou se do thymu, paměťové a plazmatické buňky-tvorba protilátek

- Specifická imunita je vždy namířena proti jedinému konkrétnímu antigenu-antigenní determinantě – epitopu
- Rozpoznání zajišťuje u T lymfocytů Tcell receptor (TCR) , u B lymfocytů Bcell receptor (BCR)
- Pro aktivaci musí být antigen prezentován

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**

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)
- Jsou schopny OPSONIZACE - usnadňují pohlcení bakterie fágem; anamnesticke pt-již jsme nemoc prodělali

IgA (15%) – řetězec alfa, dimery pt na sliznicích - dominantní třída slizničního imunitního systému, neutralizují viry a bakterie přijaté potravou-součást hlenu slin, slz, mateřského mléka

- **IgM** (10%) - prvá protilátka časné imunitní odpovědi (makromolekulární-velké molekuly, shlukují bakterie/viry do větších skupin-dobře viditelné a fagocytovatelné)
- **IgD** (0,2%) – řetězec typu delta, monomery, struktura identická s receptory Bbuněk-BCR – na povrchu Blymfocytů
- **IgE** (0,004%) – řetězec typu eta; obrana proti parazitárním baktériím
- - vazba na žírné buňky způsobuje uvolnění histaminu (alergie)

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

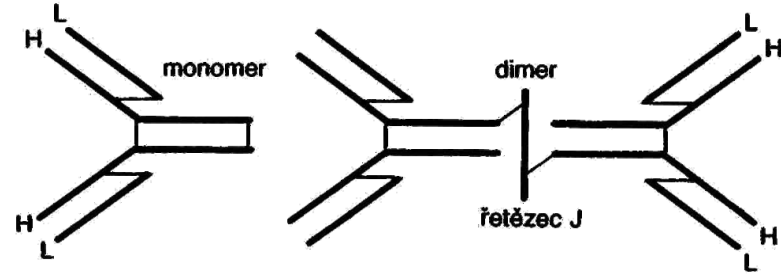
IgD (0,2%) - nejasný význam

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

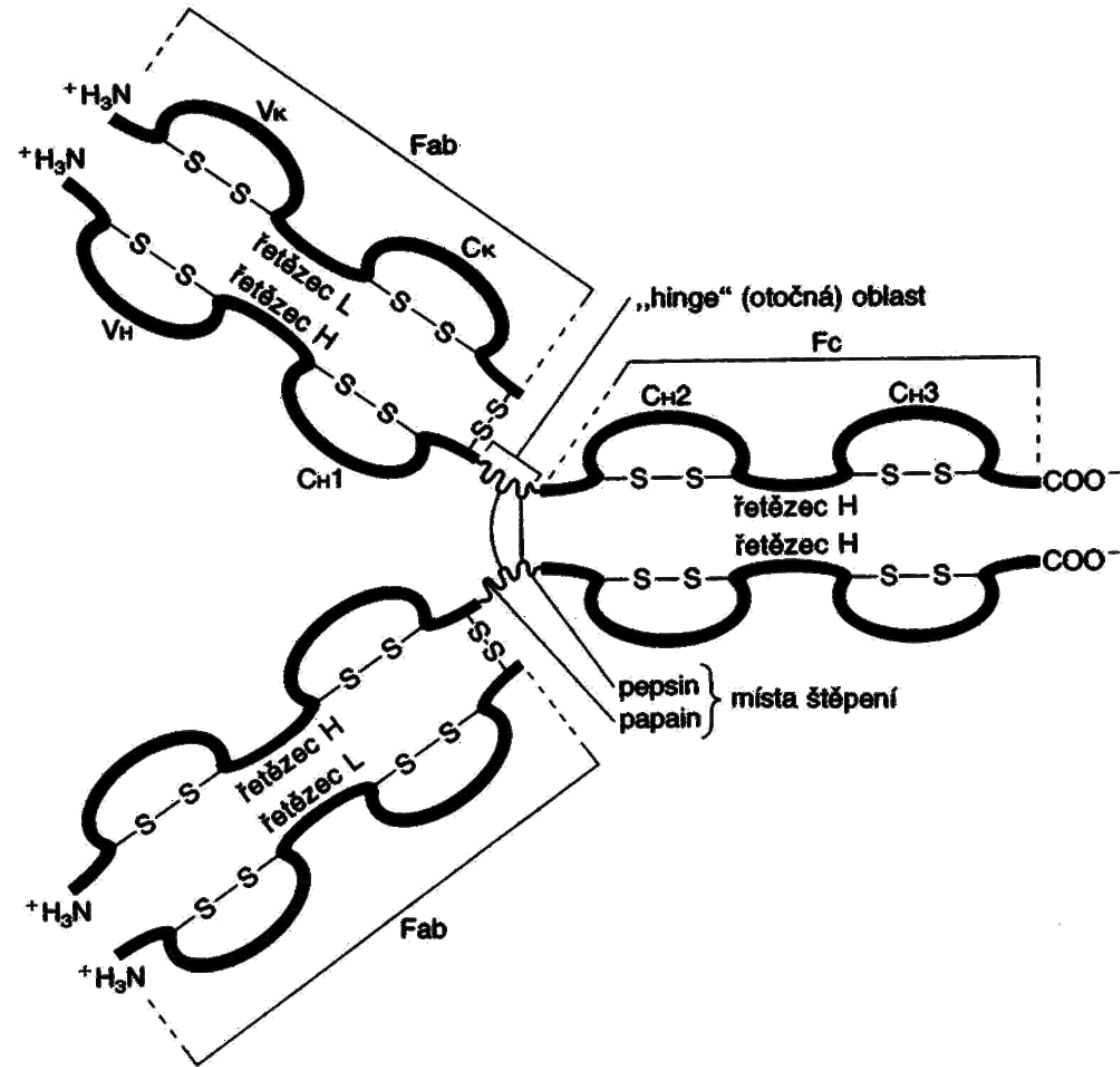
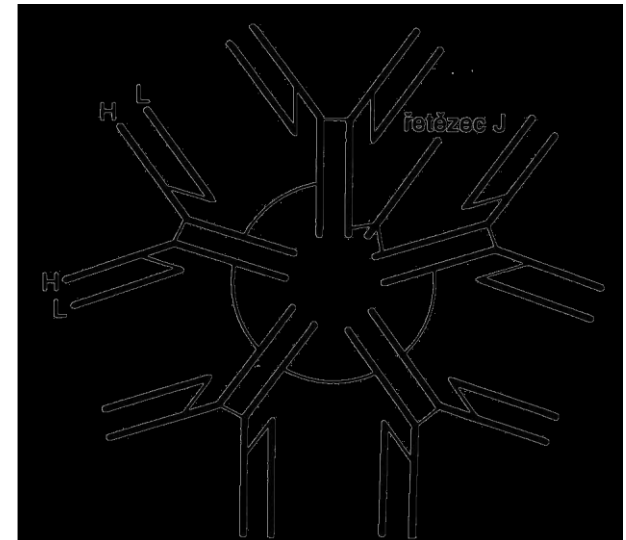
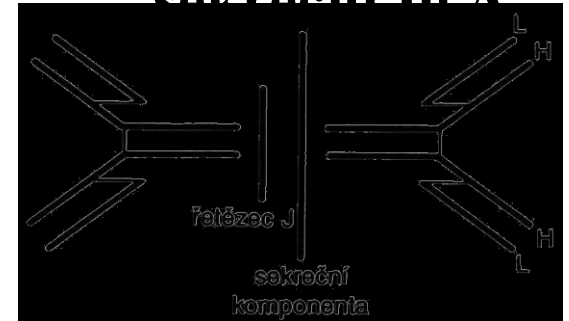
- vazba na žírné buňky způsobuje uvolnění histaminu (alergie)

MODEL MOLEKULY IMUNOGLOBULINU

sérová Ig A



slezní Ig A



LYMFOCYTY T

- vznik v kostní dřeni, dozrávání v thymu (získají svůj TCR)
- 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

Obojí jsou tzv. koreceptory

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

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

Obojí jsou tzv. koreceptory

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

Jak spolu buňky imunitního systému komunikují 1

- Do těla antigen – prezentován přes APC specifickému imunitnímu systému (pokud to bylo možné, již se při tom aktivoval i nespecifický)
- Pokud Ag prezentován přes HLA I (na všech jaderných bb.)-aktivace CD8 lymfocytů-přes cytotoxické mechanismy zničeny buňky s antigenem – boj s viry+nádorovými buňkami, pomocníci - NKbuňky

Jak spolu buňky imunitního systému komunikují 2

- Pokud Ag vystaven přes HLA II (najdeme na APC) - aktivace pomocných Tlymfocytů (CD4)
 - Aktivace TH1-produkce interferonu gama – zvýšení cytotoxicity makrofágů a ty zničí ten antigen – boj proti intracelulárním Ag
 - Aktivace TH2-produkce interleukinů 4,5,6-podpořena přeměna B lymfocytů na plazmatické buňky-tvorba různých tříd protilátek – ty se navazují na Ag a ničí jej + opsonizují jej-pomoc pro nespecifickou imunitu (komplement, granulocyty, NK) – bakteriální (parazitární) infekce

CYTOKINY

- Velká skupiny chemických látek pro regulaci buněk imunitního systému
 - **Interleukiny IL** – hlavní regulátor vývoje a působení leukocytů (IL1- prozánětlivý, hlavní mediátor horečky; IL2 produkován TH1, stimuluje další Tlymfocyty; IL4,5,6 –produkovány TH2 – stimuluji Blymfocyty k tvorbě protilátek různých tříd
 - **Interferony** – IFN alfa-beta – interferují s množením virů v hostitelské buňce, po napadení buňky virem-produkce interferonu-ten difunduje k buňkám v okolí-tyto buňky zpomalí množení – zábrana virové replikace a šíření, dá se čas pro působení imunitního systému; IFN gama – produkován TH1lymfocyty, zvýšení cytotoxicity makrofágů
 - **Chemokiny** – stimuluji pohyb buněk imunitního systému směrem k místu zánětu – hlavně působí na granulocyty

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