

10. Imunita

- Imunita
- Rozpoznání vlastního a cizího / ochrana proti
 - cizorodým makromolekulárním látkám (bílkoviny, polysacharidy)
 - patogenům (bakterie, viry, houby, prvoci, hlísti, ploštěnci)
- Imunitní systém
 - nespecifická imunita – pohlcování choroboplodných zárodků fagocytujícími buňkami, uvolňování obranných bílkovin
 - specifická imunita – lymfocyty

Rovnováha mezi infekcí a imunitou

infekce

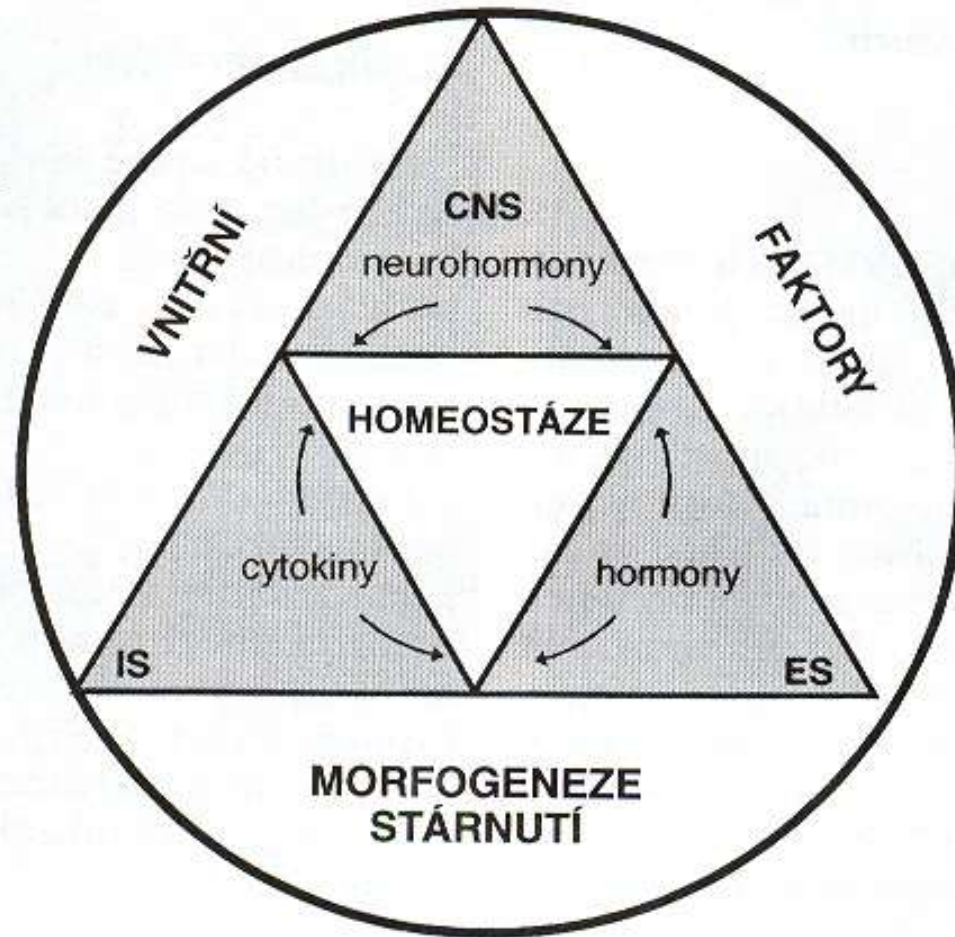
imunita



**VNĚJŠÍ
FAKTORY**
fyzikální
chemické
výživa
patogeny

**ETOLOGICKÉ
A SOCIÁLNÍ
FAKTORY**
psychické
kulturní

PERIODICITA
lunární
solární
sezonní
circadiální



ADAPTACE

- imunologie vznikla z mikrobiologie
- planeta mikroorganismů, téměř 3 mld let bez jiných organismů, uhlíku vázaného v mikroorganismech je 2x více než ve všech ostatních organismech
- mikroorganismy jsou všudypřítomné jako patogeny, symbionti, komenzálové... neoddělitelní od vyšších organismů (včetně genomu)
- 1-10 bakteriálních buněk na 1 lidskou, 1-1,5 kg hmotnosti člověka, cca 1000 druhů, 1g půdy obsahuje 10^9 bakterií v 7000 druzích, v mořské vodě jen 160 druhů
- během nemocí se snižuje počet druhů střevních bakterií, změna složení druhů může výrazně usnadnit uzdravení – probiotika (bakterie mléčného kvašení, hl. laktobacily, bifidobakterie) + prebiotika (podporují růst prospěšných bakterií, např. sacharidové složky - inulin), synbiotika – obsahují pro- i prebiotika
- transplantace fekální mikrobioty pacientům se střevní infekcí
- život bez bakterií je složitý – nevyzrálá imunita
- rezistence na antibiotika je 30 000 let stará – vzorky z ledu – geny rezistence se v životním prostředí běžně vyskytují, proto nyní tak častá – nová antibiotika selektují preexistující rezistenční determinanty (existují bakterie rezistentní až na 100 antibiotik)

- I na povrchu kůže velmi čistotného člověka žijí až desítky gramů různých druhů bakterií a jiných mikroorganismů, po umytí sice jejich počet klesá, ale záhy dosáhne původních hodnot.

Tab. 2 Nejdůležitější zástupci mikroflóry žijící na kůži zdravého člověka

Acinetobacter, Aerococcus
bacily, klostridie, korynebakterie
Micrococcus, Peptostreptococcus
Propionibacterium
stafylokoky, streptokoky
houby: *Candida, Malassezia*

Šíma 2006

- **Mikrobiom osídlující kůži, dýchací cesty, urogenitální a gastrointestinální trakt představuje primární regulátor zdraví a nemoci.**
- Schopnost obrany integrity se označuje jako imunita (u rostlin a mikrobů často jako rezistence).

SO YOU THINK YOU ARE ALONE?

YouTube



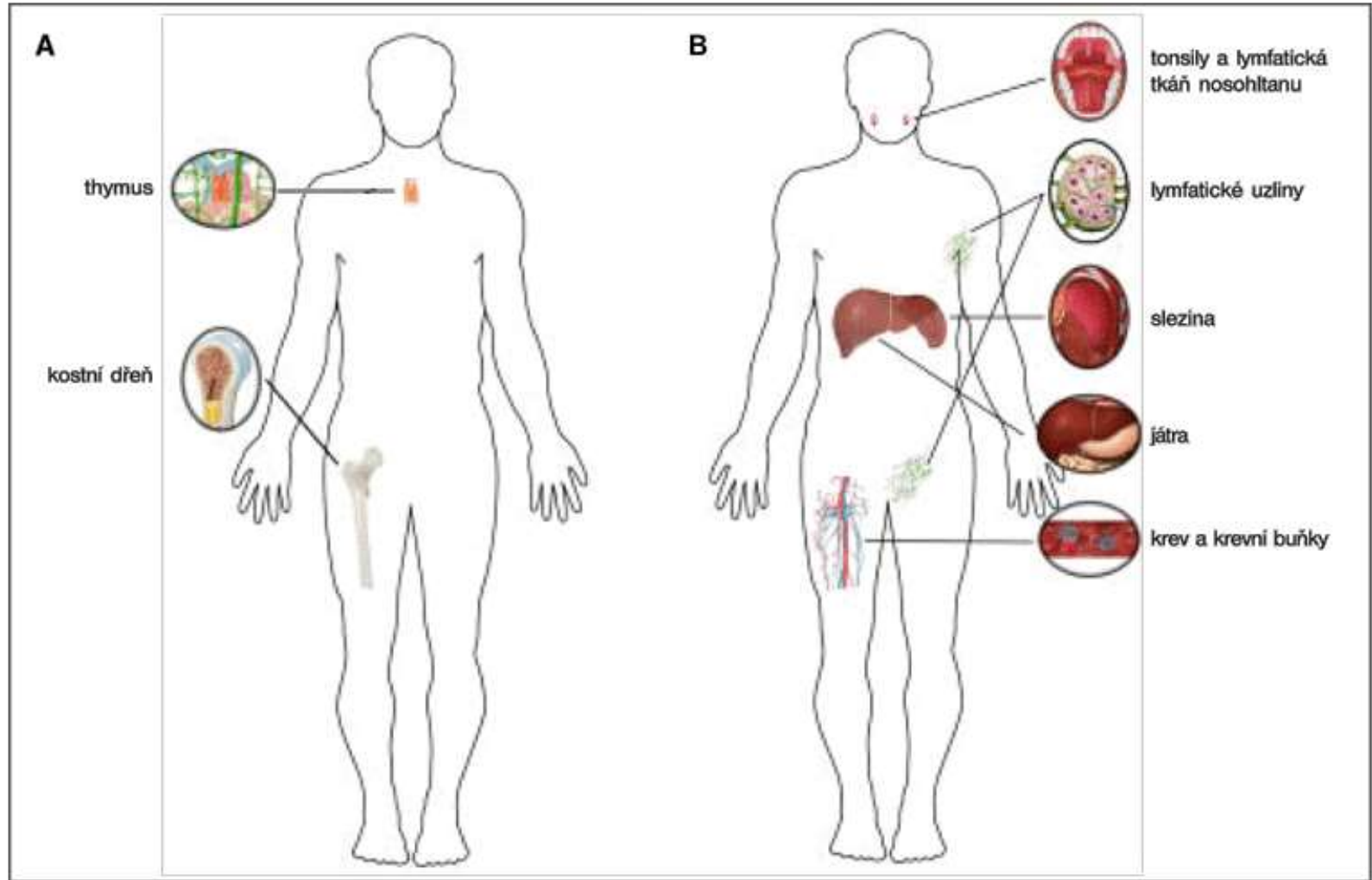
0:07 / 3:50

⏸ 🔊 ⌚ ⌂ ⚙ 🗑 📺

WE ARE NOT ALONE: How the Human "Planet" Is Colonized and a Gut Microbiome Is Built

<https://www.youtube.com/watch?v=WEtJYxYKxc>

Orgány imunitního systému



Obrázek 2: Normální imunitní systém. A - centrální imunitní orgány, B - periferní imunitní orgány

Primární lymfoidní orgány

- Kostní dřeň
 - Kmenové buňky
 - Myeloidní prekursory
 - Lymfoidní prekursory
- Thymus (brzlík)
 - Dva typy tkání
 - Kortex
 - Dřeňová oblast

Sekundární lymfoidní orgány - systémové

- Slezina
 - Vychytává mikrobiální podněty z krve
 - Červená pulpa (větší) - makrofágy
 - Bílá pulpa – T a B-lymfocyty
- Lymfatické uzliny
 - Zde se buňky IS setkávají s antigenem
 - Vznik specifické imunitní odpovědi

Slizniční imunitní systém

- MALT (**M**ucosa **A**ssociated **L**ymfoid **T**issue)
- GALT
- BALT
- to znamená, že imunitní buňky jsou v krvi, ale i na kůži, sliznicích, močopohlavních cestách apod. (chrání obrovské plochy)
- tvoří rozhraní mezi organismem a vnějším prostředím

pluripotentní ("všeumozňující")
kmenová buňka kostní dřeně



leukopoéza

myeloblast



promyelocyt

granulocyty



eozinofilní



bazofilní
(žírné
buňky)



neutrofilní

monoblast



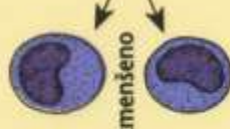
monocyt



makrofágy



lymfocyt



B-buňky T-buňky

erytropoéza



proerytroblast



erytroblast

retikulocyt



erytrocyt

trombopoéza



megakaryoblast



megakaryocyt



trombocyty

podpora
odolnosti

nespecifická
odolnost

specifická
odolnost

transport O₂

srážení krve

Buňky imunitního systému

1ml krve

5×10^9 ERY

$5-8 \times 10^6$ LEU, z toho

Granulocyty

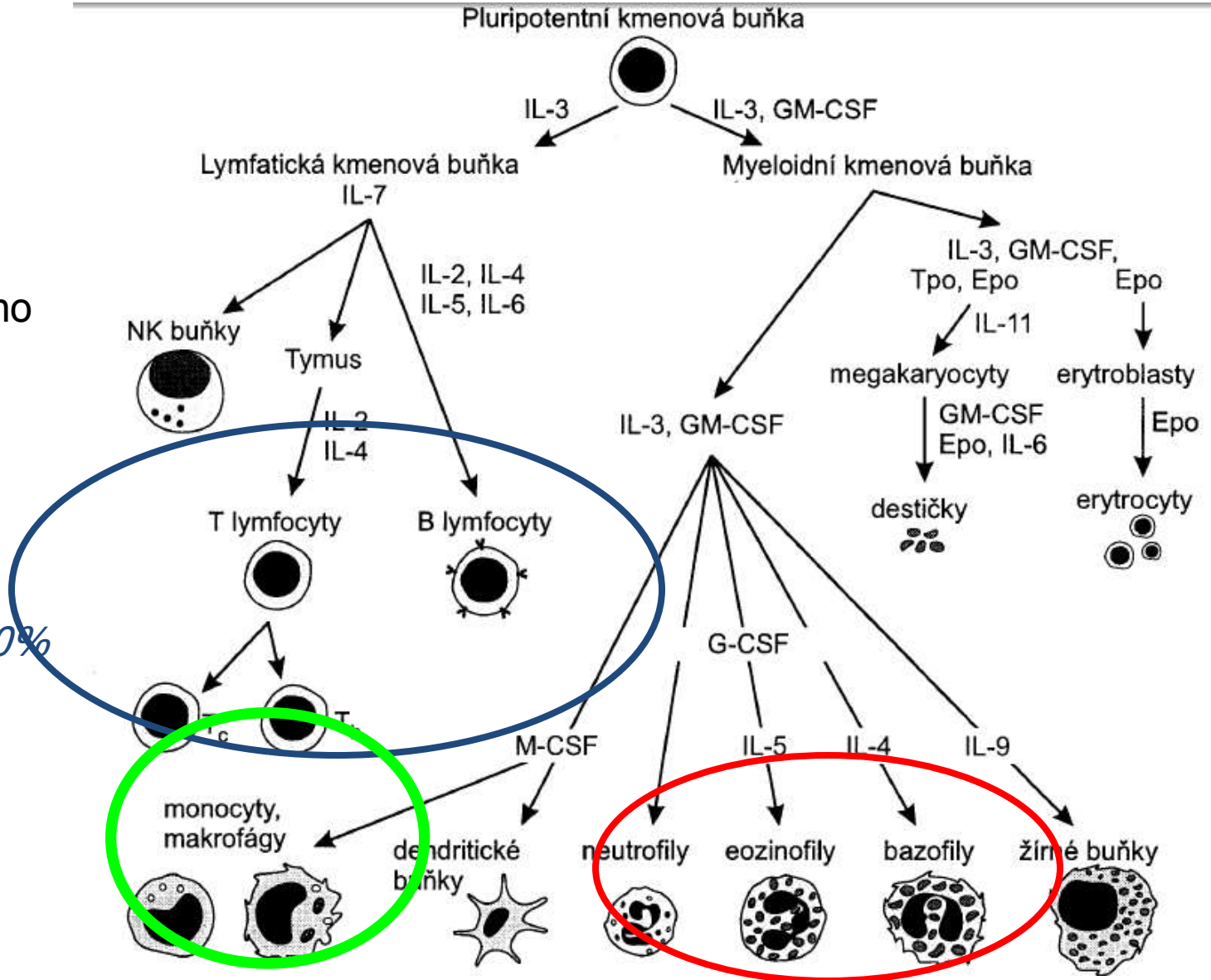
40% NEU

1-9% EOS

0.5% BAS

Lymfocyty 20-40%

Monocyty 5%



Buňky imunitního systému

- **Neutrofilní granulocyty**

- žijí velmi krátce v krvi, rychlé vykonání funkcí a odbourání
 - primární ochrana **proti extracelulárním bakteriím**
 - fagocytóza (intracelulární zabíjení), funkce v primárním zánětu
 - CD66 pozitivní, neexprimují MHC-II proteiny (**neprezentují Ag !**)
- Cluster Designation (někdy také označované jako *cluster of differentiation*)

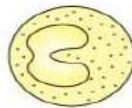
Neutrophil



- **Eosinofilní granulocyty**

- obrana **proti velkým parazitům** (prvoci, tasemnice...)
- uvolnění lytických enzymů z granulí / umí i fagocytovat
- uplatňují se **při alergických reakcích**

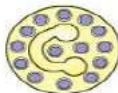
Eosinophil



- **Basofilní granulocyty**

- v granulích heparin a histamin: funkce **při zánětu (rozšiř. cév)**
- **APC (antigen-prezentující buňky)**
- specifická / získaná imunita - T-b.

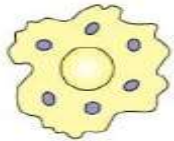
Basophil



Buňky imunitního systému

- **Monocyty (mobilní) → makrofágy (tkáňové)**

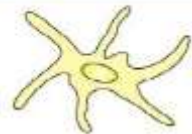
Macrophage



- fagocytóza patogenů / nádorů / apoptotických tělísek, obnova tkání
- prezentace antigenu (specifická / získaná imunita - T-b.)
- **APC**
- CD14 pozitivní, adherence na sklo a plast
- produkce cytokinů / aktivace po působení vlastních i cizích cytokinů
- obrana **proti extracelulárním i intracelulárním patogenům**

- **Dendritické buňky**

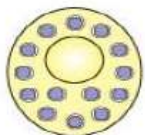
Dendritic cell



- **APC v tkáních** - vychytávání Ag
- migrace do uzlin, prezentace APC a vývoj imunitní odpovědi

- **Žírné buňky (heparinocyty, mastocyty)**

Mast cell



- tkáňová obdoba basofilů

Buňky imunitního systému – LYMFOCYTY

- **T-lymfocyty (CD3+)**
 - řízení a rozhodování v I.S.
 - Subpopulace - Th (CD4+) Tc (CD8+)
- **B-lymfocyty (CD19+, CD20+)**
 - příjem, zpracování a prezentace antigenu (APC)
 - schopny zpracovat rozpustný/solubilní Ag (oproti dalším APC)
 - produkce protilátek
- **NK buňky (CD56+)**
 - vypadají jako T-buňky ale NEmají T-buněčný receptor (CD3-)
 - rozpoznání a likvidace (jako Tc) míst s malou expresí/bez MHC-I
(tj. místa s nádory, viry napadené buňky)

Buňky imunitního systému

				klasifikace	
	objem který tvoří v buněčné složce krve (%)	podskupiny a synonyma	funkce	morfologicky	funkčně
basofily	V krvi vzácně, více v epitelech kůže plic a trávicího traktu		Uvolňují histamin, podílejí se na zánětlivých a alergických reakcích	granulocyty	fagocyty
neutrofily	50-70 %	polynukleární leukocyty	Fagocytují a ničí bakterie. Odumřelé neutrofily vytvářejí hnis.		
eosinofily	1-3 %		Fagocytují a ničí cizí částice. Účastní se při likvidaci parazitů a spoluúčastní se alergických reakcí		
monocyty	1-6%	Monocyty jsou prekurzory makrofágů	Fagocytují mikroorganismy ale také odumřelé buňky vlastních tkání. Prezentují antigen	agranulocyty	antigen prezentující buňky
lymfocyty	20-35%, většina však v lymfatických tkáních	T-lymfocyty (cytotoxické b. a pomahači), B-lymfocyty (plazmatické buňky)	Specificky rozpoznávají antigen prezentovaný na povrchu APC. Vytvářejí protilátky		
dendritické buňky	Neobjevují se volně v krvi, pouze v tkáních	Nazývány také Langerhansovy buňky	Prezentují antigen a tím aktivují lymfocyty		
					cytotoxické b.
					cytotoxické b.

1.1. Typy a funkce leukocytů v imunitním systému člověka.

Imunitně významné molekuly

Obratlovci:

- vztah patogen-hostitel: větší variabilita znamená vyšší odolnost (extrémní zvýšení variability ale naopak škodí)
- hledání sexuálních partnerů: lepší zbarvení znamená víc potomků
- čichem jsou schopni rozpoznat vhodnou kombinaci genů, příbuzní jedinci jsou méně atraktivní

MHC geny (od chrupavčitých ryb)

Toll-like receptory (od kostnatých ryb)

- studie na ptácích – paternity mláďat u stálých párů
- studie na hlodavcích

Molekuly v IS – odlišení „vlastního“ od „cizího“ = MHC

- **Buňky těla nesou na povrchu proteiny MHC**
 - Major Histocompatibility Complex (také „HLA“ – Human Leukocyte Antigens)
 - VŠECHNY buňky těla nesou MHC-I
 - APC buňky nesou navíc MHC-II (tj. mají MHC-I + MHC-II)
- **Funkce MHC**
 - značka příslušnosti bb. k organismu
 - zpracování a vystavení Ag
 - MHC-I → prezentace CD8+ T-buňkám
 - MHC-II → prezentace CD4+ T-buňkám
- **Variabilita ve struktuře MHC**
 - genetická „příbuznost“ → možnost transplantací orgánů
- **Buňky I.S.**
 - naučí se rozpoznávat vlastní MHC (T-b., NK-b.)
 - dokáží rozpoznat MHC s navázaným Ag a reagovat (T-b)
 - „cizí“ MHC v těle: velmi silná reakce (transplantace ...)

Odlišnosti imunitních systémů

Vzájemná přitažlivost je totiž závislá na odlišném imunitním systému jedinců a tzv. MHC geny (major histocompatibility complex). Tyto geny kódují proteiny, které pomáhají imunitnímu systému rozpoznat patogeny, mimo jiné z množství vůní a pachů najít ten správný.

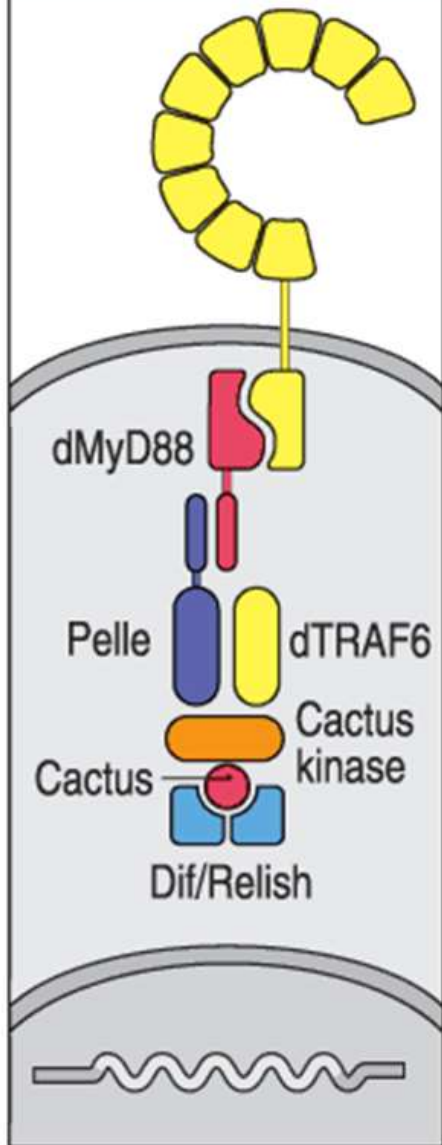
"Partneři si voní, pokud mají odlišné imunitní systémy, protože jejich případní potomci mají šanci mít širší spektrum imunity. Je pak i větší pravděpodobnost, že přežijí různé epidemie. Zajímavé je i to, že sourozenci a blízcí příbuzní si obvykle vzájemně nevoní a tedy se ani sexuálně nepřitahují," dodává Weiss.

Vnímání vůně partnera je tak jakýmsi skrytým faktorem, který vysvětluje ono "jiskření", "chemii", které partneři vzájemně vnímají a ovlivňuje tak zejména jejich sexuální chování.

www.novinky.cz

- u lidí je to ale daleko složitější, nelze spoléhat jen na čich...

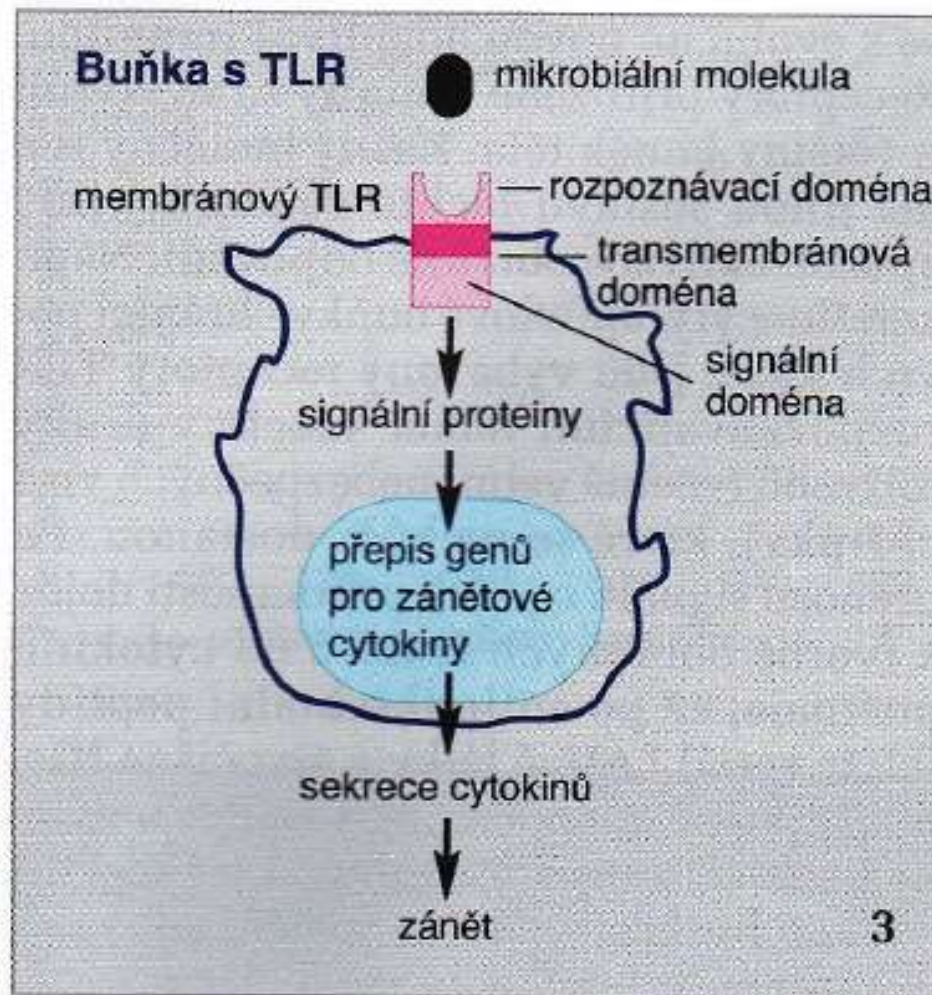
The *Drosophila* Toll signaling pathway



2001 Garland Science

U *Drosophily* dvojí funkce – dorso-ventrální osa v embryonálním vývoji a imunita...

To je šílené, das ist toll!!!

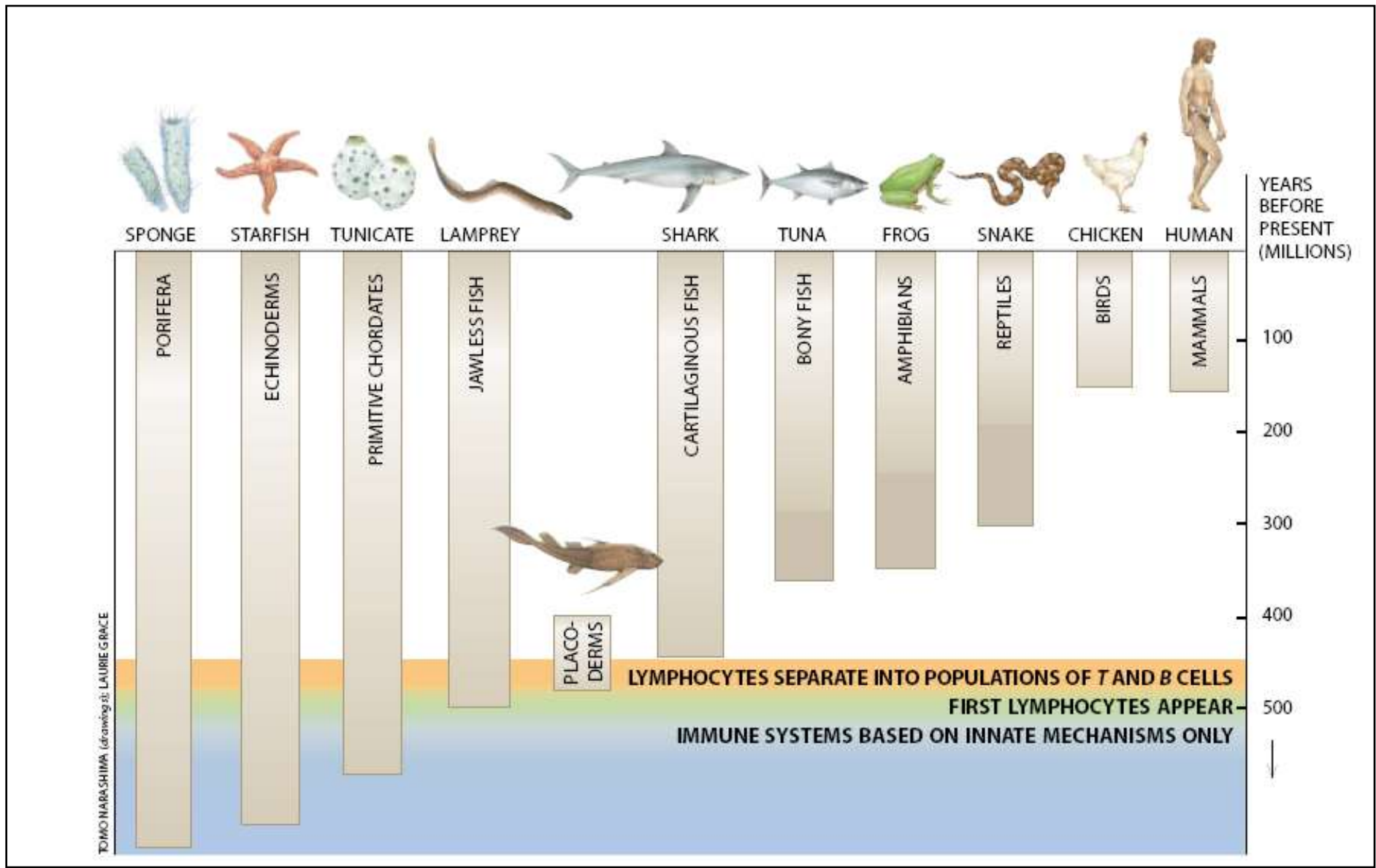


Přehled - hlavní molekuly imunitního systému

- *Glykoproteiny MHC I a II tříd (= HLA u lidí) – viz dříve*
- **Ag-specifické receptory** na povrchu T- a B- buněk (TCR/BCR)
- **Protilátky** (Ab) / **Imunoglobuliny** (Ig) - produkce B-b.
- **Receptory pro Fc fragmenty Ig** - různé buňky
- **Cytokiny** - různé bb, vč. bb IS
- **Receptory pro cytokiny** - různé bb, vč. IS
- **Komplement** (C) & receptory pro C (různé bb.)
- **Adhezivní** molekuly
- **Kostimulační** molekuly
- **Interleukiny**

Imunitní mechanismy

- **Nespecifické**-evolučně starší
 - Součásti: fagocyty, NK, komplementový systém
 - Nevzniká imunologická paměť
- **Specifické**-evolučně mladší
 - Součásti: T, B-lymfocyty, protilátky
 - Vzniká imunologická paměť



Přirozená / Nespecifická imunita

nespecifická imunita:

- evolučně starší, vyskytuje se v různých formách v celé živočišné říši od bezobratlých po savce

základní charakteristiky:

- je vrozená
 - organismus ji má od narození
 - nezáleží na tom zda se s onemocněním či patogenem potkal
- není specifická
 - buňky zasahují stejným způsobem proti všem cizorodým částicím
- nemá imunologickou paměť
 - zásah proti antigenu vždy se stejnou silou, i když je opakovaný

Nespecifická imunita

způsoby realizace:

– kůže:

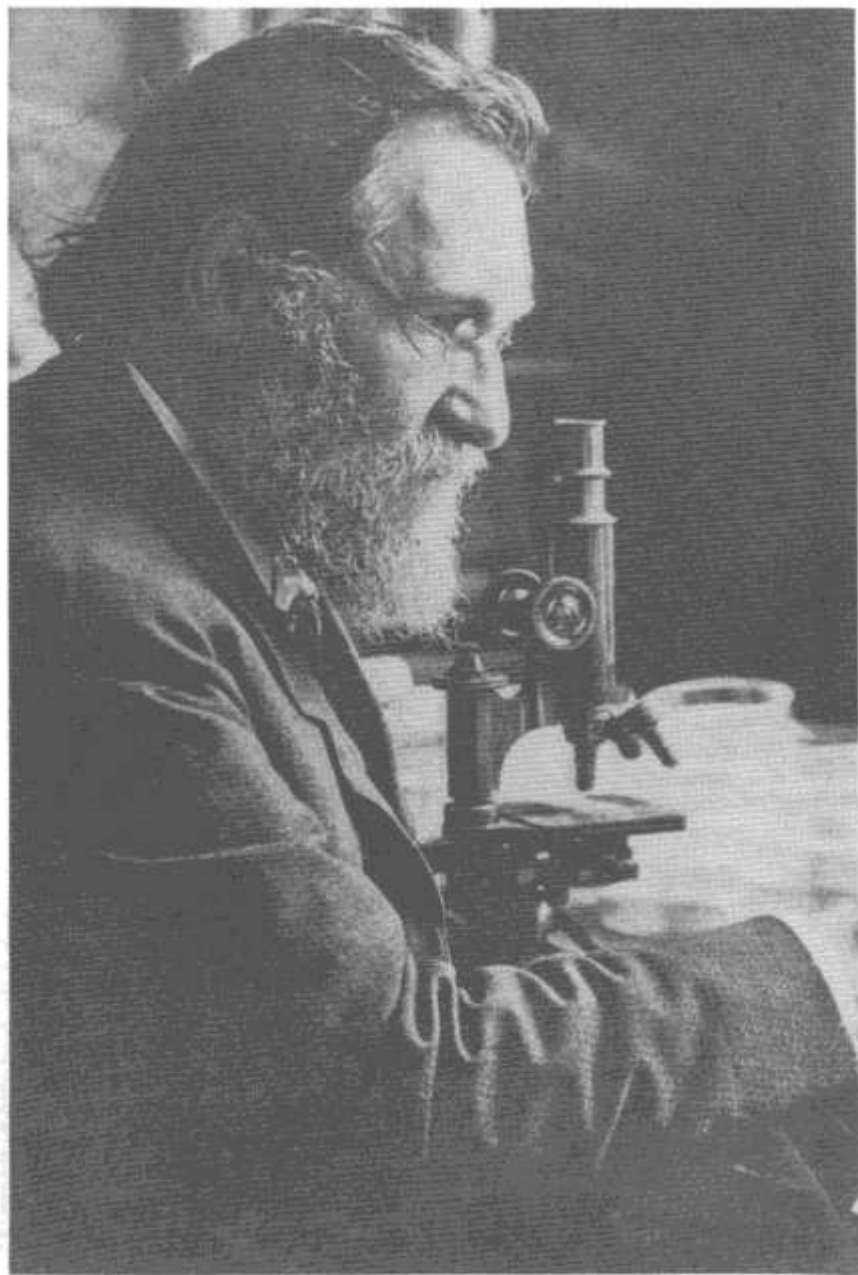
- hraniční vrstva oddělující organismus od zevního prostředí, vytváří pro mnoho mikroorganismů nepříznivé prostředí
- mechanická ochrana
- pot – baktericidní (organické kyseliny, močovina, soli)

– sliznice:

- enzym lysozym ve slinách a slzách
- HCl v žaludku
- kyselý sekret pochvy
- hlen na povrchu sliznin dýchacího a trávicího traktu

– fagocytóza:

- pohlcování cizorodého materiálu specializovanými buňkami
 - monocyty, makrofágy, eosinofilními a neutrofilními granulocyty



Elie Metchnikoff (Courtesy National Library of Medicine)

Ilja Mečnikov

poprvé použit pojem
fagocyt

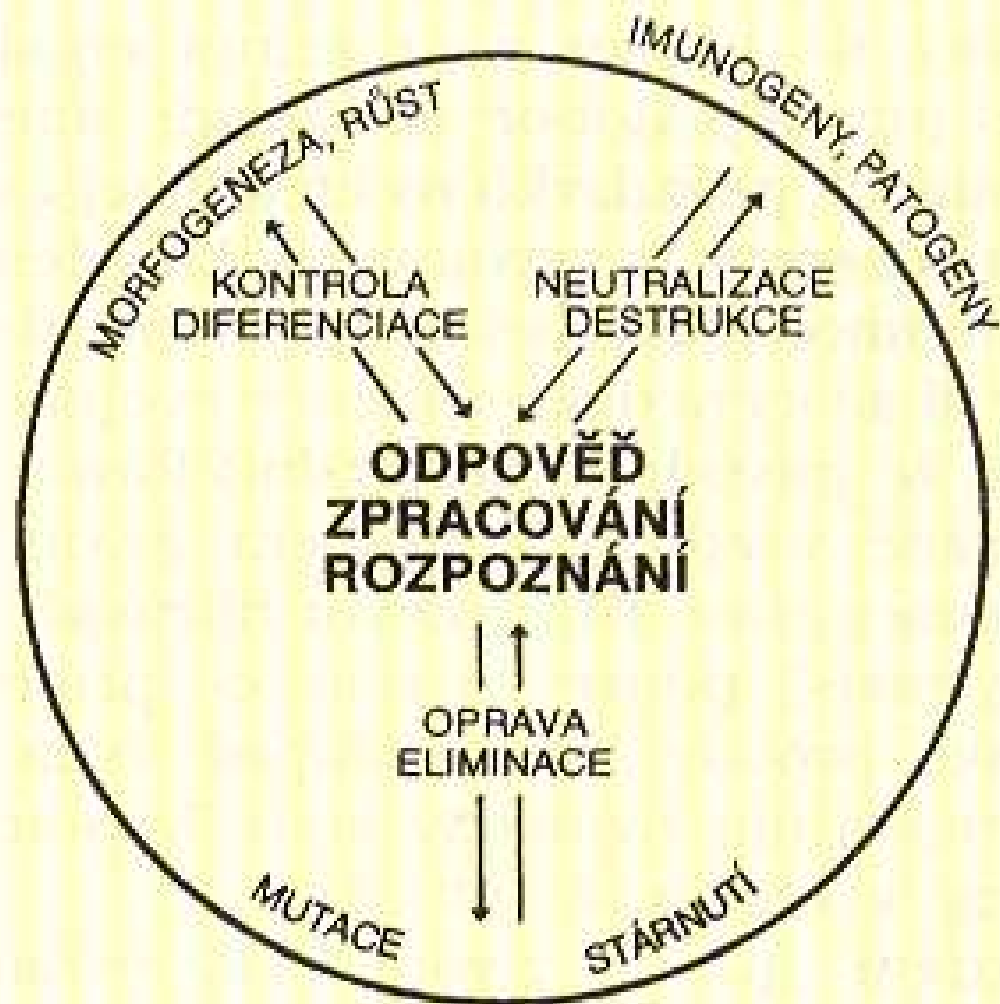
Původ z řeckých slov
phagein – jíst
cytos – buňka

Buněčná podstata imunity



PHAGOCYTES attempt to engulf a rose thorn inserted into the transparent larva of a starfish. In 1882 the Russian zoologist Élie Metchnikoff (*photograph at right*) first noted this example of an innate host defense response. His subsequent studies established the field of cellular immunology.

ÚLOHA IMUNITNÍHO SYSTÉMU

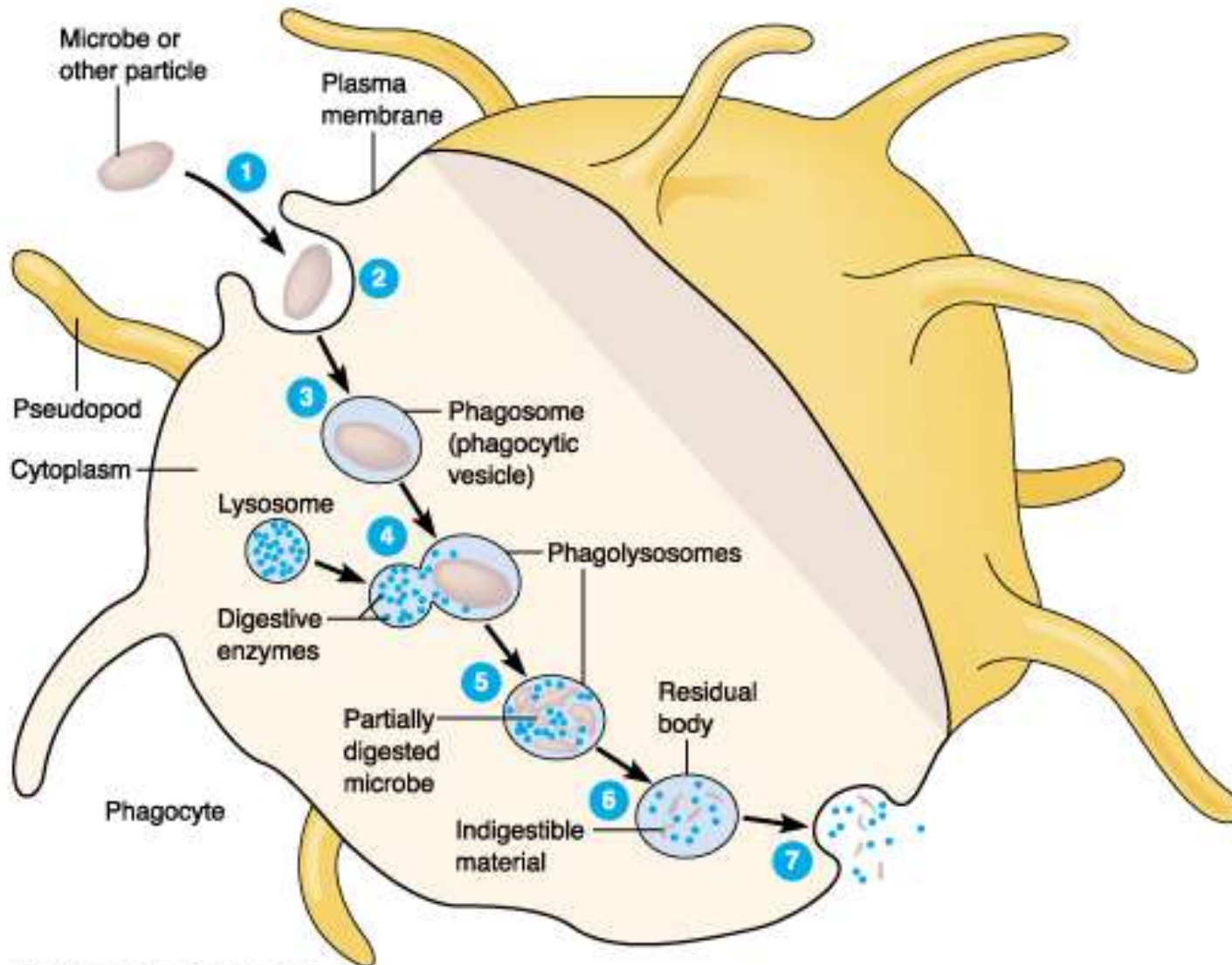


- proces, při kterém specializované buňky organismu, tzv. **fagocyty**, rozpoznávají, pohlcují a zpracovávají cizorodý materiál ($>1 \mu\text{m}$) po jeho vniknutí do organismu
- nejstarší a nejúčinnější mechanismus nespecifické imunity od jednobuněčných po obratlovce
- integrální součást fyziologických reakcí organismu
 - podléhá řídicím signálům ostatních složek imunitního systému i jiných fyziologických soustav
 - fagocyty tvoří mediátory působící na ostatní složky imunitního systému, případně jiných fyziologických soustav

Důvody: výživa, vývoj a tvorba tkání, imunitní reakce, oprava poškozených tkání

Endosymbiotická teorie....

Fagocytóza



- 1** Chemotaxis and adherence of microbe to phagocyte.
- 2** Ingestion of microbe by phagocyte.
- 3** Formation of a phagosome.
- 4** Fusion of the phagosome with a lysosome to form a phagolysosome.
- 5** Digestion of ingested microbe by enzymes.
- 6** Formation of residual body containing indigestible material.
- 7** Discharge of waste materials.

(a) Phases of phagocytosis

Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

Mikrobicidní mechanismy

Nezávislé na kyslíku

- kyselé pH va fagolysosomu
- kyselé hydrolázy, neutrální proteinázy
- granulární kationické proteiny (např. fagocytin): poškozují buněčné membrány bakterií, inhibují jejich respiraci
- lysozym: štěpí β -1-4-glykozidickou vazbu polysacharidů buněčné stěny bakterií
- laktoferin: zastavuje růst bakterií, podporuje účinek lysozymu
- Histony

Závislé na kyslíku

- na myeloperoxidáze závislé a nezávislé

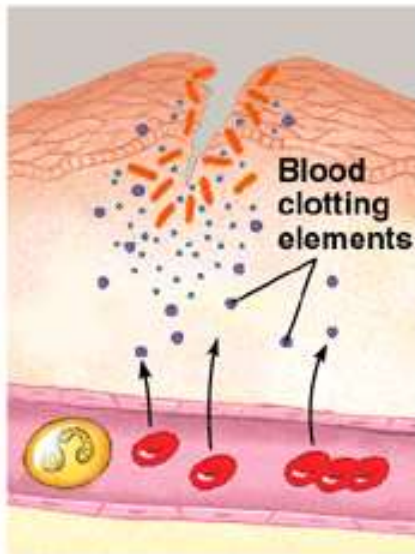
Nespecifická imunita

způsoby realizace:

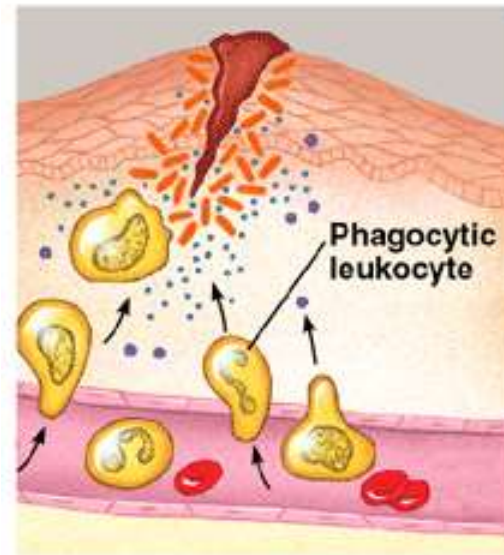
- **přírozená cytotoxicita:**
 - uvolňování perforinů - látky způsobující perforaci membrány cílových buněk
 - přírození zabíječi = **NK buňky = natural killers**
 - nespecifická obrana proti virům a nádorovým buňkám
 - rozeznávají patologické změny na povrchu buněk
- nespecifická reakce tkáně na dráždění nebo infekci = **ZÁNĚT**
 - do postiženého místa pronikají fagocytující buňky
 - zvýšení krevní sedimentace
 - hnisavý zánět – hnis – bílé krvinky
 - koncovka –ITIS, ITIDA (bronchitis,encefalitida)
 - **pyrogeny** (z leukocytů) – horečka
 - leukocyty působící na termoregulační centrum v hypotalamu + celková nevolnost → zvýšení účinnosti imunitního systému

Zánět (inflammatio)

- z kapilárek ve kterých je nyní vyšší krevní tlak prosakuje tekutina do místa poranění, čímž dochází k charakteristickému otoku



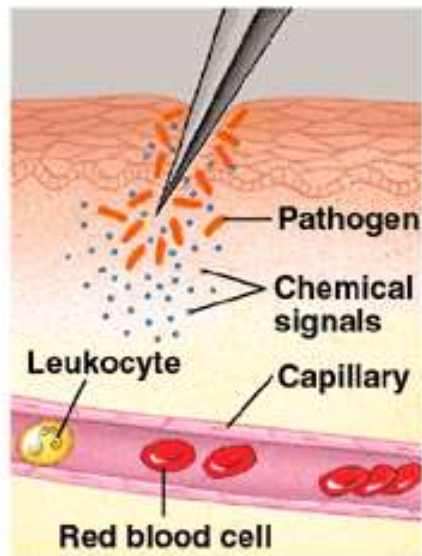
2



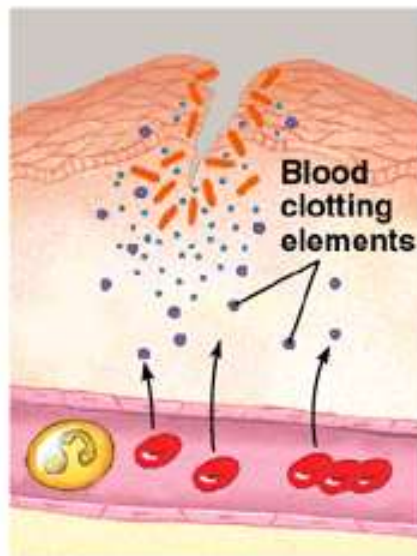
3

Záněť (inflammatio)

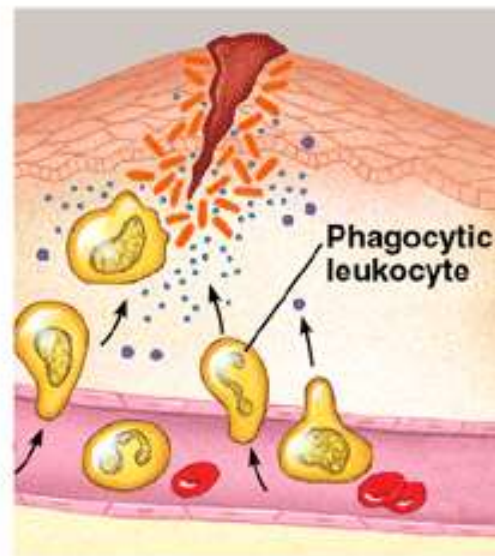
- Zvýšený krevní průtok a rozšíření kapilár umožní fagocytům proniknout do poraněného místa
- makrofágy fagocytují patogeny a čistí poškozené buňky tkáně. Hnis jsou mrtvé fagocyty, proteiny a tekutina z krevních kapilár



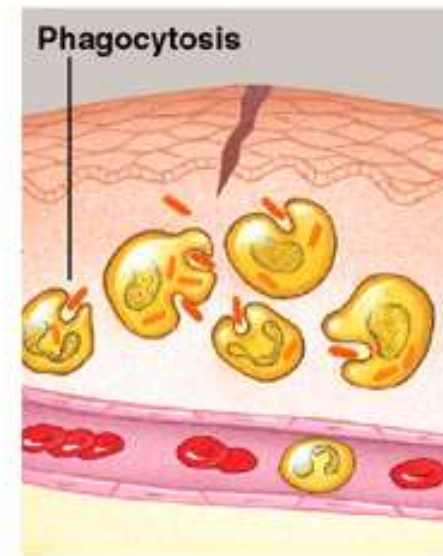
1



2



3



4

Specifická/adaptivní/získaná imunita

- **lymfocyt** = funkční jednotka imunitního systému
- antigen x protilátka
- imunoglobuliny
- specifická imunitní reakce
 - B-lymfocyty (Fabriciova burza): látková imunita
 - T-lymfocyty (thymus): buněčná imunita

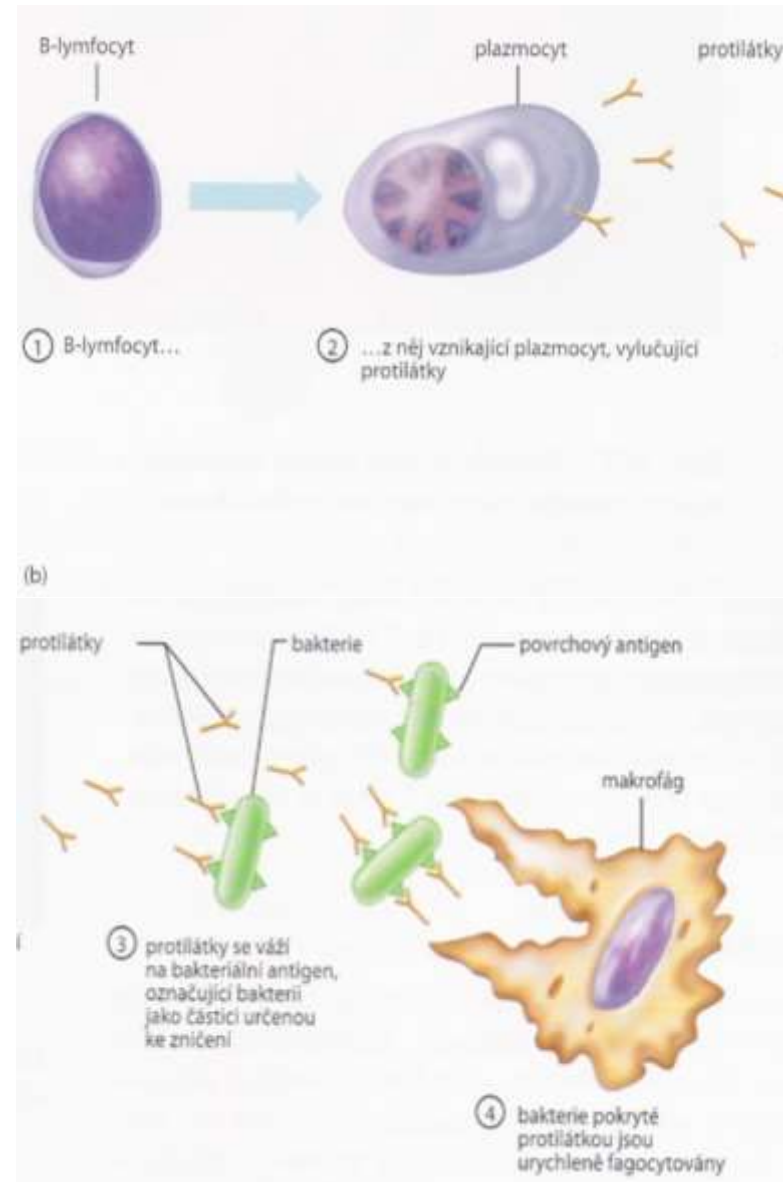
Tab. 10.2 Srovnání specifické a nespecifické imunity

	Nespecifická imunita	Specifická imunita
Složky	fagocyty (makrofágy, neutrofilny), NK buňky	T-lymfocyty, B-lymfocyty
	proteiny komplementu	protilátky
	kůže, mukózní sekrety epitelu, pH, teplota	lymfocyty v krvi, lymfatických uzlinách a epitelech
Charakteristika	reaguje na struktury společné mnoha různým patogenům	rozpoznávají specifické mikrobiální a 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 (spojená s klonální expanzí lymfocytů)

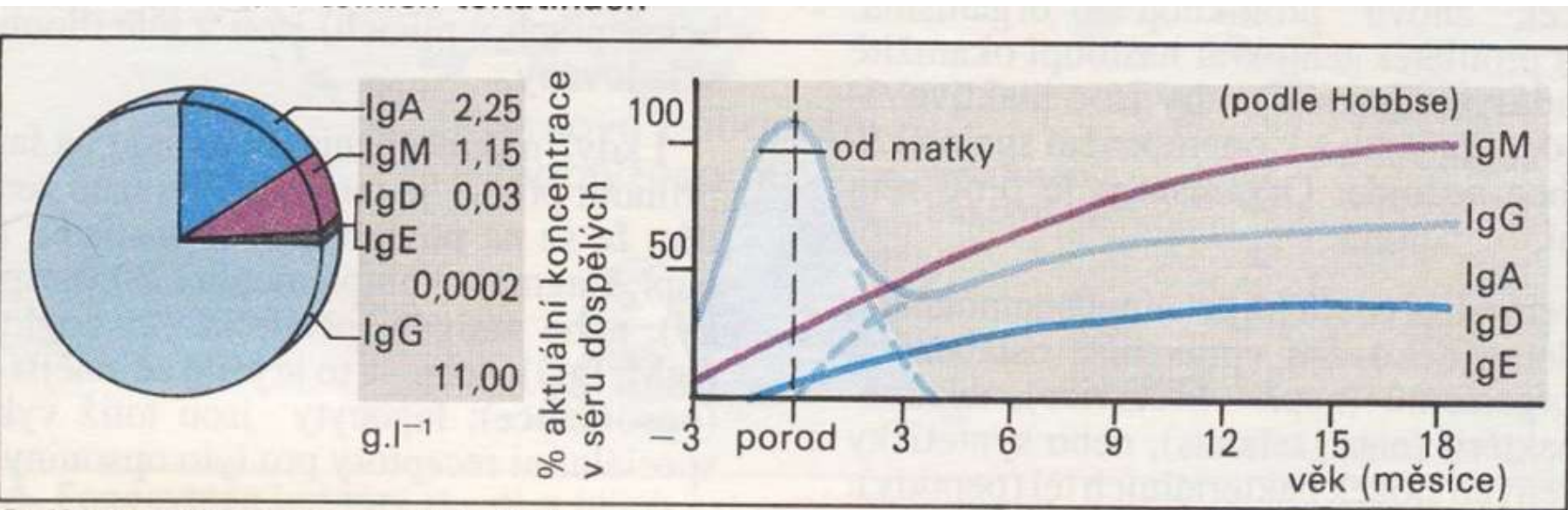
Látková – humorální imunita

humorální imunita:

1. B lymfocyty rozpoznají antigen
2. antigeny reagují s vazebnými místy proteinů (receptory - imunoglobuliny) na membránách B lymfocytů
3. dochází k namnožení buněk – **proliferace**
 1. **plazmatické buňky** – aktivní stadium B lymfocytů, producenti protilátek proti danému antigenu (patogenu) → **primární imunitní odpověď**
 2. **paměťové buňky** – žijí velmi dlouho, při novém setkání s tímž antigenem podmiňují rychlou imunologickou reakci (protilátky) → **sekundární imunitní odpověď**



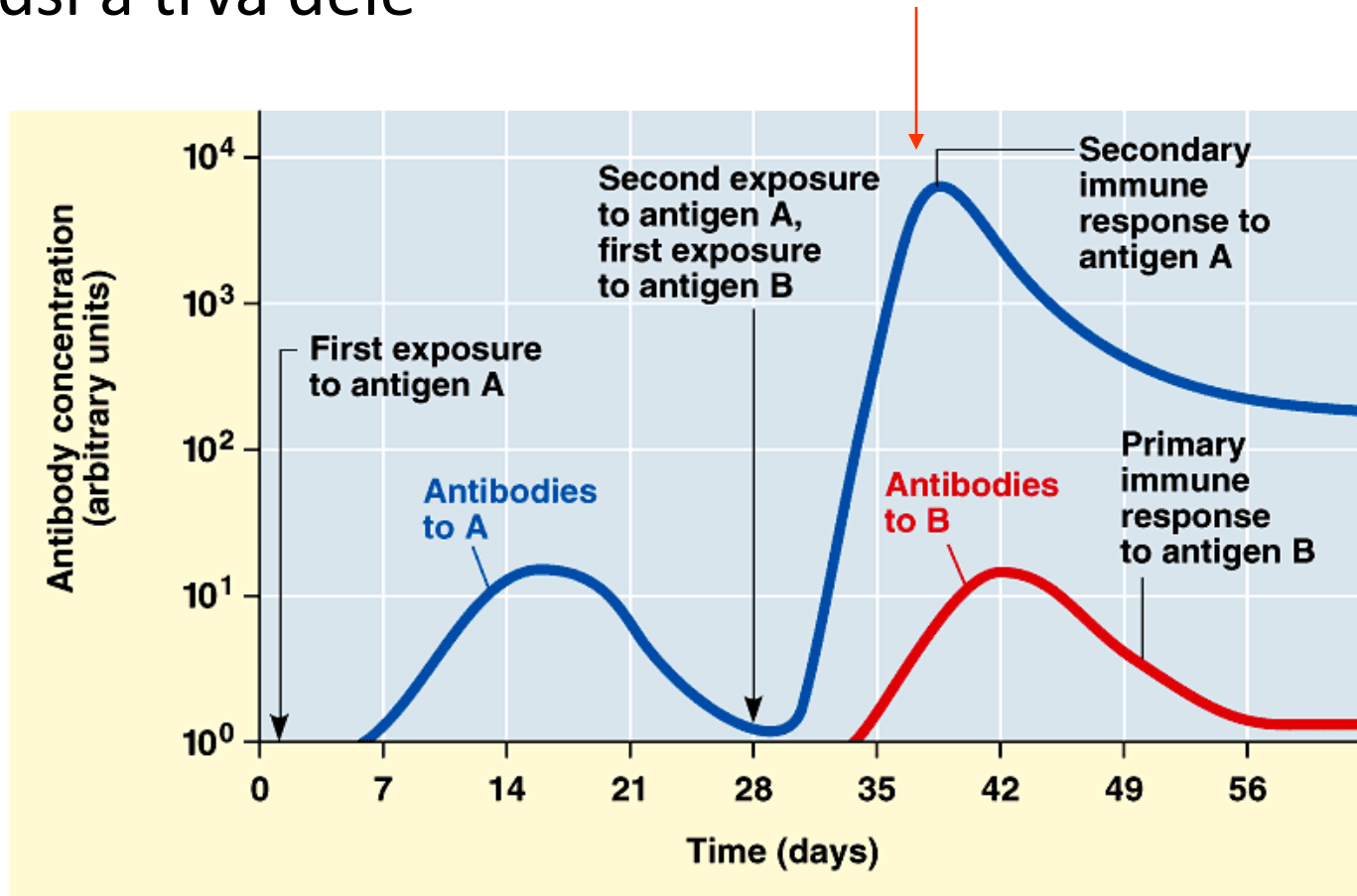
protilátky



C. Koncentrace imunoglobulinů v séru

Sekundární imunitní odpověď

- Pokud se člověk setká se stejným antigenem později v životě, odpověď organismu je rychlejší (2 - 7 dnů) a prudší a trvá déle

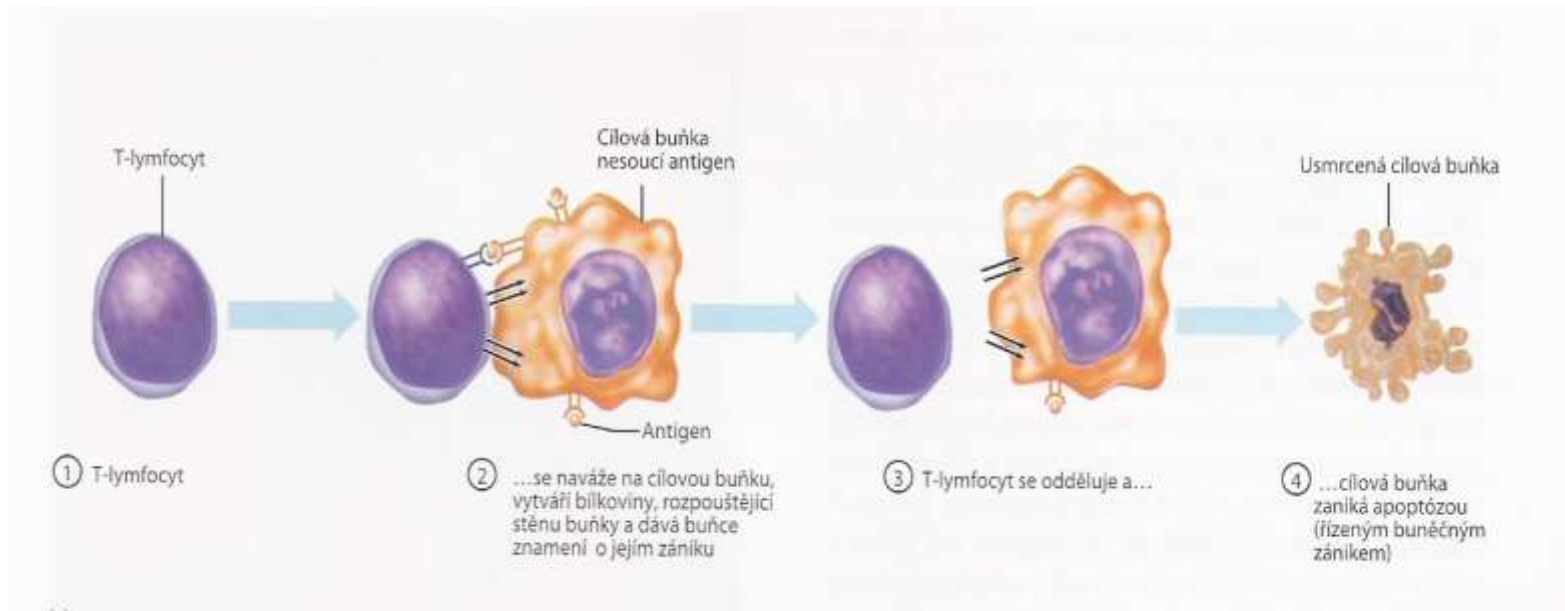


- Původ adaptivní imunity doprovázejí geny RAG-1 a RAG-2 (recombination activation genes).
- Kódují enzymy rekombinázy – přeskupování genových segmentů pro vazebné místo antigenu na molekule imunoglobulinu, tím generují diverzitu.
- Pravděpodobně přeneseny horizontálně z bakterií.
- Jsou pouze v lymfocytech, v žádných jiných buňkách...

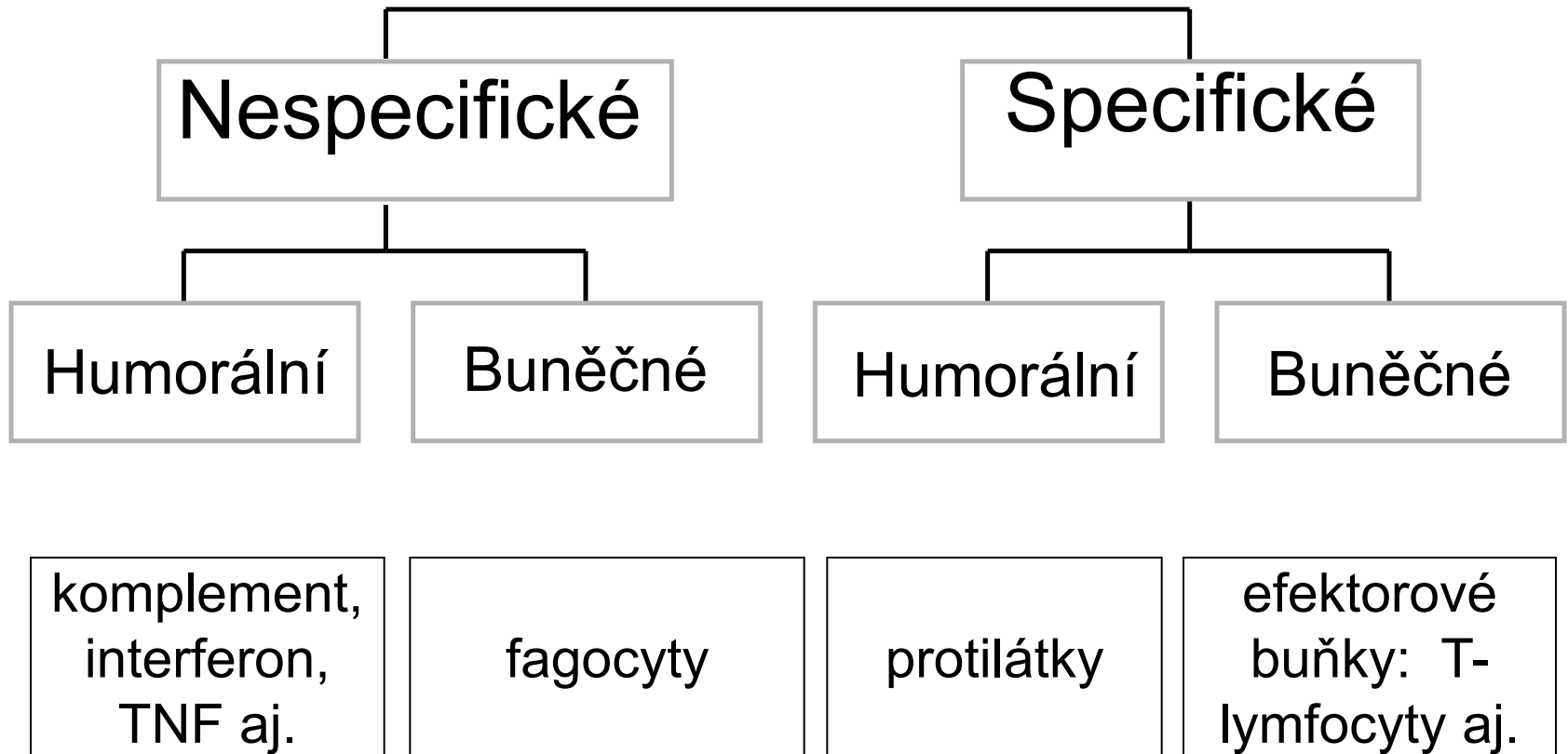
Buněčná imunita

buněčná imunita:

- T-lymfocyty, Th, Tc, Treg
- netvoří se protilátky
- antigeny **prezentované jinými buňkami** se naváží na receptory T-lymfocytů – následuje přímý kontakt s cizí buňkou - zničení cizí buňky
- část buněk zůstává - paměť
- mohou omezovat nádorové bujení - způsobí nepřijetí transplantovaných orgánů (imunopresivní látky)
- regulují činnost B-lymfocytů



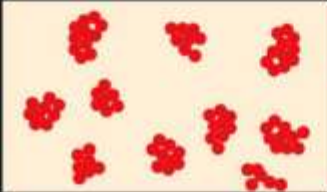
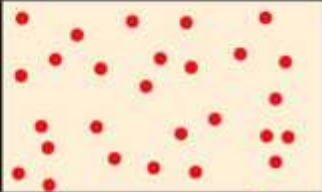
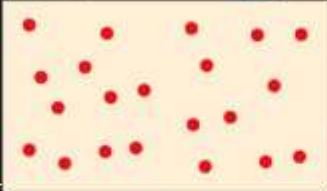
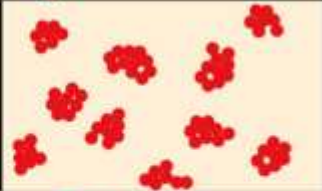
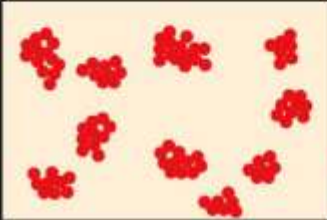
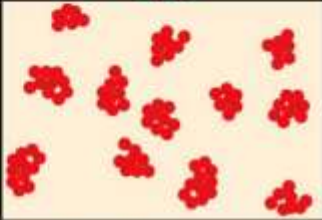
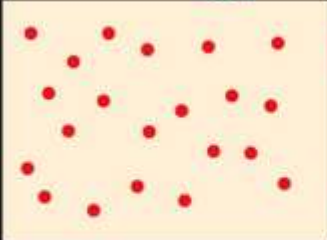
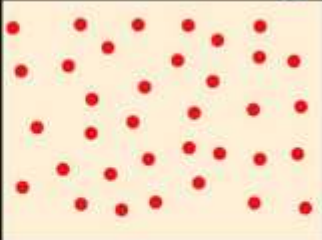
Složky imunitního systému



Krevní skupiny

- více systémů – nejznámější: ABO, Rh–faktor
- ABO
 - struktury na povrchu č. krvinek = aglutinogeny
 - A a B, chovají se jako antigeny
 - protilátky v krevní plazmě = aglutininy
 - anti–A a anti–B, způsobují shlukování č. krvinek -**aglutinace**
 - 4 krevní skupiny podle aglutinogenu
 - A, B, AB, 0
 - Jan Janský

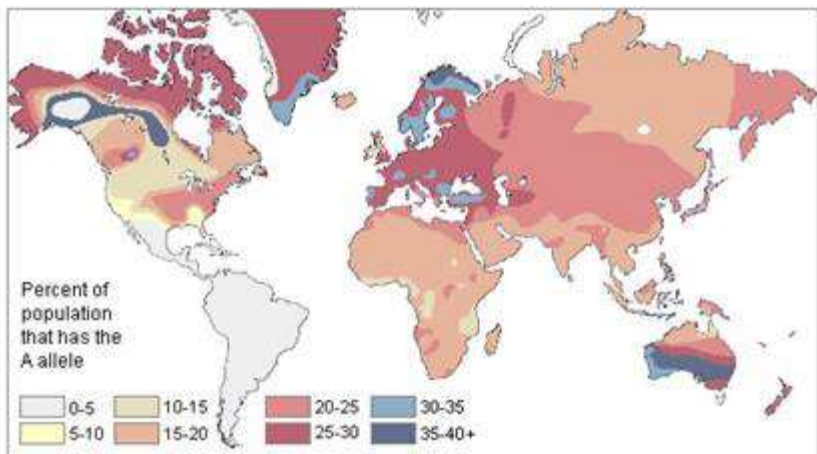
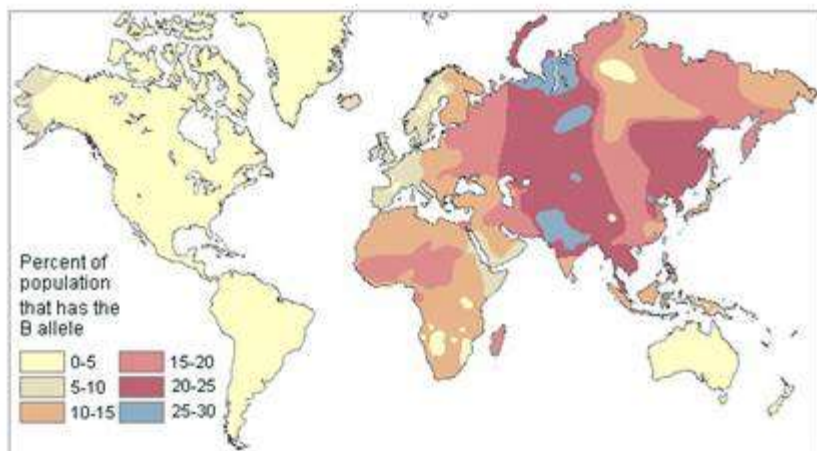
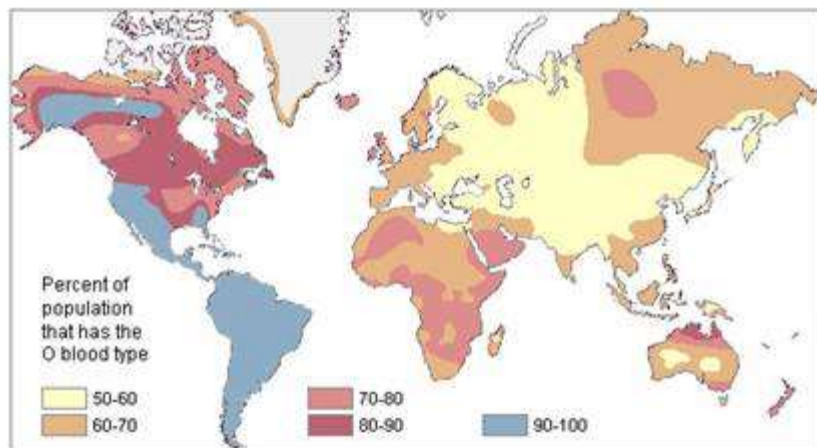


Blood type of cells	Genotype	Antibodies made by body	Reaction to added antibodies	
			Anti-A	Anti-B
A	$I^A I^A$ or $I^A i^O$	Anti-B		
B	$I^B I^B$ or $I^B i^O$	Anti-A		
AB	$I^A I^B$	Neither anti-A nor anti-B		
O	$i^O i^O$	Both anti-A and anti-B		

LIFE: THE SCIENCE OF BIOLOGY, Seventh Edition, Figure 10.14 ABO Blood Reactions Are Important in Transfusions
 © 2004 Sinauer Associates, Inc. and W. H. Freeman & Co.

system AB0

Krevní skupina:	Výskyt:
A	42%
B	12%
AB	8%
O	38%

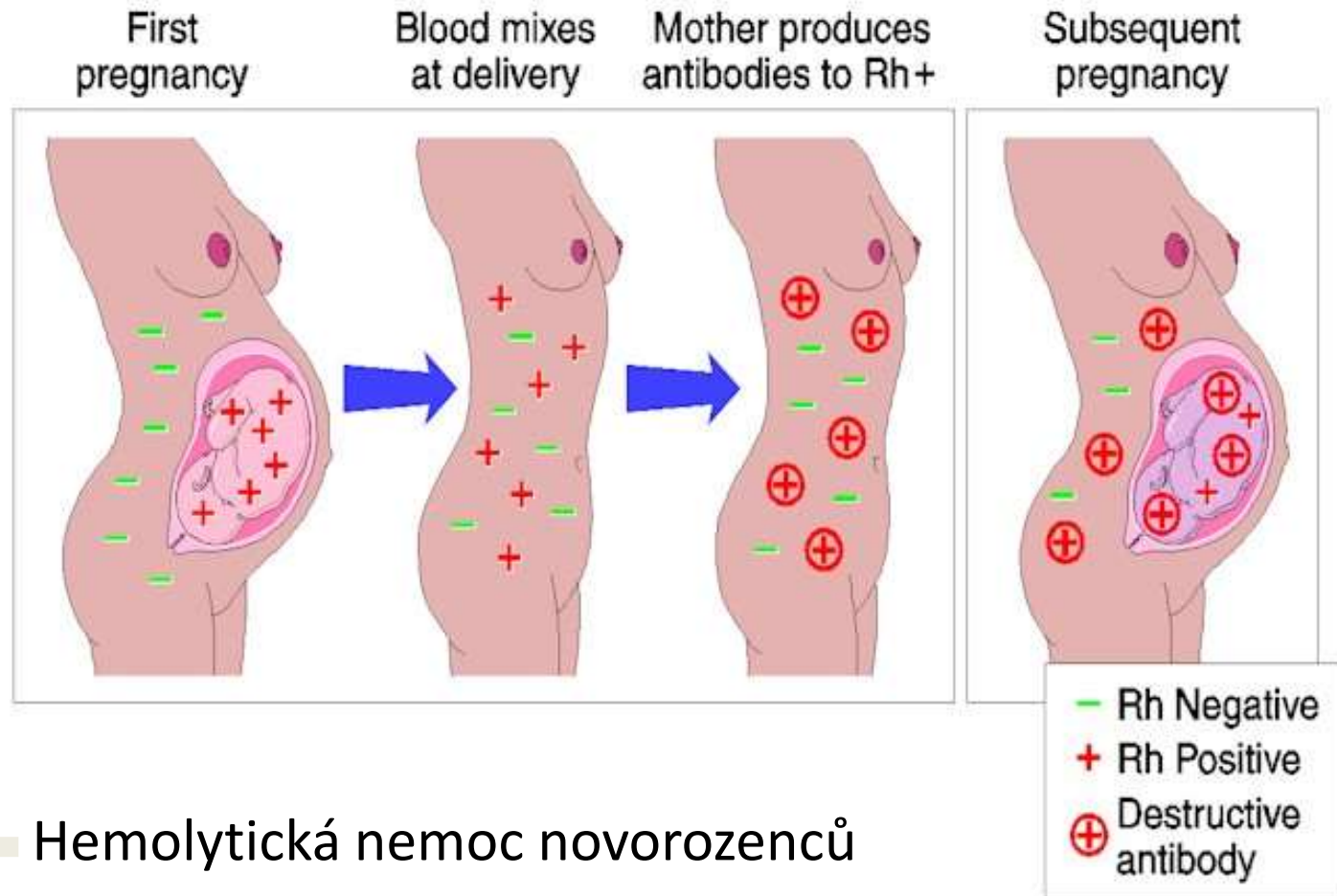


- zastoupení krevních skupin
 - nerovnoměrné
 - různé v různých částech světa
 - od Z k V ubývá A a přibývá B
 - nejvíce A mají Eskymáci a Laponci
 - nejvíce B mají Korejci
 - nejvíce O mají Indiáni (až 100%)

Rh–faktor

- další aglutinogen Rh (makak rhesus)
- protilátky anti–D
- Rh+ a Rh– (asi 15 % populace)
- problémy při těhotenství
 - Rh– matka a Rh+ dítě
 - první těhotenství – smíchání krve → vytvoření protilátek v těle matky → druhé těhotenství → protilátky poškodí plod, předčasné porody
 - vyšetření matky i otce

Rh faktor a těhotenství



- Hemolytická nemoc novorozenců

Choroby, onemocnění a poruchy

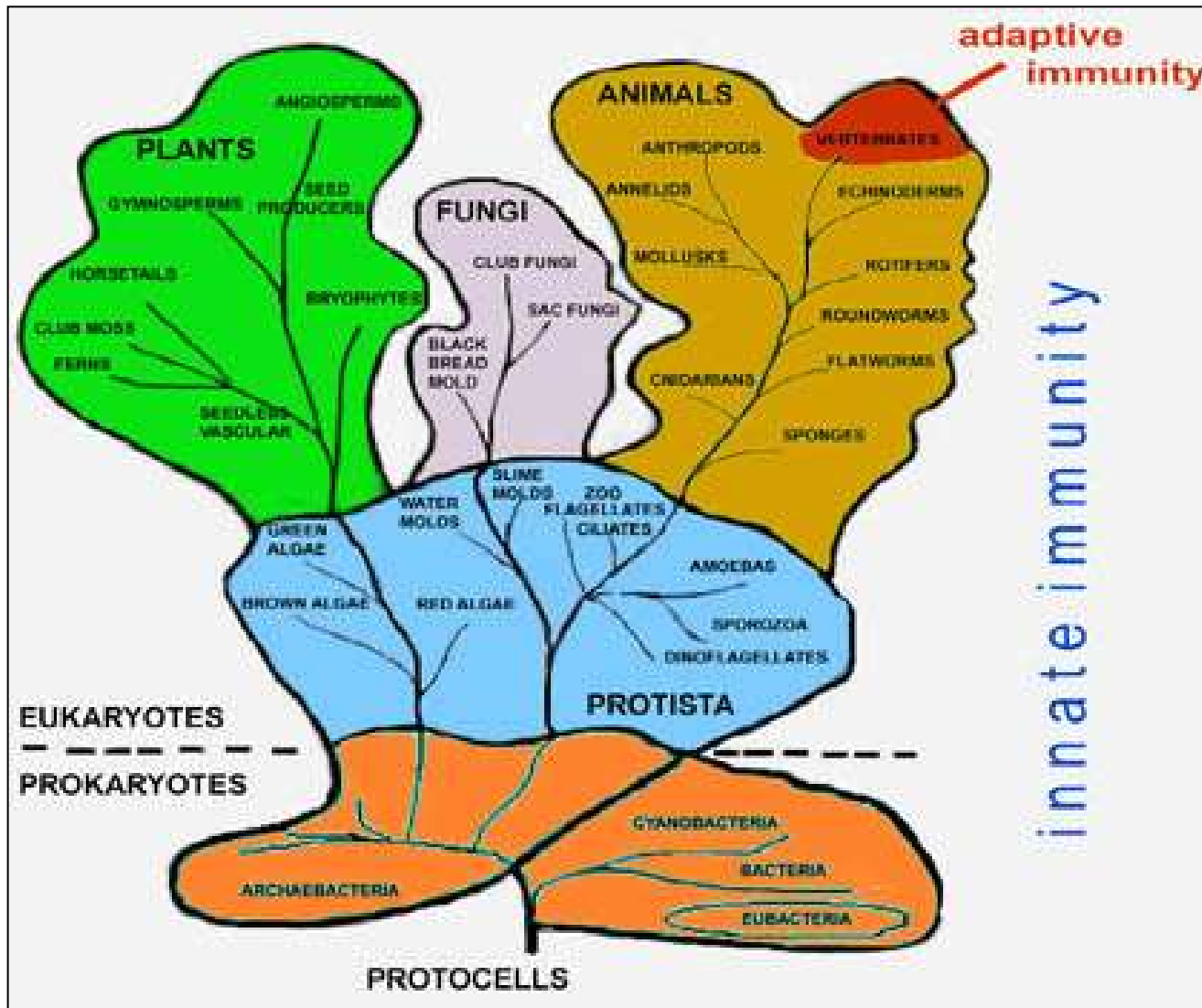
- **alergie, alergické reakce:**
 - vyvolané přecitlivělostí na jinak všeobecně neškodné látky, tzv. alergenů
 - typické lokální projevy: zarudnutí, otok, svědění kůže, kýchání, zvracení, průjmy, kopřivka
- **autoimunita:**
 - selhání schopnosti rozlišit látky cizorodé od látek tělu vlastních – tvorba protilátek proti vlastním tkáním
 - roztroušená skleróza (narušování myelinových pochv v CNS), hemolytická anémie (protilátky proti antigenům erytrocytů)
- **AIDS:**
 - agens retrovirus HIV – napadá T-lymfocyty
- **nádory**
 - imunitní systém kromě cizích patogenů musí rozpoznávat i abnormální buňky vlastní a potom je eliminovat
 - v případě nádorů tento mechanismus selhává

Selhání imunity

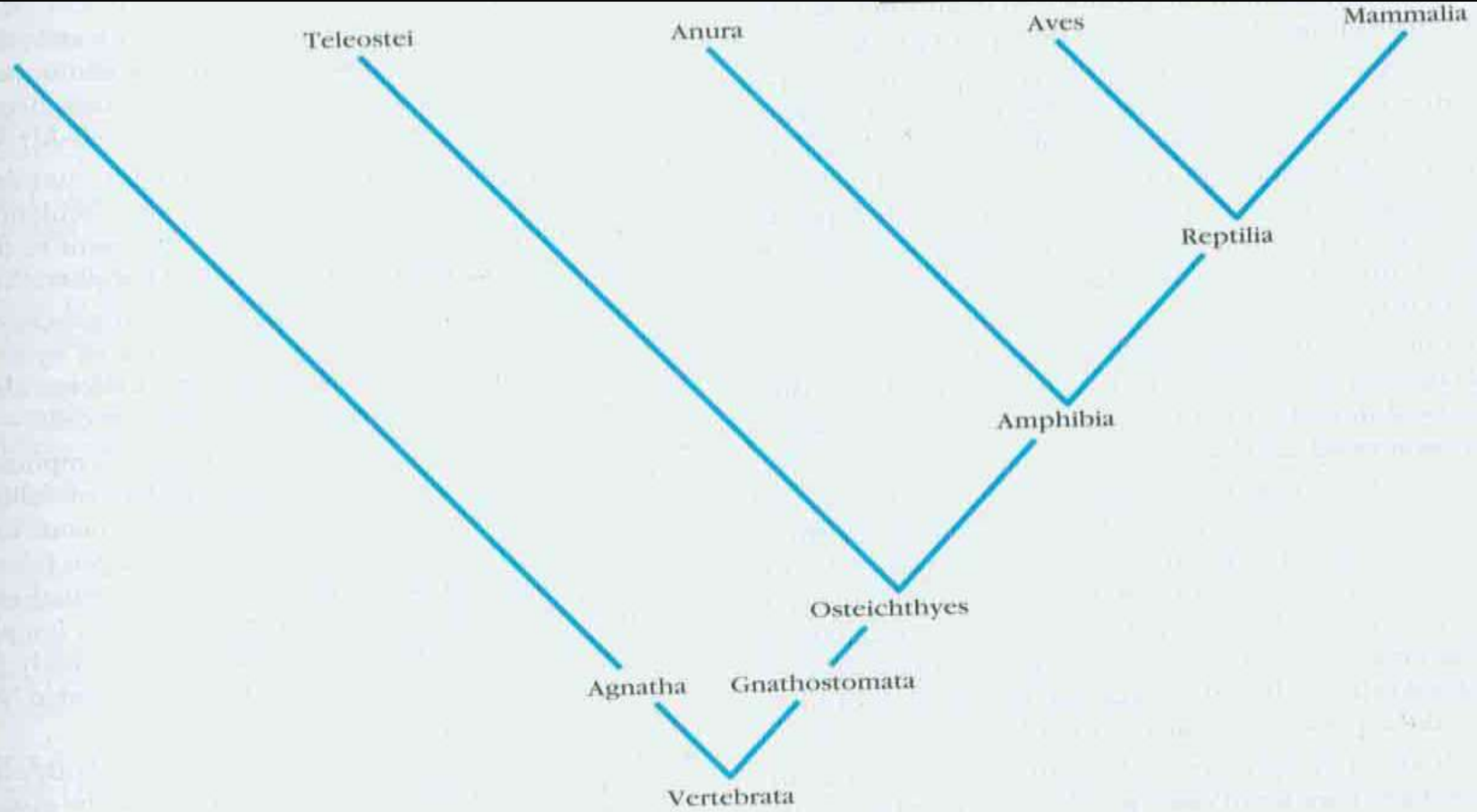
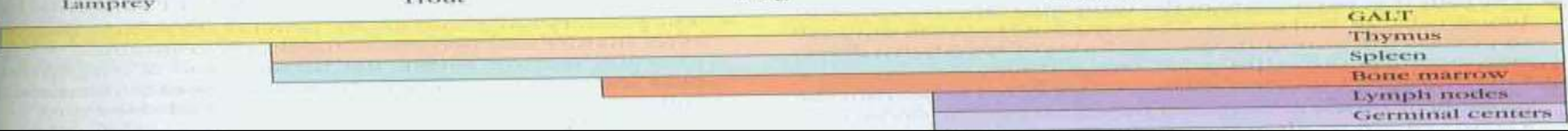
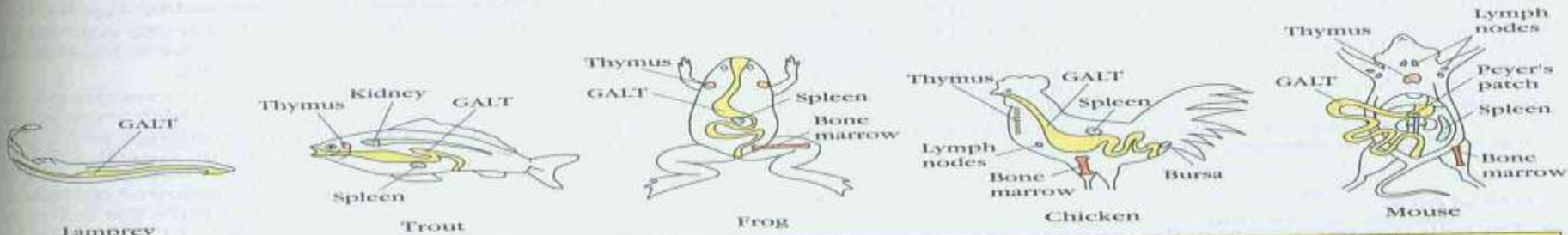
Mechanism of immune evasion	Organism (example)	Mechanism
Resistance to phagocytosis	<i>Pneumococcus</i>	Capsular polysaccharide inhibits phagocytosis
Resistance to reactive oxygen intermediates in phagocytes	Staphylococci	Production of catalase, which breaks down reactive oxygen intermediates
Resistance to complement activation (alternative pathway)	<i>Neisseria meningitides</i>	Sialic acid expression inhibits C3 and C5 convertases
	<i>Streptococcus</i>	M protein blocks C3 binding to organism and C3b binding to complement receptors
Resistance to antimicrobial peptide antibiotics	<i>Pseudomonas</i>	Synthesis of modified LPS that resists action of peptide antibiotics

Imunizace

- mnoho variant imunoglobulinů
- **vakcinace** – vpravení usmrcených nebo oslabených mikroorganismů či protilátek
- **vakcinace** → imunizace
 - aktivní imunizace - vpravení usmrcených nebo oslabených mikroorganismů
 - pasivní imunizace – vpravení protilátek



<http://www.ocw.cn/OcwWeb/Biology/7-345Spring-2005/CourseHome/index.htm>



Suggested Phylogeny of the Immune System

