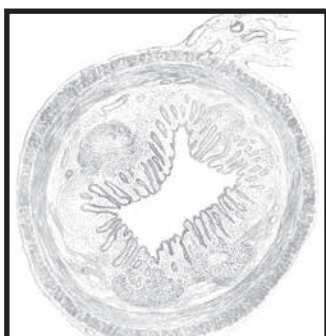
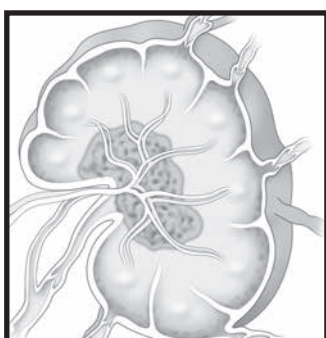


---

## Kapitola 6 **LYMFATICKÝ SYSTÉM**



Lymfatický (mízní) systém je vývojově spjat s kardiovaskulárním, taktéž imunitní funkci mají oba systémy společnou. Úkolem tohoto systému je:

- Chránit před infekcí: aktivuje obranné mechanismy imunitního systému
- Odvádět tkáňový mok, soluty, hormony a plazmatické proteiny z tkání a navracet je do cirkulace
- Odvádět tuky vstřebované střevem navázané do velkých částic, tzv. chylomikronů, přes vrátnicovou žílu (*v. portae*) do jater

Strukturami lymfatického systému jsou:

- Míza (*lymph*): řídká tekutina připomínající krevní plazmu, ale s menším množstvím proteinů a větším množstvím tuků; obsahuje i krevní buňky (převážně jeden typ bílých krvinek, lymfocyty, a pouze malé množství červených krvinek, erytrocytů)
- Lymfocyty: buněčná složka mízy; jsou dva typy, B-buňky a T-buňky
- Lymfatické cévy: rozsáhlá síť cév a kapilár v periferních tkáních, která sbírá a odvádí lymfu a lymfocyty
- Lymfatické orgány: lymfatické uzliny (*nodi lymphatici*, *sg. nodus lymphaticus*), shluky lymfatické tkáně lemuující dýchací a trávicí cesty, mandle (*tonsillae*, *sg. tonsilla*), brzlík (*thymus*), slezina (*lien*) a kostní dřeň (*medulla ossea*)

**VYBARVI** různými barvami lymfatické orgány:

- 1. Mandle (*tonsillae*)
- 2. Brzlík (*thymus*)
- 3. Slezina (*lien*)
- 4. Kostní dřeň (*medulla ossea*)

Přibližně 60 % tělesné hmotnosti tvoří tekutina, 40 % buněčná (intracelulární, ICT), 20 % mimobuněčná (extracelulární, ECT). Míza je nezbytná pro přesun ECT, solutů a proteinů (přefiltrovaných z kapilár do extracelulárního prostoru) zpět do krve. Skrze lymfatické cévy se do krevního oběhu navrátí 3,5–4 l tekutiny a v ní obsažených látek (hormony, tuky a bílkoviny ze střeva, odpadní produkty látkové výměny z tkání) denně.

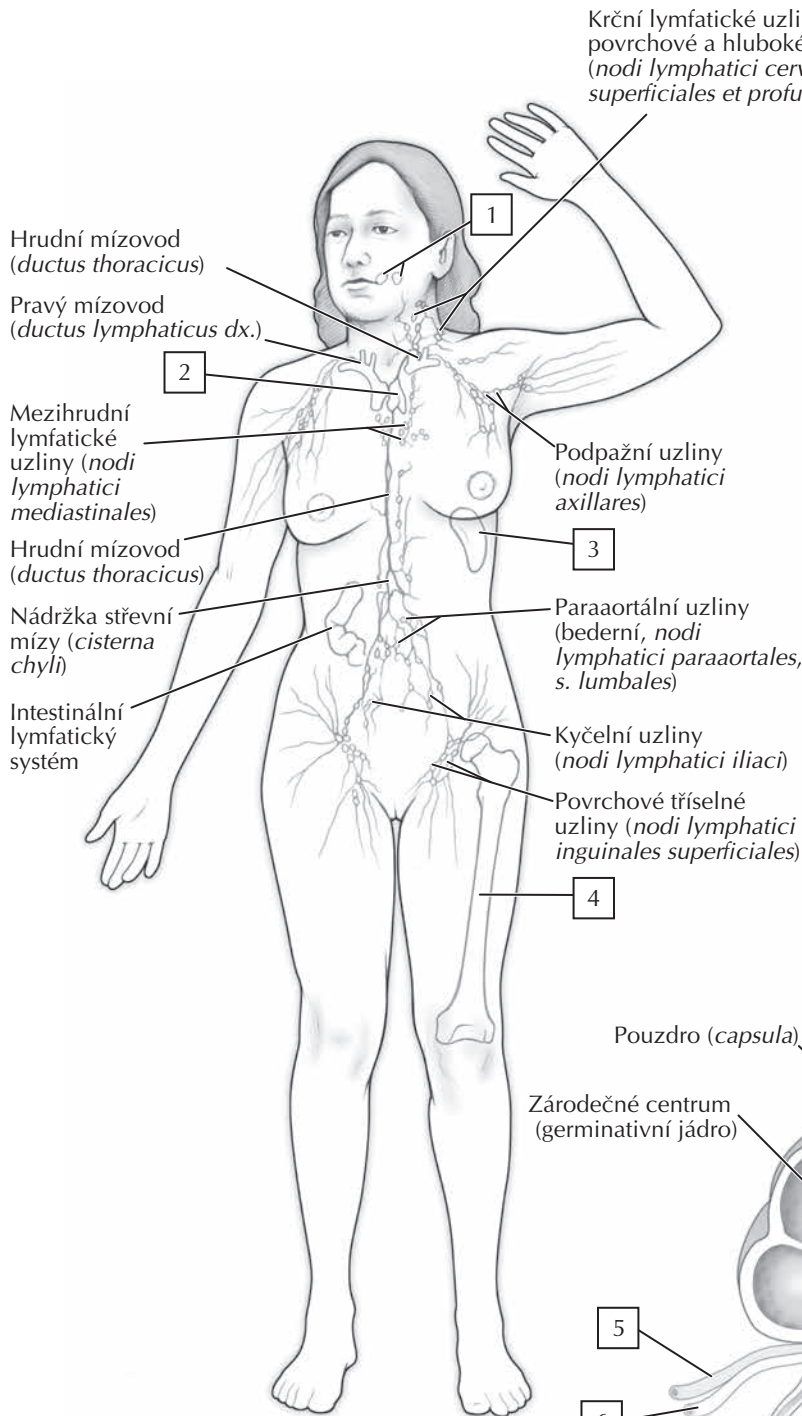
Mízní cévy odvádí lymfu ze všech částí těla kromě CNS do hlavních lymfatických kanálů, z nichž většina se slévá do hrudního mízovodu (*ductus thoracicus*) (ústí do místa soutoku vnitřní krční žíly, *v. jugularis int.*, a levé podklíčkové žíly, *v. subclavia sin.*). Na stejném místě na pravé straně vyústí mnohem menší, pravý mízovod (*ductus lymphaticus dx.*), který odvádí lymfu z pravého horního kvadrantu těla. Opouzdřené uzliny jsou umístěny v průběhu mízních cév jako „filtry“ mízy, která přes ně protéká do žilního systému.

**VYBARVI** navrženými barvami struktury lymfatické uzliny (*nodus lymphaticus*):

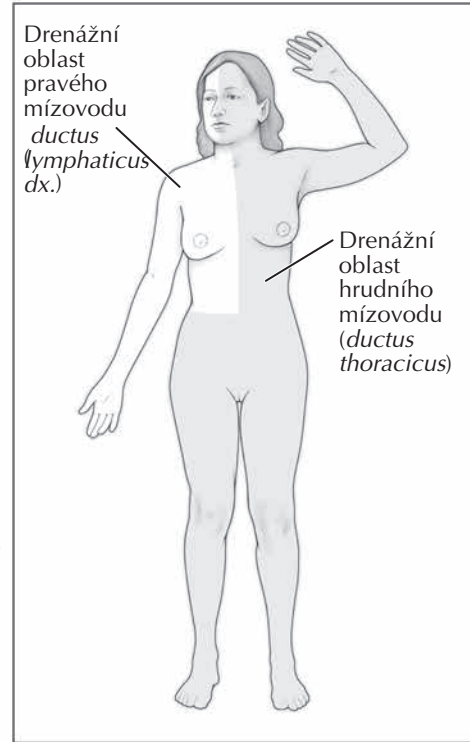
- 5. Žíla (*vena*) (modře)
- 6. Tepna (*arteria*) (červeně)
- 7. Odvodná (eferentní) lymfatická céva (žlutě)
- 8. Přívodná (aferentní) lymfatická céva (zeleně)

Mezi imunitní buňky spjaté s lymfatickým systémem patří:

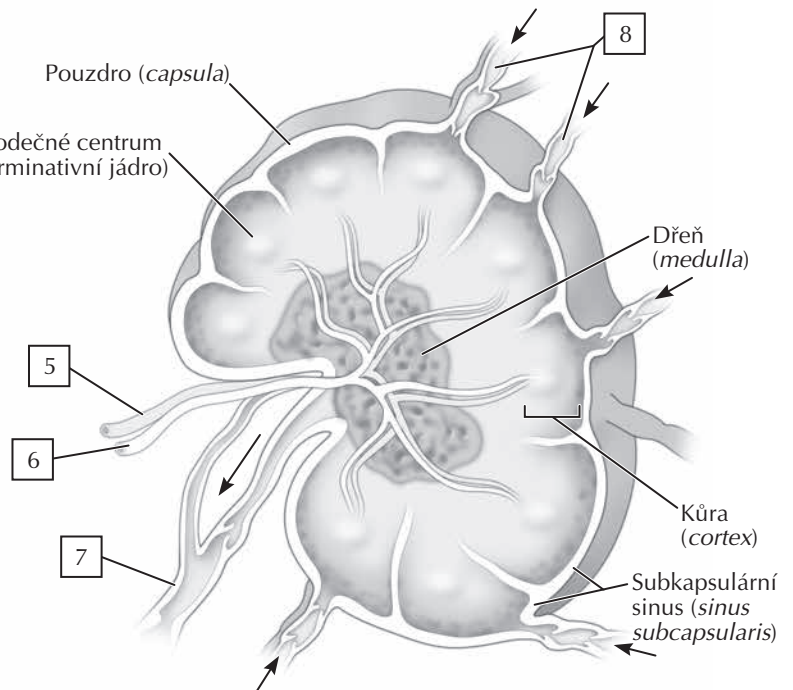
- Lymfocyty: B-lymfocyty (odvozeny od ptačího orgánu, Fabriciovy burzy, kde byly objeveny; 10–15 % cirkulujících lymfocytů; mohou se diferencovat v plazmatické buňky vylučující protilátky, které se navazují na tělu cizorodé látky, antigeny), T-lymfocyty (tymus-dependentní buňky, protože zralými a schopnými správné funkce se stávají právě v brzlíku, *thymus*; asi 80 % cirkulujících lymfocytů; napadají cizorodé buňky a buňky napadené virem; dělí se na cytotoxické, pomocné a supresorové T-buňky) a NK buňky (přirození zabíječi, Natural Killers; přibližně 5–10 % cirkulujících lymfocytů; napadají cizorodé buňky, nádorové buňky nebo virem infikované buňky; zajišťují neustálou imunologickou bdělost organismu)
- Jiné typy bílých krvinek: monocyty, neutrofilny, bazofily a eozinofily (viz Tabule 5-1)
- Makrofágy: fagocytující buňky, které po pohlcení částice vystavují její antigeny na svém povrchu (říká se jim též antigen-prezentující buňky) a tím spouští imunitní reakci; diferencují se z monocytů po jejich přestupu z cév do tkání
- Retikulocyty: podobné fibroblastům; tyto buňky umí „přilákat“ B- a T-lymfocyty a dendritické buňky
- Dendritické buňky: antigen-prezentující buňky pocházející z kostní dřeně; předkládají antigen T-buňkám a spouští tím jejich reakci; nachází se nejvíce v kůži, nose, plicích, žaludku a střevěch
- Folikulární dendritické buňky: rozvětvené buňky interagující s B-lymfocyty v zárodečném centru lymfatické uzliny; po dobu měsíců i let obsahují v sobě komplexy antigen-protilátka, avšak nejsou antigen-prezentující



**A. Přehled lymfatického systému**



**B. Drenážní oblasti těla**



**C. Struktura lymfatické uzliny**

Pokud je v organismu zaznamenán cizorodý mikroorganismus, virem napadená buňka nebo rakovinná buňka, lymfatický systém spouští proces zvaný imunitní odpověď. Patogeny (tj. cizorodé částice způsobující onemocnění) jsou rozlišeny od normálních buněk těla a poté neutralizovány. U člověka se vyvinuly tři základní způsoby ochrany před cizorodými „vetřelci“:

- Bariérové funkce těla: první linie imunitní odpovědi, kterou tvoří fyzikální bariéry průniku do těla a jejich sekrety. Jsou to kůže a sliznice (dýchacího, trávicího a močopohlavního ústrojí), které obalují místa styku s vnějším prostředím, a sekrety žlázek, které mohou obsahovat enzymy a kyseliny. Dále ji tvoří „oplachovací“ mechanismy jako sekrece slz nebo odtok moči; vazký hlen obalující patogeny; kašel a kýčání, které vyloučí patogeny a provokující látky z těla ven
- Vrozená (nespecifická) imunita: druhá linie obrany, pokud jsou prolomeny bariéry vstupu do těla; tvoří ji množství různých buněk, antimikrobiálních látek, zánět a horečka
- Získaná (specifická) imunita: třetí linie obrany charakterizovaná specifickým rozeznáním konkrétního patogenu, imunologickou pamětí a dále amplifikací imunitní odpovědi a rychlou reakcí při opakovaném napadení určitým patogenem

Typickou reakcí vrozené imunity je zánět, což je poměrně nespecifická imunitní odpověď charakterizovaná následujícími příznaky: zrudnutí (*rubor*), zvýšená teplota (*calor*), bolest (*dolor*), ztvrdnutí (*tumor*), defektní či změněná funkce tkáně (*functio laesa*). Mezi klíčové složky zánětu patří:

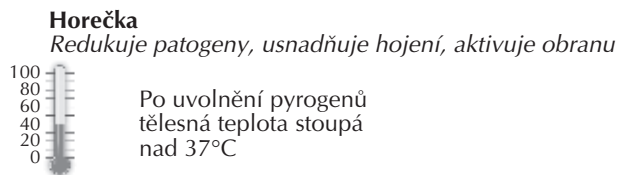
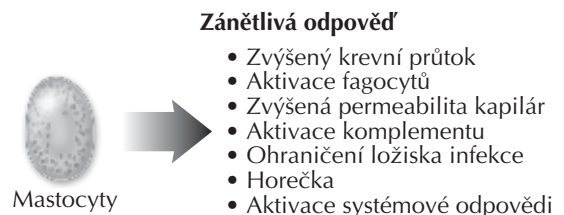
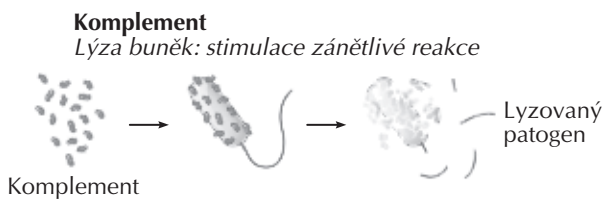
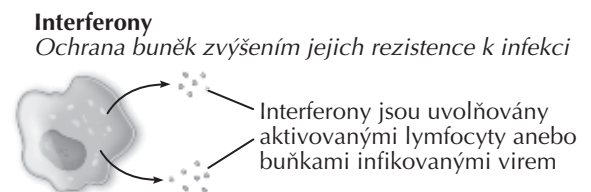
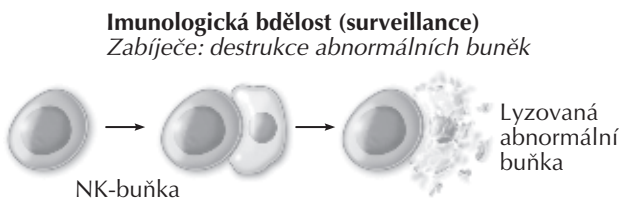
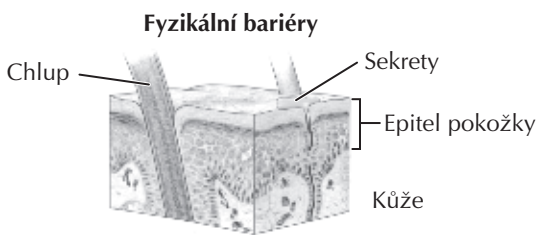
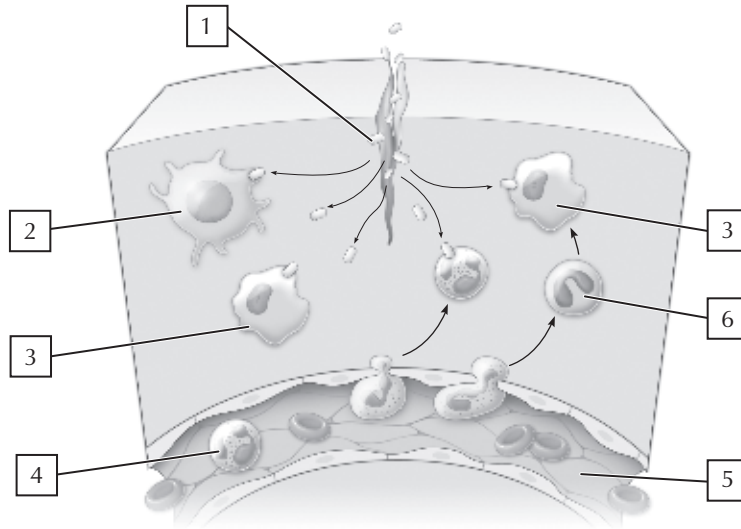
- Poranění tkáně: nespecifické fyzikální bariéry organismu jsou překonány patogenem
- Leukocytóza: významné (tj. významné) zmnožení bílých krvinek v cirkulaci; v první fázi jsou zmnoženy převážně neutrofilů, které v místě poranění či vstupu infekce migrují z cév do tkáně (diapedéza)

- Uvolnění tkáňových mediátorů zánětu: histamin (mastocyty a bazofily), kininy (neutrofilů, ale i jiné zdroje), prostaglandiny (neutrofilů a další buňky), cytokiny (leukocyty, fibroblasty, endotelové buňky cév) a proteiny komplementu (za normálních okolností to jsou proteiny cirkulující v plazmě, které se v případě spuštění imunitní odpovědi kaskádovitě aktivují; tvoří humorální, tj. chemickou, komponentu vrozené imunitní odpovědi) jsou imunitními buňkami uvolněny a způsobují vazodilataci, zvýšenou permeabilitu (tj. propustnost) cév a chemotaxi (tj. „přilákání“ imunitních buněk do místa zánětu)
- Fagocytóza: patogeny, mrtvé buňky a buněčný detritus (tj. fragmenty odumřelých buněk) jsou fagocytovány; následkem fagocytózy vzniká v místě poranění hnis
- Hojení: oblast je ohraničena od okolní tkáně, mohou se vytvořit krevní sraženiny, detritus je odstraněn a proces hojení začíná

Zánětlivá reakce jakožto vrozená forma imunitní odpovědi je geneticky podmíněná, buňky a chemické mediátory mají podklad v genomu bez ohledu na setkání s antigeny cizorodých organismů. Navíc jsou vrozené imunitní mechanismy schopné aktivovat buňky získané imunity.

**VYBARVI** navrženými barvami buňky a součásti mechanismu vrozené imunitní odpovědi, které vedou k zánětu:

- 1. **Patogeny (žlutá)**
- 2. **Dendritická buňka a její cytokiny a mediátory zánětu (zelená)**
- 3. **Makrofágy (modrá)**
- 4. **Neutrofilů (fialová)**
- 5. **Krevní céva (červená)**
- 6. **Monocyty (světle modrá)**



Získaná imunita nebo také specifická imunita je charakterizována následujícími vlastnostmi:

- **Specifická imunita:** imunitní odpověď je cílená proti určitému patogenu
- **Pasivní a aktivní imunita:** pasivní je získána přenesením protilátek od jiného člověka (očkováním, přes placentu z krve matky do krve plodu) a aktivní se vyvíjí jako reakce při vlastním setkáním organismu s patogeny a jejich antigeny
- **Systémová odpověď:** imunitní odpověď se nevyvíjí pouze lokálně, v místě zánětu; pomaleji se rozvíjí než vrozená imunitní odpověď, ale déle účinkuje
- **Imunitní paměť:** po prvním vytvoření protilátek proti určitému antigenu si je tělo schopné „zapamatovat“ tento antigen a při další expozici proti němu vyvolat silnější odpověď za kratší čas

Buňkami získané imunity jsou B- a T-lymfocyty, které se vyvíjí z pluripotentních kmenových buněk kostní dřeně.

B-lymfocyty jsou součástí humorální (tj. chemické) imunity, kterou můžeme shrnout do následujících bodů:

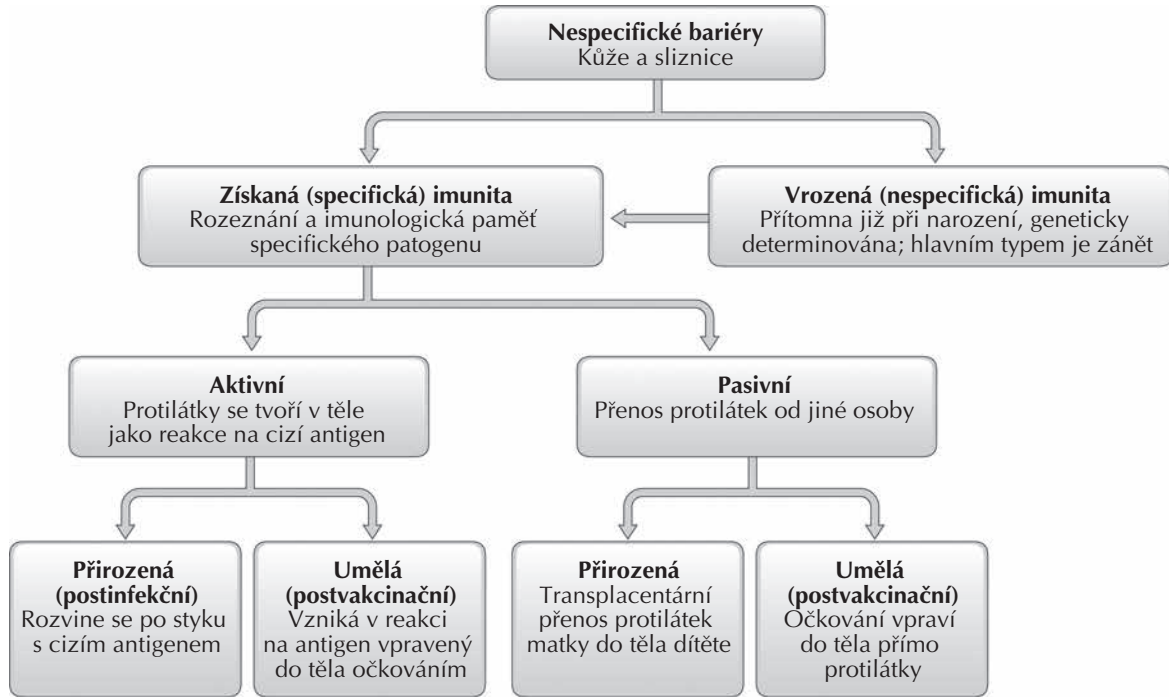
- B-buňka rozezná antigen patogenu jako cizorodý, pokud antigen reaguje s protilátkou, kterou má tato B-buňka navázanou na svém povrchu jako receptor; tato vazba ji aktivuje
- B-buňku může aktivovat i T-pomocná buňka, která rozezná tentýž antigen, který by reagoval s protilátkou navázanou na povrchu B-buňky; tato T-buňka po styku s antigenem vyloučí lymfokiny, které aktivují B-buňku
- Následkem aktivace je rozmnožení této B-buňky a vytvoření klonu B-buněk s určitou protilátkou vázanou na povrchu; tyto B-buňky se potom diferencují (tj. rozmnoží a zároveň dozrají ve funkčně specializovanější typ buněk) v plazmatické buňky, které dokážou do krevní plazmy a lymfy secernovat (tj. vylučovat) protilátky (imunoglobuliny) proti tomuto antigenu
- Tyto cirkulující protilátky se navážou na antigen patogenu a tím jej „označí“, a takto označený patogen je poté fagocytován; mohou se ale navázat i na bakteriální toxin anebo tělo viru a touto vazbou je neutralizovat
- Při dělení B-buněk také vznikají paměťové B-buňky, které v organismu přetrvávají a aktivují se v případě opětovného setkání se stejným antigenem

T-buňky tvoří celulórní (tj. buněčnou) složku imunitní odpovědi. Mají několik typů.

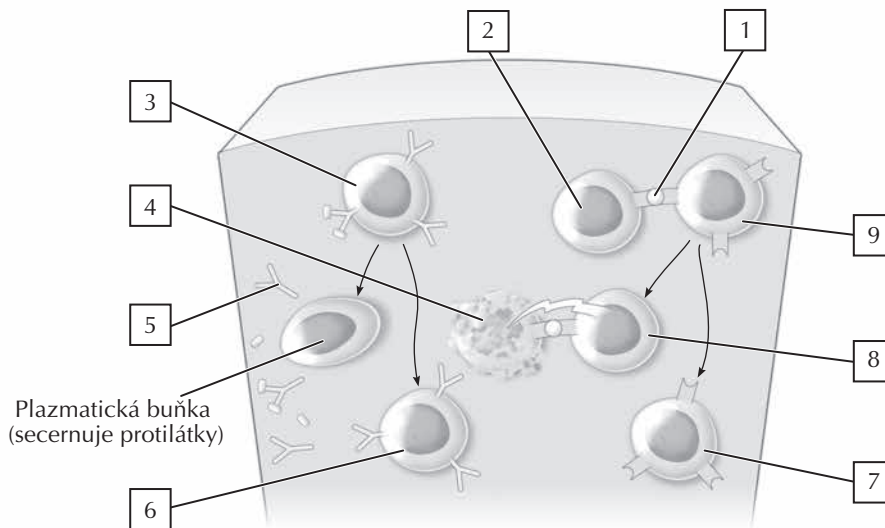
- **Pomocné T-buňky (TH, T-helpers):** tyto buňky nezabíjejí patogen, jejich význam spočívá v řízení aktivity jiných imunitních buněk a tím ke kontrole imunitní odpovědi; rozeznávají antigeny prezentované B-buňkami, aktivují se a vylučují cytokiny, které podporují humorální i celulórní imunitu
- **Paměťové T-buňky:** pomocné i cytotoxické T-buňky, které po zvládnutí infekce přetrvávají v organismu pro případ opakování infekce
- **Supresorové T-buňky (TS, T-suppressors):** jsou aktivovány později než jiné T-buňky i než B-buňky a poté potlačují imunitní odpověď, čímž regulují intenzitu imunitní odpovědi
- **Cytotoxické T-buňky (TC, T-cytotoxic nebo T-killers):** reagují s antigenem na buněčném povrchu, aktivují se a rozmnoží; část buněk se poté stane paměťovými buňkami a část cestuje v organismu, hledá a ničí virem napadené buňky, rakovinné buňky, bakterie, houby, prvoky a jiné cizorodé buňky (např. buňky transplantovaného orgánu)

#### VYBARVI navrženými barvami buňky a součásti mechanismu získané imunitní odpovědi:

- 1. **Antigen (žlutá)**
- 2. **Infikovaná buňka vystavující antigen (hnědá)**
- 3. **B-lymfocyt (modrá)**
- 4. **Umírající infikovaná buňka (šedá)**
- 5. **Protilátky (červená)**
- 6. **Paměťové B-lymfocyty (světle modrá)**
- 7. **Paměťové T-lymfocyty (světle zelená)**
- 8. **Cytotoxické T-lymfocyty (oranžová)**
- 9. **Aktivované T-lymfocyty (zelená)**



A. Typy imunity



B. Získaná imunita

Lymfocyty pocházejí z hematopoetické pluripotentní kmenové buňky kostní dřeně, avšak po svém vzniku v kostní dřeni jsou nezralé, neschopné správné imunitní odpovědi. B-buňky dozrávají, čili se stávají imunokompetentními (schopnými rozeznat specifický antigen) a autotolerantními (schopnými rozeznat tkáň vlastního organismu jako vlastní) přímo v kostní dřeni. O procesu jejich zrání se mnoho neví.

T-buňky opouštějí kostní dřeň a cestují do brzlíku (*thymus*), kde se stávají imunokompetentními. *Thymus* je dvojlaločnatý orgán lokalizovaný v horním mezihrudí (*mediastinum sup.*) a v přilehlé dolní krční krajině, u novorozenců je poměrně velký, ale po pubertě involuje (tj. atrofuje, zaniká). V brzlíku se T-lymfocyty velmi rychle množí, značně znásobují svůj počet před samotným procesem zrání.

Při zrání nejprve nastává proces pozitivní selekce: v kůře brzlíku jsou T-lymfocyty konfrontovány s molekulou MHC I (Major Histocompatibility Complex, Type 1 – hlavní histokompatibilní komplex 1. typu, individuálně specifická molekula všech jaderných buněk v lidském těle jednoho člověka) a ty T-buňky, které nejsou schopny se na ni svým T-buněčným receptorem (TCR) vázat, jsou zničeny.

Přeživší T-buňky se dále musí naučit rozeznat MHC I jako tělu vlastní. Pokud toto nedokážou a vazba na MHC I vyvolá jejich aktivaci, jsou zničeny; je to bezpečnostní opatření, aby později neútočily na tkáň vlastního těla. Tento proces označujeme jako negativní selekci.

Odhaduje se, že tento proces přežijí jen asi 2 % T-lymfocytů. V průběhu tohoto procesu jsou odděleny od antigenů cirkulujících v krvi hemato-tymickou bariérou (*claustrum haematothymicum*), aby je cirkulující antigeny „nerušily při vzdělávání“.

Lymfocyty musí být imunokompetentní ještě před setkáním s cizími antigeny; z toho vyplývá, že jejich zrání je zcela podmíněno genotypem; genetická výbava pro rozpoznávání potenciálních antigenů v našem okolí prošla evolučním vývojem a selekcí. Mnoho z potenciálních antigenů, proti nimž jsme

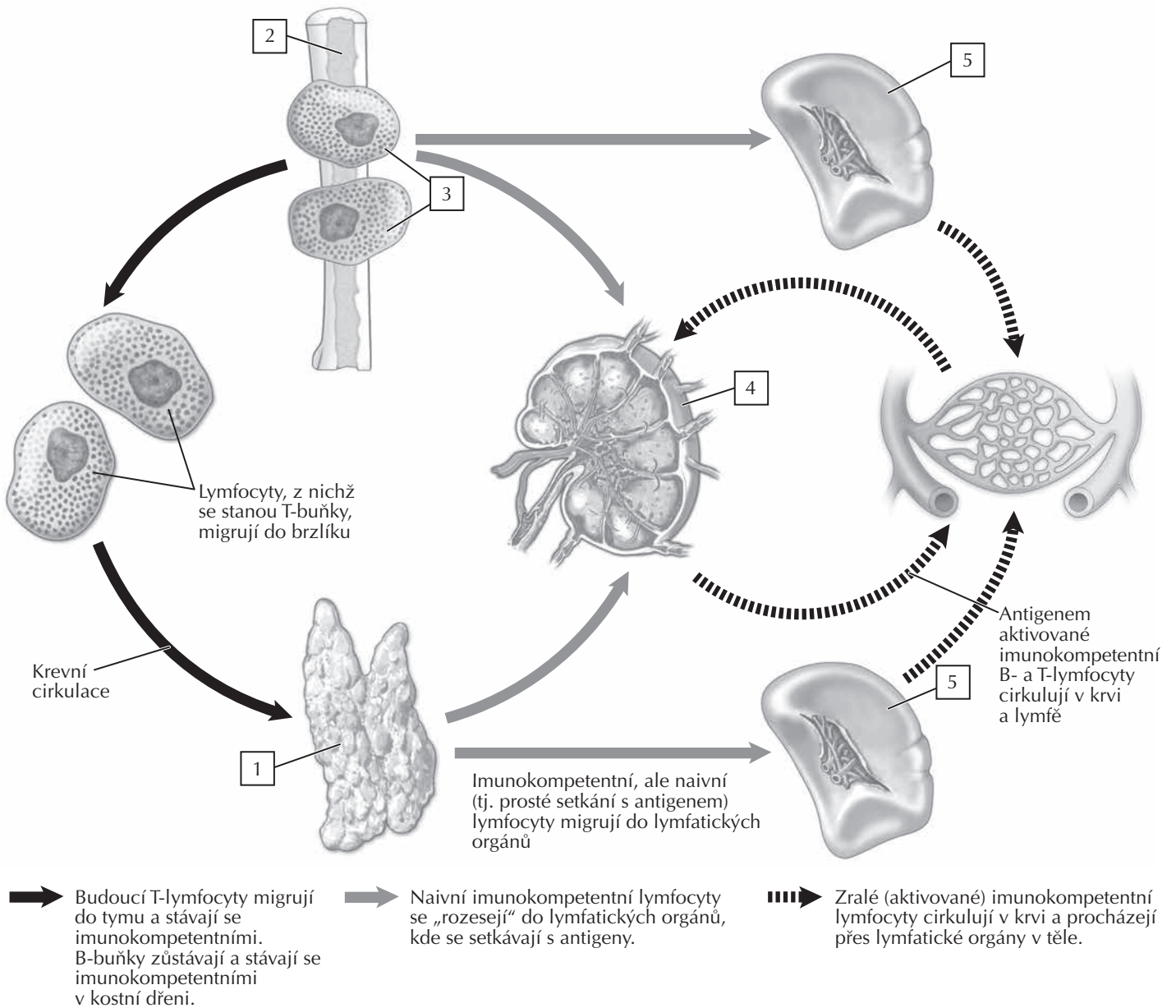
„vybaveni“, do našeho těla nikdy nepronikne a lymfocyty, které jsou proti nim specificky zaměřené, zůstanou nečinné.

I přestože T- a B-lymfocyty prošly tvrdým selekčním procesem a po vyplavení z brzlíku a kostní dřeně jsou již imunokompetentní, stále nejsou úplně zralé. K tomu je nutné, aby docestovaly do sleziny (*lien*), lymfatických uzlin (*nodi lymphatici*) a dalších sekundárních lymfatických orgánů a setkaly se s jejich specifickými antigeny. Teprve poté mohou být aktivovány stykem s cizím antigenem a schopny vyvolat imunitní odpověď. Z většiny T-lymfocytů se stanou T-helpers a T-killers, jakmile se dostanou do sekundárních lymfatických orgánů; 60–80% cirkulujících lymfocytů jsou T-buňky.

**VYBARVI** navrženými barvami struktury spjaté s přesuny a zráním lymfocytů a sekundární lymfatické orgány:

- 1. **Brzlík (*thymus*) (žlutá)**
- 2. **Kostní dřeň (*medulla ossea*) (červená)**
- 3. **Nezralé lymfocyty (modrá + jádra fialovou)**
- 4. **Lymfatická uzlina (*nodus lymphaticus*) (zelená)**
- 5. **Slezina (*lien*)**





Slezina je orgán jen o něco větší než zaťatá pěst a leží chráněna dolními žebry v levém horním kvadrantu břicha, dorzo-laterálně od žaludku. Velmi zjednodušeně ji můžeme označit za velkou lymfatickou uzlinu (během infekcí se může značně zvětšit), avšak funkčně slezina uzliny značně převyšuje. Mezi její úkoly patří:

- Proliferace B- a T-lymfocytů
- Imunitní dohled a imunitní odpověď
- Filtrace krve
- Destrukce starých a poškozených červených krvinek (erytrocytů)
- Destrukce poškozených krevních destiček
- Recyklace železa a hemoglobinu
- Krevní rezervoár
- V časném prenatálním období erythropoéza (tj. produkce červených krvinek)

Slezina (*lien*) je obalena pobřišnicí (*peritoneum*) a vazivovým pouzdem (*capsula*). Její infrastrukturu dělíme na dvě části: bílá dřev (pulpa alba), rozsáhlá síť tvořená trámci (*trabeculae*, sg. *trabecula*) vyčníhajícími z kapsuly, kde se hromadí lymfocyty, a červená dřev (pulpa rubra) tvořená sinusoidami (tj. širokými kapilárami) bohatá na erytrocyty a makrofágy.

Bílá pulpa je uspořádána nakupením lymfocytů okolo centrální arterioly, periarteriálními lymfatickými uzlíky. Tyto uzlíky vypadají jako uzliny; skládají se převážně z B-lymfocytů obklopených difúzně rozestými T-lymfocyty. Tyto „uzliny“ obsahují zárodečné centrum, kde B-buňky proliferují (tj. množí se) a aktivují se. Mezi imunitní funkce sleziny patří:

- Prezentace antigenu makrofágy a dendritickými buňkami
- Proliferace a aktivace B- a T-buněk
- Tvorba protilátek proti cirkulujícím antigenům
- Odstranění cizích antigenů z krve

Červená pulpa je organizována do oblasti žilních sinusoid a oblastí mezi vazivovými trabekulami, tzv. Billrothových provazců, které jsou tvořeny sítí retikulárních vláken a buněk a obsahují:

- Erytrocyty
- Makrofágy
- Dendritické buňky
- Lymfocyty
- Plazmatické buňky
- Granulocyty

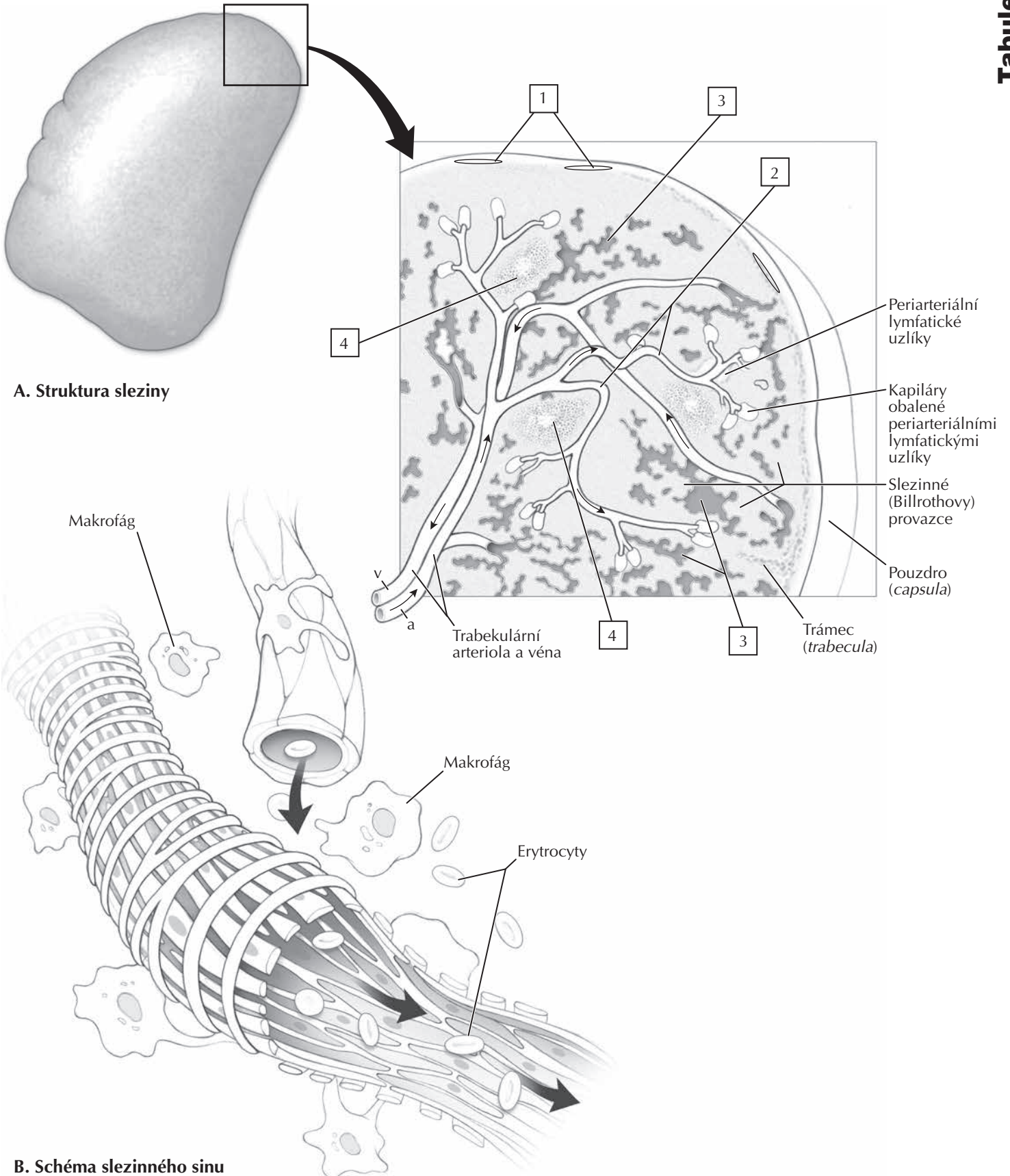
Makrofágy okolo žilních sinusoid fagocytují poškozené erytrocyty, rozkládají hemoglobin (hem je pak dále metabolizován na žlučová barviva) a recyklují železo (železo získané z hemu se transportuje ve formě hemosiderinu nebo ukládá ve formě ferritinu). Krev z centrální arterioly teče do bílé dřevě a slezinných (Billrothových) provazců, přes které se „profiltruje“ a poté teče do žilních sinusoid červené pulpy. Tato „otevřená cirkulace“ umožňuje vyčtyat z oběhu červené krvinky, které mají být destruovány. Primární funkcí červené dřevě je filtrovat krev.

**VYBARVI** různými barvami strukturu sleziny (*lien*):

- 1. Lymfatická céva v kapsule sleziny
- 2. Centrální arteriola
- 3. Slezinné sinusoidy červené pulpy
- 4. Bílá pulpa (lymfatické uzlíky)

#### **Klinická poznámka:**

Přestože je slezina hrudním košem dobře kryta, je to nejčastěji poraněný břišní orgán. Trauma břišní stěny (úrazy na hřišti u dětí, automobilové nehody, pády) mohou vést k laceraci (tj. potrhání) nebo **ruptuře sleziny**. Je to závažné poranění vedoucí k masivní intraperitoneální hemoragii (krvácení do dutiny břišní) a šoku, protože slezina je velmi prokrvený orgán. Chirurgické odstranění sleziny (*splenectomia*) je však relativně snadné, jelikož se bez sleziny dá přežít; ostatní lymfatické tkáně a kostní dřev za ni po operaci převzou funkci.



Kromě lymfatických cév a uzlin, kostní dřene, brzlíku a sleziny je v těle ještě další součást lymfatického systému, difúzní lymfatická tkáň, která má význam jak pro lokální, tak pro celkovou obranyschopnost těla. Mezi difúzní lymfatickou tkáň patří:

- Mandle (*tonsillae*, sg. *tonsilla*)
- Slizniční imunitní systém dýchací soustavy (BALT – Bronchus-Associated Lymphoreticular Tissue)
- Slizniční imunitní systém trávicí soustavy (GALT – GUT-Associated Lymphoreticular Tissue)
- Slizniční imunitní systém (MALT – Mucose-Associated Lymphoreticular Tissue)

### Mandle (*tonsillae*)

Mandle jsou shluky lymfatické tkáně v ústní dutině, hltanu a podél vstupu do hrtanu; patrové mandle (*tonsillae palatinae*, viditelné, když otevřeš pusu a řekneš „á“), jazyková mandle (*tonsilla lingualis*) na kořeni jazyka, hltanová mandle (*tonsilla pharyngea*, je-li zvětšená, je nazývána adenoidní vegetace) na stropě nazofaryngu, tubární mandle (*tonsilla tubaria*) při hltanovém ústí Eustachovy trubice (*ostium pharyngeum tubae auditivae*). Tyto lymfatické agregáty dohromady tvoří tzv. Waldeyerův okruh. Mají významnou roli při ochraně sliznice dutiny nosní a ústní před patogeny z vnějšího prostředí, hlavně v dětství. Některé z těchto tkání časem atrofují a ztrácejí na významu.

### BALT

Shluky lymfoepiteliálních buněk jsou difúzně rozesety podél průdušek (*bronchi*, sg. *bronchus*) a jejich dalšího větvení do bronchiálního stromu (pozn. překl.: viz Kapitulu 7). BALT vypadá podobně jako Peyerovy plaky, které lemují trávicí trakt. V nich lokalizované imunitní buňky reagují na patogeny, které se mohou dostat do dýchacích a trávicích cest.

### GALT a červovitý přívěsek (*appendix vermiformis*)

Appendix je připojen ke slepému střevu (*colon caecum*), počáteční části tlustého střeva a má pouze tenké lumen lemované sliznicí a četnými lymfatickými buňkami. Množství lymfatické tkáně s věkem klesá.

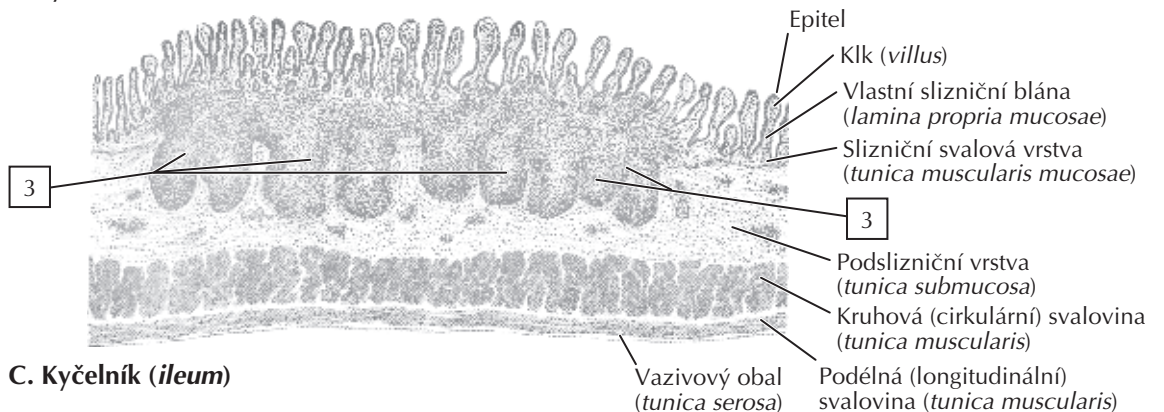
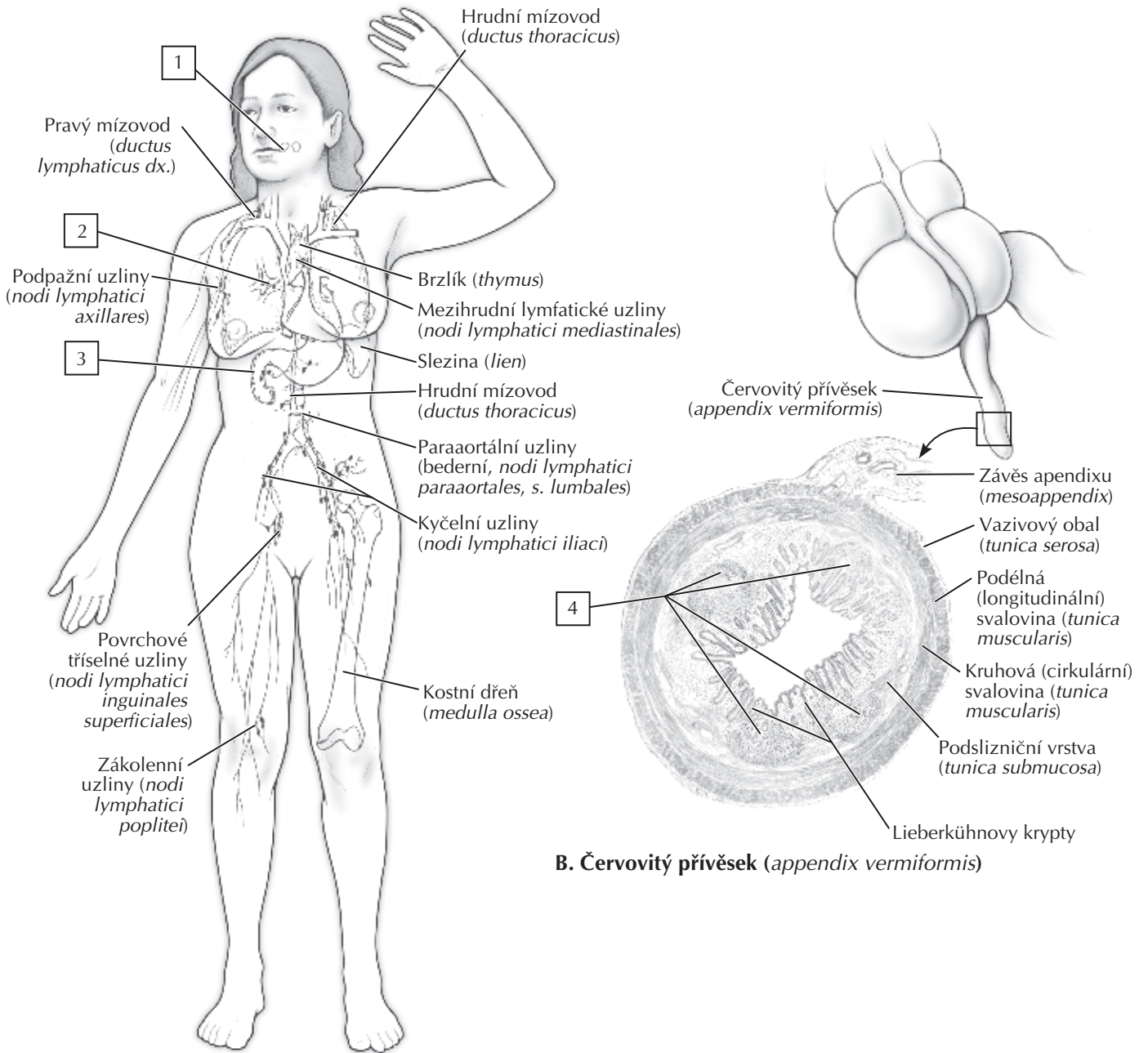
Stejně tak i v kyčelníku (*ileum*) se nachází shluky lymfatické tkáně zvané Peyerovy plaky. Nacházejí se ve sliznici (*tunica mucosa*) i v podslizniční vrstvě (*lamina submucosa*) a obsahují B- i T-lymfocyty. Ve sliznici se nachází i difúzně rozptýlená lymfatická tkáň (lymfocyty a plazmatické buňky); dohromady tyto dva systémy označujeme jako GALT. Čím distálněji při průchodu trávicí trubcí, tím více lymfatických uzlíků a lymfocytů ve sliznici najdeme; jejich primární funkcí je ochrana před vstupem patogenů a cizích antigenů, které by organismus případně napadly.

### MALT

Pod termínem MALT se rozumí hlavně slizniční imunitní systém trávicího, dýchacího a rozmnožovacího ústrojí. Můžeme však pod něj zahrnout i BALT a GALT, ale kromě nich i slizniční lymfatický systém jakéhokoli jiného orgánu.

**VYBARVI** různými barvami shluky difúzní lymfatické tkáně:

- 1. Mandle (*tonsillae*)
- 2. BALT
- 3. GALT a Peyerovy plaky
- 4. Lymfatické uzlíky červovitého přívěsku (*appendix vermiformis*)



Lymfatický a imunitní systém mají své poruchy, jimiž mohou být postiženy, i když jsou zapojeny do „boje“ s patogeny a rakovinou.

### Lymfogenní metastázy

Rakovina se z primárního ložiska může šířit (metastázovat) třemi způsoby:

- Přímým kontaktem se sousedními tkáněmi (*per continuitatem*)
- Přes žilní systém
- Přes lymfatické cesty

Lymfatika jsou zvláště významná, protože rakovinné buňky se do nich mohou snadno dostat. Jakmile jsou v lymfatických cévách, snadno se dostanou do uzlin, kde jsou filtrovány z lymfy, usídlí se zde a mohou růst; pokud se tak stane, lymfatická uzlina se zvětší, přilne ke svému okolí (stane se nepohyblivou) a tvrdou (při zánětu jsou uzliny sice také zvětšené, ale pohyblivé a měkké). Díky znalosti cest lymfatické drenáže z různých oblastí těla mohou klinici předpokládat šíření rakoviny od jednoho lymfatického agregátu k dalšímu, který leží dál v lymfatických cestách. První drenážní uzlina určitého orgánu, která je metastaticky postižena, se nazývá sentinelová uzlina. Lymfatické uzliny jsou v lidském těle uloženy povrchově i v hloubce; povrchové mohou být palpovány, hluboké však můžeme pouze zobrazovat pomocí pomocných lékařských vyšetření (PET/CT, CT).

**VYBARVÍ** navrženými barvami hlavní skupiny lymfatických uzlin:

1. **Hluboké krční uzliny (*nodi lymphatici cervicales profundí*):** leží podél vnitřní krční žíly (*v. jugularis int.*), drénují hlavu a krk; při zvětšení jsou palpovatelné (oranžová)
2. **Podpažní uzliny (*nodi lymphatici axillares*):** drénují oblast horní končetiny a pletence ramenního; hrudní stěnu; při zvětšení jsou palpovatelné (červená)
3. **Mezihrudní uzliny (*nodi lymphatici mediastinales*):** shluknuty okolo větvení průdušnice (*bifurcatio tracheae*), drénují plíce a hrudník; leží hluboko a při zvětšení nejsou palpovatelné (fialová)
4. **Paraaortální uzliny (*bederní, nodi lymphatici paraaortales, s. lumbales*):** sbírají mízu z dutiny břišní a dolní poloviny těla, nacházejí se okolo srdečnice (*aorta*) v blízkosti odstupu ledvinných tepen (*aa. renales*); při zvětšení nejsou palpovatelné; v jejich pokračování leží nádržka střevní mízy (*cisterna chyli*) a hrudní mízovod (*ductus thoracicus*) (modrá)
5. **Kyčelní uzliny (*nodi lymphatici iliaci*):** leží podél společných kyčelních žil (*vv. iliacaes communes*) a v jejich pokračování leží paraaortální uzliny; sbírají lymfu z dolních končetin a pánevních orgánů; leží v hloubce, a proto při zvětšení nejsou palpovatelné (hnědá)
6. **Povrchové tříselné uzliny (*nodi lymphatici inguinales superficiales*):** drénují dolní končetinu a zevní pohlavní orgány (*organa genitalia externa*); při zvětšení jsou palpovatelné (žlutá)

### Očkování (vakcinace, imunizace)

Imunita může být uměle vytvořena pomocí očkování. Při tomto procesu je do těla injikován antigen patogena, což stimuluje imunitní systém k reakci. Většina vakcín proti bakteriím se skládá z acelulárních (tj. nebuněčných) komponent; ze směsi antigenů anebo z nebezpečného toxinu, který bakterie produkuje. Tyto antigeny však často stimulují organismus jen k malé odpovědi, proto jsou do vakcín přidávána různá adjuvantia, která imunitní odpověď na očkování amplifikují. Většina antivirových vakcín je naproti tomu tvořena atenuovanými (tj. oslabenými) živými viry, které navodí imunitní odpověď, aniž by proběhla samotná infekce.

### Autoimunitní choroby

V případě, že imunitní systém není schopen správně rozpoznat „vlastní“ od „cizího“, může rozvinout reakci proti vlastním buňkám. Tento proces nazýváme autoimunitní poruchou. Mezi tyto choroby patří např.:

- Systémový lupus erytematos (SLE), který postihuje hlavně kůži, ledviny, plíce a srdce
- Roztroušená skleróza (RS), která postihuje normální myelinizaci v CNS
- Myasthenia gravis, která postihuje nervosvalovou ploténku, místo komunikace mezi nervem a svalem
- Úplavice cukrová, I. typ (*diabetes mellitus* I. typu), kdy reakce směřuje proti  $\beta$ -buňkám Langerhansových ostrůvků pankreatu, které produkují inzulin
- Revmatoidní artritida (RA), kdy jsou procesem postiženy klouby

### Imunodeficity

Imunodeficit je stav, kdy imunitní systém na patogeny neodpovídá s přiměřenou intenzitou, když není dostatečně aktivní. Obecné příčiny imunodeficitů jsou genetické (vrozené, kongenitální) nebo získané (např. HIV), ale také to může být následek malnutrice (tj. podvýživy), alkoholismu nebo užívání drog.

### Hypersenzitivita

Hypersenzitivita vzniká, když imunitní systém organismu reaguje na patogeny tak agresivním způsobem, že poškozuje své vlastní tkáně. Jsou rozeznávány čtyři typy hypersenzitivních reakcí (jiným názvem se jim říká též imunopatologické reakce):

- typ: akutní; např. anafylaktický šok, alergie
- typ: protilátková nebo cytotoxická hypersenzitivita; protilátky se vážou na antigeny vlastních buněk těla; např. posttransfúzní reakce (kdy se protilátky vážou na nekompatibilní antigen jiné krevní skupiny)
- typ: imunokomplexová reakce; komplexy antigen–protilátka cirkulující v krvi způsobují zánět, který spouští masivní hypersenzitivní reakci; např. chronické záněty nebo alergie
- typ: pozdní reakce, buňkami zprostředkovaná reakce; obvykle se jedná o několik dní se rozvíjející reakci; např. alergické kožní reakce (např. škumpa jedovatá a kontaktní dermatitida), ale také imunitní reakce při infekci, nádoru a rejekce (tj. odvržení) transplantovaného štěpu

## Lymfatické cesty

