

Konceptuální rámec pro výuku imunologie na středních školách

1. Systémy		
Základní tvrzení	Vysvětlující koncepty	Příklady výukových cílů
1.1 Imunitní systém je propojená a synchronizovaná síť biomolekul, buněk, tkání a/nebo orgánů.	1.1.1 Úrovně obranných mechanismů, které jsou indukovatelné a stále přítomné, antigenům odolávají, snižují jejich množství, zneškodňují je, nebo je tolerují.	- Žák popíše fyzikální a chemické bariéry, které chrání organismus před potenciálními patogeny. - Žák přiřadí různým částem těla (např. kostní dřeň, krev, mízní uzliny, kůže) jejich roli v imunitním systému a objasní jejich propojenost. - Žák vyvodí, že bez odstranění mrtvých buněk a odpadních látek makrofágy, by došlo k prodloužení nebo zhoršení zánětu a ke zpomalení hojení. <i>* Žák popíše místní a systémové obranné mechanismy využívané k omezení šíření infekce.</i> <i>* Žák vysvětlí, že role komplementu při imunitní odpovědi spočívá především v opsonizaci patogenu, proděravění membrány patogenu a podpoře zánětu.</i> <i>* Žák vysvětlí interakce mezi povrchy buněk, které umožňují průnik leukocytů z krve do tkání.</i>
	1.1.2 Imunitní odpověď zahrnuje místní složky a v případě potřeby mobilizuje vzdálenější složky imunitního systému.	
	1.1.3 Imunitní odpověď je koordinovaný celek složený z nespecifické, částečně specifické a specifické, tedy rychlé i pomalejší, odpovědi.	
	1.1.4 Rozmístění tkání a tekutin v organismu ovlivňuje, které imunitní složky se zapojí do odpovědi.	
	1.1.5 Imunitní systém hraje roli v obranných a opravných procesech.	
1.2 Buněčné a molekulární procesy udržují homeostázu imunitního systému, jejíž narušení může vést k různým poruchám.	1.2.1 Mechanismy centrální a periferní tolerance zabráňují zahájení imunitním reakcím proti vlastnímu tělu.	- Žák porovná mechanismus účinku různých léků proti alergii, např. kortikosteroidů vs. antihistaminik. - Žák vysvětlí, proč mají zvířata chovaná ve sterilních podmínkách oslabenou imunitní odpověď. - Žák vysvětlí, proč mohou být některé vakcíny účinné u
	1.2.2 Koncentrace antigenu může být ovlivněna buněčnými procesy, které jsou nezbytné pro udržování homeostázy.	

	1.2.3 Homeostáza imunitního systému může být narušena nebo obnovena v důsledku dědičných nebo vnějších vlivů.	novorozenců, zatímco jiné je nutné podávat později. * <i>Žák popíše změny ve funkci brzlíku s věkem a jejich dopady na funkci imunitního systému.</i>
	1.2.4 Složky imunitního systému organismu se mění v průběhu života.	
1.3 Imunologická paměť jednotlivce hraje klíčovou roli v nastolení imunitní ochrany a ovlivňuje šíření infekcí v populaci.	1.3.1 Imunitní paměť umožňuje při opětovném setkání se stejným antigenem rychlejší reakci, tedy rychlejší zvýšení počtu imunitních buněk a molekul.	- Žák porovná časový průběh primární a sekundární imunitní odpovědi na patogen. - Žák vysvětlí, jak může vakcína zajistit kolektivní imunitu v populaci. * <i>Žák porovná antigenní specifitu paměťových B lymfocytů a naivních buněk.</i>

2. Struktura a funkce		
Základní tvrzení	Vysvětlující koncepty	Příklady výukových cílů
2.1 Imunitní odpovědi jsou ovlivněny přítomností, rozmístěním a organizací lymfatických tkání/orgánů.	2.1.1 Primární a sekundární lymfatické tkáně mají různé role při řízení imunitní odpovědi.	- Žák popíše rozptýlenou lokalizaci imunitních buněk v těle a jejich nahloučení v lymfatických orgánech. * <i>Žák popíše dopad odstranění sleziny, slepého střeva, mandlí nebo brzlíku na imunitní odpověď jedince.</i> * <i>Žák nakreslí migrační trasy naivního a efektorového T lymfocyty vzhledem k mízní uzlině a místu infekce.</i>
	2.1.2 Struktura lymfatických orgánů a tkání ovlivňuje rozmístění imunitních buněk.	
2.2 Funkce imunitních buněk a průběh imunitní odpovědi jsou určovány biomolekulami nacházejícími se uvnitř	2.2.1 Velikost, tvar a granularita imunitní buňky mohou usnadnit rozpoznání typu buňky v laboratoři.	Žák popíše, že během alergické reakce buňky imunitního systému vylučují molekuly, které způsobují

buněk, na jejich povrchu nebo vylučovanými do okolí.	2.2.2 Cílenou imunitní odpověď mohou aktivovat různé antigenní biomolekuly.	reakce těla jako je zarudnutí, svědění či otok. • Žák uvede alespoň jednu funkci protilátek, například že se protilátky vážou na patogeny, čímž jim brání napadnout buňky nebo označují patogeny pro efektivnější fagocytózu. • * Žák diskutuje, jak obsah granulí v neutrofilech, eosinofilech, bazofilech a žírných buňkách souvisí s jejich funkcí v imunitním systému. • * Žák vysvětlí, jak mohou molekulární mimikry vést k rozvoji autoimunitní poruchy po expozici patogenu.
	2.2.3 Schopnost receptorů imunitních buněk rozpoznat antigeny je dána strukturními rozdíly ve vazebných doménách receptorů.	
	2.2.4 Spuštění signálních drah v imunitní buňce je podmíněno kinetikou a silou interakce receptor–ligand.	

3. Tok, výměna a ukládání informací		
Základní tvrzení	Vysvětlující koncepty	Příklady výukových cílů
3.1 Rozpoznání antigenu a následná buněčná signalizace vedou ke změně genové exprese, což utváří cílenou imunitní odpověď.	3.1.1 Rozpoznání antigenu vede ke změně genové exprese.	• Žák popíše, že některé buňky imunitního systému rozpoznají cizorodé látky (antigeny) pomocí receptorů na svém povrchu. • * Žák popíše, že rozpoznání antigenu může vést ke změnám v tvorbě proteinů potřebných pro efektivnější imunitní odpověď.
	3.1.2 Změny v genové expresi mohou ovlivnit typ i množství molekul, jak na povrchu buněk, tak uvolňovaných do okolí.	
	3.1.3 Genová exprese a vyvolaná buněčná odpověď mohou být ovlivněny tkáňovým prostředím.	
3.2 Diferenciace imunitních buněk během vývoje zajišťuje jejich charakteristické vlastnosti	3.2.1 Hematopoetické kmenové buňky se diferencují na myeloidní, erytroidní a lymfoidní buňky.	• Žák popíše, že všechny typy krevních a imunitních buněk vznikají ze společné

a přizpůsobení se různým funkcím.	3.2.2 Lymfocyty během svého vývoje procházejí vícestupňovou selekcí.	hematopoetické kmenové buňky v kostní dřeni.
	3.2.3 Genetické poruchy mohou pozměnit vývoj imunitních buněk.	* Žák předpoví vliv střevní mikrobioty kojence na vývoj jeho imunitního systému. * Žák vysvětlí, proč jsou bílé krvinky v brzlíku testovány, zda rozpoznávají molekuly vlastního těla, a pokud ano, spáchají programovanou buněčnou smrt.
3.3 Přestavba genů během vývoje lymfocytů vede k tvorbě receptorů schopných rozpoznat různorodé antigeny.	3.3.1 Struktura genomu určuje rozmanitost antigenních receptorů.	- Žák uvede, že receptory rozpoznávající různé antigeny jsou přítomné na povrchu T a B lymfocytů. * Žák vysvětlí, jak rozmanitost povrchových MHC molekul, vzniklá díky současné expresi více genů, umožňuje rozpoznání širokého spektra antigenů. * Žák předpoví důsledky snížené diverzity povrchových MHC molekul v populaci při výskytu infekce.

4. Dráhy a přeměny energie a hmoty		
Základní tvrzení	Vysvětlující koncepty	Příklady výukových cílů
4.1 Aktivace imunitního systému je energeticky náročný proces, který ovlivňuje metabolické nároky organismu a je jimi i ovlivňován (např. stres, podvýživa, rozmnožování, narušení cirkadiálního rytmu, cvičení).	4.1.1 Buňky imunitního systému využívají biochemické dráhy pro transport, syntézu a rozklad biomolekul.	- Žák vysvětlí, že během imunitní reakce se zvyšuje počet a aktivita imunitních buněk, které kvůli intenzivnímu metabolismu spotřebovávají více energie a živin. * Žák porovná bioenergetické a biosyntetické potřeby naivního (klidového) B lymfocytu a plazmatické buňky.
	4.1.2 Změna biochemické dráhy v imunitní buňce může ovlivnit trvání a intenzitu imunitní odpovědi.	

5. Evoluce		
Základní tvrzení	Vysvětlující koncepty	Příklady výukových cílů
5.1 Imunitní reakce se liší v závislosti na komplexitě napadeného organismu i patogenu.	5.1.1 Obranné imunitní mechanismy jsou výsledkem působení selekčních tlaků na mikro i makro úrovni.	• Žák vysvětlí, proč je alela spojená se srpkovitou anémií v určitých lidských populacích výhodná. • Žák popíše, že imunitní systém je částečně zděděný a chrání nás už od narození. • * Žák porovná molekulární mechanismy obrany bakterií a člověka proti virové infekci. • * Žák vysvětlí, jak se buňky v nádorovém mikroprostředí vyvíjejí tak, aby unikly imunitnímu dohledu. • * Žák vysvětlí, že virus chřipky v čase mění svoje povrchové struktury, což mu umožňuje unikat imunitnímu systému a proto člověk může dostat chřipku opakovaně.
	5.1.2 Imunitní obranné mechanismy mohou být děděny.	
	5.1.3 Mikroorganismy a hostitelé vzájemně ovlivňují svůj evoluční vývoj.	

Pro středoškolskou výuku přeložili a uzpůsobili: Valerie Tahtahová, Vanda Janštová a Tomáš Macháček podle Pandey et al., 2023 [<https://qubeshub.org/community/groups/coursesource/courses/immunology/>].