

Jak posílit obranný potenciál dítěte nutričně vyváženou stravou a zdravým životním stylem

prof. RNDr. Jan Krejsek, CSc.

Ústav klinické imunologie a alergologie, LF UK a FN Hradec Králové

Chladná část roku je u dětí spojena se zvýšeným rizikem respiračních virových infekcí. Je to důsledkem přirozené cirkulace některých virů v zimním období. Podstatnou příčinou je rovněž snížená obranyschopnost dětí. Ta má komplexní důvody. Zdůraznit můžeme negativní vliv životního stylu převážné většiny dětí v kombinaci s nutričně nevyváženou stravou. Úpravou životního stylu, především dostatkem nočního spánku, v kombinaci s pohybovou aktivitou a otužováním, lze zvýšit obranný potenciál dětí. Další možností je optimalizace jídelníčku dětí, který by měl obsahovat v dostatečné míře potřebné živiny nutné pro rozvoj imunitní reakce. Obranyschopnost je významně zesílena dostatečným příjmem vitaminu C, vitaminu D a zinku. Slizniční i systémovou imunitu pozitivně ovlivňují látky charakteru prebiotik a zdraví prospěšné mikrobi, přijímané v potravě, probiotika.

Klíčová slova: obranyschopnost, respirační infekce, životní styl, vitaminy C, D, prebiotika, probiotika, zinek.

How to enhance protective capacity of children by balanced nutrition and healthy lifestyle

Cold season is characterized by increased presence of respiratory viral infections. It is cost by seasonal increase in presence of viruses with substantial contribution of decreased protective immunity of children. This is the result of complex interplays between immunity and other body systems. One from the major contributors is unhealthy lifestyle of children characterized by low physical activity, disturbances in night sleep and inadequate nutrition. Changes focussing on lifestyle in combination with physical activity can enhance protective potential of children. This could be also improved by intervention into the nutrition. Nutrition has to contain sufficient sources of basic nutrients to mount optimal immune response. Effectivnes of protective immunity could be also enhanced by supplementation with vitamin C and D, prebiotics and probiotics and zinc.

Key words: immunity, respiratory infections, lifestyle, vitamin C, D, prebiotics, probiotics, zinc.

Úvod

S nastupujícím podzimem a zvláště v průběhu zimních měsíců se zvyšuje výskyt respiračních onemocnění především v dětském věku. Pokusíme se poukázat na některé příčiny tohoto jevu a pokusíme se také navrhnout, jak cestou životního stylu a výživy lze pozitivně ovlivnit obranné mechanismy a snížit tak riziko vzniku a rozvoje respiračních infekcí u dětí (1).

V souvislosti se změnou délky světlé periody dne a jistě také v kontextu nižší teploty probíhají rozsáhlé adaptační procesy v každém jedinci, které ovlivňují všechny životní funkce včetně imunity. Život současných lidí je v příkrém rozporu s jejich biologickým základem. Odráží se

to mimo jiné ve zvýšeném duševním stresu, který se negativně projevuje ve zvýšené vnímavosti k infekcím, protože stresová reakce přechodně přirozeně tlumí obranné kapacity člověka. Duševní zátěž je u mnohých dětí akcentována nedostatkem spánku v temné periodě dne. Pouze noční spánek poskytuje optimální podněty, které ovlivňují fungování celého těla. V neposlední řadě je zapotřebí zdůraznit skokovou změnu v kvalitě i kvantitě stravy našich dětí. Stále více jsou základní součástí stravy dětí vysoce zpracované potraviny vyráběné průmyslově. Ty jsou konstruovány tak, aby stimulovaly příjem potravy. Bohužel, ve většině případů se jedná o nutričně chudé potraviny, které jsou

však energeticky bohaté. Výsledkem je prudký nárůst nadváhy a obezity ve všech věkových kategoriích dětí. Naopak pro fyziologický průběh životních funkcí neposkytují tyto potraviny potřebné živiny. Dopady jsou dramatické a postihují všechny tělní soustavy, opět včetně imunity. Ve stravě podstatné části dětí chybí nebo jsou přítomny v nedostatečné míře nutrienty, které jsou nezbytné pro udržení bariérových funkcí epitelových struktur a podporu obranného zánětu. Běžný je nedostatek vitaminů, např. vitaminu C a D. V nedostatečném množství jsou přijímány stopové prvky, z nichž především zinek je pro optimální fungování imunity naprosto nezastupitelný. Strava obsahuje málo



prof. RNDr. Jan Krejsek, CSc.

Ústav klinické imunologie a alergologie, LF UK a FN Hradec Králové

jan.krejsek@fnhk.cz

Cit. zkr: *Pediatr. praxi.* 2023;24(5):304-308

Článek přijat redakcí: 30. 8. 2023

Článek přijat k publikaci: 5. 9. 2023

prebiotické vlákniny, jejímž hlavním zdrojem je rostlinná strava, která v jídelníčku mnohých dětí není zastoupena dostatečně. Z důvodů stále intenzivněji se šířících „mýtů“, ve kterých je poukazováno na škodlivost konzumace mléka a mléčných výrobků, je běžné omezování příjmu těchto nutričně mimořádně cenných složek stravy v dětské populaci. Prevalence intolerance laktózy případně alergií na složky kravského mléka v populaci je přeceňována a omezování či dokonce vyloučení mléčných složek potravy bez lékařského zdůvodnění nemá žádné zdravotní opodstatnění. Lze konstatovat, že u nemalé části dětí, především z rozhodnutí jejich rodičů, dochází k jejich jednostrannému přetěžování, např. přemírou zájmové činnosti. Neomezený přístup ke komunikačním zdrojům narušuje u mnohých dětí jejich cirkadiánní rytmy. Velmi často je důsledkem také omezení pohybových aktivit, zvláště pobytu v přírodě. To vše se negativně odráží na zdraví dětí, včetně výkonu imunitní soustavy (2).

Životní styl dětí

V porovnání s generací rodičů a prarodičů současným dětem zásadně ubylo pracovních povinností a přibýlo mnoho zdánlivě volného času. Ten však nevyužívají správným směrem. U převážné většiny dětí se snižuje fyzická zdatnost, protože mají nízkou pohybovou aktivitu. To vede ke snížení jejich celkové odolnosti. Postupná expozice chladu, dobře známé otužování, významnou měrou stimuluje obranyschopnost dětí. Jsou stimulovány i obranné bariéry respiračního traktu, především při pobytu venku, v chladném vzduchu. Volný čas dětí ve velké většině tráví komunikací na sociálních sítích nebo využívají komunikační prostředky pro zábavu. Dramatické negativní následky mají tyto návyky především u těch dětí, které kvůli nim posouvají čas začátku spánku a dobu spánku zkracují. Je rozsáhle doloženo, že na všech úrovních regulací našeho těla jsou přítomny „biologické hodiny“, prostřednictvím kterých jsou řízeny základní procesy v našem těle. Již přepis genů vykazuje denní rytmicitu. Cirkadiánní regulace jsou typické pro většinu metabolických procesů. Ovlivňují i složení a funkci tělní mikrobioty (3). Dobře doloženy jsou i pro fungování imunitního systému. Prostřednictvím melatoninu, tvořeného především v epifyze na základě střídání temné a světlé části dne, který

lze považovat za základní regulátor rytmicity, jsou ovlivňovány funkce buněk imunitní soustavy. Samotné imunocyty jsou i významným zdrojem melatoninu. Melatonin zasahuje do funkční polarizace T lymfocytů. Ovlivňuje také cirkadiánní rytmy tvorby hormonů, z nichž kolísání hladiny kortizolu je pro regulace imunitní odpovědi zásadní. Narušení fází spánku, ve kterých dochází k podstatné produkci melatoninu, potlačuje obranné funkce imunity. Je doloženo, že produkce specifických protilátek po aplikaci vakcín je nejvyšší, pokud je podána v dopoledních hodinách. Jedním z doporučení pro praxi s cílem snížit riziko respiračních infekcí je nastavení optimálního spánkového režimu u dětí (4).

Výživa a obranyschopnost

Obranyschopnost dítěte je mimořádně komplexní vysoce strukturovaná soustava jednotlivých složek, které zahrnují nejen imunitní systém, ale v podstatné míře se opírají také o aktivity buněk neimunitního původu, především epitelových struktur, které vytvářejí přirozené bariéry. Navíc všechny epitelové struktury jsou osídleny komplexními společenstvími mikroorganismů, které označujeme jako mikrobiotu. Přítomnost těchto zdravých prospěšných mikroorganismů je pro udržení bariérových funkcí epitelových rozhraní, slizniční i systémovou imunitu naprosto nezbytná. Rozvoj imunitní reakce, jako podstatné součásti komplexního obranného zánětu, je závislý na metabolických zdrojích těla. Pro obranný zánět je typická produkce biologicky aktivních látek, cytokinů, které regulují obranný zánět. Musí být tvořeny také efektorové obranné látky, např. imunoglobuliny, ale také antimikrobiální peptidy (5). Obranná reakce je spojena s rychlou proliferací a diferenciací buněčného substrátu imunity. Tyto kroky jsou nezbytně podmíněny dostatkem energie a jednotlivých složek, které buňky využívají k replikaci genetické informace a buněčné proliferaci. Zdůrazníme potřebu všech aminokyselin, z nichž esenciální aminokyseliny musíme přijímat v potravě. Jejich zdrojem jsou živočišné bílkoviny. U dětí, u kterých jsou zaváděny vegetariánské či dokonce veganské postupy, nelze očekávat dostatečný výkon imunitní soustavy (6, 7).

Strava v dětském věku by měla odrážet momentální potřeby rychle se vyvíjejícího organismu. Jsou dobře popsány rozdíly ve výživových potřebách batolecího věku v porovnání s pu-

bertou. K dispozici jsou dobrá odborná lékařská doporučení. Bohužel, v praxi nejsou respektována a dodržována. Již jsme zmínili, že stále častěji jsou základem stravy dětí vysoce zpracované potraviny, které jsou nutričně chudé a energeticky bohaté. Postupně získáváme informace, že konzumace vysoce zpracovaných potravin má zdrcující dopady na metabolismus. Jedním z doporučení letošního kongresu European Society of Cardiology je požadavek označovat tento typ potravin za zdraví škodlivý podobně, jako jsou v současnosti označovány tabákové výrobky. Podobně je zahájena odborná diskuze o negativních účincích umělých sladidel na organismus, zvláště dětský.

Z mnoha důvodů, bohužel nyní to mohou být i důvody finanční, není v jídelníčku dětí dostatek ovoce a zeleniny. Výživové látky obsažené v ovoci a zelenině představují nejenom vitaminy, ale také minerální látky a nerozpustnou i prebiotickou vlákninu. Tyto skutečnosti omezují funkce obranného zánětu a mohou být příčinou zvýšené náchylnosti dětí k respiračním infekcím v chladné části roku. Vybereme vitamin C, který musí být přijímán s potravou. Jeho základní funkcí jsou antioxidační aktivity. Oxidační stres, tvořený permanentně při procesech oxidativní fosforylace, který je dále zvýšen funkcemi imunity, poškozuje naše vnitřní struktury na molekulární a subcelulární úrovni. Výsledkem je zvýšená tvorba vzorů vnitřního poškození, na které tělo reaguje rozvojem zánětlivé reakce. Zvýšený oxidační stres, který je vyvolán obrannou reakcí, vede k poškození epitelových struktur a prohlubování zánětlivé reakce. Příjem vitaminu C v zimním období je vhodné zesílit i suplementací v doplňcích stravy (8).

Zásadní úlohu při regulaci všech životních procesů sehrává vitamin D. Jeho účinky jsou vysoce pleiotropní a jdou dalece za rámec dříve popisované úlohy vitaminu D v metabolismu kostí (9). Aktivní formy vitaminu D pronikají cytoplazmatickou membránou buněk. V cytoplazmě většiny tělních buněk jsou přítomny receptory VDR, které s vitaminem D interagují. Vzniklé komplexy jsou translokovány do jádra buňky, kde regulují přepis podstatné části genomu. Převážná část vitaminu D je vytvářena endogenně. Z prekurzorů v keratinocytech vzniká působením UV-B světla cholekalciferol (D_3), který je následně hydroxylován v játrech na pozici 25 na 25-(OH) D_3 .

Při následné hydroxylaci v ledvinách vzniká plně funkční $1,25(\text{OH})_2$ dihydrokalcitriol. Pro tuto biosyntézu je nezbytné UV světla ze slunečního záření. Expozice UV světlu je riziková s ohledem na možnost rozvoje maligních procesů v kůži. Ochranné krémy, ale již i běžná kosmetika, v sobě obsahují látky pohlcující UV záření. Je doloženo, že v zimním období je endogenní cesta tvorby vitamínu D neúčinná. Z běžných podmínek přijímáme prekurzory vitamínu D, konkrétně ergokalciferol (D_2) v rostlinné stravě. Ta však obsahuje antimetabolicky působící látky, např. fytáty, které brání vstřebávání. Daleko významnějším zdrojem je strava živočišného původu, která obsahuje cholekalciferol (D_3). Nejbohatším zdrojem je rybí olej, maso tučných mořských ryb, játra, červené maso, tučné mléko a máslo a vaječný žloutek. Tyto hlavní zdroje vitamínu D ve stravě nejsou dětmi obvykle oblíbeny. K dispozici jsou však léčiva, která by měla být preferována, případně suplementa s obsahem vitamínu D. K dispozici jsou lékařská doporučení, jak se má suplementace (léčebné podání) vitamínem D realizovat. Obavy z možného předávkování vitamínem D jsou podle současných názorů málo opodstatněné (10).

Vitamin D zesiluje bariérové funkce sliznic zpevněním mezibuněčných spojů a brání tak průniku respiračních virů. Komplexně moduluje imunitní systém jak ve složce vrozené imunity, tak adaptivní imunitu. U obranné reakce namířené proti virům hrozí přesmyk k nepřiměřené aktivitě, kterou lze charakterizovat jako poškozuující zánět. Dobrým příkladem nezvládnutí homeostatických regulací protivirové obranné reakce jsou nejtěžší formy infekce SARS-CoV-2, nemoci covidu-19. Vlivem vitamínu D dochází k funkční polarizaci makrofágů k protizánětlivému fenotypu M2. Dendritické buňky jsou vitamínem D modulovány k tolerogennímu fenotypu. V rámci specifické imunity jsou v T lymfocytech přítomny cytoplazmatické receptory VDR. Po jejich aktivaci vitamínem D dochází k jejich translokaci do jádra. Následně je stimulován přepis cca 1 000 genů s obecně protizánětlivými a homeostatickými účinky. Zvláště výrazné je toto působení v subpopulaci CD8^+ cytotoxických T lymfocytů, které jsou podstatnou součástí protivirové imunity. Tato buněčná populace imunity je schopna dokonce biotransformace

prekurzorů vitamínu D do plně funkční formy $1,25(\text{OH})_2$ dihydrokalciferolu (11).

Zinek je esenciálním prvkem, který zastává mnohočetné aktivity v těle, včetně imunity. Je doloženo, že cca polovina lidského proteomu váže zinek. Jeho unikátní atomární struktura ho předurčuje jako součást aktivních míst několika set enzymů, podílejících se na metabolismu všech živin. Je součástí biologicky aktivních látek v rámci imunitní soustavy, např. proteolytických enzymů účastnících se na rozkladu invadujících patogenů. Pro imunitu je mimořádně významná schopnost zinku být součástí velké skupiny transkripčních faktorů, které regulují transkripci převážně většiny genů zapojených do obranných reakcí. Označují se jako „zinkové prsty“. Již jsme zdůraznili, že obranný zánět je zcela závislý na buněčné proliferaci a diferenciaci. Bez dostatečné hladiny zinku je imunitní reakce prakticky nemožná. Zinek přijímáme s potravou. Nejvýznamnějším zdrojem zinku jsou potraviny živočišného původu. Obsah zinku v rostlinné stravě je podstatně nižší a jeho obsah odráží přítomnost zinku v půdě. Zinek je vstřebáván receptory na epitelových buňkách střeva. V buňkách je uložen ve specifických organelách označovaných jako zinkosomy. Export zinku z buňky vyžaduje rovněž přítomnost specifických membránových proteinů. V tělních tekutinách je zinek navázaný na bílkoviny. Zinek se podílí na udržování a posílení bariérových funkcí epitelových rozhraní. Zřetelné doklady v tomto ohledu máme pro kůži (12). Podobné však platí i pro sliznice jak trávicího, tak respiračního traktu. V rámci vrozené imunity je zinek součástí mnoha nitrobuněčně lokalizovaných molekul. Jedná se zvláště o antimikrobiální peptidy nebo proteiny ze skupiny kalcium vázajících bílkovin (S100). Příkladem může být kalgranulin. Podobným způsobem je zinek zapojen do obranných funkcí zprostředkovaných plicními makrofágy a také neutrofilními granulocyty. V buněčných složkách vrozené imunity zajišťuje zinek homeostatické regulace, které brání k přesmyku od zánětu obranného k poškozuujícímu. Posiluje cytotoxické funkce heterogenní populace buněk ILC (Innate Lymphoid Cells). Zinek moduluje funkce dendritických buněk, které zpracovávají a prezentují antigenní podněty T lymfocytům. Stimuluje aktivitu pomocných T lymfocytů a ovlivňuje jejich funkční polarizaci. Stimuluje aktivitu cytotoxických CD8^+ T lym-

focytů. Podílí se na proliferaci B lymfocytů po antigenní stimulaci a jejich vyzrávání do plazmatických buněk. Vede ke zvýšené produkci specifických protilátek. Zinek se podstatnou měrou podílí na vytvoření specifické T a B lymfocytární paměti po antigenní stimulaci (13).

Ke ztrátám zinku dochází při zvýšené fyzické námaze, kdy je vylučován potem. Mimo jiné je zinek nezastupitelný při regeneračních procesech v kosterní svalovině. Nedostatek zinku je spojován s rozsáhlým spektrem onemocnění, např. kardiovaskulárních nemocí, cukrovky, obezity. Je doloženo, že nízká hladina zinku může být jeden z predispozičních faktorů pro rozvoj imunopatologických procesů. Protože běžná strava dětí ve většině případů nezajistí dostatečný příjem zinku nutný pro zajištění obrany proti respiračním patogenům, lze doporučit zvláště v průběhu zimního období preventivní podávání zinku optimálně v podobě léčiva, jako jednu z možností prevence vzniku a rozvoje respiračních infekcí. Podání zinku u již probíhajících virových respiračních infekcí, včetně infekce SARS-CoV-2, významně zkracuje dobu klinických symptomů a snižuje riziko potřeby nasazení antibiotik. V těchto situacích je doporučeno zvýšit na přechodnou dobu příjem zinku (14).

Člověk je po svou celou evoluční historii vystaven mikroorganismům. Část z nich jsou patogenní mikroorganismy, které až donedávna představovaly nejvýznamnější nástroj evoluční selekce. Tyto patogenní mikroorganismy byly a jsou pochopitelně ve středu zájmu medicíny. V posledních cca 10 letech však přibývají exponenciálně informace, že patogenní mikroorganismy jsou pouze malou frakcí mikrobiálního světa, kterému je člověk vystaven. Je postupně dokládáno, že naše koexistence s mikroorganismy má zásadní význam pro zdraví i nemoc. Stručně shrnujeme, že část lidského genomu je tvořena mikrobiálními sekvencemi. Mitochondrie, jako nejvýznamnější zdroj energie buňky zprostředkované oxidativní fosforylací, jsou endosymbiotické archebakterie. Konečně, všechny oddíly našeho těla jsou osídleny složitými mikrobiálními společenstvími, které označujeme jako mikrobiotu. Tato společenství svou metabolickou aktivitou doplňují vhodně lidský metabolismus. Zásadním způsobem přispívají k bariérovým funkcím kůže a sliznic. Jejich přítomnost brání průniku patogenních mikroorganismů. Zcela nezastupitelná jsou tato

INZERCE

společenství pro individuální nastavení imunitní reaktivity (5). Právě období po narození a v dětském věku je pro příští nastavení interakcí mezi imunitním systémem a mikrobiotou rozhodující. Nebudeme se blíže vyjadřovat ke kojeneckému období, protože význam mateřského mléka charakterizovaného vysokou koncentrací i unikátním spektrem prebiotických oligosacharidů nezbytných pro vznik a rozvoj fyziologického osídlení je naprosto zásadní. V pozdějším období lze ovlivnit mikrobiotu trávicího traktu přímo a mikrobiotu jiných tělních oddílů, např. respiračního traktu, nepřímou, prostřednictvím výživy. Výživa rostlinného původu obsahuje v různé míře tzv. prebiotické oligosacharidy. Ty jsou definovány jako oligosacharidy nestraavitelné pro člověka. Jsou však metabolizovány střevní mikrobiotou za vzniku zdraví prospěšných látek, např. krátce řetězcových mastných kyselin (SCFA), které posilují bariérové funkce epitelů. Modulují také slizniční i systémovou imunitu. Zdrojem prebiotických oligosacharidů je zelenina, luštěniny. Jsou k dispozici i ve formě potravních doplňků (15).

V potravě lidí jsou historicky zařazeny zkvašené potraviny, ať už rostlinného nebo živočišného původu, které jsou považovány za nutričně velmi výhodné (16). Nyní víme, že podstatnou složkou těchto zkvašených potravin jsou zdraví prospěšné mikroorganismy, které označujeme jako probiotické mikroorganismy. Probiotické mikroorganismy jsou definovány podle WHO jako zdraví prospěšné mikrobi, které přijímáme s potravou (17). Jedná se o mikrobiální dru-

hy, které jsou charakterizovány výjimečnými biologickými vlastnostmi. Musí být schopny adaptovat se na vysoce antimikrobiální prostředí žaludku a žluči na vstupu do trávicí trubice, aby přežily. Musí se alespoň na přechodnou dobu zachytit, případně se pomnožit v trávicí trubici. I v odborné literatuře dochází někdy ke směšování pojmů, kdy jako probiotické kmeny jsou označovány mikrobi vlastní střevní mikrobioty (18). Nejlepším zdrojem probiotik v našich podmínkách je zkvašená zelenina, především kysané zelí. To obsahuje probiotické kmeny *Lactobacillus plantarum*. Vysoce bohatým zdrojem prebiotik, které mohou být konzumovány každý den i dětmi, jsou zkvašené mléčné výrobky. Fermentace mléka je zprostředkována řadou mikroorganismů. Jedná se o *Streptococcus thermophilus*, a různé laktobacily, především *Lactobacillus delbrueckii*, subsp. *bulgaricus*. Tyto a další probiotické mikroorganismy se v optimální kombinaci s dalšími živinami, tj. plnohodnotnou živočišnou bílkovinou a tuky, nacházejí v jogurtu, acidofilních mlécích, kefiru, podmáslí, tvarohu apod. Obvykle dětem chutnají a mohou být doplněny dalšími složkami pro zlepšení chuti apod. Probiotické mikroorganismy jsou široce dostupné jako součást doplňků stravy. Jde o druhy kmene *Firmicutes*, především z rodu *Lactobacillus* a *Bifidobacterium*. Konkrétně se jedná o *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*, *B. bifidum*, *B. breve*, *B. longum* a *B. thermophilum*. Z rodu *Lactobacillus* jsou jako probiotika používány druhy *L. brevis*, *L. fermentum*, *L. helveticus*, *L. rhamnosus*. Z odlišné skupiny bakterií je jako

probiotikum používáno *Escherichia coli*, Nissle 1916. Mnohé další druhy a kmeny bakterií jsou zkoumány s cílem nalézt další probiotické mikroorganismy (19).

Při volbě probiotik je zapotřebí věnovat pozornost jednotlivým bakteriálním druhům, případně kmenům, které jsou při výrobě doplňků stravy použity. Jsou mezi nimi rozdíly v dopadu na imunitní systém. K dispozici je kromě bakteriálních probiotik i kvasinka *Saccharomyces boulardii* (20). Probiotické mikroorganismy jsou schopny ovlivnit dysbiózu střeva, ke které dochází vlivem nezdravých potravních návyků. Eubióza střevní mikrobioty má pozitivní vliv na metabolické procesy, bariérové funkce, slizniční i systémovou imunitu. Eubiotická střevní mikrobiota ovlivňuje i vzdálené orgány. Dobré důkazy pro to máme v mozku. Má však vliv i na respirační soustavu. Lze uzavřít, že prostřednictvím prebiotik a probiotik, případně jejich kombinací ve formě symbiotik, lze významně posílit obranyschopnost dětí (21, 22).

Závěr

Vhodně zvolenými zásahy do životního stylu a výživy dětí lze zvýšit jejich odolnost vůči respiračním virovým infekcím v nastávajícím podzimním a zimním období roku. Těmito jednoduchými postupy lze snížit nemocnost dětí a omezit potřebu léčby antibiotiky, protože nezvládnutá obranná reakce proti virové infekci je obvykle následována infekcemi bakteriálními patogeny.

LITERATURA

- Govers C, Calder PC, Savelkoul HFJ, et al. Ingestion, immunity, and infection: nutrition and viral respiratory tract infections. *Frontiers Immunol.* 2022;13:841532. doi: 10.3389/fimmu.2022.841532.
- Bower JE, Kuhlman KR, Haydon MD, et al. Cultivating a healthy neuro-immune network: a health psychology approach. *Soc Personal Psychol Compass.* 2019;13(9). doi: 10.1111/spc3.12498.
- Pearson JA, Wong FS, Wen L. Crosstalk between circadian rhythms and the microbiota. *Immunology.* 2020;161:278-290. doi: 10.1111/imm.13278.
- Diallo AB, Coiffard B, Leone M, et al. For whom the clock ticks: clinical chronobiology for infectious diseases. *Frontiers Immunol.* 2020;11:1457. doi: 10.3389/fimmu.2020.01457.
- Krejsek J, Andrys C, Krčmová I. Imunologie člověka. Hradec Králové: Garamon; 2016.
- Tourkochristou E, Triantos Ch, Mouzaki A. The influence of nutritional factors on immunological outcomes. *Frontiers Immunol.* 2021;12:665968. doi: 10.3389/fimmu.2021.665968.
- Suriano F, Nyström EEL, Sergi D, et al. Diet, microbiota, and the mucus layer: the guardians of our health. *Frontiers Immunol.* 2022;13:953196. doi: 10.3389/fimmu.2022.953196.
- Tiffon C. The impact of nutrition and environmental epigenetic on human health and disease. *Int J Mol Sci.* 2018;19:3425. doi: 10.3390/ijms19113425.
- Broulík P, Kočí K. Úloha vitamínu D pro lidský život. *Medicina po promoci.* 2021;22(1):32-36.
- Bronský J, Kalvachová B, Kutílek S, et al. Doporučený postup České pediatričké společnosti a Odborné společnosti praktických dětských lékařů ČLS JEP pro suplementaci dětí a dospívajících vitamínem D. *Čs pediatrie.* 2019;74(8):473-482.
- Bilezikian JP, Formenti AM, Adler RA, et al. Vitamin D: dosing, levels, form, and route of administration: does one approach fit all? *Reviews Endocrine Metabolic Disorders* 2021. doi: 10.1007/s11154-021-09693-7.
- Okawa Y, Kinoshita M, Shimada S, et al. Zinc and skin disorders. *Nutrients.* 2018;10:199. doi: 10.3390/nu10020199.
- Baaz BR, Rink L. Rebalancing the unbalanced aged immune system – a special focus on zinc. *Ageing Research Reviews.* 2022;74:101541. doi: 10.1016/j.arr.2021.101541.
- Maywald M, Rink L. Zinc in human health and infectious diseases. *Biomolecules.* 2022;12:1748. doi: 10.3390/biom12121748.
- Matušková J. Není vláknina jako vláknina – přehled vlast-

- ností a možnosti využití. *Pediatr. praxi.* 2022;23(1):77-78.
- Kopřiva F, Dvořák D, Pallerová J. Možný léčebný účinek fermentovaných potravin. *Pediatr. praxi.* 2023;24(2):137-140.
- Behera SS, Ray RC, Zdoec N. *Lactobacillus plantarum* with functional properties: an approach to increase safety and shelf-life of fermented foods. *BioMed Research International* 2018. doi: 10.1155/2018/9361614.
- Wießers G, Belkhir L, Enaud R, et al. How probiotics affect the microbiota. *Frontiers Cellular Infect Microbiol.* 2019;9:454. doi: 10.3389/fcimb.2019.00454.
- Stavropoulou E, Bezirtzoglou E. Probiotic in medicine: a long debate. *Frontiers Immunol.* 2020;11:2192. doi: 10.3389/fimmu.2020.02192.
- Pais P, Almeida V, Yilmaz M, et al. *Saccharomyces boulardii*. What makes it tick as successful probiotic? *J Fungi.* 2020;6:78. doi:10.3390/jof6020078.
- Singh S, Singh M, Gaur S. Probiotics as multifaceted oral vaccines against colon cancer: a review. *Frontiers Immunol.* 2022;13:1002674. doi: 10.3389/fimmu.2022.1002674.
- Krejsek J. Člověk a mikroorganismy – proti sobě, nebo raději spolu? *Remedia.* 2023;33(3):242-245.