

Vitaminy D, C a zinek jsou esenciální pro funkci imunitního systému a posílení obranyschopnosti

prof. RNDr. Jan Krejsek, CSc.

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

Imunitní systém je významnou složkou obranného zánětu, jehož úkolem je eliminace infekcí patogenními mikroorganismy a eliminace poškození vlastních struktur. Potenciál zapojit se do obranné reakce mají všechny buněčné struktury našeho těla. Obranná strategie je víceúrovňová. První obrannou linii představuje přirozená mikrobiota, která osídluje epitelové struktury a kůži. Druhou obrannou linií jsou epitelové buňky, které interagují s přirozenou mikrobiotou a se složkami imunity. Třetí obrannou linii tvoří vrozená imunita zahrnující její buněčný substrát, především dendritické buňky, makrofágy, granulocyty a NK buňky. Čtvrtá obranná linie je představována složkami specifické imunity T lymfocyty odpovědnými za buňkami zprostředkovanou imunitu a B lymfocyty, které představují buněčný substrát tvořící protilátky. Účinná obranná reakce vyžaduje přítomnost vitaminu D, C a také zinku, které pozitivně modulují potenciál všech čtyř obranných úrovní imunity. S ohledem na obecně nedostatečný příjem zmiňovaných látek ve stravě lze doporučit suplementaci v podobě potravních doplňků. Ta má být realizována preventivně s cílem snížit frekvenci a závažnost především virových infekcí.

Klíčová slova: obranyschopnost, imunita, vitamin D, vitamin C, zinek, imunomodulace, virové infekce.

Vitamins D, C and zinc are essential for function of immune system and enhancement of protective immunity

The immune system is an integral part of protective inflammatory response with aims to eliminate invasion of pathogenic microorganisms and to eliminate self tissue damage. The potential to participate in protective immune reaction is given to all body cells. The protective strategy is multilevels. The first line is physiological microbiota which is inhabiting all epithelial structures of our body and skin. The second line is formed by epithelial linings which are interacting with both physiological microbiota and components of immunity. The third line of defence is innate immunity including its cellular substrate, namely dendritic cells, macrophages, granulocytes and NK cells. The forth defence line is adaptive specific immunity displayed by T and B lymphocytes. Efficient protection deserves the presence of vitamins D, C and elementary zinc which are able to positively modulate the protective potential of all lines of defence. It is evidenced that the intake of vitamin D, C and zinc by food is in majority of people insufficient to cope the requirements of these nutrients for optimal immune response. Therefore, supplementation is highly recommended to prevent especially viral infections.

Key words: protective immunity, vitamin D, vitamin C, zinc, immune modulation, viral infections.

Víceúrovňová strategie obranného zánětu

Každý jedinec je po celý život vystaven neustálým změnám ve vnějším prostředí. Proměňuje se také jeho vnitřní prostředí. Část podnětů z vnějšího prostředí může představovat hrozbu, na kterou musí naše tělo reagovat. Jedná se především o invazi patogenních mikroorganismů. Naše vnitřní struktury se proměňují často za vzniku vnitřního poško-

zení, které musí být identifikováno a musí být na něj náležitě reagováno. Imunitní systém je podstatnou regulační a efektorovou součástí obranného zánětu. Jeho optimální funkce je nezbytná pro obranyschopnost našeho těla vůči infekčním agens. Je rovněž odpovědný za kontrolu integrity vnitřních struktur.

V současné době máme dostatek důkazů, že imunitní potenciál nemají pouze krevní buňky, ale určitou schopnost se zapojit do

obránného zánětu vykazují všechny buněčné struktury našeho těla. Doceňujeme také nezastupitelnou úlohu přirozené mikrobioty, která osídluje většinu epitelových rozhraní našeho těla. Nejvíce informací v tomto směru máme o mikrobiotě trávicí trubice a kožních povrchů. Mikrobiota představuje první obrannou linii. Mikrobiální osídlení střeva vykazuje významnou ontogenetickou dynamiku. Nastavuje se v časných obdobích života, kdy



KORESPONDENČNÍ ADRESA AUTORA: prof. RNDr. Jan Krejsek, CSc., jan.krejsek@fnhk.cz
Ústav klinické imunologie a alergologie, LF UK a FN Hradec Králové
Sokolská tř. 581, 500 05 Hradec Králové

Převzato z: Pediatr. praxi. 2020;21(4):270-274
Článek přijat redakcí: 5. 8. 2020
Článek přijat k publikaci: 9. 8. 2020

nezastupitelnou úlohu hraje kojení. Každý jedinec si na základě své genetické dispozice a nespočetného množství proměnných faktorů, včetně optimálního zařazení pevné stravy kojenému dítěti, vytváří definitivní osídlovací vzory, které si udrží za fyziologických podmínek po zbytek života. Přirozená mikrobiota je narušena především nevhodnými stravovacími návyky, ale také často nadužívanými antibiotiky. K jejím abnormitám dochází také u lidí s nadváhou či obezitou a u většiny seniorů. Mikrobiota přispívá k bariérovým funkcím epitelových struktur, se kterými je ve vzájemných pozitivních vztazích.

Druhou obrannou linií představují epitelové struktury, které vytvářejí plochou ohromné rozhraní několika set m². Jejich charakteristickým rysem je schopnost rychlé obnovy, která probíhá z kmenových epitelových buněk a je regulována do velké míry působky imunitního systému a podporována také fyziologickou mikrobiotou. Epitelové buňky odpovídají za konkrétní fyziologické funkce, např. vstřebávání živin v trávicím traktu nebo výměnu plynů v plicích. Produkuje složité proteoglykany, kterými vytvářejí na svém povrchu vrstvu mucinů, bránící přilnutí patogeních mikroorganismů. Epitelové buňky jsou různého typu a jsou spojeny mezibuněčnými spoji, které vytvářejí nepropustnou bariéru. Mají však schopnost dynamicky komunikovat se střevní mikrobiotou a reagovat na její případné změny. Jsou v úzkém funkčním spojení s vrozenou imunitou. Vrozená imunita tedy představuje třetí obrannou úroveň. Vytváří ji skupina buněk imunitního systému, mezi kterými jsou regulačně nejvýznamnějšími tzv. dendritické buňky. Dendritické buňky představují heterogenní populaci buněk vrozené imunity, které se nacházejí ve všech našich tkáních a orgánech. Ve vyšší míře jsou přítomny v subepitelových a subendotelových strukturách. Jejich úkolem je identifikovat signály invaze patogenních mikroorganismů a (nebo) signály vnitřního poškození. Pouze patogenní mikroorganismy, ne složky přirozené mikrobioty nebo neškodné environmentální mikrobi, vykazují doslova „molekulové podpisy“ své patogenity, které označujeme jako vzory PAMP (Pathogen Associated Molecular Patterns). Ve stručném výčtu je můžeme charakterizovat jako unikátní struktury stěn bakteriálních patogenů, různé bakteriální toxiny, adheziny a další. Vzory PAMP lze definovat i pro virová agens,

u kterých se jedná především o jejich nukleové kyseliny. Vzory PAMP jsou identifikovány receptory PRR (Pattern Recognition Receptors). Těch bylo identifikováno cca 100 a v největší míře se nacházejí právě na dendritických buňkách. Jsou však vyjádřeny ve větší nebo menší míře na všech buněčných strukturách našeho těla. Nacházejí se rovněž v nitrobuněčných kompartmentech. Takto si lze vysvětlit potenciál všech buněk našeho těla zapojit se do obranné reakce. Identifikace vzorů PAMP receptory PRR startuje nitrobuněčné signální dráhy, které v důsledku vedou k zesílenému přepisu několika set genů, kódujících prozánětlivé působky, k aktivaci a proliferaci buněk. Principiálně podobně jsou rozpoznávány vzory vnitřního poškození DAMP (Damage Associated Molecular Patterns). Vzory DAMP vznikají při poškození buněk, jako důsledek oxidačního stresu či konformačních abnormit našich molekul. Na konci celé kaskády obranné reakce je eliminace invadujících patogenů nebo odstranění vnitřního poškození.

Mezi efektorové složky vrozené imunity zahrnujeme především neutrofilní granulocyty a makrofágy. Tyto buněčné populace jsou schopny fagocytovat patogeny a likvidovat je různými mechanismy. V rámci obranného zánětu jsou tyto efektorové buněčné složky aktivovány a je zajištěn jejich usměrněný pohyb do místa průniku patogenů. Usměrněný pohyb je regulován především chemokiny. V závislosti na intenzitě poškození musí být stimulována krvetvorba ke zvýšené produkci buněčného substrátu imunity. Opět se jedná o vysoce sofistikovaný proces řízený především imunitní soustavou.

Čtvrtou obrannou linií představuje specifická imunita, která zahrnuje T a B lymfocytární systém. Pro obě složky specifické imunity je charakteristická exprese specifických receptorových struktur, kterými jsou rozpoznávány antigenní podněty. V případě T lymfocytů jsou to receptory TcR. V případě B lymfocytů jsou to receptory BcR. Rozpoznání antigenů prostřednictvím receptorů TcR nebo BcR vede v přítomnosti dalších pomocných signálů k aktivaci konkrétního T nebo B lymfocytu a k jejich množení, tzv. klonální expanzi. Jsou zásadní rozdíly v rozpoznávání, pokud porovnáme T a B lymfocyty. T lymfocyty rozpoznávají malé antigenní peptidy, které jsou navázány na molekuly

HLA a jsou jim prezentovány dendritickými buňkami. B lymfocyty nevyžadují zpracování antigenů a rozpoznávají antigeny v jejich nativní podobě. T lymfocyty se po klonální expanzi stimulované antigenními podněty a kostimulačními interakcemi poskytovanými dendritickými buňkami podle momentálních potřeb organismu funkčně polarizují. Subset T lymfocytů Th1 je potřebný pro účinnou obrannou reakci namířenou proti virovým agens a intracelulárně parazitickým bakteriím např. mykobakteriím. Subset Th2 poskytuje podporu B lymfocytům. Subset Th17 je odpovědný za posílení bariérových funkcí a reguluje obrannou reakci proti bakteriálním a fungálním patogenům. Rozsah a intenzita obranné reakce zprostředkovaná T lymfocyty musí být dobře regulována. To zajišťují T lymfocyty polarizované do subsetu Treg.

B lymfocyty se po antigenní stimulaci a klonální expanzi terminálně diferencují. Na konci jsou plazmatické buňky, které vytvářejí protilátky. Časná obranná reakce, ve které jsou tvořeny protilátky třídy IgM, nevyžaduje kooperaci s T lymfocytárním systémem. Tvorba dalších tříd protilátek, tj. IgA, IgG, IgE, je regulována subsetem Th2 T lymfocytů. Výsledkem obranné reakce, ve které jsou zapojeny T a B lymfocyty, není jen eliminace noxy, ale vytváří se také tzv. imunitní paměť. Tu zjednodušeně můžeme charakterizovat jako schopnost rychle a efektivně reagovat na příští setkání se stejným podnětem. Nově popisujeme zvýšenou efektivitu obranné reakce při následujícím setkání se stejným podnětem i pro vrozenou imunitu. Zde hovoříme o tzv. „trénované imunitě“.

Obranné reakce jsou postaveny na rychlém množení a diferenciaci buněčného substrátu imunity. Opírají se také o tvorbu signálních molekul, především cytokinů. Do efektorové části obranné reakce se zapojují protilátky. Obranná reakce vyžaduje nutriční podporu. Musí být zajištěn dostatek energie pro její realizaci. Děje se tak cestou nutrice. Výživa musí obsahovat všechny nezbytné složky, které pokrývají požadavky imunitního systému. Jedná se také o některé vitaminy, např. vitamin D a vitamin C a esenciální prvky, především zinek. Strava většiny lidí je s ohledem na dostupnost zmíněných vitaminů a zinku nedostatečná. To se může odrazit v je-

INZERCE

jich snížené schopnosti realizovat obrannou účinnou reakci. Z tohoto pohledu lze považovat za racionální suplementaci vhodnými potravními doplňky (1).

Vitamin D jako modulátor imunitní odpovědi

Vitamin D je skupinou v tuku rozpustných látek, které mají zásadní význam v řadě fyziologických i patofyziologických procesů probíhajících v lidském těle. Vitamin D je nutný pro absorpci vápníku, hořčíku a fosforu ve střevě. Tyto prvky jsou nezastupitelné pro tvorbu a remodelaci kostní hmoty. Nově docenujeme význam aktivní formy vitaminu D v regulacích obranného zánětu. Fyziologickou hladinu vitaminu D v těle můžeme jednoduše ovlivnit prostřednictvím výživy a expozice UV světlu. Je to jeden z nejdostupnějších způsobů, jak optimalizovat funkce našeho těla, včetně imunitní soustavy.

Vitamin D zasahuje pozitivně do regulací střevní mikrobioty. Je doloženo experimentálně na zvířecích modelech a prokázáno také v klinických studiích, že při nedostatku vitaminu D je střevní mikrobiota alterovaná. Suplementace vitaminem D navozuje eubiózu s mnohočetnými pozitivními dopady na bariérové funkce sliznic, slizniční a systémovou imunitu (2). Aktivní forma vitaminu D 1,25(OH)₂ jako lipofilní molekula volně proniká přes cytoplazmatickou membránu. V cytoplazmě se váže na nukleární receptor označovaný jako VDR. Ten je následně translokován do jádra buňky, kde ovládá expresi cca 1000 genů zapojených do regulace imunitní odpovědi. Jeho prostřednictvím je zesílena tvorba antimikrobiálních peptidů, např. defenzinů a katelicidinu epitelovými buňkami. Zasahuje do regulací obranného zánětu namířeného proti intracelulárně parazitickým bakteriím, např. mykobakteriím. Zde reguluje funkční polarizaci makrofágů s výslednou tvorbou granulomu. V jeho přítomnosti jsou navozeny homeostatické regulace, které brání poškození vlastních struktur. Granulom je výsledkem komplexních interakcí mezi T lymfocyty subsetu Th1 a makrofágy. Obě tyto buněčné populace mají vysokou densitu receptorů VDR a dobře reagují na signály zprostředkované vitaminem D 1,25(OH)₂. Jejich aktivita je regulována subsetem Treg T lymfocytů, jejichž počet

a funkce se při dostatečné hladině vitaminu D zvyšuje. B lymfocyty, jako buněčný substrát specifické humorální imunity, jsou regulačně na vitaminu D závislé méně, protože mají menší množství cytoplazmatických receptorů VDR. Protože však je většina aktivit B lymfocytů pod vlivem subsetu Th2 T lymfocytů, na protilátkovou aktivitu má dostatečná hladina vitaminu D 1,25(OH)₂ také zásadní význam.

Zdrojem prekurzorů nutných pro tvorbu aktivní formy vitaminu D 1,25(OH)₂ jsou v naší stravě především složky živočišného původu. Nacházejí se v másle, plnotučném mléku, tvrdých sýrech a vaječném žloutku. Vysoký obsah je v mase nebo tuku mořských ryb. V těchto potravinách jsou prekurzory vitaminu D pro tělo nejdostupnější. Jsou přítomny také v některých složkách rostlinné stravy. V nich je však jejich biologická dostupnost podstatně omezenější s ohledem na přítomnost fyťatů. Již několik desítek roků se v rámci prevence kardiovaskulárních onemocnění označují složky stravy živočišného původu s nejvyšším obsahem vitaminu D jako rizikové. To vede ke sníženému příjmu vitaminu D, který je zřetelný především v dětské populaci a také u seniorů. Insuficience vitaminu D je běžně nalézána také u těhotných a kojících žen a obecně u všech osob vykazujících vysokou fyzickou a psychickou zátěž. Nejzřetelnější je deficiencia vitaminu D u osob s vegetariánskými či dokonce veganskými potravními návyky. Protože se celoročně chráníme před UV světlem, je snížena přirozená tvorba aktivní formy vitaminu D 1,25(OH)₂ v kůži (3).

V rozsáhlých studiích byly určeny fyziologické hladiny vitaminu D v různých věkových kategoriích. Suplementace vitaminem D má důkazy uznávané světovými autoritami, jakými je WHO nebo EFSA (European Food Safety Agency). V loňském roce byl vydán doporučený postup suplementace vitaminem D pro českou dětskou populaci (4). Obecně pro dospělou populaci různé studie vycházejí z poměrně široké škály dávek suplementace vitaminem D, které se pohybují v rozmezí od 800 IU do cca 4000 IU denně. Pro preventivní suplementaci vitaminem D není zapotřebí stanovit plazmatické dávky. Empirické údaje ukazují, že senioři s věkem vyšším než 60 let jsou až na výjimky s nedostatečným příjmem vitaminu D a měli by být suplementováni. Potřeba vitaminu D se podstatně zvyšuje

v podzimním a zimním období, kdy hrozí zvýšené riziko především virových infekcí. Je doloženo v klinických studiích, že suplementace vitaminem D snižuje pravděpodobnost virových infekcí. V případě vitaminu D je riziko překročení doporučených dávek s negativními dopady na zdraví. Toho si musíme být při suplementaci vědomi. Uzavíráme, že ze suplementace vitaminem D bude profitovat většina naší populace a dosažení dostatečné hladiny vitaminu D vede k optimalizaci imunitní odpovědi především na virové infekce.

Vitamin C jako modulátor imunitní odpovědi

Vitamin C je ve vodě rozpustný vitamin, který musíme přijímat v potravě. Má celé spektrum dopadů na fyziologické i patofyziologické procesy probíhající v lidském těle. Z nich zdůrazníme pouze některé, které jsou v přímé souvislosti s imunitní odpovědí a obranným zánětem. Nejnověji bylo zjištěno, že pozitivně moduluje střevní mikrobiotu a navozuje eubiózu (5). Fyziologicky nejvýznamnější úlohou vitaminu C je jeho schopnost vychytávat volné kyslíkové radikály. Ty jsou odpovědné za poškození molekulárních i buněčných struktur našeho těla. Působí cytotoxicky, imunosupresivně a mutagenně. Kyslíkové radikály vznikají v těle fyziologicky v procesu buněčného dýchání, které se uskutečňuje v mitochondriích. K zesílení oxidačního stresu dochází při aktivaci zánětu, kdy jsou tvořeny enzymem NADPH oxidázou fagocytujících buněk. Pokud nedojde k odstranění volných kyslíkových radikálů působením vitaminu C a dalších antioxidačních mechanismů, dochází ke zvýšené míře vzorů vnitřního poškození DAMP. To je příčinou rozvoje poškozujícího zánětu.

Vitamin C je do nitra buněk aktivně transportován několika kanály. Jeho plazmatická koncentrace je nižší než nitrobuňková. V průběhu obranné reakce jsou buněčné elementy imunity akumulovány v místě průniku mikroorganismů a rozvine se zde obranná reakce. Cenou za tuto obrannou reakci je mimo jiné také lokálně zvýšený oxidační stres, který je potenciálně zdrojem vzorů vnitřního poškození DAMP s možností rozvoje poškozujícího zánětu. Buňky imunity sem přinášejí nitrobuňčně akumulovaný vitamin C, který aktivně

INZERCE

transportují vně buňky. Vitamin C zde lokálně tlumí přemrštěný oxidační stres.

Vitamin C zvyšuje odolnost proti infekcím, zvláště virovým. Zesiluje totiž aktivaci T lymfocytů a jejich funkční polarizaci do subsetu Th1, který tvorbou interferonu γ zesiluje protivirové cytotoxické mechanismy. Napomáhá také v homeostatických regulacích obranného zánětu, protože protivirová obrana je neoddelitelně spjata s poškozením vlastních struktur cytotoxickou reakcí likvidující virem infikované buňky. Vitamin C v závěru obranné reakce tlumí tvorbu prozánětlivých cytokinů, např. TNF α a IL-1 β . Tak je zabráněno nadměrnému poškození vlastních struktur (6).

Optimálním zdrojem vitaminu C je čerstvá zelenina a ovoce. S ohledem na stravovací zvyklosti české a slovenské populace lze očekávat, že u většiny lidí je příjem vitaminu C v potravě nedostatečný. Lze tedy doporučit jeho suplementaci v podobě potravinových doplňků. Stejně jako u vitaminu D jsou stanoveny doporučené dávky pro jednotlivé věkové kategorie. V dětské populaci je doporučováno postupné zvyšování dávky s věkem od cca 50 mg denně u batolat až na cca 100 mg u dospívajících. Denní potřeba pro dospělé je nejčastěji uváděna mezi 70–100 mg vitaminu C. V podzimním a zimním období, kdy je zvýšené riziko respiračních, především virových infekcí, je doporučeno zvýšit preventivně dávkování. Při klinických projevech respiračních infekcí je možné krátkodobě příjem vitaminu C znásobit. Nehrozí zde totiž riziko předávkování, protože vitamin C se z těla vylučuje. Naopak vysoké dávky vitaminu C prokazatelně zkracují dobu klinických příznaků virových respiračních onemocnění.

Zinek jako modulator imunitní odpovědi

Zinek je elementární prvek, který je esenciálním pro většinu procesů probíhajících v organismech. Jeho zdrojem je potrava. V současné době máme jasné důkazy, že u podstatné části lidské populace, především u lidí žijících v rozvojových zemích, lze prokázat deficienci zinku. Suplementace zinkem, znovu především v rozvojových zemích, vede prokazatelně ke sníženému výskytu infekčních onemocnění, především průjmových. Nově je dokládáno, že deficien-

ce zinku je běžná především v populaci seniorů. S ohledem na fakt, že nejvýznamnějším zdrojem zinku v naší stravě jsou potraviny živočišného původu, lze, s ohledem na změny potravních návyků, očekávat deficienci zinku i v populaci lidí žijících ve vyspělých zemích. Fyziologická dostupnost zinku je nezbytná pro optimální fungování imunitní soustavy jako součásti obranného zánětu. Nedostatek zinku může vést ke ztrátě homeostatických regulací zánětu. Prokazatelně snižuje odolnost proti infekčním agens, především virovým (7).

Suplementace zinkem ovlivňuje pozitivně všechny námi definované obranné linie. Zinek pozitivně ovlivňuje střevní mikrobiotu, ve které dochází v jeho dostatečné přítomnosti k eubióze se všemi pozitivními dopady na bariérové funkce střeva, slizniční a systémovou imunitu. Na úrovni vrozené imunity zinek pozitivně moduluje buňky k tvorbě interferonů I. a III. třídy, které jsou první obrannou linií v protivirové imunitě. Jejich vazba na odpovídající receptory dosud neinfikovaných buněk v nich navozuje stav non permissivity, tj. stávají se vůči virové infekci odolné. Zinek stimuluje cytotoxické aktivity buněk vrozené imunity, označovaných jako NK buňky. Nedostatek zinku oslabuje schopnost diferenciaci neutrofilních granulocytů, které jsou nejvýznamnějším efektorovým mechanismem vrozené imunity se schopností fagocytovat patogenní mikroorganismy a usmrcovat je (8).

Spojovací „můstek“ mezi vrozenou a specifickou, především T lymfocytární imunitou, představují dendritické buňky. Dendritické buňky identifikují vzory mikrobiálního útoku PAMP svými receptory PRR. Po zpracování je v podobě antigenních peptidů navázaných na molekuly HLA prezentují T lymfocytům. Pouze v této formě mohou T lymfocyty prostřednictvím svých receptorů TcR antigeny mikrobiálního původu identifikovat a rozvinout na ně imunitní odpověď. I zde musí být obranná reakce na mnoha úrovních regulována, aby byla dosažena maximální úroveň ochrany s minimálními negativními dopady na vlastní struktury. Dendritické buňky v přítomnosti dostatečného množství zinku poskytují T lymfocytům homeostatické signály, které brání nepřiměřené T lymfocytární odpovědi. Zinek je nezbytný pro funkční polarizaci T lymfocy-

tů do regulačního subsetu Treg, který velmi komplexně zasahuje do obranného zánětu. Dostatek zinku je nezbytný pro optimální B lymfocytární odpověď na antigenní podněty. Zinek podporuje terminální diferenciaci B lymfocytů, tvorbu plazmatických buněk a syntézu protilátek. Dostatek zinku je nezbytný pro dosažení optimální odpovědi a dlouhodobé imunitní paměti jak na přirozené, tak na vakcinační podněty.

Vedle doložitelného pozitivního působení zinku na obranný potenciál imunity vůči mikrobiálním patogenům se zinek uplatňuje i v dalších součástech obranného zánětu. Každá obranná reakce vede k zvýšené tvorbě oxidačního stresu. Zinek je součástí katalytických center „antioxidačních enzymů, např. hemoxigenázy a glutathion transferázy. Zinek reguluje transkripční faktor Nrf2, který je v přítomnosti oxidačního stresu nebo xenobiotik aktivován. Po jeho následné translokaci do jádra buňky je stimulován přepis cca 800 genů, které kódují bílkoviny s antioxidačními, protizánětlivými a detoxikačními funkcemi. Zinek tedy významným způsobem tlumí tvorbu vzorů vnitřního poškození DAMP, které mohou být příčinou rozvoje poškozujícího zánětu. Snížené hladiny zinku, které běžně nacházíme u nemocných se zánětlivými imunopatologickými nemocemi, např. aterosklerózou, cukrovkou II. typu, obezitou, lze alespoň z části vysvětlit nedostatkem zinku, který v těchto skupinách nemocných běžně prokazujeme. Tendence k přesmyku do poškozujícího zánětu je typická pro kategorie seniorů. I zde máme důkazy o nedostatku zinku, který vychází ze změn v potravních návycích. Vyšší potřeba zinku je spojena s fyzickým i duševním stresem a obecně infekčními, především virovými nemocemi (9).

Jsou stanoveny denní doporučené dávky zinku pro jednotlivé věkové kategorie. Vychází z doporučení WHO a EFSA. Pro nejnižší dětské kategorie je doporučován denní příjem 5 mg zinku. Tato dávka se postupně zvyšuje až do časně adolescence, kdy je doporučováno cca 20 mg zinku denně. Dospělým lze podle EFSA suplementovat denně 25 mg zinku. Samozřejmě také záleží na formě zinku, který je v potravním doplňku. Dosažení fyziologických hladin zinku v plazmě prokazatelně snižuje vnímavost vůči virovým infekcím. Suplementace zinkem by tedy mě-

la preventivně předcházet podzimní a zimní období s nejvyšším výskytem virových respiračních infekcí. Jsou k dispozici výsledky studií, které dokládají, že krátkodobé zvýšení suplementace zinkem až na 75 mg denně po dobu virové infekce vede k tlumení klinických projevů a zkrácení doby nemoci. Příjem zinku v potravě a v potravních doplňcích nesmí pře-

kračovat doporučené dávkování. Hrozí riziko nežádoucích účinků (10).

Závěr

Letošní rok je ve znamení pandemie novým koronavirem SARS-CoV-2. I v tomto kontextu je naše přehledné sdělení mimořádně aktuální. Suplementace vitamínem

D, C a zinkem je součástí doporučených postupů, které mají snížit riziko přenosu infekce SARS-CoV-2 a u nemocných s již probíhající infekcí pozitivně modulovat obrannou reakci (11).

Práce vznikla s podporou BIOMIN, a. s., Slovenská republika

LITERATURA

1. Krejsek J, Andrys C, Krčmová I. Imunologie člověka. Hradec Králové, Garamon; 2016; 495. <http://www.imunologie-cloveka-krejsek.cz>
2. Sun J. Dietary vitamin D, vitamin D receptor, and microbiome. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2018;21(6):471,474.
3. Krejsek J. Vitamin D, nedoceněný modulátor obranného i poškozuujícího zánětu. *Acta Medicae*. 2018;12:66-68.
4. Bronský J, Kalvachová B, Kutílek Š, Šebková A, Škvor J, Šumník Z, Tláškal P, Zima Z. Doporučený postup České pediatrické společnosti a Odborné společnosti praktických dětských lékařů ČLS JEP pro suplementaci dětí a dospívajících vitamínem D. *Čes-slov Pediat*. 2019;74(8):473-482.
5. Wilson R, Willis J, Geary RB, et al. Sungold kiwifruit supplementation of individuals with prediabetes alters gut microbiota and improves vitamin C status, anthropometric and clinical markers. *Nutrients*. 2018;10:895. doi: 10.3390/nu10070895.
6. Holmannová D, Kolářková M, Krejsek J. Fyziologická úloha vitamínu C ve vztahu ke složkám imunitního systému. *Vnitř Lék*. 2012;58(10):743-749.
7. Wessels I, Maywald M, Rink L. Zinc as a gatekeeper of immune function. *Nutrients*. 2017; 9: 1286; doi: 10.3390/nu9121286.
8. Jeseňák M. Zinok a imunitný systém. *Súč Klin Pr* 2017;2: 24-28.
9. Yasuda H, Tsutsui T. Infants and elderlies are susceptible to zinc deficiency. *Scientific Reports*. 2016;6:21850; doi: 10.1038/srep21850.

10. Rondanelli M, Miccono A, Lamburghini S, et al. Self-care for common colds: the pivotal role of vitamin D, vitamin C, zinc, and echinacea in three main immune interactive clusters (physical barriers, innate and adaptive immunity) involved during an episode of common colds - practical advice on dosages and on the time to take these nutrients/botanicals in order to prevent or treat common colds. *Evidence-Based Compl Alternat Med* 2018; 36 pages. <https://doi.org/10.1155/2018/5813095>.
11. Skalny AV, Rink L, Ajsuvakova OP, et al. Zinc and respiratory tract infections: perspectives for COVID-19 (review). *Int J Mol Med*. 2020; doi:10.3892/ijmm.2020.4575.

INZERCE