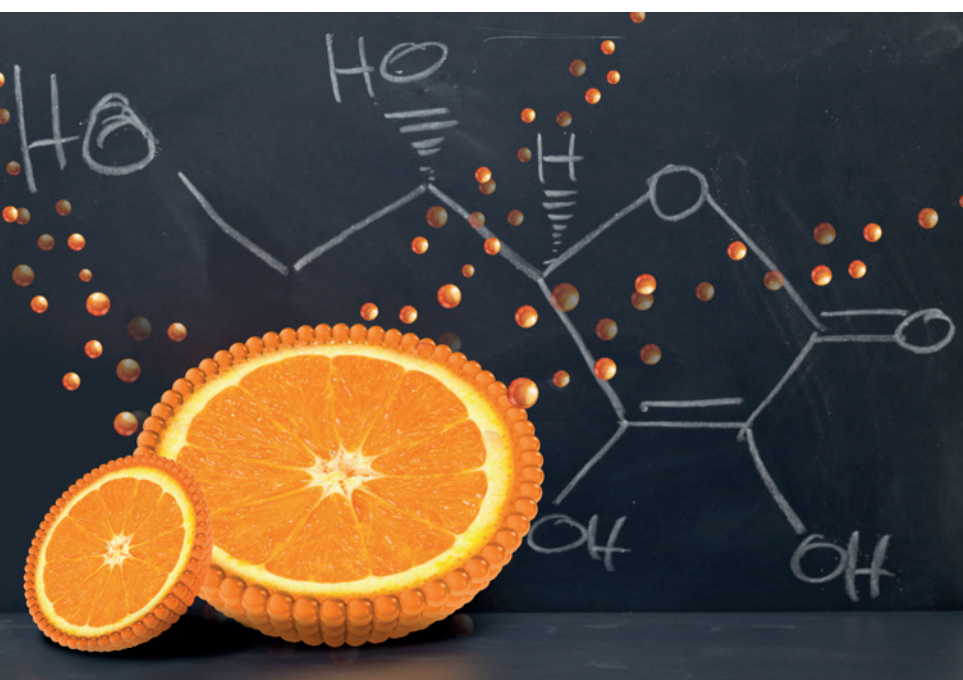


Vitamin C: pro zajištění účinnosti jsou potřebné vyšší hladiny



Jak ukázal moderní medicínský výzkum, při vzniku mnoha závažných onemocnění včetně kardiovaskulárních, metabolických a onkologických hraje důležitou roli chronický zánětlivý proces. K rozvoji dlouhodobého zánětu přispívá oxidační stres, který souvisí s nedostatečnou hladinou antioxidantů. K nejvýznamnějším antioxidantům patří vitamin C, látka, která je pro člověka vitálně potřebná a kterou si lidský organismus nedovede syntetizovat.

Úvod

Nedostatečná saturace organismu vitaminem C je jednou z předpokládaných příčin zvýšeného výskytu závažných onemocnění, jejichž etiopatogenetickým faktorem je chronický zánět. Vzhledem k tomu, že tento vitamin je významným faktorem fungování imunitního systému, může jeho snížená hladina vysvětlit poruchu imunity a chronizaci zánětlivého procesu u těchto onemocnění. Výzkum ukázal, že nedostatek vitaminu C v populaci je rozšířenější, než se dříve předpokládalo. Faktorů, které k tomu přispívají, je celá řada, například stres,^{1,2} nízký sociální status,³ obezita a kouření. Jak výzkum ukázal, k dostatečné funkci imunitního systému jsou zapotřebí vyšší plazmatické hladiny, než jaké se dosud pokládaly za adekvátní.^{4,5}

Ve starší odborné literatuře se obvykle rozlišují tři pásma plazmatické hladiny vitaminu C: fyziologická koncentrace vitaminu C odpovídá hodnotám vyšším než 28 mikromolů na litr ($\mu\text{mol/l}$), pásmo suboptimálních hodnot se nachází mezi 11 a 28 $\mu\text{mol/l}$ a jako deficit se označují hodnoty pod 11 $\mu\text{mol/l}$.

Toto rozdělení je použito například ve studii, která mapovala sérové hladiny vitaminu C v kanadské populaci.⁶ Tato studie ukázala, že 33 % osob mělo suboptimální plazmatickou hladinu a 14 % mělo hladinu v pás-

mu deficitu. Téměř polovina zkoumané populace tedy měla neadekvátně nízkou hladinu vitaminu C. Vysoký a stále rostoucí výskyt onemocnění, v jejichž etiologii hraje roli chronický zánět, vedl k závěru, že oxidační stres spojený s nedostatkem vitaminu C je mnohem rozšířenější, než by vyplývalo z dosavadních představ o optimální saturaci organismu vitaminem C, a že je třeba lépe definovat optimální hladinu vitaminu C tak, aby odpovídal skutečným potřebám organismu.

Vzhledem k tomu, že nedostatek vitaminu C nemusí být doprovázen klasickým klinickým obrazem skorbutu, může být po nějakou dobu asymptomatický a přitom může postupně vést k nebezpečnému prozánětlivému oxidačnímu stresu, je vhodné jemněji rozlišit pásma hladin vitaminu C mezi skutečným deficitem, suboptimálními hodnotami a hladinou, kdy je organismus tímto vitaminem plně saturován. Nový pohled na tuto problematiku je přítomen v odborné literatuře v posledních letech.^{2,7} V současné době je také málo prozkoumán klinický význam a determinanty plazmatické koncentrace vitaminu C v pásmu mezi deficitem, hypovitaminózou a adekvátní hladinou vitaminu C, a souvislost mezi hladinou v tomto pásmu a rizikem vzniku chronického zánětu.

Za účelem detailnějšího průzkumu přesněji odlišených pásem hladin vitaminu C rozdělili autoři studie uveřejněné v roce 2021 v časopise *Nutrients*⁷ (o výsledcích studie níže referujeme) plazmatickou koncentraci vitaminu C na 5 pásem s tím, že dříve jednotné pásmo mezi deficitem a normou rozdělili a navíc nově definovali pásma nad hranici deficitu. Rozlišují celkem pět pásem plazmatické hladiny vitaminu C: deficit (pod 11 $\mu\text{mol/l}$) suboptimální pásmo rozdělili na pásmo hypovitaminózy (horní hranice 22,9 $\mu\text{mol/l}$), pásmo neadekvátní hladiny (horní hranice 49 $\mu\text{mol/l}$), pásmo adekvátní hladiny (horní hranice 69 $\mu\text{mol/l}$) a saturovanou hladinu (od 70 $\mu\text{mol/l}$).

Autoři předpokládají, že toto jemnější dělení (podrobněji viz níže) bude přínosem pro citlivější a cílenější dávkování vitaminu C v rámci prevence a léčby, pro zdůvodnění suplementace při zvýšené potřebě a pro ovlivňování zdravotní politiky ve směru vytváření dietních doporučení prospěšných pro zdravotní stav populace. Oproti dříve užívaným hranicím plazmatické hladiny vitaminu C je především posunuta výše hranice takzvané adekvátní hladiny a byla definována hladina odpovídající plné saturaci organismu. Jak autoři uvádějí, toto nové vymezení hranic bylo navr-

ženo podle pravidel americké iniciativy zaměřené na zdravotní výživu (Nutrition and Healthy Eating, Healthy People 2030).⁸

Soubor, metody

Autoři uvedené studie⁷ analyzovali výsledky vyšetření, získané v rámci programu National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES), organizované americkými Centry pro kontrolu a prevenci onemocnění (Centers for Disease Control and Prevention, CDC). Sledovaný soubor původně zahrnoval 20 470 dospělých osob. Do uvedené studie zaměřené na mapování plazmatických hladin vitamínu C bylo vybráno celkem 7607 osob ve věku 40–59 let, které vyhovovaly zvoleným kritériím (věk nad 20 let, poskytnutí všech požadovaných podkladů, vyplnění dotazníků a podobně), z toho bylo 51,3 % žen a 48,7 % mužů. Pokud jde o možnosti zajištění optimální stravy, charakterizovalo přibližně 86 % osob svou situaci jako vyhovující (jak se při analýze ukázalo, tento subjektivní pohled neznamená, že složení diety je správné). Vitamin C v plazmě byl měřen izokratickou kapalinovou chromatografií s elektrochemickou detekcí. Naměřená koncentrace vitamínu C v plazmě byla vyjádřena v mikromolech na litr ($\mu\text{mol/l}$).

Účastníci studie byli na základě individuálně změřené plazmatické hladiny vitamínu C zařazeni do jednoho z pěti pásem: deficit (0–10,99 $\mu\text{mol/l}$), hypovitaminóza (11–23,99 $\mu\text{mol/l}$), neadekvátní hladina (24–49,99 $\mu\text{mol/l}$), adekvátní hladina (50–69,99 $\mu\text{mol/l}$) a plná saturace (od 70 $\mu\text{mol/l}$). Znamená to, že místo dříve uváděné dolní hranice normy (28 $\mu\text{mol/l}$) byla v této studii nově definována adekvátní koncentrace až od hodnoty 50 $\mu\text{mol/l}$ s tím, že plné saturaci odpovídá plazmatická hladina od 70 $\mu\text{mol/l}$. Na základě strukturovaných dotazníků byl u probandů zjišťován příjem vitamínu C (What We Eat in America Questionnaire) vyvinutý americkým ministerstvem zemědělství a ministerstvem zdravotnictví a sociální péče. K identifikaci složení stravy byl použit dotazník Food and Nutrient Database for Dietary Studies, 2.0 (FNDDS 2.0) sestavený americkým ministerstvem zemědělství.

Výsledky: hladiny vitamínu C

Prevalence hladin podle nových kritérií

Průměrná plazmatická hladina vitamínu C ve skupině jako celku byla 54,63 (SD = 28,62) $\mu\text{mol/l}$. Tato průměrná hodnota je však zavádějící. Ve skutečnosti pouze třetina (34 %) osob měla sérovou koncentraci vitamínu C v pásmu adekvátní hladiny a pouze u čtvrtiny (25,8 %) byla hladina vitamínu C na úrovni plné saturace. Téměř polovina (41,8 %) probandů měla nedostatečnou sérovou koncentraci vitamínu C, z toho 26,2 % v pásmu neadekvátní hladiny, 9,5 % v pásmu hypovitaminózy a 6,1 % v pásmu deficitu.

Vztah mezi hladinami vitamínu C a charakteristikami zkoumané populace

Ve studii se projevil určitý souvislost mezi některými charakteristikami zkoumaného populačního vzorku a hladinami vitamínu C. Z hlediska pohlaví se projevovaly některé rozdíly. U mužů byla signifikantně vyšší pravděpodobnost výskytu snížené sérové koncentrace vitamínu C (tedy v pásmu deficitu, hypovitaminózy a neadekvátní hladiny) než u žen ($p < 0,001$). Pouze u 19,3 % mužů se vyskytovala plná saturace, zatímco u žen významně více (32,3 %).

Pokud jde o věkový faktor, byly zjištěny statisticky významné rozdíly ($p < 0,001$) v jednotlivých pásmech hladin vitamínu C. U osob v mladším a středním věku se projevila signifikantně častěji vyšší pravděpodobnost výskytu neadekvátní hladiny vitamínu C než u skupiny starších dospělých, kde se častěji vyskytovaly hladiny v pásmu saturace.

Protože výzkum probíhal u multietnické populace ve Spojených státech, byl hodnocen i etnický aspekt. Z tohoto hlediska stojí za zmínku, že u nehispanických osob černé pleti se nejčastěji (u téměř poloviny osob této skupiny) vyskytovala nedostatečná plazmatická koncentrace vitamínu C (deficit, hypovitaminóza a neadekvátní hladina). Pokud jde o bělošskou populaci, byly zjištěny velké rozdíly v plazmatické koncentraci vitamínu C: na jedné straně nejvyšší výskyt deficitu, ale na druhé straně i nejvyšší výskyt saturované hladiny.

Zajímavý je také socioekonomický aspekt, respektive finanční zajištěnost zařazených osob (hodnocená jako Poverty to Income Ratios, PIR). U sociálně slabších a středně zajištěných osob se nejčastěji vyskytovala nedostatečná hladina vitamínu C (přibližně u 43 % této skupiny). Osoby zajištěné nejlépe měly nejnižší výskyt nedostatečné plazmatické hladiny vitamínu C, nicméně u třetiny z nich se nedostatečná hladina vyskytovala. Ve skupině středně zajištěných osob se deficit vitamínu C vyskytoval nejčastěji.

Hodnocení dalšího aspektu – potravinové nezajištěnosti (food insecurity) – souvisí se sociální situací zařazených osob a je vlastně jakýmsi extrémním projevem individuálně špatné situace. Nicméně právě tento parametr se týkal nemalé části hodnoceného vzorku populace (14,1 %). U těchto osob se ve vyšším podílu (56,5 %) vyskytovala nedostatečná plazmatická hladina vitamínu C (deficit, hypovitaminóza, neadekvátní hladina), což bylo významně více než ve skupině, v níž se tato nezajištěnost neprojevovala (40,1 %). Velký rozdíl byl také ve výskytu plně saturované hladiny: ta se vyskytovala pouze u 16,2 % osob ze skupiny s nezajištěností potravy, ale u téměř dvojnásobku osob, které tímto negativním problémem netrpěly (27,6 %).

Byla hodnocena také souvislost plazmatických hladin vitamínu C s kuřáctvím. U kuřáků se projevovala častěji (u 60,8 %) nedostatečná hladina tohoto vitamínu (deficit, hypovitaminóza a neadekvátní hladina) než u nekuřáků (pouze 34,8 %). Plně saturovaná hladina se vyskytovala u 14,7 % kuřáků, zatímco byla zjištěna u více než dvojnásobku (30,7 %) nekuřáků. Kouření tedy snižovalo pravděpodobnost plné saturace vitamínem C na polovinu.

Dále byl hodnocen vliv indexu tělesné hmotnosti (body mass index, BMI). Osoby s nedostatečnou plazmatickou koncentrací vitamínu C (pásmo deficitu, hypovitaminózy a neadekvátní hladiny) se nejčastěji vyskytovaly u osob s vyššími hodnotami BMI, zatímco dostatečná hladina vitamínu C se častěji vyskytovala u osob s nižšími hodnotami BMI.

MUDr. Pavel Kostiuik, CSc.
 Edukafarm, Jesenice u Prahy

LITERATURA

1. Plotnick MD, D'Urzo KA, Gurd BJ, et al. The influence of vitamin C on the interaction between acute mental stress and endothelial function. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2017;117:1657–1668.
2. Moritz B, Schmitz AE, Rodrigues ALS, et al. The role of vitamin C in stress-related disorders. *J Nutr Biochem* 2020;85:108459.
3. Carr AC, Rowe S. Factors affecting vitamin C status and prevalence of deficiency: A global health perspective. *Nutrients* 2020;12:1963.
4. Elste V, Trosch B, Eggersdorfer M, et al. Emerging evidence on neutrophil motility supporting its usefulness to define vitamin C intake requirements. *Nutrients* 2017;9:503.
5. Carr AC, Maggini S. Vitamin C and Immune Function. *Nutrients* 2017;9:1211.
6. Cahill L, Corey PN, El-Sohemy A. Vitamin C deficiency in a population of young Canadian adults. *Am J Epidemiol* 2009;170:464–471.
7. Cook J, Horgan A, Yoon S-J, et al. Insufficient Vitamin C levels among adults in the United States: Results from the NHANES Surveys, 2003–2006. *Nutrients* 2021;13:3910.
8. United States Department of Agriculture. *Healthy People 2030*. <https://health.gov/healthypeople/objectives-and-data/browse-objectives/nutrition-and-healthy-eating>. Accessed 21.1.2024.
9. Rowe S, Carr AC. Global Vitamin C status and prevalence of deficiency: A cause for concern? *Nutrients* 2020;12:2008.
10. Alishahi A, Azizbeigi K, Salamat KM, et al. The effect of aerobic training with vitamin C supplementation on myeloperoxidase, asymmetric dimethyl arginine and blood pressure in middle-age hypertensive overweight men. *J Clin Res Paramedical Sci* 2019;8:e86843.
11. Paalonen L, Prättälä R, Alftan G, et al. Vegetable and fruit consumption, education and plasma vitamin C concentration in Russian and Finnish Karelia, 1992–2002. *Public Health Nutr* 2013;17:2278–2286.
12. Kelli HM, Hammadah M, Ahmed H, et al. Association between living in food deserts and cardiovascular risk. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes* 2017;10:003532.
13. Karczewski J, Sledzinska E, Baturu A, et al. Obesity and inflammation. *Eur Cytokine Netw* 2018;29:83–94.
14. Kwaifa IK, Bahari H, Yong YK, et al. Endothelial dysfunction in obesity-induced inflammation: molecular mechanisms and clinical implications. *Biomolecules* 2020;10:291.
15. Canoy D, Wareham N, Welch A, et al. Plasma ascorbic acid concentrations and fat distribution in 19 068 British men and women in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition Norfolk cohort study. *Am J Clin Nutr* 2005;82:1203–1209.
16. Carr AC, Frei B. Toward a new recommended dietary allowance for vitamin C based on antioxidant and health effects in humans. *Am J Clin Nutr* 1999;69:1086–1107.

Pokud jde o příjem vitamínu C, projevila se logická souvislost mezi kvantitou přijatého vitamínu (odhadnuté podle údajů o složení stravy, doplněné případně suplementací ve formě nutričních doplňků) a jeho plazmatickou koncentrací (nejnižší průměrný příjem vitamínu byl ve skupině osob v pásmu deficitu, nejvyšší ve skupině osob s hladinou na úrovni plné saturace).

Diskuse

Zjištění této studie navazuje na výsledky dosavadních studií, které zkoumaly hladinu vitamínu C v organismu a jejichž výsledky opakovaně ukazovaly, že nízká hladina vitamínu C (a nedostatečný příjem tohoto vitamínu) zůstává aktuálním problémem veřejného zdraví. Nově bylo ve studii uplatněno detailnější rozdělení hladin do pěti pásem plazmatické koncentrace a definována hranice, při které je organismus saturován vitamínem C natolik, aby mohly být dostatečně zajištěny všechny role, které v metabolismu tento vitamín má. Toto jemnější rozlišení různých pásem umožnilo také lépe identifikovat ohrožené skupiny.

Studie ukázala, že muži mají výrazně častěji nedostatečné plazmatické hladiny vitamínu C než ženy. Toto zjištění je konzistentní mezi studii zkoumajícími tyto souvislosti v různých zemích.⁹⁻¹¹ Ačkoli některými důvody mohou být dietní rozdíly a/nebo faktor vyššího objemu netukové tkáně, především svaloviny u mužů (a tedy většího distribučního objemu), je podle autorů zapotřebí více výzkumů k přesvědčivé identifikaci kauzality. Etnické rozdíly mají pravděpodobně více příčin, což lze částečně vysvětlit odlišným složením stravy, dalšími uvažovanými atributy jsou zvýšené riziko stresu u menšinových populací, vyšší výskyt nedostatečného zajištění potravin, ale i vyšší výskyt obezity a diabetu typu I, což jsou všechno faktory spojené se sníženou hladinou vitamínu C v organismu.

Studie potvrdila, že nízký socioekonomický status je rozhodujícím faktorem snížení hladiny vitamínu C. Přesto i osoby se středním socio-



ekonomickým statusem měly relativně často nízkou hladinu a v této skupině byl nejvyšší podíl účastníků s nedostatkem vitamínu C. Jde tedy možná o přehlížený segment populace s nutričními nedostatky, které přispívají ke snížené hladině vitamínu C a následně prozánětlivé tendenci v organismu.

Z dalších rizikových faktorů je třeba uvést kouření, které vede ke snížení hladiny vitamínu C v plazmě v důsledku vzniku oxidantů, oxidačního stresu a zvýšené spotřeby vitamínu k jeho neutralizaci. Také jedinci s potravinovou nejistotou vykazovali výrazně vyšší procento nedostatečné hladiny vitamínu C a následně zvýšené riziko chronických zánětlivých onemocnění.¹² Osoby s vysokým BMI mají nižší hladinu vitamínu C kvůli různým faktorům, například zvýšenému výskytu zánětu,^{13,14} nebo nesprávnému složení potravy.¹⁵ V této souvislosti autoři uvádějí, že existuje určitý nepoměr mezi subjektivně udávaným příjmem vitamínu C a objektivně zjištěným obsahem vitamínu v organismu, což se v této práci zjišťovalo vyšetřením plazmatické hladiny. (Toto vyšetření je v běžné praxi těžko dostupné a pro orientační

stanovení saturace organismu vitamínem C by bylo možné užít i jiné orientační metody, jako například detekce vitamínu C v moči.)

Závěr

Medicínský výzkum opakovaně ukázal, že nedostatečné zásobení organismu vitamínem C se vyskytuje v populaci častěji, než se předpokládalo. Z toho vyplývá obecná potřeba zvýšit příjem tohoto vitamínu, aby bylo zabráněno narušení mnoha vitálně důležitých procesů v organismu, rozvoji oxidačního stresu a onemocněním vznikajícím na podkladě chronického zánětu. Tento zvýšený příjem však musí být přizpůsobený individuálním potřebám. Pokud jde o příjem vitamínu C, některé dřívější průzkumy ukázaly, že přibližně čtvrtina populace nepřijímá ani množství odpovídající doporučeným denním dávkám (které, jak se ukazuje, jsou relativně nízké, navíc často neodpovídají skutečným individuálním potřebám).¹⁶

Referovaná studie ukázala, že výskyt nedostatečné saturace organismu vitamínem C zapříčiněný jeho nedostatečným příjmem je mnohem rozšířenějším jevem, než se dosud předpokládalo. Toto zjištění umožnila nová metodika hodnocení plazmatické koncentrace, v rámci níž bylo definováno pět pásem: deficit, hypovitaminóza, neadekvátní hladina, adekvátní hladina a plná saturace.

Dlouhodobě nedostatečné zásobení organismu vitamínem C vede k rozvoji oxidačního stresu a zánětlivých změn v organismu. U značné části zkoumané zdánlivě „zdravé“ populace byla zjištěna nedostatečná hladina vitamínu C, přestože se u nich nevyskytovaly zjevné klinické příznaky hypovitaminózy či skorbutu. Toto zjištění ukazuje, že je vhodné alespoň orientačně vyšetřovat saturaci organismu vitamínem C, což umožňuje identifikovat osoby ohrožené oxidačním stresem a rozvojem onemocnění, v jejichž etiologii hraje roli chronický zánětlivý proces. Vzhledem k nedostatečné dostupnosti a nákladnosti stanovení plazmatické hladiny kapalinovou chromatografií je k tomuto účelu možné použít i jiné orientační metody, například detekci vitamínu C v moči.

Zvýšená prevalence jedinců, jejichž organismus není dostatečně saturován vitamínem C, poskytuje nezvratný důkaz, že příjem tohoto vitamínu je v populaci i v rozvinutých zemích velmi často nedostatečný a že je třeba se u ohrožených jedinců cíleně zaměřit na dostatečný příjem vitamínu C nejen v potravě, ale tam, kde je to třeba, i cílenou suplementací v podobě vhodných doplňků stravy.

Název kategorie	Plazmatická hladina vitamínu C
Plná saturace	≥ 70 μmol/l
Adekvátní hladina	50–69,99 μmol/l
Neadekvátní hladina	24–49,99 μmol/l
Hypovitaminóza	11–23,99 μmol/l
Deficit	≤ 10,99 μmol/l

Tabulka 1. Navržené aktualizované kategorie plazmatických hladin vitamínu C (podle: Crook et al.7).