proLékaře.cz | 7.11.2026

Přehledový článek
Review article

ČESKÁ STOMATOLOGIE
ročník 117,
2017, 1,
s. 13–23

Biochemické zloženie zubov a vplyv rôznych chemických prvkov na ich štruktúru

(Prehľadový článok)

Biochemical Composition of the Teeth and the Effect of the Various Chemical Elements on their Structure

(Review article)

Dolinská S., Tomečková V.

Ústav lekárskej a klinickej biochémie LF UPJŠ, Košice, Slovenská republika

SÚHRN

Úvod a cieľ: Hlavným cieľom tohto prehľadového článku je detailný popis jednotlivých štruktúr zuba, bioorganického a bioanorganického zloženia častí zuba, jednotlivých biochemických protektívnych procesov, akými sa zub dokáže chrániť proti vzniku zubného kazu a procesov poškodzujúcich integritu zuba. V ďalšej časti je popísaný vplyv jednotlivých chemických prvkov z potravy, ktoré sa podieľajú na pevnejšej štruktúre zubov a zvyšovaní odolnosti zubov na vplyv kyselín.
Metódy: Analýza zloženia zubov, porovnávanie vplyvu rôznych chemických prvkov zo stravy.
Výsledky: Obranyschopnosť skloviny zvyšuje vhodná štruktúra a biochemické zloženie, a to hlavne tým, že každý sklovinný kryštál je obalený plášťom, tzv. rod sheath, ktorý je viac mineralizovaný ako ostatné vrstvy skloviny. Táto štruktúra obsahuje železo a horčík. Kombinácia týchto dvoch prvkov dodáva sklovine požadovanú odolnosť voči kyselinám. Dôležitú úlohu majú v sklovine aj proteíny. Proteíny spevňujú sklovinu a regulujú vývoj kryštálov hydroxyapatitu. Pre zachovanie zdravých zubov a hlavne skloviny sú potrebné viaceré prvky (bór, kremík, vápnik, horčík, fosfor), vitamíny (D, K) a živočíšne proteíny, ktoré zvyšujú absorpciu vápnika a horčíka. Vzácne kovy pôsobia dezinfekčne a antioxidačne (striebro, zlato, platina). Na druhej strane existujú látky, ktoré zdravie zubov poškodzujú. Sú to najmä kyselina fytová, kyselina šťaveľová, kyselina citrónová a zvýšené množstvo sacharidov a tukov znižujú resorpciu vápnika. Olovo vytesňuje vápnik zo štruktúry zuba a lektíny bránia vstrebávaniu pre zuby potrebných živín.
Záver: Táto práca detailne popisuje jednotlivé zložky zuba, jeho bioanorganické aj bioorganické zloženie. Bioorganická časť má vo vysoko mineralizovanom zube významnú úlohu pri zachovávaní integrity zuba. Správna kombinácia prvkov, vitamínov pochádzajúcich z pestrej stravy a pobytu na slnku sa podieľa na udržaní zdravých zubov.
Klíčová slova: ***zub – sklovina – hydroxyapatit – chemické prvky– proteíny – výživa***

SUMMARY

Introduction and objectives: The main objective of this review article is a detailed description of the tooth structure, bioorganic and bioinorganic composition of the tooth components, the protective biochemical process of tooth which can protect against tooth caries and processes which might damage the integrity of the tooth. The next section of this work describes the effect of various dietary chemical elements which are involved in the stronger teeth structure and increase the resistance of teeth against the effect of acids.
Methods: Analysis of teeth composition, comparison of different chemical elements from diet.
Results: Defense capability of enamel enhances suitable enamel structure and biochemical composition, especially the fact that each enamel crystal is covered with shell „rod sheath“ that is more mineralized than the other layers of enamel. This structure contains iron and magnesium. The combination of these

proLékaře.cz | 7.11.2026

ČESKÁ STOMATOLOGIE
ročník 117, 2017, 1, s. 13–23

two elements gives the enamel a desired resistance to acids. Enamel proteins play an important role in the enamel. Proteins strengthen a enamel and regulate the development of hydroxyapatite crystals. For maintaining healthy teeth and mainly the enamel are needed several chemical elements (boron, silicon, calcium, magnesium, phosphorus), vitamins (D, K) and animal proteins, which enhances the absorption of calcium and magnesium. Noble metals (silver, gold, platinum) act as antiseptic and antioxidant elements. On the other hand, there are substances which damages the health of teeth, especially phytic acid, oxalic acid, citric acid, increased amount of saccharides and fats reduce the resorption of calcium. Lead displaces calcium from the tooth structure and lectins interfere with the absorption of nutrients needed for teeth.
Conclusion: This work describes in detail the individual components of tooth and bioorganic and bioinorganic composition of tooth. Bioorganic part showed in highly mineralized tooth important role in maintaining the integrity of the tooth. The right combination of elements, vitamins from varied diet and sun exposure contribute to maintaining healthy teeth.
Keywords*: tooth – enamel – hydroxyapatite – chemical elements – proteins – diet*

Čes. Stomat., roč. 117, 2017, č. 1, s. 13-23

ÚVOD

V tomto prehľadovom článku sú popísané jednotlivé časti zuba z anatomického, ale hlavne z biochemického hľadiska. Ich biochemické zloženie im dáva potrebnú ochranu voči vonkajším vplyvom, hlavne voči útokom organických kyselín. Významnú úlohu pri udržaní integrity zuba má sklovina, ktorá je najviac mineralizovanou štruktúrou ľudského tela.

Na povrchu skloviny dochádza k výmene iónov, ktoré majú protektívny účinok. Sklovina je selektívne priepustná pre baktérie, ióny či pigmenty z potravy. Sklovina je tvorená z anorganickej časti (kryštálov hydroxyapatitu), ale významnú úlohu má aj organická časť proteínov. Proteíny majú regulačnú funkciu pri tvorbe hydroxyapatitu (kryštálickej časti) skloviny. K udržaniu správnej funkcie zuba prispievajú viaceré chemické prvky (vápnik, horčík, fosfor, vanád, kremík, mangán, bór, selén a vzácne kovy) a vitamíny, napr. vitamín D, K, B a ďalšie, ktoré majú v optimálnom množstve nezastupiteľnú úlohu pri udržaní zdravých zubov. Rezistentnosť skloviny voči kyselinám v potrave pomáhajú udržiavať najmä horčík, bór a kremík. Tieto chemické prvky zásadne zvyšujú absorpciu vápnika na povrch zubov. Ak by sme v potrave prijímali dostatok vápnika, ale nemali by sme dostatok horčíka či vitamínu D, ktoré podporujú jeho vstrebávanie, tento vápnik by zostal nevyužitý a ukladal by sa v cievach v procese kalcifikácie, ktorá sa podieľa na vzniku kardiovaskulárnych ochorení. Vápnik nie je transportovaný a zabudovaný do tvrdých zubných štruktúr aj pri vysokom príjme sacharidov, živočíšnych proteínov, pretože tieto látky zakysľujú organizmus. Aby nastala v krvi acidobázická rovnováha, neutralizuje organizmus kyslé prostredie zásaditým pomocou vápnika, ktorý sa uvoľňuje z kostí a zubov. Nadbytok vápnika v potrave oslabuje štruktúru zubov a kostí. Prekyslenie organizmu odbúrava aj horčík, ktorý napomáha absorpcii vápnika; je nevyhnutný pri rekryštalizácii skloviny a pri aktivácii alkalickej fosfatázy (podieľa sa na mineralizácii skloviny). Aby bola zachovaná integrita zuba v ústnej sklovine, musí byť zdravý závesný aparát zuba, na ktorom sa podieľa kremík, ktorý chráni bunky parodontu pred rakovinou.

Optimálne množstvo daného prvku je veľmi dôležité. V malom množstve je liekom, napr. lokálna aplikácia fluóru zvyšuje obranyschopnosť skloviny, ale vo vyššom množstve pôsobí na organizmus toxicky. Najhorší vplyv má na sklovinu olovo viazané na fluór, ktorý tak stráca svoje protektívne účinky. Olovo najmä vo veľkých mestách vytesňuje zo zubnej skloviny naviazaný vápnik, a tým narúša obranyschopnosť nielen skloviny, ale v konečnom dôsledku aj celého zuba. Vzácne kovy, napr. platina, zlato, striebro, majú dezinfekčné, antioxidačné a antimikrobiálne účinky. Dezinfekčné a bieliace účinky má aj kyselina citrónová v citrusových plodoch, ale ak sa konzumuje neriedená s vodou, môže ako kyselina rozrušovať až rozpúšťať nielen baktérie, ale aj zubnú sklovinu.

Antinutrienty (kyselina fytová, šťaveľová a lektíny) sú chemické látky pochádzajúce zo stravy, ktoré bránia vstrebávaniu vápnika či horčíka, a preto by sa nemali konzumovať v surových potravinách. Existuje množstvo potravín, napr. mladá zelená fazuľka, fazuľa, sója, šošovica (čočka), hrach, lucerna (vojtěška), morské plody, kôrovce, ryby, mlieko a mliečne výrobky, arašidy, quinoa, jačmenné krúpy, ryža, ovsené vločky, raž (žito) a ďalšie obilniny, orechy či šampióny, ktoré obsahujú lektíny, ktoré bránia vstrebávaniu živín a spôsobujú nemalé trávia-

proLékaře.cz | 7.11.2026

ČESKÁ STOMATOLOGIE
ročník 117,
2017, 1,
s. 13–23

ce problémy. Lektíny sa znižujú/eliminujú v potravinách namáčaním (vodu je potom potrebné vyliať), kvasením, klíčením, varením. Lektíny neutralizuje pri varení hydrogénuhličitan sodný (sóda bikarbóna). Kyselina šťaveľová ako aj iné organické aj minerálne kyseliny môže mať aj liečivé čistiace účinky na krv: vychytáva usadený vápnik uvoľnený z kostí, je prevenciou proti rakovine a kardiovaskulárnym ochoreniam, ak sa konzumuje v surovej zelenej zelenine v „zelenom smoothies" v optimálnom množstve a bez kombinácie s proteínmi. Kombinácia s proteínmi, napr. mäsom, syrom, a ak sa organizmus dehydratuje nepríjmaním tekutín, najmä vody, môže spôsobiť vznik oxalátových kameňov [Hark, Morrison, 2016, 7].

Preto je dôležité poznanie zložiek potravín a ich účinkov, správna príprava, zloženie, výber a kombinácia stravy, ktorá zaistí pre organizmus dostatok živín a tekutín (najmä vody). Správna príprava potravy zaistí, aby sme predišli tomu, že ostanú tieto látky nevyužité (pri zvýšenej konzumácii pre zuby potrebných látok) vďaka zložkám potravín, ktoré bránia ich vstrebávaniu.

BIOCHEMICKÉ ZLOŽENIE ZUBOV

Zub (lat. *dens*) je tvrdá anatomická štruktúra, ktorá sa nachádza v ústnej dutine väčšiny stavovcov (obratlovců). Zuby sú štruktúry, ktoré sa podieľajú na celkovom vzhľade tváre. Majú viaceré funkcie: spracovávanie potravy, tvorbu reči a zvukov. Na povrchu zuba sa nachádza sklovina (*email, enamelum*). Je najtvrdším tkanivom ľudského tela. Hustota skloviny klesá v smere od povrchu skloviny k spojeniu skloviny s dentínom.

Sklovina je acelulárne tkanivo s vysoko mineralizovanou štruktúrou pokrývajúcou anatomickú korunku zuba so špecifickou povrchovou štruktúrou, ktorá sa odlišuje u zdravých a poškodených zubov. Skladá sa z kryštálov, obalu kryštálov a medzikryštálovej hmoty. V štruktúre skloviny sú pozorovateľné pruhovania (striations), smerovania kryštálov, Huntera-Schregerové pásy, inkrementálne čiary, lamely skloviny, tufty (zhluky) skloviny, spojenia skloviny s dentínom, odontoblastické procesy a vretená skloviny. Sklovina je bezfarebná. Zafarbenie skloviny závisí od zafarbenia dentínu (vrstvy pod sklovinou), môže sa javiť ako modrobiele až sivasté (šedavé) na zhrubnutých miestach a žlto-biele na tenkých miestach skloviny, kde presvitá nažltlý dentín. Priesvitnosť skloviny je daná vysokým stupňom kalcifikácie a homogénnosti a závisí aj od jej hrúbky. Najhrubšia vrstva skloviny sa nachádza na hrbčekoch molárov, kde dosahuje až 2,5 mm, na incizálnych hranách frontálnych zubov dosahuje výšku 2 mm. Najtenšia vrstva skloviny sa nachádza v ryhovom systéme molárov a premolárov a pri krčku zubov, kde dosahuje hrúbku maximálne do 1 mm [Schurs, 2013, 30].

Miesta s najtenšou vrstvou skloviny zvyšuje pravdepodobnosť vzniku zubného kazu. Základnou jednotkou skloviny sú prizmy/kryštály (5–12 miliónov v každom zube), ktoré pozostávajú z dlhých (100–1000 nm) a tesne pri sebe zbalených šesťhranných kryštálikov hydroxyapatitu so šírkou 60–70 nm a hrúbkou 25–30 nm.

Základnými štruktúrnymi zložkami skloviny sú kryštály, tzv. prizmy, ktoré majú jedinečné usporiadanie. Na povrchu kryštálov sa nachádza obal, ktorý zvyšuje odolnosť kryštálov. Obal je popisovaný ako plášť alebo pošva, tzv: rod sheath (obsahujúca viacero proteínov so špecifickým biochemickým zložením, obsah proteínov je v „rod sheath" vyšší v porovnaní s ostatnými vrstvami skloviny), do ktorej sú kryštály zabudované [Sodhi, Symington, 2016, 33].

Plášť kryštálov „rod shealth" môže obsahovať aj bioanorganické časti (napr. horčík, železo, mangán a ďalšie chemické prvky), ktoré sa podieľajú na pevnejšej štruktúre skloviny ako výsledku vzájomneho spájania a väzby kryštálikov skloviny, ktorá je odolnejšia proti pôsobeniu kyselín [Scheid, Weiss, 2016]. Každý kryštál má tvar cylindra alebo rybej kostry so širokou hlavou, krkom, tenkým chvostom so šírkou 60–70 nm a hrúbkou 25–30 nm. Vďaka tomuto tvaru je spojenie medzi nimi veľmi pevné. Každý kryštál tvoria štyri ameloblasty. Hlavu kryštálu skloviny tvorí jeden ameloblast a chvost tvoria tri ameloblasty. Kryštály sú usporiadané v priestore skloviny tak, že vytvárajú ostré uhly. Medzi kryštálikmi sú nepatrné medzery, v ktorých sa nachádza kalcifikovaná interprizmatická substancia – medzikryštálová hmota. Kalcifikácia tejto hmoty je väčšia v porovnaní s kalcifikáciou v kryštálikoch a plášti kryštálikov [Nelson, Ash, 2013, 21].

Sklovina obsahuje 96–98 % anorganických látok, predovšetkým hydroxyapatitu ($Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$) alebo oktakalcia fosfátu, ktorý má aj názov tetrakalcium hydrogénfosfát difosfát ($Ca_4(OH)_{12}P_3$). Apatity tvoria iónové kryštály. Hydroxyapatitové kryštály skloviny sú najväčšími kryštálmi zo všetkých kalcifikujúcich tkanív v ľudskom organizme, ktoré obsahujú vo svojej štruktúre aj horčík a sodík, ktoré sú veľmi citlivé na kyseliny. Významnou vlastnosťou kryštálov hydroxyapatitu je výmena iónov (katiónov a aniónov) na povrchu kryštálu skloviny. Katióny vápnika (Ca^{2+}) sa zamieňajú za katióny horčíka (Mg^{2+}), železa (Fe^{2+}), ale aj medi (Cu^{2+}) a zinku (Zn^{2+}). Anióny hydroxylových iónov (OH^-) a fosfátových iónov (PO_4^{3-}) sa môžu

proLékaře.cz | 7.11.2026

ČESKÁ STOMATOLOGIE
ročník 117, 2017, 1, s. 13–23

vymieňať za fluoridové (F^-), chloridové (Cl^-), uhličitanové (CO_3^{2-}) alebo za hydrogénfosfátové (HPO_4^{2-}) anióny. Anorganická časť skloviny sa podieľa na pevnosti skloviny, ktorú zvyšujú F^- anióny, kým CO_3^{2-} anióny tvrdosť a odolnosť skloviny znižujú [Kumar, 2004, 12].

Sklovina je selektívne priepustnou štruktúrou v ľudskom organizme (pre niektoré tekutiny, baktérie, pigmenty a sacharidy zo stravy, ale aj ióny, ako je napr. fluór, ktorý sklovinu posilňuje v závislosti od jeho koncentrácie), pretože penetráciu týchto látok umožňujú mikroskopické priestory a trhliny, ktoré sa nachádzajú na povrchu skloviny. S vekom rastie tvrdosť skloviny a klesá permeabilita skloviny [Dorvee, Gerkowicz, Bahmanyar, Deymier-Black, Veis, 2016, 3].

Správna tvorba a vývoj hydroxyapatitu (hlavného bioanorganického minerálu skloviny) je veľmi dôležitá a je regulovaná hlavne proteínmi (organickou zložkou) skloviny, ktoré tiež prispievajú k pevnosti spojenia jednotlivých zložiek skloviny a podieľajú sa na tvorbe skloviny. Primárnou funkciou organického materiálu je usmerňovanie rastu kryštálov skloviny. Organická hmota je zložená z heterogénnych proteínov. Existuje niekoľko typov rôznych heterogénnych proteínov skloviny. Organické zložky a voda tvoria 2–4 %. Organická hmota skloviny sa skladá z nekolagénnych proteínov a enzýmov. Proteíny skloviny sú amelogeníny (90 %) a neamelogeníny (10 %): ameloblastín, enamelín a tuftelín [McGuire, Walker, Mousa, Wang, Gorski, 2014, 17].

Tuftelíny (primitívny sekrečný produkt ameloblastu) sú proteíny skloviny, označované ako neamelogenínové proteíny. Tieto nerozpustné proteíny sa nachádzajú trvalých zuboch na rozhraní skloviny a dentínu. Tuftelíny sú bohaté na kyselinu glutámovú a asparágovú, na leucín a serín. Tuftelíny môžu interagovať s keratínmi, s ktorými majú podobné aminokyselinové zloženie. Antituftelínové proteíny (protilátky) reagujú s tuftelínmi prítomnými v sekrečných organelách buniek ameloblastov, interagujú s keratínom a proteínmi nachádzajúcimi sa v mimobunkovej hmote dentínu. Predpokladá sa, že tuftelíny slúžia ako nukleátor pre rast kryštálov hydroxyapatitu. Tuftelíny sú lokalizované na ľudskom chromozóme 1q 21-31. Tento gén je tiež zodpovedný za poruchu tvorby skloviny – *amelogenesis imperfecta* [do Espírito Santo, Frozoni, Ramos-Perez, Novaes, Line, 2010, 2].

V mimobunkovej hmote skloviny sú prítomné mnohé proteíny, ako sú albumín, proteíny krvného séra, na vápniku závislé proteázy, proteoglykány. V sklovine boli identifikované aj ďalšie proteíny, ktoré nie sú syntetizované ameloblastami, ale môžu pochádzať z krvného séra (napr. albumín, a-2 HS glykoproteín, g-globulín a fetuín), alebo pochádzajú zo slín, napr. (proteíny bohaté na prolín). Fyziologickou úlohou týchto proteínov je biomineralizácia skloviny, napr. úlohou albumínu je na jednej strane regulovať kryštalizáciu hydroxyapatitu (inhibuje rast kryštálov), a na druhej strane pôsobí buď ako vápnik-viažuci, alebo vápnik-uvoľňujúci proteín [Hu, J. C., Hu, Y., Lu, Smith, Lertlam, Wright, Suggs, McKee, Beniash, Kabir, Simmer, 2014, 9].

Odontoblasty produkujú kolagén, glykozaminoglykány a ostatné organické súčasti medzibunkovej hmoty. Vláknitá zložka medzibunkovej hmoty, ktorú produkujú odontoblasty, je tvorená kolagénnymi vláknami (kolagénom typu I), v amorfnej zložke sú proteoglykány obsahujúce chondroitínsulfát a keratansulfát [Siddaraijaiah, 2014, 31].

Spontánne sa tvoriace amelogenínové proteíny sú hlavnými špecifickými proteínmi mimobunkovej organickej hmoty, ktorá sa podieľa na tvorbe skloviny. Amelogeníny sú hydrofóbne proteíny s prevažujúcim aminokyselinovým zastúpením glutamínu, prolínu, histidínu a leucínu. Amelogeníny sú sekrečným produktom ameloblastov počas sekrečnej fázy, tzv. amelogenézy. Špecifická expresia génov sekrécie amelogenínov je umiestnená na pohlavných chromozómoch a je aktívna iba počas vývinu vnútornej vrstvy skloviny. Amelogeníny sú mimobunkové proteíny skloviny, ktoré intenzívne interagujú s fosfolipidmi a tieto interakcie zohrávajú kľúčovú úlohu v biomineralizácii skloviny. K ich špecifickej expresii dochádza v sekrečnej fáze vývoja skloviny ameloblastami vo vnútri epitelu skloviny. Počas sekrečného obdobia amelogenézy amelogeníny predstavujú najväčšiu časť skloviny. V tomto období sa minerál (hydroxyapatit/oktakalciumfosfát) skloviny vyskytuje ako extrémne dlhé minerálne vlákno (10–20 nm), ktoré sa nachádza v blízkosti rozhrania dentínu a skloviny [Gallon, Chen, Yang, Moradian-Oldak, 2013, 4].

Enamelíny skloviny sú bohaté na glycín, serín, kyselinu glutámovú a zvyšky kyseliny asparágovej. Tieto proteíny sa v porovnaní s amelogenínmi viac podobajú na cystín-keratínové proteíny prítomné v epiteli ústnej dutiny. Úlohou enamelínov je slúžiť ako endogénny nukleátor – matrica pre tvorbu štruktúry hydroxyapatitového kryštálu.

Ameloblastíny predstavujú ďalší typ proteínov skloviny. Sú bohaté na prolín, glycín, leucín. Funkcia ameloblastínov je začleňovanie ameloblastov do organickej mimobunkovej hmoty skloviny. Molekuly týchto proteínov obsahujú doménu, ako rozpoznávacie miesto pre a-2-b-1 integrín, ktorý je

proLékaře.cz | 7.11.2026

ČESKÁ STOMATOLOGIE
ročník 117, 2017, 1, s. 13–23

prítomný v kolagéne typu I. Úlohou ameloblastínov je sprostredkovanie interakcií medzi ameloblastmi a mimobunkovou hmotou skloviny. Enamelín môže byť kolokalizovaný s amelogenínom [Prajapati, Tao, Ruan, De Yoreo, Moradian-Oldak, 2016, 25].

Zubovina (*dentinum, substantia eburnea*) tvorí hlavnú súčasť zuba. Je to spojivové tkanivo tvrdšie ako kosť, obsahuje 72 % anorganických látok, prevažne hydroxyapatitu a 28 % organických látok. Dentín sa skladá z odontoblastov a medzibunkovej hmoty.

Zubný cement (*cementum, substantia ossea*) je tkanivo pokrývajúce krčok a koreň zuba, ktoré sa podobá štruktúre kosti. Morfologicky rozlišujeme dva typy cementu: cement nebunkový (fibrilárny, primárny) a cement bunkový (sekundárny). Nebunkový cement tvorí tenká vrstva mineralizovaného cementu, do ktorého sa upínajú kolagénové vlákna závesného aparátu a ozubice (*periodontia*). Bunkový cement sa skládá z lamiel, v ktorých sa nachádzajú lakúny obsahujúce cementocyty – hviezdicovité bunky podobné osteocytom. Do cementu vstupujú silné Sharpeyove vlákna. Predstavujú zväzky kolagénových vlákien závesného aparátu zubu, ktoré zub zakotvujú do kosti zubného alveolu. Ukladanie cementu na povrch koreňa neprebieha len počas vývoja zubu, ale pokračuje po celý život, hlavne v miestach vystavených nadmernému zaťaženiu či traume [Orstavik, Pitt Ford, 2008, 23].

Zubná dreň (*pulpa dentis*) vypĺňuje dreňovú dutinu korunky (pulpa coronalis) a koreňový kanálik zuba (pulpa radicularis). Dreň obsahuje riedke väzivo, bohato vaskularizované a inervované, vzniknuté z ektomezenchýmu zubnej papily. Medzi bunkami zubnej drene sú tenké kolagénne fibrily, ktorých počet s vekom pribúda. Vekom dochádza k zmenám kvantity i kvality drene [Bergenholtz, Horsted, Bindslev, Reit, 2010, 1].

VPLYV PRVKOV Z POTRAVY NA PEVNOSŤ A ODOLNOSŤ ZUBOV

Pre udržanie pevnosti zubných štruktúr je dôležitý vplyv rôznych prvkov (tab. 1). Veľmi dôležitým prvkom je bór, ktorého prírodnými zdrojmi sú hlavne jablká, červené grapefruity, slivky, hrušky, hrozienka, ďatle, kiwi. Bór sa tiež nachádza aj v strukovinách (luštěninách) (cícer (cizrna), fazuľa, šošovica (čočka)), orechoch (lieskové orechy a ďalší), ovocí (ríbezle, olivy), zelenine (paradajky, cibuľa). Taktiež ho nachádzame aj vo víne a pive [Lee, Gabe, Nightingale, Burke, 2013, 13]. Aj napriek mnohým dostupným zdrojom mnoho ľudí trpí nedostatkom bóru, čo sa odrazí na abnormálnom metabolizme vápnika a horčíka [Loveren, Broukal, Oganessian, 2012, 16]. V ústnej dutine bór zabraňuje premnoženiu *Candidy albicans*, a tým predchádza rôznym mykotickým ochoreniam [Udayalaxmi, Shenoy, 2016]. Pôsobí ako prevencia proti artritíde tým, že zvyšuje vstrebávanie vápnika do kostí, a tak zaisťuje ich pevnosť, čo je prospešné hlavne u starších ľudí, ktorých kosti sú slabšie a poróznejšie [Lee, Gabe, Nightingale, Burke, 2013, 13].

Pre zdravie zubov je dôležitý aj vápnik, 99 % vápnika sa nachádza v kostiach a v zuboch, 1 % v ostatných orgánoch. Jeho vstrebávanie v čreve vyžaduje prítomnosť vitamínu D. Jeho využiteľnosť z rastlinných zdrojov je však nízka. Z potravín živočíšneho pôvodu sa najviac vyskytuje v mlieku a mliečnych výrobkoch, organizmus z nich využuje až 50 % dennej potreby. Nadmerný príjem tukov, kyseliny fytovej, kyseliny šťavelovej a nadmerné solenie znižujú resorpciu vápnika. Vitamín D, živočíšne bielkoviny a laktóza jeho resorpciu zvyšujú. Optimálny je pomer vápnika a fosforu v strave 1:1, až 1:2. Koncentrácia vápnika v krvi je 2,2–2,7 mmol/l, fosforu 0,7 až 1,4 mmol/l [Li, Jia, Ma, Shen, Xu,

Tab. 1 Potravinové zdroje vitamínov pre zuby

Vápnik	mliečne výrobky, hnedá ryža, pomaranče, kapusta (zelí), fazuľa, brokolica, losos, hrášok
Vitamín D	slnečné žiarenie, mliečne produkty, vajcia, niektoré druhy cereálií, rybí olej, avokádo
Fosfor	cereálie, pšeničné klíčky, sója, mandle, kuracie mäso, ryby, vajcia, citrusové ovocie, uhorky, paradajky
Vitamín K2	plnotučné mliečne výrobky, pečeň, zelená zelenina, rastlinné oleje, avokádo
Chlorofyl	riasy, zelená listová zelenina, klíčky, chlorella, spirulina, petržlen
Karotenoidy	mrkva, slivky, marhule, mango, žltý melón, sladké zemiaky, kel (kapusta), špenát, vaječný žĺtok, losos, paradajky, paprika
Flavonoidy	bobule, orechy, fazuľa, cibuľa, artičoky, zeler, brokolica
Bór	jablká, banány, broskyne, hrušky, fazuľa, brokolica, karfiol, orechy, hovädzie a kuracie mäso, mliečne produkty
Kremík	červené víno, pivo, celozrné pečivo, hnedá ryža, zelená fazuľa
Horčík	špenát, tekvicové semienka, kefír, mandle, čierna fazuľa, avokádo, banány, tmavá čokoláda
Vitamín A	sladké zemiaky, varená mrkva, tmavá listová zelenina, tuniak, mango, červená paprika, vaječný žĺtok, rastlinné oleje

proLékaře.cz | 7.11.2026

ČESKÁ STOMATOLOGIE
ročník 117, 2017, 1, s. 13–23

Liu, Huang, Zhang, 2016]. Syr, hlavne tavený, je silný zdroj kyseliny fosforečnej, obsahuje oveľa viac fosforu ako vápnika. Prebytočná kyselina fosforečná sa v črevnom trakte viaže na vápnik a vytvorí fosforečnan vápenatý. Naviazaný vápnik tak nemá šancu sa vstrebať. Existuje ale tzv. *„vápnikový paradox“*, ktorý poukazuje na fakt, že v západných krajinách (s vysokým príjmom vápnika z mlieka) existuje zároveň vysoké percento zlomenín a riziko osteoporózy. To súvisí predovšetkým s nadmerným príjmom bielkovín zo živočíšnych produktov a sacharidov zo spracovaných potravín, ktoré pri trávení vo veľkej miere okysľujú organizmus a telo musí pre udržanie acidobázickej rovnováhy využiť vápníkovú rezervu z kostí [Giacaman, Valenzuela-Ramos, Muñoz-Sandoval, 2016, 6].

Významným zdrojom vápnika (hneď po maku, ktorý vápnika obsahuje najviac) je sezamové semienko, ktoré by sa malo konzumovať nelúpané, pretože práve v jeho obale je okrem vápnika aj množstvo minerálov, stopových prvkov a vitamínov. Nezanedbateľnou potravinou sú aj mandle, ktoré okrem vápnika obsahujú aj horčík, draslík a množstvo bielkovín. Ďalej sú to orechy, obsahujú 66 % tuku, sú prírodným zdrojom selénu, vitamínov (E a B) a množstva ďalších minerálov. Lieskové orechy obsahujú až 62 % tuku a 13 % bielkovín, z vitamínov dominuje B3, B6, kyselina listová a hlavne vitamín E, z minerálnych látok prevažuje nad vápnikom horčík a fosfor. Dalšími významnými zdrojmi vápnika sú arašidy, pistácie, slnečnicové semienka, strukoviny (luštěniny), nelúpaná ryža, tofu a z ovocia sú to hlavne citróny, ostružiny, sušené figy a hrozienka [Li, Jia, Ma, Shen, Xu, Liu, Huang, Zhang, 2016]. Vstrebávaniu vápnika do krvného obehu napomáha vitamín D, vitamín C, B9, horčík a fosfor. Pri príjme zásadotvornej stravy (hlavne surová zelenina a ovocie) má telo dostatok prijatého vápnika a nepotrebuje ho tak dodávať z kostných zásob organizmu. Vápnik uvoľňovaný z kostí môže spôsobovať kalcifikáciu ciev, čo spôsobuje kardiovaskulárne ochorenia [Shearer, Swithers, 2016, 28].

Denné doporučené množstvo vápnika sa pohybuje v závislosti od veku. Deti do jedného roku by ho mali prijať 400 mg, deti od jedného do desiatich rokov by ho mali prijať (600–900 mg), dospievajúci až 1200 mg. Pre tehotné ženy a dojčiace matky sa odporúča cca (1000–1400 mg) vápnika denne [27]. Vstrebateľnosť vápnika závisí aj od toho, či je prijímaný z potravín rastlinného alebo živočíšneho pôvodu. Z potravín živočíšneho pôvodu dokáže naše telo využiť približne 40 % vápnika, z rastlinných potravín je to kvôli obsahu vlákniny, kyseliny šťaveľovej a fytovej len 5 % [Ruan, Moradian-Oldak, 2016, 24]. Vstrebávanie minerálov je možné zvýšiť namáčaním orechov pred ich použitím. Dlhodobý nedostatok vápnika sa prejavuje hlavne u detí. Takéto deti sú drobnejšie, keďže majú pozastavený rast kostí a tiež trpia rachitídou. U dospelých sa objavuje mäknutie kostí – osteomalácia alebo rednutie kostí – osteoporóza. Z ochorení zubov je to hlavne parodontitída, tvorba pľuzgierikov v ústnej dutine a škrípanie zubov [Letsinger, Vellers, Granados, Walker, Spier, Lambertz, Fuchs-Young, Lightfoot, 2016, 14]. Vápnik tiež neutralizuje prebytky kyseliny mliečnej, ktorá sa tvorí v tele po fyzickej práci alebo mentálnom strese. Fyzický pohyb na jednej strane vápnik spotrebuváva, na druhej strane pôsobí priaznivo na množstvo faktorov, ktoré zlepšujú asimiláciu a využiteľnosť vápnika. Paradoxne má teda väčšiu stratu vápnika človek nehybný (napr. trvale pripútaný na lôžko) než športovec [Jaffar, Miyazaki, Maeda, 2016, 10].

Horčík je druhý najpočetnejší vnútrobunkový minerál, ktorý aktivuje viac ako 300 enzýmov, stabilizuje bunkové funkcie, opravy DNA a udržuje antioxidačný stav bunky. Vitamíny skupiny B sú aktivované v prítomnosti horčíka. Denne je potrebné prijať až 1000 mg horčíka pri jeho nedostatku. Po prekonaní deficitu tohto prvku sa odporúča prijímať tzv. udržiavaciu dávku: 300 mg/deň horčíka. Bez jeho prítomnosti B vitamíny v ľudskom organizme nie sú účinné. Horčík sa lepšie vstrebáva, ak je užívaný s jedlom. Obnovenie vnútrobunkových hladín horčíka urýchľuje udržanie primeranej hladiny vitamínu E. Aplikácia nasýtených roztokov horčíka u ľudí má protektívny vplyv na biomineralizáciu zubnej skloviny, takisto má aj bieliace účinky. Horčík mení súčasne chemické zloženie aj fyzikálne vlastnosti nanokryštalografickej štruktúry vonkajšej vrstvy zubnej skloviny. Na povrchu zuba zvyšuje mikrotvrdosť skloviny pomocou rekryštalizácie nanokryštálov skloviny: rozpúšťa a znovu kryštalizuje sklovinu [Ruan, Moradian-Oldak, 2015, 27]. Horčík (rovnako ako bór) pomáha v ľudskom tele v absorpcii vápnika, hlavne v zuboch a kostiach. Dodáva im silu a má kľúčovú úlohu pri ich tvorbe. K najdôležitejším zdrojom horčíka patrí fazuľa, orechy, semená, zrná, ryby, mliečne výrobky, listová zelenina, strukoviny, orechy, minerálna voda. Zrná a chlorofyl sú obzvlášť dobrým zdrojom horčíka. Horčík sa ukladá v obličkách a prebytočné množstvo sa vylučuje močom alebo stolicou. Hypomagnézia sa vyskytuje hlavne u ľudí, ktorí dlhšiu dobu prijímali potravu intravenózne alebo ich strava neobsahovala potrebné množstvo tohto prvku, ale aj u ľudí, ktorí nie sú schopní horčík absorbovať [Rajesh, Hegde, 2016, 26].

proLékaře.cz | 7.11.2026

ČESKÁ STOMATOLOGIE
ročník 117,
2017, 1,
s. 13–23

Dostatok horčíka, vápnika a fosforu je potrebný na posilnenie zdravia zubov a celého organizmu. Pri prebytku vápnika a nedostatku horčíka sa neaktivuje tyreokalcitonín, hormón, ktorý za normálnych okolností transportuje vápnik do kostí. Takýto neuložený vápnik je pre organizmus toxický, čo spôsobuje problémy v mäkkých tkanivách. Diétny horčík, a nie vápnik (a už vôbec nie fluorid), vytvára hladkú, lesklú tvrdú zubnú sklovinu. Bez ohľadu na množstvo skonzumovaného vápnika, môžu zuby tvoriť tvrdú sklovinu, len ak je k dispozícii dostatočné množstvo horčíka [Long, Romani, 2014, 15]. Mnoho rokov sa verilo, že vysoký príjem vápnika a fosforu inhibuje rozpad skloviny a posilňuje ju. No zvýšenie týchto dvoch prvkov nie je účinné bez zvýšeného príjmu horčíka. Zubné štruktúry pod povrchom môžu byť bez horčíka rozpustené, napr: mlieko chudobné na horčík, obsahujúce vápnik a fosfor, ktoré interferujú s metabolizmom horčíka a antagonizujú minerály, ktoré sa podieľajú na prevencii pred zubným kazom. Nedostatok horčíka a relatívne vysoký pomer vápnika je spojený so zvýšeným výskytom ochorenia parodontu. Horčík je tiež dôležitým kofaktorom enzýmových reakcií v organizme a takisto nevyhnutný na aktiváciu alkalickej fosfatázy, ktorá počas sekrečnej fázy skloviny pomáha mineralizovať matrix skloviny [Zhao, Zhou, Tian, Tang, Ning, H., Liu, H., 2016, 35].

Nedostatok horčíka a vitamínu D je aj jedným z najdôležitejších aspektov osteoporózy, preto nie je prekvapením, že štrukturálne integrita zubov závisí od rovnakých resp. podobných nutričných faktorov, ako štrukturálna integrita kostí. Nadbytok týchto živín môže mať aj opačný efekt – oslabujúci zuby a kosti [Ruan, Moradian-Oldak, 2015, 27].

Okrem horčíka je pre zdravie zubov dôležitý aj fluorid. Ale zatiaľ čo fluorid poskytuje výhody hlavne pri miestnej aplikácii, vysoké množstvo požitého fluoridu je spojené s vedľajšími účinkami, ktoré zahŕňajú oslabenie kostí a mramorovanie zubov. Môže dôjsť aj ku celkovej otrave organizmu – fluoróze. Fluorid dokonca narúša absorpciu a začlenenie horčíka do tkaniva. So zvyšovaním nedostatku horčíka sa zvyšuje aj toxicita fluoridu. Dá sa teda konštatovať, že horčík znižuje toxické účinky fluóru [Rajesh, Hegde, 2016, 26].

Oxid kremičitý je považovaný za najdôležitejší stopový prvok pre ľudské zdravie, hrá dôležitú úlohu v mnohých telesných pochodoch a má priamy vzťah k minerálnej absorpcii. Priemerné ľudské telo má približne sedem gramov oxidu kremičitého [Winkler, Suter, Naegeli, 2016]. Oxid kremičitý má výrazný vplyv pre zachovanie zdravia zubov – zabraňuje vzniku kariéznych lézií, krvácaniu ďasien a následnej parodontitíde, ktorá spôsobuje uvoľnenie zubov zo zubného lôžka, čo v konečnom dôsledku vedie k strate zubov. Bojuje tiež proti osteoporóze a znižuje zápal. Zistilo sa, že rakovinové bunky nemôžu prežiť v bunkách, ktoré obsahujú v správnej koncentrácii oxid kremičitý [Zhao, Zhou, Tian, Tang, Ning, H., Liu, H., 2016, 35].

Kremík je „minerál mladosti“, lebo počas mladosti je v tele najvyšší pomer kremíka a vápnika. Najvyššia koncentrácia kremíka sa v tele nachádza vo vlasoch, nechtoch, koži a tiež v zuboch. Najdôležitejšími zdrojmi tohto prvku sú papriky, uhorky, žihľava (kopřiva), reďkovky či paradajky. Nedostatok kremíka môže viesť k oslabeniu kostí, zubov a spojivového tkaniva. Kremík sa vyskytuje hlavne v surových, nespracovaných potravinách. Zdrojom kremíka môže byť aj zeolit, ktorý sa môže konzumovať vnútorne ako liek alebo ako zubná pasta. Koncentráciu kremíka je potrebné udržiavať v optimálnej koncentrácii, pretože pri jeho poklese istý čas trvá, kým sa kremík prijatý stravou pretransformuje do formy, ktorú je ľudský organizmus schopný využiť. Bez prítomnosti oxidu kremičitého telo nemôže absorbovať a využívať vápnik. Ďalšími jeho benefitom je urýchlenie hojenia zlomenín. Prostredníctvom procesu transmutácie sa oxid kremičitý môže premieňať na vápnik, ak je v organizme nedostatok vápnika [Rizvi, Zafar, Al-Wasifi, Fareed, Khurshid, 2016].

Vitamín D umožňuje absorbciu týchto minerálov v tráviacom trakte, ktorý ich dokáže absorbovať len vtedy, ak nie sú viazané na kyselinu fytovú. Kyselina fytová je antinutrient nachádzajúci sa predovšetkým v nefermentovaných semenách, obilninách, orechoch a fazuli [Wagner, Heinrich-Weltzien, 2016]. Na jednej strane kyselina fytová potláča tvorbu reaktívnych hydroxylových radikálov, jej ďalším benefitom je hypocholesterolemický účinok. Na druhej strane však znemožňuje vstrebávanie vápnika, fosforu, zinku a medi a blokuje vstrebávanie minerálov do tvrdých zubných tkanív. Dôležitá je pred konzumáciou vhodná úprava (namáčanie) potravín (obsahujúcich kyselinu fytovú a lektíny), aby sa zvýšila vstrebateľnosť vitamínov a eliminoval nežiaduci vplyv (nedostatku minerálov) vzniku ochorení, napr. osteoporózy [Mikulski, Kłosowski, 2016, 20].

Až 80 % fosforu v obilí a fazuli je viazaného na kyselinu fytovú, čo zapríčiňuje jeho nízku až nulovú vstrebateľnosť. Okrem blokovania dostupnoti fosforu u ľudí tieto molekuly viažu minerály nevyhnutné pre zdravie ústnej dutiny, ako je vápnik, horčík, železo a zinok. Konzumovanie stravy bohatej na kyselinu fytovú spôsobuje zníženie absorpcie horčíka o 60 % a zinku o 20 %. Táto kyselina dokonca

proLékaře.cz | 7.11.2026

ČESKÁ STOMATOLOGIE
ročník 117, 2017, 1, s. 13–23

minerály z organizmu vyplavuje, a to hlavne z kostí a zubov [Silva, Bracarense, 2016, 32]. Kyselina fytová má aj iné viaceré nepriaznivé účinky na organizmus. Spôsobuje tráviace ťažkosti, znižuje chuť do jedla. Je oveľa viac zastúpená v potravinách pestovaných s využitím hnojív s vysokým podielom fosfátov v porovnaní s potravinami, ktoré sú pestované za použitia prírodného kompostu. Preto je vhodnejšie prijímať tzv. biopotraviny. Ak je príjem vitamínu D nedostačujúci a obilninová zložka v strave je zvýšená, štruktúra zubov má sklony k poškodzovaniu. Kalcifikácie skloviny za týchto podmienok je možné dosiahnuť iba pri zvýšenom množstve prijatého vápnika. Tenké črevo produkuje fytázu, enzým, ktorý degraduje kyselinu fytovú, ale v množstve, ktoré nepostačuje k jej dostatočnej degradácii, čo poukazuje na to, že ľudia nie sú dobre adaptovaní na konzumáciu surového obilia, čiastočne sú adaptovaní na konzumáciu tepelne upravených namáčaných obilnín, napr. chleba, cestovín, ovsených vločiek a ďalších v optimálnom množstve.

Mellanby uskutočnil pokus a rozdelil 62 detí s kazmi do troch rôznych diétnych skupín. Skupina č. 1 jedla bežnú stravu a ovsené vločky (bohaté na kyselinu fytovú). Skupina č. 2 jedla bežnú stravu a potraviny s obsahom vitamínu D, no nejedla obilniny. Skupina č. 3 jedla stravu bez obilnín obohatenú o vitamín D a znížené množstvo prijatých sacharidov. V prvej skupine zabránili ovsené vločky (obsahujúce kyselinu fytovú) uzdraveniu malého množstva zubných kazov, ale napomohli výraznej tvorbe nových kazov, pravdepodobne kvôli schopnosti brániť absorpcii minerálov. V druhej skupine zapríčinilo podávanie vitamínu D uzdravenie väčšiny zubných kazov a obmedzilo tvorbu nových kazov. K najsilnejšiemu efektu došlo v skupine číslo 3, u ktorej došlo k uzdraveniu takmer všetkých kazov a tvorbe len veľmi malého množstva nových kazov [Mellanby, 2015, 18].

Medzi prvky, ktoré priaznivo pôsobia na zuby a kosti patrí aj fosfor. Jeho vstrebávanie podporuje vitamín D, naopak využitiu fosforu bránia sacharidy, ktoré narúšajú rovnováhu medzi fosfátom a vápnikom. Zdrojom fosforu sú ryby, vajcia, obilniny a zemiaky. Pri nedostatku fosforu dochádza k oslabeniu kostí a zubov a krvácaniu ďasien. Pri nadbytku fosforu dochádza k spomaleniu absorpcie vápnika. Molybdén podporuje zabudovávanie vápnika do kostí a zubov. Chráni pred artritídou a zubným kazom. Pomáha udržiavať gingiválne zdravie. Tento prvok sa vo veľkej miere nachádza v kôpri, petržlene, špenáte, zemiakoch, strukovinách a listovej zelenine. Ďalším nemenej dôležitým prvkom je mangán, ktorý podporuje využitie vápnika, fosforu, železa, tionínu a vitamínu E. Chráni pred osteoporózou, artrózou a kazivosťou zubov. Jeho dôležitými zdrojmi sú zemiaky, ryža, celozrná múka, orechy, zelenina. Je tiež prítomný v semenách, celých zrnách, čučoriedkach, vaječných žĺtkoch, zelenine, strukovinách, púpave, prasličke, ďateline, šípkach, rebríčku, lucerne, koreni lopúcha, divozeli (divizna) či mäte. Veľký obsah mangánu obsahuje aj kakao a tmavá čokoláda (70–85 %), 100 g tejto čokolády obsahuje až 58 % dennej odporúčanej dávky mangánu, 37 % železa, 59 % medi a 98 % horčíka, v menšej miere obsahuje aj draslík, fosfor, selén a zinok. Pri jeho nedostatku dochádza k zvýšenej lámavosti zubov. Nadbytok mangánu v organizme za normálnych okolností nie je možný; jeho nadbytok je vylúčený, lebo telo vstrebe iba také množstvo, aké je telu potrebné [Schuurs, 2013, 30].

Železo, ktoré je zabudované v štruktúre skloviny, zvyšuje odolnosť a tvrdosť zubov u bobrov voči vplyvu kyselín, takže sa netvoria kazy. Pozorovalo sa, že sklovina so zabudovaným železom je tvrdšia a rezistentnejšia voči kyselinám ako sklovina po aplikácii fluoridu. Na povrchu skloviny bobra sa nachádza vrstva pravidelne usporiadaných nanofibríl hydroxyapatitu, v ktorom je zabudované malé množstvo železa a horčíka. Minerály horčíka aj železa zlepšujú mechanické vlastnosti skloviny. Zuby bobra sa od ľudských neodlišujú svojou štruktúrou, ale chemickým zložením (majú vyšší obsah zabudovaného železa). Ak železo chráni sklovinu tohto hlodavca, mohlo by mať protektívny vplyv aj na ľudskú sklovinu. Nedostatok železa u ľudí spôsobuje zápal jazyka, problémy pri prehĺtaní, popraskané pery a ochorenie soor. Tento prvok sa v značnej miere nachádza hlavne v zelenej listovej zelenine, bylinkách, červenom mäse a pečeni, orechoch, niektorých druhoch korenia a obilninových otrubách [Kaidonis, Townsend, 2016, 11].

V štruktúre skloviny je zabudovaný aj selén a vanád. Hydroxid selénu má priaznivý vplyv nie len na zdravie zubov, kde spôsobuje aj štruktúrne zmeny dentínu, ale tiež na zdravie ďasien. U ľudí, ktorí nemajú dostatok selénu, sa v slinách zvyšuje množstvo močoviny a rastie počet zubných kazov. Selén sa nachádza v slnečnicových, sezamových a chia semienkach, brokolici, kapuste, špenáte a hnedej ryži. Vanád má úlohu v metabolizme vápnika, tiež stimuluje enzýmy, ktoré sú potrebné na tvorbu kostí a zubov. Nachádzame ho v nenasýtených zeleninových olejoch, sóji, slnečnici, kukurici, petržlene, mrkve a ryži. Vysoký príjem sodíka, ktorý sa nachádza hlavne v chemicky konzervovaných potravinách, spôsobuje na jednej strane zvýšenie množstva využiteľného vápnika, no na druhej stra-

proLékaře.cz | 7.11.2026

ČESKÁ STOMATOLOGIE
ročník 117,
2017, 1,
s. 13–23

ne zvyšuje množstvo močoviny v organizme (teda aj v slinách), čo spôsobuje oslabenie štruktúry kostí – osteoporózu a stratu zubov. Avšak lokálna aplikácia sodíka vo forme hydrogénuhličitanu sodného (vo vode rozpustný minerál) má na ústne zdravie priaznivé účinky. Čistenie zubov s použitím tohto prvku odstraňuje zubný povlak. Výhodou takéhoto čistenia je, že sóda bikarbóna je v porovnaní s inými látkami používanými v bežných zubných pastách (napr. dikalciumfosfát alebo hydratované silice) menej abrazívna a nespôsobuje v sklovine mikrotrhliny. Hydrogénuhličitan sodný je zásaditý, pôsobí ako prírodný tlmivý roztok, ktorý udržuje v ústach optimálne pH. Účinne neutralizuje prchavé zlúčeniny síry, ktoré spôsobujú zapáchajúci dych a má antibakteriálne vlastnosti voči mnohým parodontálnym patogénom. Pacienti s parodontitídou majú zvýšené hodnoty zápalových markerov v krvi (napr. CRP). Tieto markery sú súčasťou skorej imunitnej odpovede na perzistujúci zápal, ktorý sa podieľa na vývoji rakoviny pankreasu. Choroby parodontu zvyšujú riziko vzniku rakoviny pankreasu až o 64 %. Hydrogénuhličitan má bieliace účinky na sklovinu, rovnako aj draslík, ktorý navyše pomáha zmierňovať hypersenzitivitu dentínu pri obnažených zubných krčkoch. Obsahujú ho hlavne banány, marhule, citrusy, zemiaky, špenát, paprika, vajcia a mliečne výrobky.

Lítium má na zuby negatívny vplyv, najmä pri zvýšenom príjme lítia u psychiatrických pacientov (pomocou liečív obsahujúcich lítium) s bipolárnou poruchou. Tento prvok spôsobuje nepravidelnosť peritubulárnych stien dentínových kanálikov a nerastných kryštálov v intertubulárnom dentíne. Navyše boli zistené znížené hladiny horčíka, fosforu a vápnika a zvýšená koncentrácia zinku. Zvýšená hladina lítia spôsobuje stratu minerálov tvrdých zubných tkanív, a tým kariéznejší chrup [Migliorati, Madrid, 2007, 19].

Najhorší vplyv z kovov na zuby má jednoznačne olovo. Tento prvok sa správa ako vápnik, vniká do zubnej skloviny, drene, dokonca na povrch zubných koreňov. Viaže sa na fluór, ktorý tak stráca svoj protektívny účinok na zuby. Ľudia žijúci v mestách, kde je vo vzduší vyššia koncentrácia olova majú kariéznejší chrup oproti tým, ktorý žijú na vidieku. Do potravín sa môže olovo dostať prostredníctvom kontaminovanej pôdy a vody [Nunes, Mussavira, Bindhu, 2015, 22].

Komplexy striebra pôsobia na sklovinu ako antimikrobiálne a antioxidačné chemické prvky, ktoré pomáhajú liečiť zubný kaz a ochorenia parodontu. Najväčšie antimikrobiálne a antioxidačné vlastnosti zo vzácnych kovov majú zlato a platina [Nunes, Mussavira, Bindhu, 2015, 22]. Kvantitatívna röntgenová fluorescencia odhalila v kariéznych oblastiach dentínu zvýšenú koncentráciu medi a zinku (akumulácia hlavne v dentínových kanálikoch) v porovnaní s nepostihnutými častmi zuba. Vyššie koncentrácie zinku boli stanovené aj v hydroxyapatite kariéznej skloviny. Tieto výsledky naznačujú na antioxidačnú úlohu medi a zinku pri liečbe progresie zubného kazu. Zúčastňujú sa hlavne v oxidačno-redukčných reakciách ako súčasť kofaktorov niektorých antioxidačných enzýmov. Hlavné potravinové zdroje medi sú orechy, fazuľa, zrná a semená. Meď sa nachádza aj v mäse (hovädzie, baranie, hydina), ale tiež sa tam nachádza aj zinok, ktorý sa správa ako kompetetívny prvok pre zinok a bráni tak vstrebávaniu medi. Nedostatok medi tiež spôsobuje bolestivý a opuchnutý jazyk. Ľudia trpiaci nedostatkom medi majú často obrovskú chuť na čokoládu. Zinok sa nachádza v sezamových a tekvicových semenách, šošovici, fazuli, kešu orechoch, krevetách a quinoi. Dostatok zinku zbavuje zub bolesti a zabraňuje progresii zubného kazu. Zinok pôsobí približne rovnako ako vápnik, ale na rozdiel od neho vytvára silnejšie väzby. Vápnik aj zinok sú dvojmocné kladne nabité katióny. Za normálnych okolností sa vápnik viaže s uhličitanom alebo kyslíkom, keď zinok nahradí vápnik, sklovina je pevnejšia, a tým sa zlepšuje obranyschopnosť skloviny voči zubnému kazu [Nunes, Mussavira, Bindhu, 2015, 22].

Ďalším dôležitým chemickým prvkom pre udržanie regenerácie a remineralizácie zubov a kostí je vitamín K. Vitamín K je potrebný pre správnu tvorbu kostí a zrážanie krvi, v oboch prípadoch tým, že napomáha transportu vápnika [Phillippi, Holley, Morad, Collins, 2016, 24].

Pre zachovanie zdravej skloviny je potrebný tiež vitamín D, ktorý je dôležitý pre zvýšenie vstrebávania vápnika a fosforu z jedla, čo zlepšuje obranyschopnosť zubov proti demineralizácii skloviny. Tento v tukoch rozpustný vitamín zabezpečuje rovnováhu medzi vápnikom a fosforom, reguluje ich vstrebávanie a pôsobí protizápalovo pri ochoreniach gingívy, a zabraňuje tak vzniku parodontitídy [Schroth, Rabbani, Loewen, Moffatt, 2016, 29]. Receptory vitamínu D sa nachádzajú v bunkách imunitného systému a tiež na povrchu zubov. Vitamín D sa viaže na tieto receptory a zvyšuje množstvo antimikrobiálnych proteínov v tele, ktoré pomáhajú bojovať proti kariéznym baktériám [Phillippi, Holley, Morad, Collins, 2016]. Zubný kaz je najčastejší v neskorej zime a na jar, kedy je pravdepodobné, že organizmus obsahuje nízku koncentráciu vitamínu D. Ľudia žijúci bližšie k rovníku, v oblastiach s väčším množstvom slnečného žiarenia, sú menej náchylní k rozvoju zubného kazu [Herzog, Scott, Hujoel,

proLékaře.cz | 7.11.2026

ČESKÁ STOMATOLOGIE
ročník 117, 2017, 1, s. 13–23

Seminario, 2016, 8]. Hladiny vitamínu D u matky počas tehotenstva ovplyvňujú riziko zubného kazu u detí [Schroth, Rabbani, Loewen, Moffatt, 2016, 29]. Vitamín D znižuje riziko a závažnosť parodontitídy niekoľkými spôsobmi. Zvyšuje tvorbu katelicidínov a defenzínov, ktoré majú antimikrobiálne vlastnosti. Znižuje hladinu metaloproteináz, ktoré sú spojené s parodontálnymi ochoreniami [Wagner, Heinrich-Weltzien, 2016].

Kariézne zuby sa dokážu zregenerovať aj samé. Pri tomto procese hrá veľmi dôležitú úlohu hlavne správny výber stravy, ktorá dokáže remineralizovať demineralizovanú sklovinu. Zuby poškodené zubným kazom neostávajú pasívne, ale odpovedajú na stratu skloviny a dentínu reakciou odontoblastov – tvorbou terciárneho dentínu. Tri hlavné faktory, ktoré ovplyvňujú liečenie a znovuvytvorenie zubného tkaniva (terciárny dentín) sú strava bohatá na vápnik, fosfor, kremík, rastlinné pigmenty (karotenoidy, flavonoidy a chlorofyl) a v tukoch rozpustné vitamíny: vitamín D, ale aj vitamín A, ktorý zosilňuje zuby. Zdrojom vitamínu A sú karotenoidy v žltých, oranžových, červených a tmavozelených plodoch ovocia, zeleniny a byliniek. Paradoxne karotenoidy sú lepšie vstrebateľné do buniek nie v surovom strave, ale po uparení, alebo uvarení. Vitamín E a vitamín C sú významnými preventívnymi antioxidantami proti parodontóze [Schroth, Rabbani, Loewen, Moffatt, 2016, 29]. Vitamín K2 signifikantne znižuje riziko vzniku zubného kazu, čo je pre najnovší výskum dentálneho zdravia veľmi dôležité. Kým sklovina sa tvorí najmä počas vnútromaternicového vývoja, dentín sa tvorí aj počas života. Za optimálnych podmienok je stimulovaná tvorba dentínu aj počas tvorby zubného kazu alebo žuvania. Odontoblasty (bunky veľmi podobné osteoblastom) uložené na povrchu pulpy kontinuálne produkujú nový dentín. Dentín je jedinečný aj preto, že vytvára na vitamíne K2 závislé proteíny: osteokalcín a matrixový gla-proteín. Rôzne, aj najmenšie otvory na povrchu skloviny môžu vznikať vplyvom rôznych kyselín (aj kyselín, ktoré tvoria baktérie: mikroorganizmy *Streptococcus* species a určité kmene *Lactobacillus acidophilus*), ktoré poškodzujú sklovinu. Baktérie môžu prechádzať pomocou otvorov skloviny ďalej cez póry dentínu až do pulpy. Tieto baktérie sú považované za probiotiká, ktoré sa nachádzajú v rôznych probiotických prípravkoch, napr. aj v jogurtoch, tabletkách a iných moderných probiotikách, ktoré pomáhajú v čreve tráviť potravu a posilňovať imunitu, ale sú škodlivé pre zuby, ak je poškodená ich sklovina [Gheorge, Crăciun, 2016, 5].

Chemoparazitická teória zubného kazu popisuje, že dobrá ústna hygiena znižuje počet baktérií, kým vhodná diéta bez sacharidov, škrobov (chleba, koláčikov, mlieka) znižuje substráty pre prežitie baktérií. Avšak táto teória nie je dostatočná a ani efektívna, ak chceme predchádzať vzniku zubného kazu. Existujú primitívne národy, ktoré si nečistia zuby ani nedržia diétu, a napriek tomu nemajú kazy, lebo majú dostatok vitamínu K2. Je dokázané, že v slinách ľudí s vysokou hladinou *Lactobacillus acidophilus* (v priemere 323 000 mikroorganizmov na liter) je veľmi účinná liečba vitamínom K2, ktorý sa nachádza v rozpustenom masle, tzv. ghí. Vitamín K2 znížil na 95 % až úplne zničil tieto baktérie, čo sa prejavilo znížením až elimináciou zubného kazu podľa bežne používaných vyšetrovaní. Vitamín K2 mení kvalitu slín tak, že dokážu odolať vzniku a šíreniu zubnému kazu. Pozorované výsledky regenerácie zubov a eliminácie zubného kazu boli ešte lepšie, ak sa s vitamínom K2 podávali v práškovej forme minerály z kostí a zubných čipov. Je zaujímavé, že vitamín K2 existuje v najvyššej koncentrácii v pankrease a v slinných žľazách. Potkany kŕmené vitamínom K1, premenili všetok tento vitamín v slinných žľazách na vitamín K2. Vitamín K2 – menachinón znižuje množstvo baktérie (spôsobujú poškodenie skloviny), aktivuje v dentíne osteokalcín a matrixový gla-proteín. Tieto aktivované proteíny naviažu a uložia do štruktúry zubov vápnik. Vitamíny A, D, K2 z oleja treščej pečene (vitamín A a D) a kravského masla (K2) aj zelenej listovej zeleniny sú nevyhnutné pre liečbu zubného kazu s výnimkou bolestivého zubného kazu. Tieto vitamíny zastavia progres zubného kazu, aktivujú zub pomocou rastu dentínu, remineralizácie a utesnenia vzniknutých poškodení aj trhlín [Southward, 2015, 34].

ZÁVER

Táto práca detailne popisuje jednotlivé zložky zuba a jeho bioanorganické aj bioorganické zloženie. Bioorganická časť má vo vysoko mineralizovanom zube významnú úlohu pri zachovávaní integrity zuba. Správna kombinácia prvkov, vitamínov pochádzajúcich z pestrej stravy a pobytu na slnku sa podieľa na udržaní zdravých zubov, môže zyšovať odolnosť zubov voči vplyvom kyselín, ale aj regenerovať poškodené zuby.

LITERATÚRA

1. **Bergenholtz, G., Horsted-Bindslev, P., Reit, C.:** Textbook of endodontology. Oxford, Blackwell Publishing, 2010, s. 100–102. ISBN: 978-1-4051-7095-6.
2. **do Espírito Santo, A. R., Frozoni, M. R., Ramos-Perez, F. M., Novaes, P. D., Line, S. R.:** Birefringence of the secretory-stage enamel organic extracellular matrix from rats submitted to

proLékaře.cz | 7.11.2026

ČESKÁ STOMATOLOGIE
ročník 117,
2017, 1,
s. 13–23

successive injections of bisphosphonates. Research support. Connect Tissue Res., roč. 51, 2010, č. 3, s. 208–215.
3. **Dorvee, J. R., Gerkowicz, L., Bahmanyar, S., Deymier-Black, A., Veis, A.:** Chondroitin sulfate is involved in the hypercalcification of the organic matrix of bovine peritubular dentin. Research support. Arch. Oral. Bio., roč. 62, 2015, s. 100.
4. **Gallon, V., Chen, L., Yang, X., Moradian-Oldak, J.:** Localization and quantitative co-localization of enamelin with amelogenin. Research support. J. Struct. Biol., roč. 10, 2013, č. 2, s. 239–249.
5. **Gheorghe, S., Crăciun, M.:** Matrix gla protein in tumoral pathology. A longitudinal study. Clujul Med., roč. 89, 2016, č. 3, s. 319–321.
6. **Giacaman, A., Valenzuela-Ramos, R., Muñoz-Sandoval, C.:** In situ anticariogenic activity of free fatty acids after sucrose exposure to oral biofilms formed on enamel. Research support. Am. J. Dent., roč. 29, 2016, č. 2, s. 81–86.
7. **Hark, L., Morrison, G.:** Medical nutrition & disease. Oxford, Wiley-Blackwell, 2016, 600 s. ISBN 978-1405186155.
8. **Herzog, K., Scott, M., Hujoel, P., Seminario, L.:** Association of vitamin D and dental caries in children: findings from the National Health and Nutrition. A longitudinal study. J. Am. Dent. Assoc., roč. 10, 2016, č. 6, s. 147.
9. **Hu, J. C., Hu, Y., Lu, Y., Smith, C. E., Lertlam, R., Wright, J. T., Suggs C., McKee, M. D., Beniash, E., Kabir, M. E., Simmer, J. P.:** Enamelin is critical for ameloblast integrity and enamel ultrastructure formation. Research support. PLoS One., roč. 9, 2014, č. 3, s. 137.
10. **Jaffar, N., Miyazaki, T., Maeda, T.:** Biofilm formation of periodontal pathogens on hydroxyapatite surfaces. Review. J. Biomed. Mater Res. A., roč. 104, 2016, č. 11, s. 98.
11. **Kaidonis, J., Townsend, G.:** The ‚sialo-microbial-dental complex' in oral health and disease. Review, roč. 23, 2016, č. 3, s. 85–89. z ttps://www.ncbi.nlm.nih.gov/labs/articles/25758745/
12. **Kumar, S.:** Textbook of dental anatomy and tooth morphology. New Delhi JAYPEE, 2004, s. 79.
13. **Lee, M. A., Gabe, M. S., Nightingale, M. J., Burke, M.:** Clinical nutrition. St Luise, Elsevier, 2013, s. 206, ISBN 9781439818183.
14. **Letsinger, C., Vellers, L., Granados, Z., Walker, R., Spier, E., Lambertz, I., Fuchs-Young, R., Lightfoot, T.:** The effect of a high fat/high sugar diet and physical activity on body fat percentage and bone mineral density. Supported research. Med. Sci. Sports Exerc., roč. 48, 2016, č. 5, s. 525.
15. **Long, S., Romani, M.:** Role of cellular magnesium in human diseases. A longitudinal study. Austin J. Nutr. Food Sci., roč. 10, 2014, č. 2, s. 10.
16. **Loveren, C., Broukal, Z., Oganessian, E.:** Functional food. Review. Eur. J. Nutr., roč. 51, 2012, č. 10, s. 15–25.
17. **McGuire, J. D., Walker, M. P., Mousa, A., Wang, Y., Gorski, J. P.:** Type VII collagen is enriched in the enamel organic matrix associated with the dentin-enamel junction of mature human teeth. Research support, 2014, z https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24594343
18. **Mellanby, M.:** Dental caries and nutrition. Brit. Dent. J., roč. 62, 2015, č. 19, s. 241–252
19. **Migliorati, A., Madrid, C.:** The interface between oral and systemic health. Research support. Clin. Microbial. Infect., roč. 13, 2007, č. 4, s. 11.
20. **Mikulski, D., Kłosowski, G.:** Evaluation of phytic acid utilization by *S. cerevisiae* strains used in fermentation processes and biomass production. Research. J. Basic Microbiol., 2016.
21. **Nelson, S., Ash, M.:** Wheeler´s dental anatomy, physiology and occlucion. London, Elsevier, 2013, 401 s. ISBN 978-1-4160--6209-7.
22. **Nunes, L., Mussavira, S., Bindhu, O.:** Clinical and diagnostic utility of saliva as a non-invasive diagnostic fluid. Review. Biochem. Med., roč. 25, 2015. č. 2, s. 177–192.
23. **Orstavik, D., Pitt Ford, T.:** Essential endodontology. Prevention and treatment of apical periodontitis. Oxford, Blackwell Munksgaard, 2008, 488 s. ISBN: 978-1-4051-4976-1.
24. **Phillippi, C., Holley, L., Morad, A., Collins, R.:** Prevention of vitamin K deficiency bleeding. Research. 2016, z https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27389610
25. **Prajapati, S., Tao, J., Ruan, Q., De Yoreo, J. J., Moradian-Oldak, J.:** Matrix metalloproteinase-20 mediates dental enamel biomineralization by preventing protein occlusion inside apatite crystals. Biomaterials, roč. 10, 2016, č. 10, s. 260–270.
26. **Rajesh, S., Hegde, S., Kumar, S.:** Assessment of salivary calcium, phosphate, magnesium, pH, and flow rate in healthy subjects, periodontitis, and dental caries. Contemp. Clin. Dent., roč. 6, 2016 č. 4, s. 461–465.
27. **Ruan, Q., Moradian-Oldak, J.:** Amelogenin and enamel biomimetics. Research. J. Mater Chem. B. Mater Biol. Med., roč. 3, 2015, z https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26251723
28. **Shearer, J., Swithers, E.:** Artificial sweeteners and metabolic dysregulation: Lessons learned from agriculture and the laboratory. Review. Rev. Endocr. Metab. Disord., roč. 10, 2016, č. 2, s. 179–186.
29. **Schroth, J., Rabbani, R., Loewen, G., Moffatt, E.:** Vitamin D and dental caries in children. A longitudinal study. J. Dent. Res., roč. 95, 2016, č. 2, s. 6.
30. **Schuurs, A.:** Pathology of the hard dental tissue. Oxford, Wiley, 2013, 446 s. ISBN 9781118702659.
31. **Siddarajaiah, G. R.:** Textbook of dental anatomy, physiology and occlusion. St. Luise, Elsevier, 2014, 401 s., ISBN 97893-502-5940-5.
32. **Silva, O., Bracarense, P.:** Phytic acid: from antinutritional to multiple protection factor of organic systems. Research. J. Food Sci., roč. 81, 2016, č. 6, s. 26.
33. **Sodhi, R. N., Symington, J.:** Penetration of chlorhexidine coating into tooth enamel. A surface analytical study. Biointerphases, roč. 11, 2016, č. 4, s. 4.
34. **Southward, K.:** A hypothetical role for vitamin K2 in the endocrine and exocrine aspects of dental caries. Review. Med. Hypotheses., roč. 84, 2015, č. 3, s. 276–280.
35. **Zhao, C., Zhou, R., Tian, Y., Tang, Y., Ning, H., Liu, H.:** Effects of the nutritional education and dietary intervention on nutritional status and bone mineral density of middle-aged and senile patients with osteoporosis. Randomized controlled trial. Wei Sheng Yan Jiu., roč. 45, 2016, č. 2, s. 230–235.

Korespondující autorka
Doc. RNDr. Vladimíra Tomečková, PhD.
Ústav lekárskej a klinickej biochemie
LF UPJŠ v Košiciach
Trieda SNP 1
040 66 Košice
Slovenská republika
e-mail: vladimira.tomeckova@upjs.sK