

Význam fortifikace potravin vitaminem D

Markéta Tillerová

Bakalářská práce
2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Markéta Tillerová**
Osobní číslo: **T15078**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Význam fortifikace potravin vitaminem D**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. **Charakteristika a metabolismus vitaminu D.**
2. **Vliv vitaminu D na zdraví populace.**
3. **Současný stav příjmu vitaminu D z běžné stravy v ČR.**
4. **Možnosti fortifikace potravin vitaminem D.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] ZEMPLENI, Janos. Handbook of vitamins. 5th ed. Boca Raton: CRC Press, c2014, xii, 593 s. ISBN 978-1-4665-1556-7.

[2] BARREA, Luigi, et al. Low serum vitamin D-status, air pollution and obesity: A dangerous liaison. Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders [online]. 2017, 18(2), 207-214 [cit. 2017-08-24]. DOI: 10.1007/s11154-016-9388-6. ISSN 1389-9155.

[3] RYCHLIK, Michael. Fortified foods with vitamins: analytical concepts to assure better and safer products. Weinheim: Wiley-VCH, c2011, 1 online zdroj (xxii, 292 s.). DOI: 978-3-527-63415-6.

[4] CREVIER, Benoît, Gaétan BÉLANGER, Jean-Christophe VUILLEMARD a Daniel ST-GELAIS. Short communication: Production of cottage cheese fortified with vitamin D. Journal of Dairy Science [online]. 2017, 100(7), 5212-5216 [cit. 2017-08-24]. DOI: 10.3168/jds.2016-12308. ISSN 00220302.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Martina Bučková, Ph.D.**
Ústav technologie potravin

Datum zadání bakalářské práce: **2. února 2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. května 2019**

Ve Zlíně dne 2. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

doc. Ing. Jiří Miček, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 15.5.2019

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na vitamin D a jeho přínos pro lidskou výživu. Popisuje jeho charakteristiku, metabolismus a funkci v lidském organismu. Součástí mé práce je popis významu vitaminu D ve výživě, zdravotní důsledky deficitu a jeho výskyt v potravinách. Další část práce je věnována současnému stavu v příjmu vitaminu D.

V poslední části je popsána fortifikace výrobků vitaminem D a sortiment produktů fortifikovaných vitaminem D dostupných na českém trhu.

Klíčová slova: vitamin D, cholecalciferol, calcitriol, metabolismus, fortifikace

ABSTRACT

The bachelor thesis is focused on vitamin D and its benefits for human nutrition. It describes the characteristic, metabolism and functions of vitamin D in the human body. One part of the thesis describes the importance of vitamin D in nutrition, health impacts of its deficiency and the presence of vitamin D in food. Another part is dedicated to the current situation of vitamin D intake.

The last part gives a description of vitamin D fortification of products and a range of these products fortified with vitamin D available on the Czech market.

Keywords: vitamin D, cholecalciferol, calcitriol, metabolism, fortification

Tímto bych chtěla poděkovat mé vedoucí bakalářské práce, Mgr. Martině Bučkové, Ph.D. za pomoc a odborné vedení, trpělivost a cenné rady, které mi poskytovala v průběhu vypracování mé závěrečné práce.

Dále bych ráda poděkovala mé rodině, která se mnou měla trpělivost a podporovala mě při studiu.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
1 CHARAKTERISTIKA VITAMINU D	10
1.1 HISTORIE VITAMINU D	10
1.2 CHEMICKÁ STRUKTURA VITAMINU D	12
1.2.1 Stabilita vitamínu D	14
1.3 ZDROJE VITAMINU D	14
1.4 METABOLISMUS VITAMINU D.....	15
1.4.1 Syntéza cholekalciferolu v kůži	16
1.4.2 Tvorba kalcitriolu	18
1.4.3 Transport metabolitů vitamínu D v krvi.....	19
1.4.4 Regulace metabolismu vitamínu D	20
1.5 FUNKCE VITAMINU D V ORGANISMU	20
2 VLIV VITAMINU D NA ZDRAVOTNÍ STAV POPULACE	22
2.1 DOPORUČENÁ DENNÍ DÁVKA.....	22
2.2 VITAMIN D U DĚTÍ.....	23
2.3 VITAMIN D U DOSPĚLÉ POPULACE.....	25
2.4 ÚČINKY VITAMINU D	27
2.5 NEDOSTATEK VITAMINU D.....	27
2.6 INTOXIKACE VITAMINEM D	31
2.7 VITAMIN D VE VZTAHU K OBEZITĚ A METABOLICKÉMU SYNDROMU	31
3 SOUČASNÝ STAV PŘÍJMU VITAMINU D Z BĚŽNÉ STRAVY	33
3.1 ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ A NEDOSTATEK VITAMINU D	33
3.2 STAV VITAMINU D U POPULACE V EVROPĚ.....	34
4 POTRAVINY FORTIFIKOVANÉ VITAMINEM D	35
4.1 FORTIFIKACE POTRAVIN	35
4.2 VÝROBKY FORTIFIKOVANÉ VITAMINEM D.....	36
4.2.1 Mléko a mléčné výrobky fortifikované vitamínem D.....	36
4.2.2 Rostlinné alternativy mléka a mléčných výrobků.....	36
4.2.3 Tuky a oleje.....	37
4.2.4 Obilné výrobky.....	37
4.3 VLIV VITAMINU D PŘI VÝROBĚ SÝRŮ COTTAGE A CHEDDAR.....	38
4.4 OSTATNÍ LÁTKY PŘIDÁVANÉ DO POTRAVIN	39
4.5 SOUČASNÝ STAV FORTIFIKOVANÝCH POTRAVIN V SOUVISLOSTI S VITAMINEM D	39
ZÁVĚR	41
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	42
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	48
SEZNAM OBRÁZKŮ	49
SEZNAM TABULEK	50

ÚVOD

V současné době, kdy se neustále zvyšuje životní úroveň, lidé věnují stále více času své práci a svým potřebám. Člověk, který má podávat kvalitní a stabilní výkon, by měl být vyrovnaný jak po psychické, tak i fyzické, respektive zdravotní stránce.

Lidský organismus ovlivňuje mnoho faktorů. V neposlední řadě je to strava, která má na člověka zásadní vliv. Životní styl současné doby je stravování ve fast foodech, případný nákup hotových jídel, která jsou poněkud nevhodná pro zdravý a nutričně vyvážený způsob života. Obsahují velké množství cukrů, tuků, konzervantů apod., tzv. „prázdných kalorií“ s vysokou energetickou hodnotou a minimem živin. Na krátký čas nás tedy zasatí a poskytnou nám energii, tělu ale nedodají žádné vitaminy, minerální látky ani stopové prvky.

Vitaminy jsou esenciální látky organického charakteru, většinu z nich si lidský organismus nedokáže syntetizovat sám, případně pouze v omezené míře. Musí je tedy přijímat převážně ze stravy. Nejsou zdrojem energie [1].

Jelikož kvalita stravování není v České republice ani ve světě optimální, začala se Světová zdravotnická organizace (WHO) na tento problém zaměřovat a pustila se do rozvoje celosvětové kampaně za zlepšování kvality stravování.

Tato práce se zabývá vitamínem D, jeho metabolismem v organismu a vlivem na zdravotní stav člověka. Dále je zde popsána fortifikace potravin vitamínem D, je uveden přehled nejběžnějších potravin fortifikovaných vitamínem D.

1 CHARAKTERISTIKA VITAMINU D

Vitamin D patří mezi vitaminy, které jsou rozpustné v tucích, přispívá k udržení homeostázy vápníku a fosforu v organismu. Má několik forem, každá z nich se do lidského organismu dostává jiným způsobem, respektive má jiný mechanismus tvorby. Řadíme sem skupinu příbuzných lipofilních steroidních látek s antirachitickým účinkem, nazývané jako kalciferoly. Nejvýznamnější z nich jsou ergokalciferol (vitamin D₂) a cholekalciferol (vitamin D₃), které se navzájem liší pouze postranními řetězci [2].

1.1 Historie vitamínu D

Vitamin D, vzhledem k jeho rozsáhlé regulační funkci v metabolismu často označovaný jako hormon, patří k nejstarším molekulám ve vývoji života na této planetě. Jeho nezbytnost se potvrdila v období, kdy se živé organizmy přesouvaly z vod oceánů na souš, a bylo nevyhnutelné, aby jejich tělesná schránka a její opora, ať již vnější ve formě krunýřů, či vnitřní ve formě skeletu, byla dostatečně pevná a odolná. Vznik vitamínu D se datuje do doby asi před 500-750 miliony let. Fytoplankton druhu *Emiliani huxleyi* získal schopnost syntetizovat vitamin D ze slunečního svitu. Klinické projevy jeho nedostatku jsou známy už několik století. Základní projevy rachitidy byly popsány Rössnerem již v roce 1582, souhrnný popis křivice popsal Whistler v roce 1645 [2].

Nedávná historie tohoto vitamínu se začala psát kolem roku 1890, kdy britský epidemiolog Theodore Palm poznamenal, že u dětí žijících v rovníkových zemích se nevyvíjí křivice. To ho vybídlo k tomu, aby kontaktoval další odborníky po celém světě, zdali se v jejich oblastech vyskytuje ve větším rozsahu křivice. Palm přisuzoval značný vliv ve výskytu křivice geografickým rozdílům na naší planetě. Po několika letech Śniadecki vyzoroval, že u polských dětí žijících na venkově se nevyvíjí křivice tolik jako u dětí žijících ve Varšavě. Předpokladem tedy bylo, že zvýšená expozice slunečnímu svitu může bránit u dětí na venkově v rozvoji křivice. Díla Śniadeckého a Palma nebyla brána v potaz až do roku 1918, kdy Sir Edward Mellanby hledal lék pro tuto závažnou nemoc. Experimentoval na malých zvířatech, respektive na psech, které choval v uzavřených místnostech bez dosahu slunečního záření a krmil je potravou, která obsahovala převážně oves. Kombinací nedostatku slunečního světla a výhradně ovesné stravy přivodil křivici. Nemocným psům pak podával olej z tresčích jater, a tím byli během několika měsíců vyléčeni. V následujících letech E.V. McCollum z Univerzity ve Wisconsinu, objevil sloučeninu, která je nyní známá jako vitamin D. McCollum přezkoumal chemické složení

oleje z tresčích jater, protože se domníval, že může zabránit šerosleposti a zlomeninám kostí.

Testoval tuto hypotézu a zjistil, že olej z tresčích jater brání zlomeninám i po zahřátí a okysličení, ovšem to už neplatilo u šerosleposti. Bylo vyhodnoceno, že jde o dvě různé aktivní látky. Jedna sloučenina se později pojmenovala jako vitamin A, druhá jako vitamin D. Až do roku 1937 byl používán olej z tresčích jater jako prevence před krivicí.

V roce 1937 Windaus identifikoval 7-dehydrocholesterol jako prekurzor vitamínu D₃, který byl izolován ze zvířecí kůže. Za tento objev obdržel Nobelovu cenu, jelikož prověřil, že expozice ultrafialovému záření je zodpovědná za syntézu vitamínu D. Zároveň se také začala zkoumat role slunečního záření v oblasti prevence rakoviny. Pozorování proběhla víceméně bez povšimnutí a další význam v této oblasti stagnoval až do roku 1970, kdy organizace NCI zveřejnila první mapy úmrtnosti na rakovinu. Cílem bylo co nejlépe vyhodnotit zeměpisné rozložení úmrtnosti na rakovinu ve Spojených státech amerických a identifikovat oblasti s výraznou mírou výskytu. Bratři Garlandovi (1974) z Johns Hopkins Univerzity si všimli silného gradientu zeměpisné šířky na úmrtnost. V důsledku rakoviny tlustého střeva (kolorektálního karcinomu) v USA zjistili, že úmrtnost byla mnohem vyšší v severovýchodní a severní části země než na jihu a jihozápadě. Toto pozorování vedlo k předpokladu, že rozdíly v expozici ultrafialovému záření ovlivňují hladinu vitamínu D v organismu a jeho nízké hodnoty mohou mít za následek zvýšené riziko vzniku rakoviny tlustého střeva. Myšlenka, že rakovina může být způsobena nedostatkem vitamínu D, byla odvážná na rozdíl od tehdejší převládající teorie. Ve snaze otestovat jejich domněnky byl v roce 1980 publikován článek v *International Journal of Epidemiology* o vztahu mezi vitamínem D, vápníkem a rakovinou tlustého střeva. Otestovat uvedené hypotézy bylo dalším krokem. Následovaly studie, při kterých se mužům podával per os vitamin D. Hlavním objevem bylo, že muži kteří konzumovali minimálně 150 IU vitamínu D denně, měli pouze poloviční riziko vzniku rakoviny tlustého střeva, než muži kteří vitamin D konzumovali sporadicky. Později Lipkin a Newmark (1985) zveřejnili studie popisující ochranný účinek vápníku na kolorektální karcinom v *New England Journal*. Studie byly zaměřeny převážně na vápník. Význam vitamínu D byl podstatný, jelikož ovlivňuje vstřebávání vápníku v těle. Následující výzkumy potvrdily, že vliv vápníku a vitamínu D při snižování rizika rakoviny tlustého střeva je významný [3].

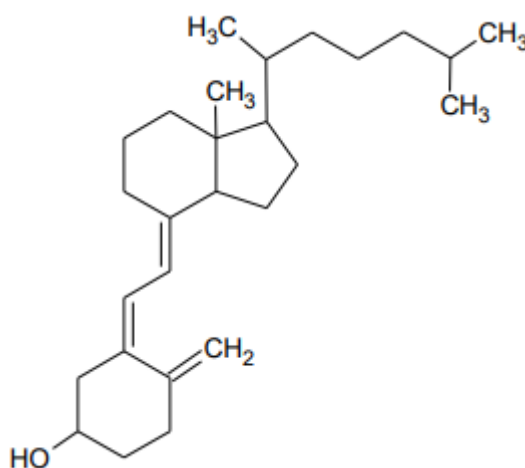
1.2 Chemická struktura vitamínu D

Vitamin D vzniká ze steroidních hormonálních prekurzorů (kalciferolů) a obvykle se vyskytuje ve dvou nejvýznamnějších formách - jako ergokalciferol a cholekalciferol. Ergokalciferol (*obr. 1*), označovaný jako vitamin D₂ (9,10-seko-10 Δ ^{10(19),5,7,22}-ergostatetraen-3 β -ol), sumární vzorec C₂₈H₄₄O, molekulová hmotnost: 396,6 g/mol je rostlinného původu, jeho prekurzorem je ergosterol. Do lidského organismu se dostává stravou. Je často používán jako doplněk stravy. Cholekalciferol (*obr. 2*), označovaný jako vitamin D₃ (9,10-seko- Δ ^{10(19),5,7}-dehydrocholestatrien-3 β -ol), sumární vzorec C₂₇H₄₄O, molekulová hmotnost: 384,6 g/mol vzniká ze 7-dehydrocholesterolu.

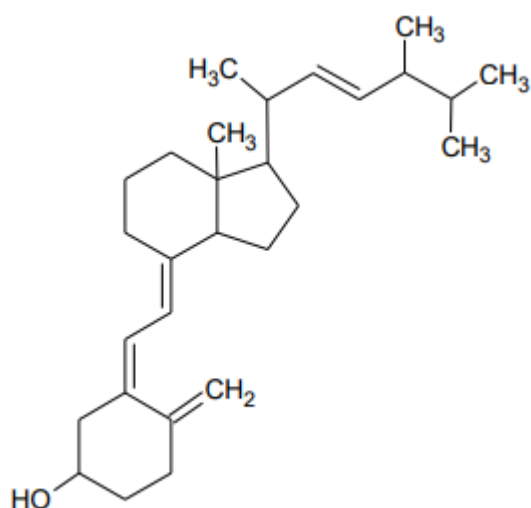
Mezi provitaminy D patří cyklopentaperhydrofenanthreny s C-18 a C-19 methylovými skupinami, C-3 hydroxylovou skupinou a C-5(6), C-7(8) systémem konjugovaných dvojných vazeb v kruhu B, které se vzájemně liší délkou a uspořádáním postranního řetězce v poloze C-17. Provitamin D₂ je ergosterol (*obr. 4*), a provitamin D₃ je 7-dehydrocholestetrol (7-procholesterol) zobrazen na (*obr. 3*). Je živočišného původu, suchozemští obratlovci jej vytvářejí více než 500 milionů let [5].

Nomenklatura vitaminů D:

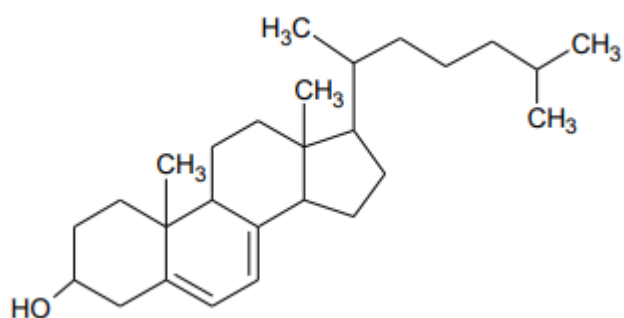
- vitamin D₁ - molekulárně složený z ergokalciferolu s lumisterolem (1:1)
- vitamin D₂ - ergokalciferol nebo kalciferol (z ergosterolu)
- vitamin D₃ - cholekalciferol (pochází z 7-dehydrocholesterolu v kůži)
- vitamin D₄ - 22-dihydroergokalciferol
- vitamin D₅ - sitokalciferol (ze 7-dehydrositosterolu) [4].



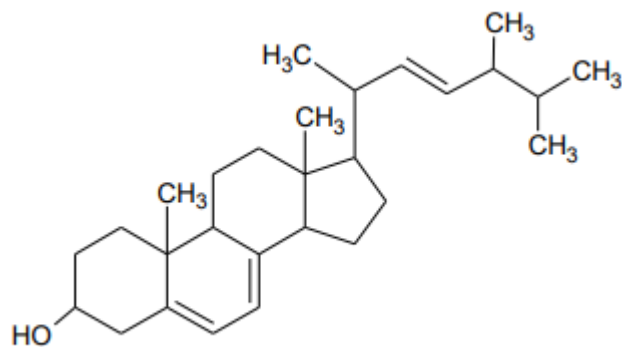
Obr. 1 Chemická struktura ergokalciferolu [5].



Obr. 2 Chemická struktura cholecalciferolu [5]



Obr. 3 Chemická struktura 7-dehydrocholestetrolu [5].



Obr. 4 Chemická struktura ergosterolu [5].

1.2.1 Stabilita vitamínu D

Vitamin D₃ je velmi stabilní sloučenina v redukujících agens, v zásadách má omezenou stabilitu a naopak velmi labilní je v přítomnosti kyselin, iontů kovů, oxidačních agens, v přítomnosti světla a při 100°C. Vitamíny D jsou nepatrně citlivé na teplo a vzduch, kdy dochází ke katalýze vedoucí k izomerizaci a současně k oxidaci molekuly.

1.3 Zdroje vitamínu D

Hlavním zdrojem tohoto vitamínu je tedy ozáření sluncem (insolace), současně je však vitamin D₂ a D₃ obsažen v rostlinných a živočišných produktech. Ergokalciferol se vyskytuje v rostlinných surovinách, především v kokosovém mléce, ostatní rostliny obsahují pouze nevýrazné množství tohoto vitamínu. Cholekalciferol je intenzivně zastoupen hlavně v živočišných potravinách. Eminentní množství obsahují především játra, ryby (typicky makrela, losos), oleje z rybích jater, rybí tuk a také vaječný žloutek. Dostatek 25-hydroxyvitamínu D je také v mase. Resumé v mléku a másle závisí na ročním období, jelikož při pastvě krav na denním světle se zvyšuje produkce cholekalciferolu, z toho plyne i jeho vyšší obsah v mléce. V zimních měsících obsah cholekalciferolu v mléce klesne dokonce i čtyřikrát než je tomu v letním období. Průměrný obsah vitamínu D v potravinách je uveden v tabulce 1 [5, 6, 8].

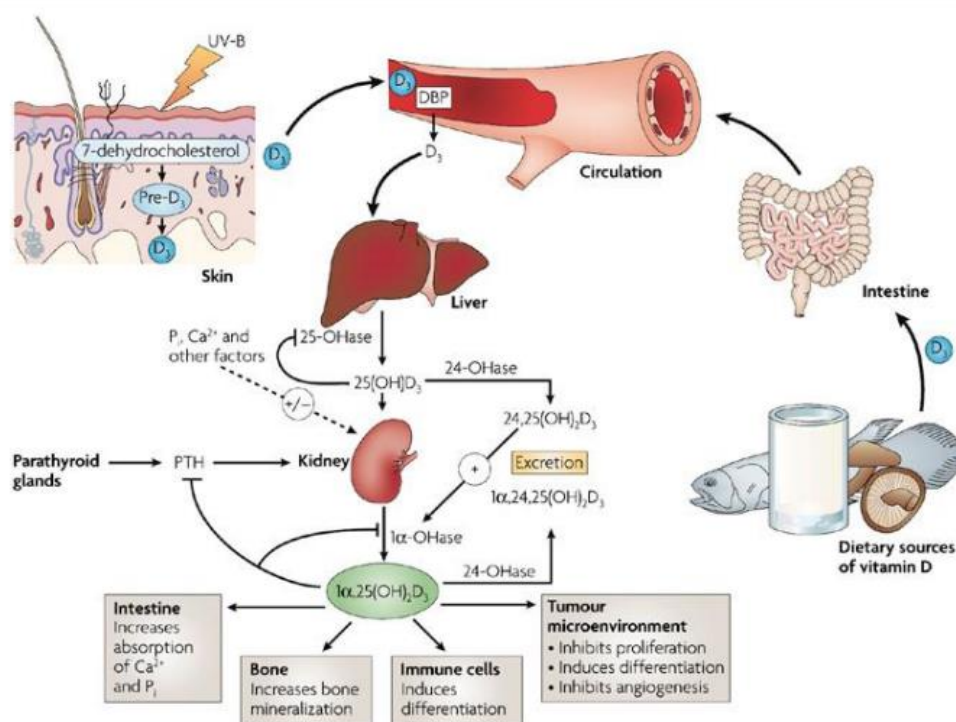
Působením slunečního svitu vzniká v houbách ergokalciferol z provitaminu ergosterolu, a to obvyklým způsobem jako vzniká cholekalciferol ze svého provitaminu. Pěstované žampiony mají nápadně nižší obsah ergokalciferolu (asi 2 µg/kg) než divoce rostoucí houby (rovněž liška obecná má obsah ergokalciferolu kolem 130 µg/kg). Množství produkce ergokalciferolu u hub obecně závisí na sledu faktorů, kterými jsou klimatické podmínky, barva třeně houby aj. Ergosterol je klíčovým steroidem plísní, kvasinek a námelu, proto je přirozeně obsažen v plísňových sýrech a v droždí, kde se obsah ergosterolu v kvasinkách *Saccharomyces cerevisiae* pohybuje v širokém rozmezí (600 až 1500 µg/kg) [5].

Tab. 1: Obsah kalciferolů v potravinách [6]

Potravina	Obsah kalciferolů μg/100g	Potravina	Obsah kalciferolů μg/100g
Játra hovězí syrová	1,13	Halibut v oleji	3500
Játra vepřová syrová	1,13	Krab	3,75
Vaječný žloutek	7,50	Losos sterilovaný	7,85
Mléko	0,11	Makrela čerstvá syrová	27,5
Máslo	2,3	Rybí tuk	250
Smetana	0,43	Sardinky	34,5
Sýr	0,83	Sleď	8,25
Kakaový prášek	75,0	Tuňák	5–8
Hřiby	2,10	Kukuřičný olej	0,22
Žampiony	0,53 – 1,58	Karotka	0,07

1.4 Metabolismus vitamínu D

Vitamin D je převážně syntetizován v kůži nebo může být přijímán se stravou a do krevního oběhu vstupuje částečně navázan na vitamin D-vázací protein (DBP) [9]. Působení vitamínu D v lidském organismu je znázorněno na obrázku 5.

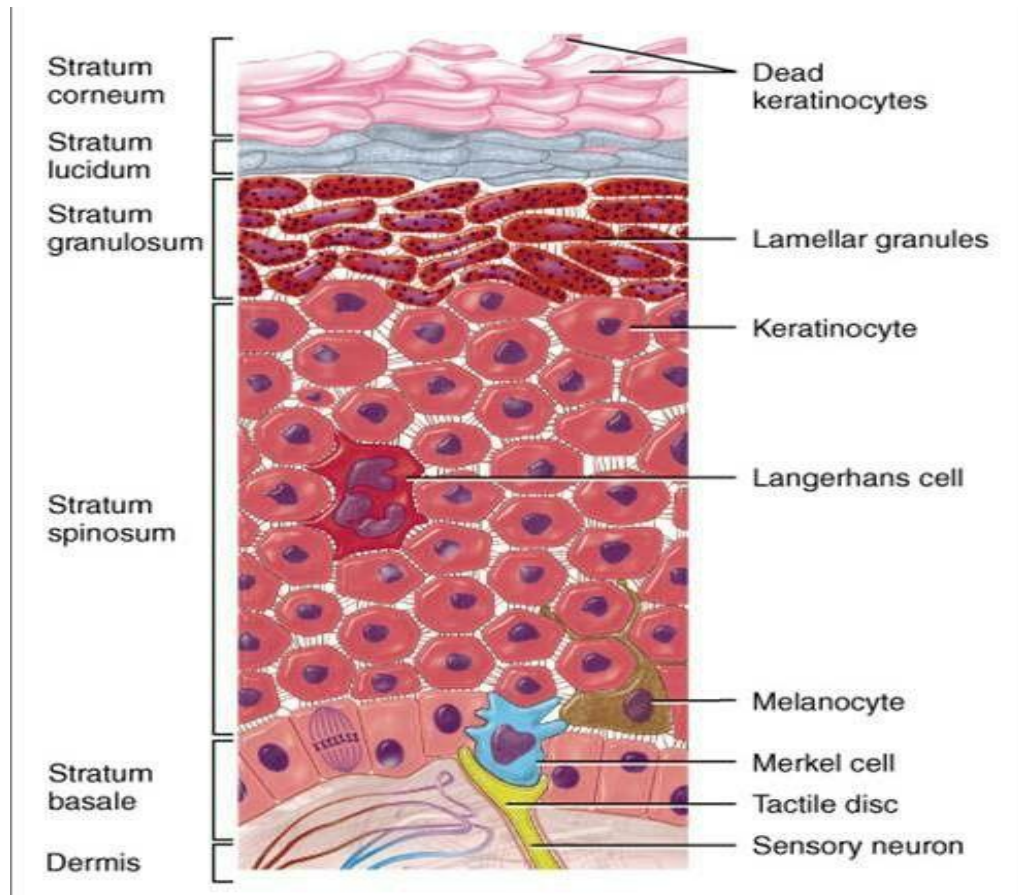


Obr. 5 Vitamin D v organismu [10]

1.4.1 Syntéza cholecalciferolu v kůži

Kůže je složena ze dvou elementárních vrstev: vnitřní vrstva pojmenovávaná jako škára (dermis), složená především z pojivové tkáně, a vnější tenčí vrstvy nazývané jako pokožka (epidermis). Epidermis tvoří následujících pět vrstev: stratum corneum, stratum lucidum, stratum granulosum, stratum spinosum a nejničtější stratum basal [11]. Znázorněno na obrázku 6.

Fotochemickou reakcí vzniká v kůži vitamin D₃ ze 7-dehydrocholesterolu. Nejvyšší koncentrace 7-dehydrocholesterolu se nachází v epidermální vrstvě kůže ve stratum spinosum a nejničtější stratum basale. Produkce provitaminu D₃ je podstatná v těchto dvou vrstvách, naopak v ostatních vrstvách je poněkud snížena [12].



Obr. 6 Vrstvy pokožky [15]

Když je lidská kůže vystavena slunečnímu záření, UVB fotony pronikají do epidermální vrstvy a jsou absorbovány 7-dehydrocholesterolem, který je přítomen v plazmatické membráně. Absorpce těchto energií transformuje 7-dehydrocholesterol na previtamin D₃. Jakmile je vitamin D₃ vytvořen, je z plazmy vyloučen membránou do extracelulárního prostoru, kde je natažen do dermálního kapilárního lůžka proteinem vázajícím vitamin D.

Cokoliv, co ovlivní počet UVB fotonů, které zasáhnou lidskou kůži, může mít dramatický dopad na fotosyntézu previtaminu D₃. Významnými faktory jsou kvalita a intenzita UVB záření, ozónová vrstva a mraky absorbující UVB světlo. Vymežující je při produkci vitaminu D₃ v kůži výskyt melaninu. Ten zastává funkci jako sluneční filtr v kůži, jeho koncentrace souvisí se schopností UVB světla, pronikat vrstvami kůže, a tím dopadnout až na 7-dehydrocholesterol obsažený ve stratum basale a stratum spinosum. Množství 7-dehydrocholesterolu (kolem 25-50 mg/cm² kůže) dostupné ve stratum spinosum a stratum basale je dostačující pro pokrytí potřeb vitaminu D, a proto obsah melaninu

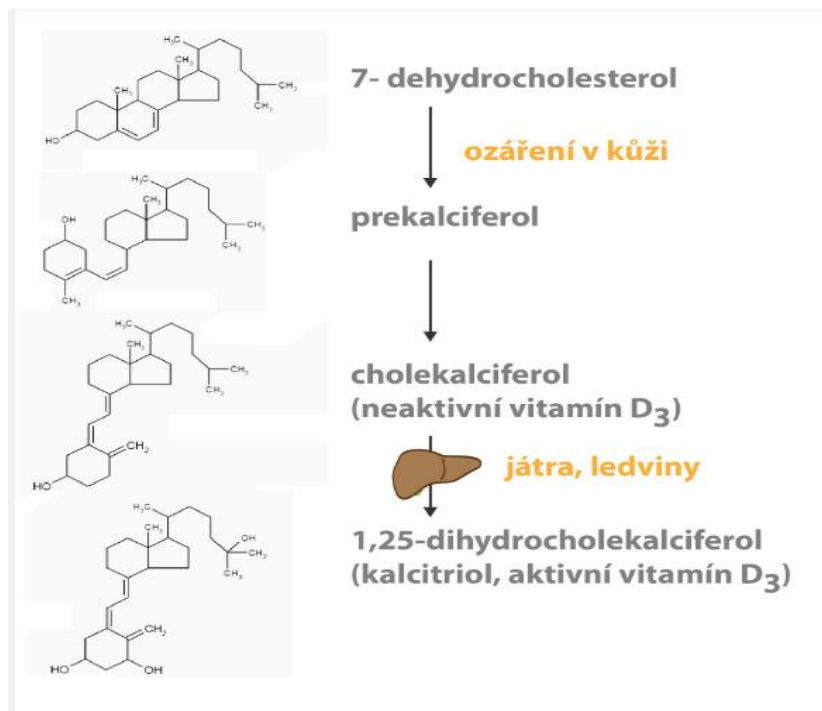
ovlivňuje množství vitamínu D, které může být získáno. Osoby s vyšším obsahem melaninu v kůži potřebují delší pobyt na slunci k produkci stejného množství vitamínu D než jedinci s nižším obsahem melaninu. V buňkách pokožky vzniká z provitaminu D₃ jako meziprodukt nejprve tzv. previtamin D₃ (vykazující cca 35 % aktivity cholekalciferolu), který spontánně isomeruje za migrace vodíku na cholekalciferol.

1.4.2 Tvorba kalcitriolu

Cholekalciferol a jeho metabolity cirkulují v krvi navázané na specifický globulin krevní plasmy DBP.

V játrech dochází k hydroxylaci cholekalciferolu na 25-hydroxycholekalciferol, který se při následující hydroxylaci v ledvinách přemění na aktivní metabolit, 1,25-dihydroxycholekalciferol (kalcitriol), odpovědný za zvýšenou absorpci vápníku. V krevním séru je jeho koncentrace relativně nízká (méně než 20 nmol/l) [12, 13].

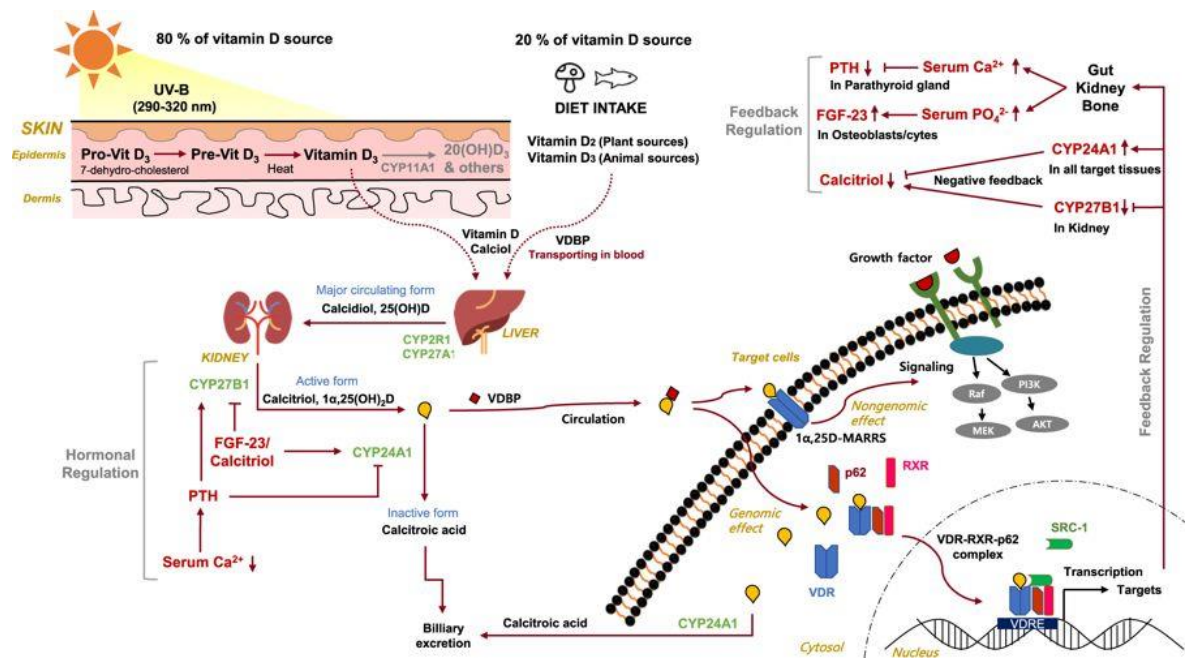
Reakce vyžaduje hořčík, NADPH, molekulární kyslík a dosud nepopsaný cytoplazmatický faktor. Produkce kalcitriolu je regulována vlastní koncentrací, hormonem příštítných tělísek a hladinou fosfátů v séru. Vzniklý produkt 1,25-dihydroxycholekalciferol je nejvýznamnější formou vitamínu D v krevním oběhu a také tvoří majoritní podíl jaterních zásob tohoto vitamínu. 1,25-dihydroxycholekalciferol může být hydroxylován také na uhlíku 24 mitochondriálním enzymem přítomným v ledvinových tubulech, střevu, chrupavce a placentě. Plazmatická hladina je považována za indikátor dostupnosti vitamínu D v organismu. V adipózní a svalové tkáni se ukládá vitamin D, který není metabolizován [14]. Samozřejmě, že závažné onemocnění jater nebo ledvin povede k poklesu tvorby aktivního vitamínu D s následnou hypokalcémií [20]. Syntéza je znázorněna na následujícím obrázku 7.



Obr. 7 Syntéza vitaminu D [16]

1.4.3 Transport metabolitů vitaminu D v krvi

Vitamin D je ze střeva absorbován, nejprve je zapojen do chylomikronů a lymfatickým systémem přenašen do jater. Při potravě chudé na tuky nebo při jejich zhoršeném vstřebávání dochází i ke zpomalení vstřebávání vitaminu D. 25-OH vitamin D₃ i ostatní metabolity podléhají enterohepatálnímu oběhu. Lipofilní molekuly vitaminu v plazmě jsou přenášeny k cílovým tkáním transportními bílkoviny. Nejdůležitější z nich jsou α -1-globulin a vitamin D vázající protein - transkalciferin, který je součástí frakce lipoproteinů VLDL. DBP se vyznačuje vysokou afinitou zvláště pro 25-OH vitamin D₃ a 24,25(OH)₂ vitamin D₃. Naopak poměrně slabě váže 1,25(OH)₂ vitamin D₃, čímž se tento hormon stává biologicky snadno dostupným. Systém vazebných bílkovin umožňuje cirkulaci aktivních metabolitů vitaminu D v krevním oběhu, přičemž přibližně polovina 25-OH vitaminu D₃ je vázána na transkalciferin. Metabolity vitaminu D jsou ke tkáním přenášeny i albuminem a lipoproteiny, na něž se však vážou s nižší afinitou [19]. DBP je syntetizován v játrech. Produkce proteinu je stimulována estrogeny (mj. také při užívání hormonální antikoncepce a během těhotenství) a klesá při onemocnění jater, nefrotickém syndromu a malnutrici. Za fyziologického stavu je obsazeno méně než 5 % celkového DBP [18]. Přehled metabolismu vitaminu D znázorněn na obrázku 8.



Obr. 8 Přehled metabolismu vitamínu D [17]

1.4.4 Regulace metabolismu vitamínu D

Metabolismus vitamínu D je regulován faktory, které odpovídají na plazmatické koncentrace vápníku a fosfátů. Calcitriol redukuje svou vlastní syntézu indukcí 24-hydroxylasy a represí 1-hydroxylasy v ledvinách. Koncentrace 1,25(OH)₂ vitamínu D₃ je zvýšena v těhotenství, a to nejen v důsledku vysokých hladin vazebných bílkovin, ale i proto, že je tento metabolit syntetizován v placentě konverzí prekursoru 25-OH vitamínu D₃, který prochází placentou [18].

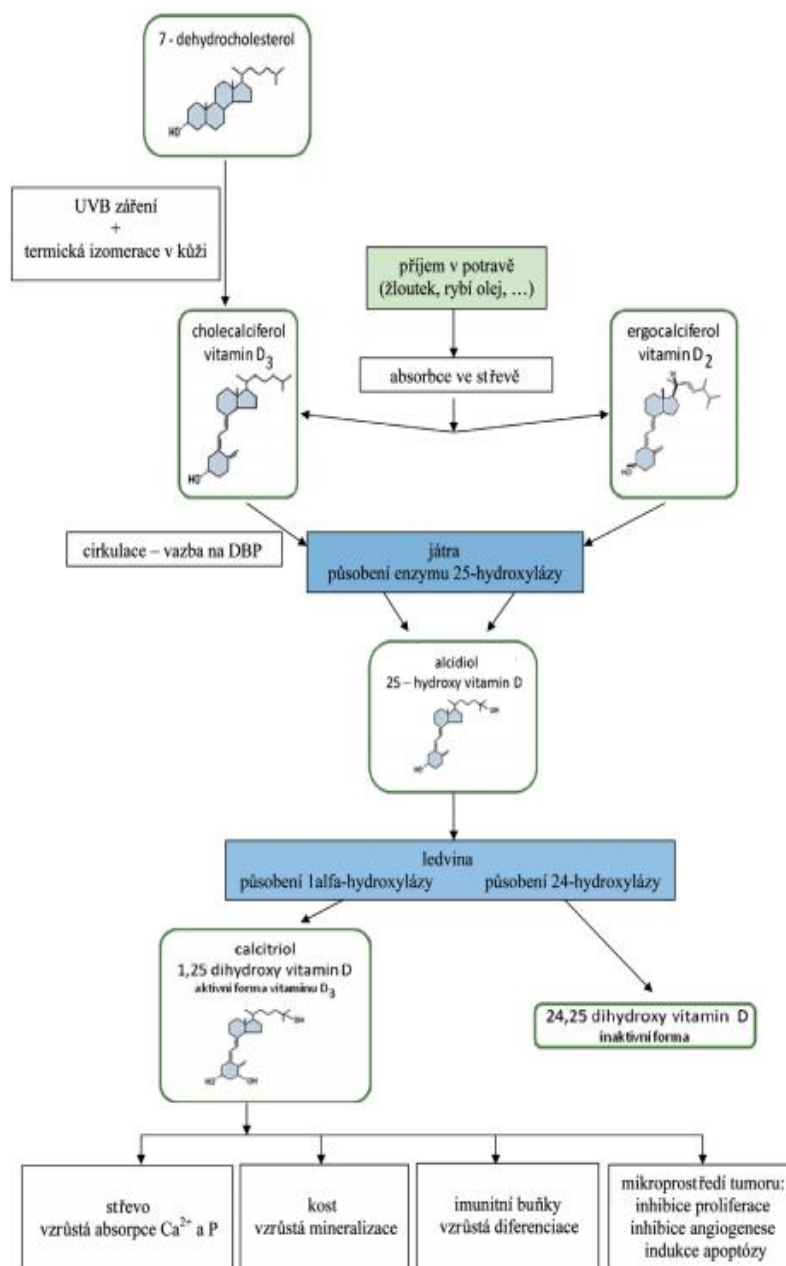
1.5 Funkce vitamínu D v organismu

Hlavní funkcí vitamínu D je kontrola homeostázy vápníku a udržení plazmatické koncentrace vápníku.

Calcitriol toho dosahuje třemi danými způsoby:

- zvyšuje vstřebávání vápníku ve střevě
- redukuje vylučování vápníku (stimulací resorpce v distálních tubulech ledvin)
- mobilizuje kostní minerály.

Kalcitriol dále ovlivňuje sekreci inzulínu, syntézu a sekreci parathyroidních a thyroïdních hormonů, inhibici produkce interleukinů aktivovanými T-lymfocyty a imunoglobulinů aktivovanými B-lymfocyty, diferenciaci prekurzorových buněk monocytů a moduluje buněčnou proliferaci. Ve spoustě případů působí jako steroidní hormon vazbou na jaderné receptory s následným zesílením genové exprese, přenašeče vápníku ve stěvní sliznici ovlivňuje velmi rychle. Nehydroxylované formy vitamínu D jsou ukládány v tukové tkáni [14]. Schéma působení vitamínu D v těle znázorněno na obrázku 9.



Obr. 9 Schéma metabolismu a působení vitamínu D v těle [18]

2 VLIV VITAMINU D NA ZDRAVOTNÍ STAV POPULACE

Vitamin D je považován jako zásadní pro zdravý vývoj i následný metabolismus kostní tkáně. Tento vitamin zasahuje do mnoha dalších dějů v organismu. Velmi důležitá je interakce mezi vitaminem D a imunitním systémem. Vitamin D má vliv na autoimunitu a ovlivňuje odolnost proti bakteriálním infekcím. Snížená saturace vitaminem D hraje důležitou roli v kardiovaskulárních a onkologických onemocněních. Snížená hladina tohoto vitaminu je velmi významným rizikovým faktorem u zlomenin starších jedinců. Na tomto riziku se podílí jak osteoporóza, tak i úbytek svalové tkáně. Odpovídající suplementace je tedy jedním z nejdůležitějších cílů v oblasti farmakologie [21].

2.1 Doporučená denní dávka

U dětí do šesti měsíců věku se pohybuje denní dávka ve výši 7,5 µg. Od půl roku do deseti let je to 10 µg/den. Osoby od 11 do 24 let věku potřebují 10 µg/den. Množství potřebného vitaminu D pro dospělého člověka je závislé na jeho věku a pochopitelně na intenzitě ozařování pokožky; v průměru 5 µg.

Výjimku tvoří těhotné a kojící ženy, kde je doporučována dávka 10 µg/den. Jedná se vždy o celkovou denní dávku. Denní dávka zmiňovaného vitaminu by ale neměla překročit pětinásobek DDD, tedy 25 µg/den = 1000 IU [22].

Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA) doporučuje příjem vitaminu D u seniorů ve výši 15 µg/den, v aktualizovaných Referenčních hodnotách pro příjem 15 živin (DACH) se dokonce uvádí doporučený příjem 20 µg vitaminu D/den. Často se lze setkat s tím, že množství vitaminu D je uváděno v tzv. IU (International Units, mezinárodních jednotkách). Hodnoty v jednotkách IU jsou získány přepočtem: 1 µg (mikrogram) = 40 IU. [50].

Vitamin D má mezi ostatními vitaminy zvláštní postavení, není nutné ho vždy dodávat stravou, protože si ho tělo dokáže syntetizovat samo. Doporučené denní dávky představují pouze množství podávané per os. Při dostatečné expozici slunečního záření není perorální příjem zapotřebí [5]. K vytvoření dostatečného množství stačí denně cca 15 minutová expozice rukou a obličeje slunci během letních měsíců. Podmínkou je ovšem nepoužívat žádné krémy s protektivním faktorem. Následně je tento vitamin vytvořený v letních měsících uchováván v játrech [23].

Vnější potřeba vitamínu D závisí na geografických a klimatických faktorech.

Suplementace vitamínem se doporučuje v severních zeměpisných šířkách, kde se vyskytuje slabá ultrafialová radiace, a v industriálních aglomeracích, kde je úroveň ultrafialového záření snížena. Zajímavé je, že i při dlouhodobé expozici slunečnímu záření se lidský organismus nepředává vitamínem D, jelikož při maximální dávce tělo aktivuje obranný mechanismus, který zabrání následné syntéze vitamínu D. Vitamin D₂ se po požití v lidském těle mění na lépe vstřebatelný D₃. Vitamin D₂ není příliš vhodný jako doplňující vitamin D, jelikož jeho absorpcí je tělo zatíženo daleko více než při užití vitamínu D₃. Dále jsou nutné vyšší dávky a to až 3-4x násobné této sloučeniny, abychom do těla dostali dostatečné množství vitamínu D. [7].

V některých zemích, kde je přísun vitamínu D v potravinách nízký, se vybrané potraviny fortifikují (viz kap. 4) [5].

V tabulce 2 jsou uvedeny věkové skupiny a jejich adekvátní denní příjem vitamínu D v IU a ty jsou přepočteny na µg.

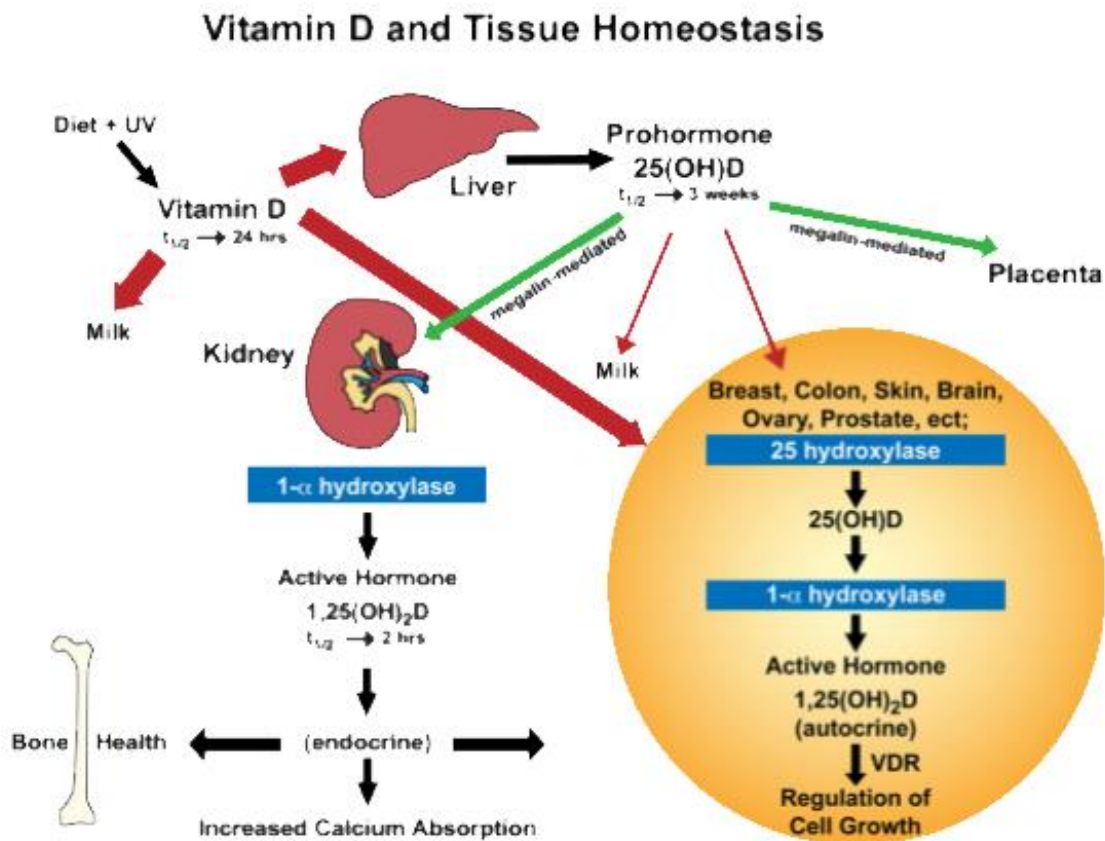
Tab. 2 Adekvátní denní příjem vitamínu D [24]

Děti do jednoho roku	400 IU	cca 5 – 7,5 µg
Děti do 13 let	600 IU	cca 10 - 15 µg
Adolescenti 14–18 let	600 IU	cca 10 – 15 µg
Dospělí	600 IU	cca 5 - 15 µg
Senioři	800 IU	cca 15 - 20 µg
Těhotné a kojící ženy	600 IU	cca 10 - 15 µg

2.2 Vitamin D u dětí

Význam vitamínu D pro zdraví je od prenatálního období, kdy je dostatečnost vitamínu D u matky důležitá pro normální vývoj plodu. Deficit vitamínu D v tomto období může vést k zvýšenému riziku chronických onemocnění (včetně diabetes mellitus 1. typu, onemocnění dýchacích cest atd.) v pozdějším věku. Během těhotenství kalcitriol placentu

nepřestupuje, ale 25(OH)D však ano. Dostatečná saturace mateřského organismu vitamínem D je v těhotenství pro první měsíce postnatálního života dítěte rozhodujícím faktorem. Nejvíce ohroženou skupinou jsou předčasně narozené děti [24]. Metabolismus vitamínu D v období gravidity je znázorněn na obrázku 10.



Obr. 10 Metabolismus vitamínu D během těhotenství. [27].

Předpokládá se, že mateřský 25(OH)D volně přechází přes lidskou placentu. Placenta exprimuje receptory vitamínu D (VDR) a také produkuje 1-OHázú, která převádí 25(OH)D na 1,25(OH)₂D. 1,25-dihydroxyvitamín D neprochází placentou snadno a hladiny fetálního 1,25(OH)₂D jsou obvykle nižší než hladiny v séru matky [27].

V naší republice je snaha zavést preventivní programy vedoucí k minimalizaci následků deficitu vitamínu D. Způsob života a stravovacích návyků vedl u dětí a adolescentů ke zvýšení rizika vzniku kostních i mimokostních patologických stavů v důsledku

nedostatečné sérové koncentrace 25(OH) vitamínu D či jeho úplného deficitu. U skupiny 941 dětí ze Zlínského kraje ve věku 5 až 18 let bylo zjištěno, že 25–30 % dětí má koncentraci sérového 25(OH)D nižší než 75 nmol/l a z toho až 10 % se nachází v pásmu těžkého deficitu (tj. 25(OH)D < 30 nmol/l) [25].

Z mezinárodní shody z roku 2016 vyplývají doporučení pro suplementaci vitamínu D podávaného v dávce minimálně 400 IU/den u všech dětí ve věku do jednoho roku, starší děti by měly mít denní přísun vitamínu D minimálně 600 IU, pokud ho nemůžeme obstarat stravou, měl by být dostačující příjem vitamínu D zabezpečen potravinovými doplňky. Zvláštní skupinu tvoří děti se zvýšeným rizikem deficitu [26].

Působení aktivního vitamínu D má vliv na vývoj dětského organismu. Dělíme ho do pěti okruhů. V prioritním, kalciumfosfátovém okruhu je vitamin D významný hlavně v oblasti kostní modelace, neméně důležitý je i pro vývoj a kvalitu svalového systému. Významnou roli hraje v imunitním okruhu, kde se angažuje v kaskádě přirozených obranných aktivit, v antimikrobiálních reakcích a brání přesmyku do autoimunity. V okruhu metabolickém přispívá ke správné funkci betabuněk pankreatu a brání rozvoji inzulinové rezistence, což je aktuální především u obézních dětí. Pomáhá také k udržení normálního krevního tlaku i morfologické a funkční kvality cévní stěny. Mladý jedinec má dostatek kožního 7-dehydrocholesterolu, takže při přiměřené expozici slunci je schopen si prohormon cholekalciferol vytvořit dostatečně. V období od října do dubna je u nás dostupnost UVB spektra slunečního záření nízká, takže to je období, kdy je doporučována u rizikových dětí a dospívajících suplementace vitaminem D. Dávka 500 - 1 000 IU cholekalciferolu denně nebo kumulovaná do podání jednou týdně je bezpečná [25].

2.3 Vitamin D u dospělé populace

Mladší jedinci, jejichž přirozený enzymatický aparát v kůži je plně funkční, získávají vitamin D ze slunečního záření, jak již bylo zmíněno výše. Vitamin D₃ cholekalciferol se tvoří v kůži ultrafialovým slunečním zářením o vlnové délce 290 – 315 nm. Dochází ke vzniku previtaminu D₃ ze 7-dehydrocholesterolu v buňkách v hlubokých vrstvách kůže. Pod vlivem teploty se tento previtamin D₃ mění na vitamin D₃ (cholekalciferol). V případě velké expozice kůže slunci je previtamin D₃ transformován do neaktivních substancí lumisterol a tachysterol, takže není možné se intoxikovat dlouhou silnou expozicí slunci.

Je tedy nutné připomenout, že prevalence ultrafialového slunečního záření závisí na úhlu, který svírá slunce a zemský povrch. Je známo, že osoba se světlou kůží je schopna vytvořit kolem 10 000 IU vitamínu D₃ při expozici tváře, těla a rukou slunci po dobu 20 až 30 minut. V zimě ve stejné denní době a při stejných podmínkách slunění je třeba 20 hodin, 6 % těla ozářeného erytérovou dávkou slunečního záření se rovná 600 až 1 000 IU vitamínu D podaného per os. Je třeba vzít v úvahu, že při stejné expozici slunci je velký rozdíl mezi jednotlivými osobami. Osoba s tmavou kůží potřebuje být daleko déle exponována slunci než osoba s kůží světlou (viz kap. 1.4.1). Ve stáří dochází ke zmenšení schopnosti kůže tvořit vitamin D snížením kožních zásob 7-dehydrocholesterolu. Jen 10 – 20 % cirkulujících forem vitamínu D pochází ze stravy. Poločas cirkulujícího kalcidiolu je 24 hodin, zatímco poločas kalcitriolu je pouze několik hodin [28].

Kritický nedostatek vitamínu D v naší starší populaci je hodnocen pomocí koncentrace kalcidiolu 25(OH)D. Insuficience vitamínu D, která se často objevuje u starých osob s osteoporózou, může být hodnocena podle sérové koncentrace kalcidiolu. Hodnota kalcidiolu menší než 25 nmol/l (10 ng/ml) je posuzována jako závažný nedostatek vitamínu D. Za mírný nedostatek je považována hodnota 10–20 ng/ml (25–30 až 50 nmol/l). Nedostatečnost je pak představována hodnotou 20–30 ng/ml (50–70 nmol/l). I vyšší hodnoty kalcidiolu – do 20 ng/ml – jsou nedostatečné pro správnou mineralizaci kosti. Pokles koncentrace vitamínu D pod 12 ng/ml vede k poklesu svalové síly. Vitamin D snižuje u starých osob riziko pádu o více než 20 %. Dávka vitamínu D nutná k prevenci pádů je přinejmenším 800 IU/den. Pro optimální svalovou sílu u aktivních, ale i neaktivních pacientů je nutné dosáhnout koncentrace kalcidiolu alespoň 50 nmol/l, tj. 20 ng/ml [29].

Sérová koncentrace kalcidiolu vyšší než 75 nmol/l (30 ng/ml) koreluje se snížením výskytu osteoporotických zlomenin a pádů, s vyšší kostní denzitou a lepším stavem zubů [30]. Různé odborné společnosti udávají rozdílné cílové hodnoty pro adekvátní zásobení vitamínem D. Endokrinní společnost doporučuje screening pouze u některých rizikových skupin. Nutnost suplementace vitamínu D vidí Endokrinní společnost při koncentraci 25(OH)D nižší než 50 nmol/l. Protože jednotlivé laboratoře udávají hodnoty kalcidiolu v ng nebo v nmol/l. Je nutné použít přepočtový koeficient (1 ng/ml = 2,5 nmol/l; 1 mg = 40 000 IU). Optimální hodnota kalcidiolu je definována jako koncentrace kalcidiolu, která maximálně potlačuje sérovou koncentraci parathyroidního hormonu (PTH) [31].

Intoxikace vitamínem D je pak definována jako koncentrace kalcidiolu > 150 ng/ml. Koncentrace 800 IU vitamínu D na den je považována za dostačující pro správný stav kosterního systému [32].

2.4 Účinky vitamínu D

K základním účinkům vitamínu D patří jeho vliv na resorpci kalcia a fosforu střevem, regulace stálosti těchto prvků v organismu a kontrola kostní mineralizace. Má pozitivní účinek na svalovou hmotu, zvyšuje syntézu svalových proteinů, ovlivňuje transport kalcia a fosforu skrze buněčné membrány, metabolismus fosfolipidů a kontraktilních vláken svalů, funkci imunitního systému a reguluje velký počet genů [33].

Vitamin D slouží jako signální molekula mezi buňkami, a tím kontroluje kolem 200 genů účastnících se buněčné diferenciace, replikace a imunity. Kalcitriol se váže na jaderný receptor (VDR). Ten je ve všech tkáních stejný neboli kalcitriol se může vázat na VDR kdekoli, kde je receptor exprimován. To je pak příčinou velkého zájmu o účinky vitamínu D mimo jeho klasické působení. Výčet procesů, které vitamin D reguluje je velmi rozsáhlý. Jsou to především procesy dělení a obnovy buněk, činnost srdce a fungování cév, procesy dýchání a výměny plynů, rozmnožování, zdravý spánek, procesy stárnutí i sluch. Vitamin D zasahuje do procesů trávení, ovlivňuje stav sliznic v trávicím ústrojí, činnost slinivky břišní a procesy vstřebávání živin. Významným způsobem dokáže regulovat tělesnou hmotnost zásahy do metabolismu cukrů i tuků. Podávání vitamínu D má prozatím výhradní postavení v klinické osteologii a při udržování koncentrace kalcia a fosfátu v krvi [34].

2.5 Nedostatek vitamínu D

Rachitis, onemocnění dětí vyvolané nedostatkem vitamínu D, způsobuje vlivem nízké resorpce vápníku slabou mineralizací kostí. Podobné problémy se při jeho nedostatku vyskytují u adolescentů v období růstu. Osteomalacie u dospělých je výsledkem demineralizace kostí zejména u žen s malou expozicí slunečnímu záření, obzvláště po několika těhotenstvích. Ačkoliv je vitamin D u osob vyššího věku nezbytný pro prevenci a léčbu osteomalacie, o jeho pozitivním účinku na léčbu osteoporózy existuje jen málo důkazů [14]. Deficit tohoto vitamínu je v posledních letech dáván do spojitosti s mnoha dalšími skupinami onemocnění:

- nádory, např. karcinom prsu, prostaty, pankreatu
- autoimunitní onemocnění (DM 1, roztroušená skleróza)
- degenerativní onemocnění (Parkinsonova choroba)
- metabolická onemocnění (DM 2)
- kardiovaskulární onemocnění (srdeční selhání)
- dysfunkce imunitního systému (chronická únava, chřipka)
- civilizační choroby (hypertenze, obezita)

Jde především o preventivní, nikoli léčebné podání. U těchto onemocnění, resp. zejména v jejich prevenci převažují studie, v nichž je efekt vitamínu D doložen na základě Evidence Based Medicine (Medicína založená na důkazech). Podáváním vitamínu D v běžných dávkách pacientovi neublížíme. Možné je rovněž před podáním ověřit hladiny vitamínu D. Největší vědecký průkaz má pravděpodobně podání vitamínu D při roztroušené skleróze, na obrácené straně spektra studií je podání v prevenci DM 1, kde jsou výsledky nejméně přesvědčivé [8].

Současná situace nedostatku vitamínu D u populace se historicky výrazně zhoršila oproti předcházejícím obdobím. Za rizikový faktor se považuje nynější způsob života obyvatel. Hladiny 25-OH vitamínu D₃ v séru klesají se vzdáleností od rovníku, sérové koncentrace 1,25(OH)₂ vitamínu D₃ jsou však jemně regulované a nemění se s geografickou šířkou. S moderním způsobem života ve městech, používáním krémů s ochranným UV faktorem, klesla expozice slunečnímu záření [35].

Riziko stoupá s věkem (ve stáří klesá schopnost syntézy vitamínu D v kůži až o 75 %), zejména ve zdravotnických zařízeních a v domovech důchodců. V USA se uvádí, že velmi výrazným nedostatkem vitamínu D na konci zimy trpí asi 85 % obyvatel, u skupiny seniorů je to až 95 % [36]. Stejně jako v USA, tak i v evropských zemích se udává, že až 60 % populace není adekvátně zásobeno vitamínem D [36].

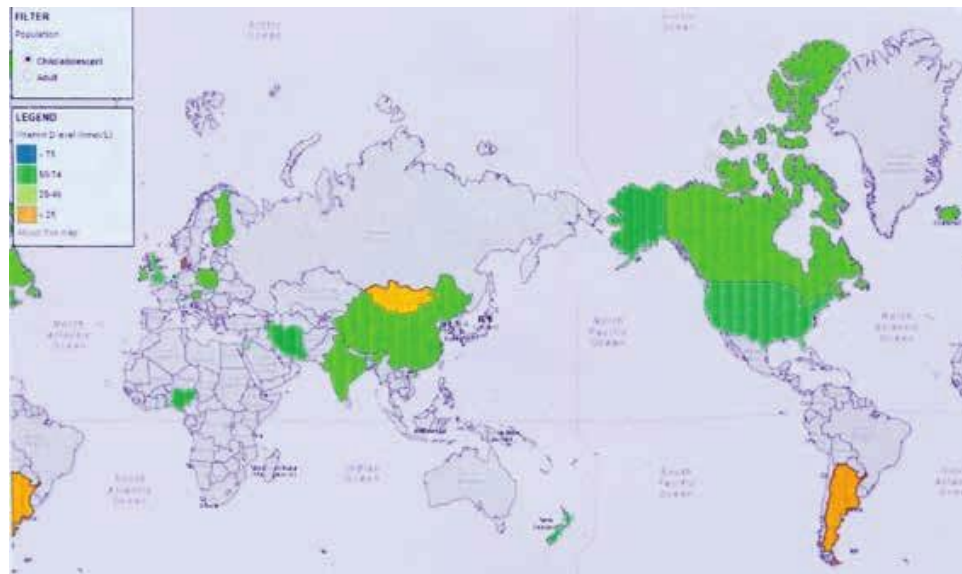
Tento deficit byl potvrzen v mnoha epidemiologických studiích v různých částech světa. Nejvyšší procento bylo zjištěno u geriatrických pacientů ve Velké Británii (90 %) a ve Švýcarsku (86 %), v Irsku v domovech důchodců (84 %), v Itálii u neurologických pacientů (82 %) a v Japonsku u nemocných Alzheimerovou chorobou (80 %). Rizikovými skupinami jsou také děti a těhotné ženy, výrazný je i u skupiny diabetiků (hypovitaminóza D je spojena s dysfunkcí beta-buněk pankreatu a inzulinovou rezistencí, 70 % diabetiček II. typu má deficit vitamínu D, terapie vitamínem D sníží inzulinovou rezistenci o 21 %).

Nedostatek vitamínu D podporuje vznik metabolického syndromu, je spojen s nízkou porodní hmotností, zvyšuje riziko kardiovaskulárních chorob [38,39].

WHO ve spolupráci s International Osteoporosis Foundation vydaly v roce 2012 mapy s vyznačením stavu vitamínu D $[25(OH)D_3]$ ve světě u dospělých (*obr.11*) a u dětí (*obr. 12*). Vitamin D je považován za celosvětově důležitý faktor zdraví. Mnoho studií prokázalo, že nedostatek vitamínu D je spojen do určité míry s patogenezí nemocí různých orgánů, neboť receptory vitamínu D jsou rozšířeny v mnoha tkáních (zlomeniny, autoimunitní nemoci, rakovina, chronická zánětlivá onemocnění, kardiovaskulární, neurologické a psychiatrické poruchy atd).



Obr. 11 Mapa WHO ve spolupráci s International Osteoporosis Foundation s vyznačením stavu vitamínu D $[25(OH)D]$ ve světě u dospělých [40].



Obr. 12 mapa WHO ve spolupráci s International Osteoporosis Foundation s vyznačením stavu vitamínu D [25(OH)D] ve světě u dětí [40].

Více než 900 IU vitamínu D se získává slunečním ozářením. U mužů nebo žen vystavených UV záření tak, aby bylo dosaženo minimální erytérové dávky (MED), stoupá krevní koncentrace vitamínu D jako po přijetí dávky 10 000-20 000 IU. Dosahuje se tak krevních hodnot vyšších než 250 nmol/l (100 ng/ml) 25(OH)D₃. Fyziologickým protektivem je melanin v kůži, který absorbuje UV fotony. Závisí na množství melaninu, zda UV záření způsobí erytém nebo opálení. Přírodním faktorem je rovněž množství tukové tkáně v kůži a jinde v organismu. Tím, že je tento vitamin rozpustný v tucích může u obézních osob způsobit nemetabolizovatelnou část a přispívat tak k hypovitaminóze D. Vliv na množství vitamínu D mají dále záření v průběhu denní doby (nejvíce mezi 10. a 15. hodinou), roční období (vlivem ostrého úhlu zenitu v zimě) a zeměpisná šířka (zejména nad 37°), v níž se vitamínu D tvoří málo (ČR je kolem 50° s. š.). Ochranné prostředky obsahující sluneční protekční faktor (SPF) snižují průnik UV záření. Při rozumném slunění, jež je doporučitelné, není riziko vzniku melanomu nebo skvamocelulárního karcinomu (s výjimkou osob s predispozičními znaky, jakými jsou rudovlasost a pihovatost) [40].

2.6 Intoxikace vitamínem D

Nežádoucí účinky vitamínu D jsou určeny fyziologickým působením tohoto vitamínu. Nadměrná expozice slunečnímu záření nevede k intoxikaci tímto vitamínem díky fotodegradaci provitaminu D v kůži. Příznaky z intoxikace se tedy vyskytují nejvíce při užívání potravinových doplňků, zejména samotného vitamínu D. O samotném mechanismu toxicity se mnoho neví. Podle posledních výzkumů je však obava z předávkování vitamínem D neopodstatněná vzhledem k všeobecné hypovitaminóze D a nízkému příjmu tohoto vitamínu v potravě [41]. Zatím není známa horní prahová hodnota příjmu vitamínu D, podle posledních výzkumů se předpokládá, že sérová hladina vitamínu D by musela přerůst 750 nmol/l [42]. Jako většina léků, je i cholekalciferol toxický při jednorázovém příjmu (proto je také používán jako jed na hlodavce - v zahraničí přípravek známý pod názvem Quintox), při dlouhodobějším podávání tohoto vitamínu hrozí nežádoucí účinky z předávkování pravděpodobně až při dávce 40 000 UI denně. Maximální doporučená dávka při suplementaci vitamínem D je dnes 2000 UI denně [41,43,44]. Uvádí se, že předávkování vitamínem D má nespecifické symptomy - jako např. nauzea, zvracení, nechutenství, zácpa, slabost, ztráta váhy.

Mezi specifické nežádoucí účinky vitamínu D patří především hyperkalcémie a hyperkalcémie, avšak rozdíly mezi klinickými příznaky u skupin lidí, kteří užívali vitamín D, a kontrolami nebyly statisticky významné. Samotné užívání vitamínu D nezaznamenalo signifikantně vyšší výskyt ledvinových kamenů, ovšem užívání vitamínu D (uvádí se 400 UI) spolu s kalcíem (1000 mg/den) vede k vyššímu vzniku tohoto onemocnění. Popisované příznaky intoxikace mají své limity. Důvodů je několik, například převaha krátkodobých studií, nedostatek informací o potenciálních účincích vitamínu D mimo kostní tkáň, omezené množství dat vztahující se k jednotlivým obdobím života, rase, etniku [44].

2.7 Vitamin D ve vztahu k obezitě a metabolickému syndromu

Více studií ukazuje, že obezita je spojena s nižší koncentrací cirkulujícího 25-OH vitamínu D₃, zatím není znám mechanismus pro tento efekt, hypotézy zahrnují sekvestraci v tucích, negativní zpětnou vazbu z vyšší koncentrace cirkulujícího 1,25(OH)₂ vitamínu D₃ při obezitě, a nižší expozici slunečnímu záření díky snížené venkovní aktivitě u obézních. Vyšší fyzická aktivita vede k vyšší koncentraci cirkulujícího 25-OH vitamínu D₃, i když se neví, jak se to odráží v přímém vztahu mezi fyzickou aktivitou a metabolismem vitamínu D, nebo zda to plyne z množství tělesného tuku nebo expozice slunečnímu záření.

Obezita je jedním z rizikových faktorů metabolického syndromu, mezi jehož další rizikové faktory patří inzulinová rezistence, dyslipidémie a hyperglykémie. Deficit vitamínu D bývá v současnosti rovněž zmiňován jako jeden z rizikových faktorů pro rozvoj metabolického syndromu, podmiňující již zmíněná rizika. Neléčený metabolický syndrom vede k závažným zdravotním komplikacím, jako je rozvoj aterosklerózy (angina pectoris a akutní infarkt myokardu, ischemická choroba dolních končetin, cévní mozková příhoda), hypertenze, diabetes mellitus II. typu aj. [46, 47].

3 SOUČASNÝ STAV PŘÍJMU VITAMINU D Z BĚŽNÉ STRAVY

Státní zdravotní ústav již několikrát publikoval informaci o tom, že česká populace ve věku 4-90 let nemá ve své obvyklé dietě (z potravin, bez zahrnutí doplňků stravy) dostatečný přívod vitamínu D ve srovnání se současnými výživovými doporučeními. Nejbohatší zdroj vitamínu D, tučné ryby, konzumujeme poskrovnu a jiné přírodní zdroje jsou omezené. Je faktem, že významným zdrojem vitamínu D může být jeho syntéza v kůži, díky působení slunce, respektive UVB záření. V období, kdy není UV záření dostatek a jeho zásoby v tělesném tuku z léta jsou vyčerpány, zůstává hlavní úloha v přívodu vitamínu D na potravinách. Úpravou jídelníčku lze doporučenou dávku vitamínu D splnit. Další možností je doplnění vitamínu D pomocí doplňků stravy, nebo využitím potravin, které byly o tento vitamin obohaceny.

Hlavními zdroji vitamínu D jsou rybí tuk a samotné mořské ryby, které obsahují 30 - 90 μg vitamínu D/100 g, dále vejce, maso, mléko a máslo (1 - 10 μg /100 g). Bohatým zdrojem provitamínu D - ergosterolu jsou kvasnice (60 - 150 μg /100 g). V malém množství je obsažen i v divoce rostoucích houbách (3 - 13 μg /100g) ad kap. 1.3, ale v pěstovaných žampionech je obsah kalciferolu zanedbatelný, stejně jako v ořechách. Některé potravinářské výrobky se vitamínem D obohacují, především se jedná o emulgované rostlinné tuky (margariny), oleje, mléko a mléčné výrobky (viz kap. 4) [45].

3.1 Znečištění ovzduší a nedostatek vitamínu D

Odhaduje se, že téměř 80% světové populace žije v oblastech, kde úroveň znečištění ovzduší do značné míry překračuje mezní hodnoty stanovené směrnicemi o kvalitě ovzduší, které stanovila Světová zdravotnická organizace. Znečištění ovzduší, zejména troposférický (přízemní) ozon, účinně absorbuje UVB záření, čímž snižuje množství fotonů dosahujících povrchu země. Vzhledem k tomu, že k syntéze vitamínu D v kůži dochází vlivem slunečního záření, není tedy překvapující, že znečištěné ovzduší způsobuje snížené záření a je jednou z hlavních příčin nedostatku vitamínu D. Z toho vyplývá, že obyvatelé měst, zejména v oblastech s vysokou úrovní znečištění ovzduší, mají tendenci být méně zapojeni do outdoorových aktivit a mají vyšší prevalenci D hypovitaminózy ve srovnání s obyvateli venkova [48].

3.2 Stav vitamínu D u populace v Evropě

V Evropě je trvalý nedostatek vitamínu D. Jako optimální množství vitamínu D v krvi populace by bylo množství nad 75 nmol/l krve. Jak ze zjištění vyplývá, je takový stav prakticky nedostižitelný. Studie byly provedeny v následujících zemích: Francie, Anglie, Španělsko, Norsko má v krvi obyvatel 50 – 75 nmol / l. Německo, Polsko, Finsko, Maďarsko má obsah vitamínu D v krvi jen 25–50 nmol/ l. Z toho vyplynulo, že starší lidé napříč Evropou nedostávají dostatečné množství vitamínu D, který je esenciální živinou pro zdravé kosti, pomáhá předejít pádům a zlomeninám způsobeným osteoporózou. Každých 30 sekund někde v Evropské unii dojde ke zlomenině v důsledku osteoporózy. U stárnoucí populace v České republice se dle předpokladu zvýší každý rok množství zlomenin a to až na dvojnásobek v následné dekádě. Globální výzkum v 17 zemích Evropy předpovídá nárůst možných výdajů na zdravotní systém až do 187 miliard, jestliže se problém deficitu vitamínu D nevyřeší. Deficit vitamínu D u starší populace se zvyšuje, protože přirozené dodávání vitamínu D prostřednictvím slunečního záření je sniženo a jen malé množství tohoto vitamínu je možno získat stravou. Doplnění potravin vitamínem je proto žádoucí. V současné době platí denní doporučená dávka vitamínu D 200 - 400 m.j.(ad kap. 2.1), ale dle mínění erudovaných odborníků je toto množství nedostačující [49].

4 POTRAVINY FORTIFIKOVANÉ VITAMINEM D

Vitaminy se dnes v potravinářském průmyslu používají k obohacování mnoha výrobků, k tzv. fortifikaci potravin. Fortifikace je obohacení na koncentrace vyšší, potřebné z fyziologických či jiných důvodů.

Fortifikační strategie je založena na dobrovolné iniciativě výrobců potravin, není povinná. Běžné je fortifikování margarínů, mléka a mléčných výrobků ergokalciferolem [4]. Adekvátní příjem vitamínu D je takový, který pokryje potřeby vitamínu D jedince na jeden den [24].

V některých zemích již započala fortifikace stravy vitamínem D, což se ukazuje jako nejjednodušší možnost celoplošného zlepšení příjmu vitamínu D z dlouhodobého hlediska. V zahraničí je tento sortiment výrobků více rozšířen, než spektrum fortifikovaných potravin v ČR. V Evropě se obohacují převážně tuky a jogurty [8].

4.1 Fortifikace potravin

WHO definuje fortifikaci/obohacování potravin jako přidavek jedné nebo více esenciálních živin za účelem prevence nebo odstranění prokázané výživové deficience živin u obyvatelstva, resp. jeho určité skupiny. Esenciální živinou je látka běžně spotřebovávaná jako složka potravy, která je potřebná k růstu, vývoji a zachování zdraví, a kterou organismus nedokáže v odpovídajícím množství syntetizovat. Mimo pojem fortifikace se používají pro přidávání mikroživin i další termíny, především restituce (obnovení), standardizace a suplementace. Restituce představuje přidavek těch esenciálních živin, které se ztratily během výroby, skladování a manipulace s potravinou, a to v množství, kterým se docílí úrovně původní potravin před zpracováním. Standardizace znamená přidání živin do potravin tak, aby se vyrovnaly přirozené odchylky, suplementace je přidávání takových živin, které nejsou v potravine původně obsaženy, nebo jsou zde pouze v minimálním množství. Pokud se do potravin přidávají výhradně vitaminy, jedná se o vitaminizaci. Většinou se vitaminy nepřidávají samotné ale s dalšími mikroživinami, takže se obecně hovoří o fortifikaci [52].

4.2 Výrobky fortifikované vitaminem D

V ČR se v současné době vitaminizují nejrůznější nápoje (mléko a mléčné výrobky, rostlinné alternativy mléčných výrobků, džusy), margaríny, oleje, pečivo, vločky, těstoviny, cukrovinky, cereální tyčinky, sušenky, kakao či speciální dietetika [8]. Zvláštní skupinu potravin tvoří výrobky pro kojeneckou a dětskou výživu, jako jsou instantní cereální kaše, polévky a dětské ovocné výživy doplněné vitaminy. Legislativně je obohacování potravin ošetřeno ve vyhlášce č. 58/2018 Sb. Povinná fortifikace je pouze u některých druhů potravin (u nás například obohacování jedlé soli jódem). Technologie fortifikace musí být pod kontrolou [53].

4.2.1 Mléko a mléčné výrobky fortifikované vitaminem D

V českých obchodech lze zakoupit fortifikované mléko (polotučné, plnotučné, cappuccino výrobce je Mlékárna Kunín) s deklarovaným množstvím přidaného vitaminu 0,75 µg/100 ml. Cena je přibližně 2x tak vyšší, než u mléka nefortifikovaného, a to cca 25 – 30 Kč/l.

Vysoká cena fortifikovaného mléka není příliš opodstatněná. Cena samotného vitaminu D k fortifikaci je nízká, méně než 2 haléře na litr mléka při dávce 0,75 µg/100 ml [54].

Z mléčných výrobků nabízí firma Danone fortifikované zakysané jogurtové mléko Actimel L.casei & vitamin B6 + D (0,75 µg vit. D/100 g = 1 balení), cena je cca 50 Kč/4x100g, a jogurtový nápoj Kostíci pro děti (0,9 µg vit. D/100 g = 1 balení). Dále např. řetězec Tesco nabízí jogurtový nápoj s L.casei a vit. D (0,75 µg vit. D/100 g = 1 balení), cena cca 30 Kč/4x100 g [55,56].

4.2.2 Rostlinné alternativy mléka a mléčných výrobků

Ze zástupců obohacených rostlinných produktů jako jsou různé nápoje, náhražky jogurtu a smetany, dezerty apod. vyrobených ze sóje a jiných rostlinných zdrojů např. rýže, různé ořechy, oves lze jmenovat jako příklad výrobky firmy Alpro, které obsahují 0,75 µg vit. D₂/100 g, či výrobky Orasi firmy Unigrà obsahující 0,75 – 2,5 µg vit. D/100 g dle typu výrobku. Cena rostlinných nápojů za litr se pohybuje od 60 Kč nahoru a za balení dezertu od 20 Kč nahoru [56].

4.2.3 Tuky a oleje

Nejširší skupinou výrobků fortifikovaných vitamínem D, se kterou se lze v české tržní síti setkat, jsou jedlé tuky. Řada producentů obohacuje své výrobky vitamínem D v množství od 3,5 µg vit. D/100 g, nejčastěji pak v množství 7,5 µg vit. D/100 g.

Jedná se např. o roztíratelné tuky producentů: Olma - Zlatá Haná (máslová, k namazání); Unilever - Bertolii (s máslem a olivovým olejem); Flora (original, s máslem, gold, pro-active, light); Hera (na pečení, máslová příchuť); Perla (máslová, plus vitamíny, s příchutí farmářského másla, tip); Rama (máslová příchuť, classic, slaná máslová příchuť, s kokosovým a mandlovým olejem, s olejem z vlašských ořechů, s avokádovým a limetkovým olejem); Rama Coulinesse; Crème Bonjour; KaKa CZ - Alfa (máslová příchuť, optima); Stella (s máslovou příchutí; vita); Kaufland – Lando roztíratelný tuk, Lando + vitamíny A, D, Lando + vitamíny A, D, E; Lídl (Vita D'or; Promienna Gold, Promienna na pečení) aj.

Z rostlinných olejů je v tržní síti k dostání slunečnicový olej s vitamínem D „Venusz“ od výrobce Bunge Zrt. obsahující 1,13 µg vit. D/100 g. Jeho cena je ale přibližně dvojnásobná, než u nefortifikované verze, cca 60 Kč/l [56].

4.2.4 Obilné výrobky

Snídaňové cereálie a tyčinky od společnosti Nestlé Česko s.r.o. jsou příkladem výrobků obohacených o vitamín D.

Přehled výrobků:

- Nesquik - kuličky s kakaem - 3 µg vit. D/100 g
- Chocapic - lupínky s kakaem - 3 µg vit. D/100 g
- Nesquik DUO cereální kuličky - 3,25 µg vit. D/100 g
- Cini Minis - cereální čtverečky - 3 µg vit. D/100 g
- Extrudovaná cereální tyčinka polomáčená - 5 µg vit. D/100 g
- Cookie crisp - křupavé cereální koláčky - 3 µg vit. D/100 g
- Cherrios - cereální kroužky s medem - 2,58 µg vit. D/100 g
- Cereální čtverečky s chutí jahod, extrudovaný výrobek - 3 µg vit. D/100 g
- Lion - cereální lupínky s hořkou čokoládou a karamellem - 3 µg vit. D/100 g [57]

Výrobce Kellogg's nabízí např. řadu Special K (křupavé rýže, celozrnný ječmen a vločky - 8,4 µg vit. D/100 g), Frosties (kukuřičné vločky s cukrovou polevou - 4,2 µg vit. D/100 g). Cena se pohybuje kolem 85 Kč/balení = 375 g.

Další a zároveň poslední fortifikovanou kategorií je kakao. Například firma Nestlé nabízí Nesquik Optistart, rozpustnou směs pro přípravu kakaového nápoje s přidavkem vitaminů (16,7 µg vit. D/100 g) a minerálních látek, nebo společnost Mokate a výrobek Tigo, instantní směs pro přípravu kakaového nápoje, s obsahem 2,5 µg vit. D/100 g [56,57].

4.3 Vliv vitaminu D při výrobě sýrů Cottage a Cheddar

Pro fortifikaci mléčných výrobků je nutné znát stabilitu vitaminu D během výroby a obsah přidaného vitaminu D ve finálním výrobku. Za tím účelem byla hodnocena fortifikace cottage sýru vitaminem D rozptýleným ve smetaně a vyhodnocení vlastností výsledných sýrů a stability vitaminu D. Současně byla hodnocena stabilita sýru cheddar.

Cottage sýr byl vybrán proto, že během procesu výroby umožňuje přidání vitaminu D po vypuštění syrovátky bez jeho ztráty. Smetana obsahující vitamin D (145 IU/g krému) s čerstvým cottage sýrem, což vede ke konečné koncentraci 51 IU/g sýra. Jako kontrola byl použit cottage sýr bez přidavku vitaminu D. Jak se dalo očekávat, cottage sýr, který byl fortifikován neztratil vitamin D během zpracování při odpouštění syrovátky. Vitamin D přidaný do smetanového krému nebyl ovlivněn homogenizací ani pasterizací. V cottage sýru zůstala koncentrace vitaminu D stabilní během 3 týdnů při skladování ve 4 °C. Ve srovnání s kontrolou, sýr obohacený vitaminem D neprokázal žádné účinky fortifikace na sýrové či sensorické vlastnosti. Cottage sýr by mohl být nový zdroj vitaminu D nebo alternativa k fortifikaci konzumního mléka. Během výroby sýru cheddar nebyl vitamin D ovlivněn pasterací a zůstal relativně stabilní.

Při této výrobě se prokázala ztráta vitaminu D odpuštěním syrovátky. Cottage sýr je lepší volba pro obohacení vitaminu D než sýr cheddar. Charakteristickým rysem cottage sýru je míchání odstředěného tvarohového zrna se solenou smetanou bez ztráty vitaminu D v syrovátce [51].

4.4 Ostatní látky přidávané do potravin

Zejména v posledních letech sílí trend přidávat do potravin další látky, například extrakty rostlin, aminokyseliny či přímo proteiny. Jejich přídavek obvykle doprovází tvrzení, že daná látka a potravina, která ji obsahuje, má dobrý vliv na zdraví spotřebitele. Tyto látky jsou většinou v potravinách přirozeně přítomné, někdy se do nich přidávají ve větším množství. V současnosti není k dispozici dostatek relevantních vědeckých studií, které by doložily zda jsou tyto látky zdravotně nezávadné, pokud se používají ve velkých množstvích. Proto existuje nařízení Evropské unie, které stanovuje postup pro podrobné prozkoumání a v případě nutnosti i omezení nebo zakázání používání jiných látek než jsou vitaminy a minerální látky, jejichž přídavek k potravinám může vést k nadměrnému příjmu těchto látek. Za nadměrný příjem se přitom považuje spotřeba vysoce převyšující tu, která se obvykle dá očekávat při konzumaci normální skladby stravy a která může znamenat potenciální riziko pro konzumenty. Látky, kterých se to týká, hodnotí EFSA a rozhodnutí o eventuálním omezení přijímá Evropská komise a členské státy při jednání Stálého výboru pro potravinový řetězec a zdraví zvířat. Tento výbor také na základě vědeckých podkladů od EFSA určuje minimální a maximální přídavek různých nutrientů do potravin [58].

4.5 Současný stav fortifikovaných potravin v souvislosti s vitamínem D

Jen málo potravin obsahuje vitamin D a klinické studie naznačují, že bychom mohli potřebovat více vitamínu D, než je v současné době doporučeno k prevenci chronických nepřenosných nemocí [59].

Vitamin D je přítomen zejména v rybách bohatých na olej, houbách vystavených slunečnímu záření, vejcích a mléku (viz kap. 1.3). Olej z tresčích jater je bohatým přírodním zdrojem vitamínu D, nicméně existují obavy ohledně jeho použití při vysokých dávkách vzhledem k obsahu vitamínu A a možné kontaminaci těžkými kovy, jako je rtuť. Obohacování potravin, jako je mléko, chléb a margarín, vitamínem D je spojeno se statisticky významnými zlepšeními v krevním séru 25(OH) [60]. Obohacování vitamínem D se však celosvětově liší a obsah vitamínu D v potravinách je poměrně variabilní. Kromě suplementace vitamínem D by bylo možno dosáhnout zlepšení stavu vitamínu D také dosažením nutričně vyváženého stravovacího schématu. V tomto ohledu je dobře známo, že pro snížení rizika vzniku nadváhy/obezity jsou doporučovány živiny s vyšší

antioxidační aktivitou, vitaminy komplexu B, vitamin C, vitamin E v kombinaci se zdravým dietním režimem bohatým na ovoce, zeleninu, vlákninu, se sníženým příjmem nasycených tuků, jednoduchých sacharidů a slazených nápojů. V poslední době řada klinických studií ukazuje, že některé živiny mohou zmírnit oxidační poškození způsobené znečištěním ovzduší [61].

ZÁVĚR

Vitamin D je rozpustný v tucích a funguje jako steroidní hormon. Tělo si vytváří vitamin D z metabolitu cholesterolu po ozáření kůže ultrafialovými paprsky B. Ukazuje se, že potřeby lidského organismu přesahují tradičně doporučované denní dávky. Vedle dávno známé úlohy vitaminu D při vstřebávání vápníku ve střevech a stavbě kostí ukazují klinické a epidemiologické studie, že vitamin D dokáže snížit riziko a výskyt mnoha vážných onemocnění, nejenom křivice a osteoporózy, ale i rakoviny, autoimunitních, degenerativních, kardiovaskulárních a metabolických onemocnění, dále dysfunkci imunitního systému a civilizačních chorob. Vitamin D má tak důležitý význam pro průběh četných fyziologických a biochemických procesů v lidském těle.

Sluneční záření aktivuje v lidském organismu tvorbu vitaminu D. Práce o mnohočetných účincích tohoto vitaminu v lidském těle se objevují ve vědeckých časopisech a jsou námětem mezinárodních konferencí. Značným problémem je fakt, že se změnou životního stylu a v důsledku osvěty šířící obavu z rakoviny kůže vlivem pobytu na slunci, je v současné době populace v rozvinutých zemích ohrožena nedostatkem vitaminu D.

Pravidelnou konzumací tučných ryb a dalších přirozených zdrojů je možné zvýšit obsah vitaminu D v organismu. V zimních měsících je proto často doporučováno preferovat fortifikované verze výrobků navzdory jejich vyšší ceně a to především pro děti a starší osoby, které potřebují dostatek tohoto vitaminu. Možnou variantou je suplementace vitaminem D.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] HOZA, I., SUMCZYNSKI, D., BUDINSKÝ, D. *Potravinářská biochemie II*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006. ISBN 80-731-8395-1.
- [2] BAYER, M., *Vitamin D ve světle staletí*, Osteologický bulletin, 2007, č.2, roč.12
- [3] MOHR, S. B. *A Brief History of Vitamin D and Cancer Prevention*. Annals of Epidemiology [online]. 2009, (19), 79-83 [cit. 2019-02-16].
- [4] RYCHLIK, M. *Fortified foods with vitamins: analytical concepts to assure better and safer products*. Weinheim: Wiley-VCH, c2011, 292 s. ISBN 9783527634156.
- [5] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin*. Vyd. 2. upr. Tábor: OSSIS, 2002. ISBN 80-866-5902-X.
- [6] HLÚBIK, P., OPLTOVÁ, L. *Vitaminy*. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 2004. 232 s. ISBN 80-247-0373-4.
- [7] *National Center for Biotechnology Information*. PubChem Database. Cholecalciferol, CID=5280795, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5280795> [online]. [cit. 2019-05-12].
- [8] SVAČINA, Š., D. MÜLLEROVÁ a A. BRETŠNAJDROVÁ. *Dietologie pro lékaře, farmaceuty, zdravotní sestry a nutriční terapeuty*. 2., upr. vyd. Praha: Triton, 2013. Lékařské repetitorium. ISBN 978-80-7387-699-9.
- [9] SONG, W. O., et al. *Modern Analytical Methodologies in Fat- and Water- Soluble Vitamins: Chemical Analysis: A Series of Monographs on Analytical Chemistry and Its Applications*. Vol. 154. New York: Wiley, c2000, 51-79. ISBN 04-711-7942-6.
- [10] Obrázek. JOHNSON, C. S., et al. *Figure 1: Vitamin D metabolism.: Vitamin D signalling pathways in cancer: potential for anticancer therapeutics*. In: www.nature.com: Nature Reviews Cancer [online]. 2007 [cit. 2019-05-12].
- [11] CRISSEY, S. D., et al. *Serum Concentrations of Lipids, Vitamin D Metabolites, Retinol, Retinyl Esters, Tocopherols and Selected Carotenoids in Twelve Captive Wild Felid Species at Four Zoos*. The Journal of Nutrition [online]. 2003, **133**(1), 160-166 [cit. 2019-05-12]. DOI: 10.1093/jn/133.1.160. ISSN 0022-3166.
- [12] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin*. Tábor: OSSIS, 1999, 328 s. ISBN 80-902-3914-5.

- [13] HOLICK, M. F. *The vitamin D solution: a 3-step strategy to cure our most common health problem*. New York, N.Y.: Hudson Street Press, c2010, 336 s. ISBN 978-159-4630-675
- [14] MURRAY, R. K. *Harperova Biochemie: a 3-step strategy to cure our most common health problem*. Jinočany: Hudson Street Press, 2002, 872 s. Lange medical book. ISBN 80-731-9013-3
- [15] Obrázek. *Vrstvy pokožky*. SOUTOR, C., et al, ed. *Clinical dermatology*. New York: McGraw-Hill Medical, c2013. Lange medical book. ISBN 978-0-07-176915-0
- [16] FONTANA, J. *Funkce buněk a lidského těla - multimediální skripta pro výuku lékařské biochemie, fyziologie a histologie člověka*. Laboratorna diagnostika. 15. 2015, **20**(1), 39-40. ISSN 1335-2644.
- [17] Obrázek. *Přehled metabolismu vitamínu D*. JEON, S., et al. Exploring vitamin D metabolism and function in cancer. *Experimental & Molecular Medicine* [online]. 2018, **50**(4) [cit. 2019-05-15]. DOI: 10.1038/s12276-018-0038-9. ISSN 2092-6413.
- [18] JABOR, A. *Vnitřní prostředí*. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-1221-5.
- [19] SPEECKAERT, M. M, et al. *Investigation of the potential association of vitamin D binding protein with lipoproteins*. *Annals of Clinical Biochemistry* [online]. 2010, **47**(2), 143-150 [cit. 2019-05-12]. DOI: 10.1258/acb.2009.009018. ISSN 0004-5632.
- [20] ZIMA, T. *Laboratorní diagnostika. 2., dopl. a přeprac. vyd.* Praha: Galén, c2007, 794 s. ISBN 978-80-7262-372-3.
- [21] PALIČKA, V. *Vitamin D a jeho role (nejen) v osteologii*. *Interní medicína pro praxi*. 2011, **13**(10), 383-387.
- [22] Vyhláška č. 58/2018 Sb., ze dne 12. dubna 2018, o doplňcích stravy a složení potravin.
- [23] KAŇKOVÁ, K. *Poruchy metabolismu a výživy: vybrané kapitoly z patologické fyziologie*. Brno: Masarykova univerzita, 2005, 47 s. ISBN 80-210-3670-2.

- [24] National Institutes of Health: *Office of Dietary Supplements Dietary Supplement-Fact Sheet: Vitamin D* [online]. 2011 [cit. 2019-05-13].
- [25] *Medicína po promoci: Postgraduate Medicine Czech : časopis postgraduálního vzdělávání lékařů* [online]. Praha: Mezinárodní medicínské nakladatelství, 2017, **18**(1) [cit. 2019-05-13]. ISSN 1212-9445.
- [26] MUNNS, C. F., et al. *Global Consensus Recommendations on Prevention and Management of Nutritional Rickets*. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism [online]. 2016, **101**(2), 394-415 [cit. 2019-05-13]. DOI: 10.1210/jc.2015-2175. ISSN 0021-972X.
- [27] HOLLIS, B. W. a C. L. WAGNER. *The Role of the Parent Compound Vitamin D with Respect to Metabolism and Function: Why Clinical Dose Intervals Can Affect Clinical Outcomes*. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism [online]. 2013, **98**(12), 4619-4628 [cit. 2019-05-13]. DOI: 10.1210/jc.2013-2653. ISSN 0021-972X.
- [28] BROULÍK, P. *Onemocnění způsobená poruchami kalciofosfátového metabolismu*. Praha: Maxdorf, 2017. Jessenius. ISBN 978-80-7345-523-1.
- [29] PFEIFER, M., et al. *Effect of a long-term vitamin D and calcium supplementation on falls and parameters of muscle function in community-dwelling older individuals*. Osteoporosis International [online]. 2009, **20**(2), 315-322 [cit. 2019-05-13]. DOI: 10.1007/s00198-008-0662-7. ISSN 0937-941X.
- [30] DIRKS-NAYLOR, A. J. a S. LENNON-EDWARDS. *The effects of vitamin D on skeletal muscle function and cellular signaling*. The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology [online]. 2011, **125**(3-5), 159-168 [cit. 2019-05-13]. DOI: 10.1016/j.jsbmb.2011.03.003. ISSN 09600760.
- [31] HOLICK, M. F. *Vitamin D: Extra skeletal Health*. Endocrinology and Metabolism Clinics of North America [online]. 2010, **39**(2), 381-400 [cit. 2019-05-13]. DOI: 10.1016/j.ecl.2010.02.016. ISSN 08898529.
- [32] HIN, H., J. TOMSON, C. NEWMAN, et al. *Optimum dose of vitamin D for disease prevention in older people: BEST-D trial of vitamin D in primary care*. Osteoporosis International [online]. 2017, **28**(3), 841-851 [cit. 2019-05-13]. DOI: 10.1007/s00198-016-3833-y. ISSN 0937-941X.

- [33] JANSSEN, H. CJP, M. M SAMSON a H. JJ VERHAAR. *Vitamin D deficiency, muscle function, and falls in elderly people*. The American Journal of Clinical Nutrition [online]. 2002, **75**(4), 611-615 [cit. 2019-05-13]. DOI: 10.1093/ajcn/75.4.611. ISSN 0002-9165.
- [34] WANG, Y., et al. *Where is the vitamin D receptor?*. Archives of Biochemistry and Biophysics [online]. 2012, **523**(1), 123-133 [cit. 2019-05-13]. DOI: 10.1016/j.abb.2012.04.001. ISSN 00039861.
- [35] LIPS, P. *Worldwide status of vitamin D nutrition*. The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology [online]. 2010, **121**(1-2), 297-300 [cit. 2019-05-13]. DOI: 10.1016/j.jsbmb.2010.02.021. ISSN 09600760.
- [36] HOLICK, M. F. *High Prevalence of Vitamin D Inadequacy and Implications for Health*. Mayo Clinic Proceedings [online]. 2006, **81**(3), 353-373 [cit. 2019-05-13]. DOI: 10.4065/81.3.353. ISSN 00256196.
- [37] GINTER, E. a V. ŠIMKO. *Vitamin D deficiency, atherosclerosis and cancer*. Bratislavské lekárske listy: international journal for biomedical sciences and clinical medicine. Bratislava: Slovak Academic Press, 2009, **110**(12), 751-756. ISSN 0006-9248.
- [38] SNIJDER, M., et al. *Vitamin D and diabetes*. Diabetologia 48.[online]. 2006, **49**(1), 217-218 [cit. 2019-05-13]. DOI: 10.1007/s00125-005-0047-9. ISSN 0012-186X.
- [39] HOLICK, M. F. *Vitamin D Deficiency*. New England Journal of Medicine [online]. 2007, **357**(3), 266-281 [cit. 2019-05-13]. DOI: 10.1056/NEJMra070553. ISSN 0028-4793.
- [40] MITHAL, A., et al. *Global vitamin D status and determinants of hypovitaminosis D*. Osteoporosis International [online]. 2009, **20**(11), 1807-1820 [cit. 2019-05-13]. DOI: 10.1007/s00198-009-0954-6. ISSN 0937-941X.
- [41] VIETH, R. *Vitamin D and Cancer Mini-Symposium: The Risk of Additional Vitamin D*. Annals of Epidemiology [online]. 2009, **19**(7), 441-445 [cit. 2019-05-13]. DOI: 10.1016/j.annepidem.2009.01.009. ISSN 10472797.

- [42] JONES, G. *Pharmacokinetics of vitamin D toxicity*. The American Journal of Clinical Nutrition [online]. 2008, **88**(2), [cit. 2019-05-13]. DOI: 10.1093/ajcn/88.2.582S. ISSN 0002-9165.
- [43] ZHANG, R. a D. P NAUGHTON. *Vitamin D in health and disease: Current perspectives*. Nutrition Journal [online]. 2010, **9**(1) [cit. 2019-05-13]. DOI: 10.1186/1475-2891-9-65. ISSN 1475-2891.
- [44] BRANNON, P. M, et al. *Overview of the conference "Vitamin D and Health in the 21st Century: an Update"*. The American Journal of Clinical Nutrition [online]. 2008, **88**(2), [cit. 2019-05-13]. DOI: 10.1093/ajcn/88.2.483S. ISSN 0002-9165.
- [45] ZEMPLENI, J. *Handbook of vitamins*. 5th ed. Boca Raton: Taylor & Francis, [2014], 593 s. ISBN 978-1-4665-1556-7.
- [46] LAPORTA, E. a J. WELSH. *Modeling vitamin D actions in triple negative/basal-like breast cancer*. The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology [online]. 2014, **144**, [cit. 2019-05-13]. DOI: 10.1016/j.jsbmb.2013.10.022. ISSN 09600760.
- [47] WELSH, J., et al. *Vitamin D-3 Receptor as a Target for Breast Cancer Prevention*. The Journal of Nutrition [online]. 2003, **133**(7), [cit. 2019-05-13]. DOI: 10.1093/jn/133.7.2425S. ISSN 0022-3166.
- [48] BARREA, L., et al. *Low serum vitamin D-status, air pollution and obesity: A dangerous liaison*. Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders [online]. 2017, **18**(2), 207-214 [cit. 2019-05-13]. DOI: 10.1007/s11154-016-9388-6. ISSN 1389-9155.
- [49] PREEDY, V. R., et al. *Handbook of food fortification and health: from concepts to public health applications*. New York: Humana Press, c2013. Nutrition and health. ISBN 978-1-4614-7075-5.
- [50] EFSA (European Food Safety Authority), 2017. *Dietary Reference Values for Nutrients*. Summary Report. 92 pp. DOI: 10.2903/sp.efsa.2017.e15121
- [51] CREVIER, B., G. BÉLANGER, J.VUILLEMARD a D.ST-GELAIS. Short communication: Production of cottage cheese fortified with vitamin D. Journal of

- Dairy Science [online]. 2017, 100(7), 5212-5216 [cit. 2019-05-17]. DOI: 10.3168/jds.2016-12308. ISSN 00220302.
- [52] ALLEN, L., B. DE BENOIST, O. DARY a R. HURRELL. *Guidelines on food fortification with micronutrients*. Geneva: World Health Organization, 2006. ISBN 92 4 159401 2.
- [53] Fortifikace. *Fórum zdravé výživy* [online]. 2015 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: www.fzv.cz/fortifikace/
- [54] *Mlékárna Kunín: výrobky* [online]. 2017 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: www.mlekarna-kunin.cz
- [55] *Actimel: O Actimelu* [online]. 2019 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: .actimel.cz
- [56] RUPRICH, J. a S. BISCHOFOVÁ. *Státní zdravotní ústav Praha: Víte, že potravin obohacených vitamínem D není na trhu mnoho?* [online]. 2017 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: www.szu.cz
- [57] *Nestlé: Naše výrobky* [online]. 2017 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: www.nestle.cz
- [58] Úřední věstník Evropské unie. In: *L 404/26*. 2006, číslo 1925. Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1925&from=EN>
- [59] MACDONALD, H. M. Contributions of Sunlight and Diet to Vitamin D Status. *Calcified Tissue International* [online]. 2013, **92**(2), 163-176 [cit. 2019-05-16]. DOI: 10.1007/s00223-012-9634-1. ISSN 0171-967X.
- [60] BLACK, L. J., K. M. SEAMANS, K. D. CASHMAN a M. KIELY. An Updated Systematic Review and Meta-Analysis of the Efficacy of Vitamin D Food Fortification. *The Journal of Nutrition* [online]. 2012, **142**(6), 1102-1108 [cit. 2019-05-17]. DOI: 10.3945/jn.112.158014. ISSN 0022-3166.
- [61] CROFT, Daniel, Robert BLOCK a et al. Do elevated blood levels of omega-3 fatty acids modify effects of particulate air pollutants on fibrinogen?. *Air Quality, Atmosphere & Health* [online]. 2018, **11**(7), 791-799 [cit. 2019-05-17]. DOI: 10.1007/s11869-018-0586-0. ISSN 1873-9318.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

NCI	Národní institut pro výzkum rakoviny (National cancer institute)
USA	Spojené státy americké (United States of America)
Per os	orálně, podané ústy
IU	Mezinárodní jednotka (International unit)
DBP	D-vázající protein (Vitamin D-Binding Protein)
VLDL	Velmi nízkodenzitní lipoprotein (Very low density lipoprotein)
PTH	Parathyroidní hormon
MED	Minimální erytémová dávka
MS	Metabolický syndrom
DM 1	Diabetes mellitus 1. typu
DM 2	Diabetes mellitus 2. typu
WHO	Světová zdravotnická organizace (World Health Organization)
EFSA	Evropský úřad pro bezpečnost potravin (European Food Safety Authority)
DACH	nutriční standardy pro německy mluvící země
ČR	Česká republika

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Chemická struktura ergokalciferolu.....</i>	12
<i>Obr. 2 Chemická struktura cholekalciferolu</i>	13
<i>Obr. 3 Chemická struktura 7–dehydrocholestetrolu.</i>	13
<i>Obr. 4 Chemická struktura ergosterolu.....</i>	13
<i>Obr. 5 Vitamin D v organismu.....</i>	16
<i>Obr. 6 Vrstvy kůže.....</i>	17
<i>Obr. 7 Syntéza vitamínu D</i>	19
<i>Obr. 8 Přehled metabolismu vitamínu D</i>	20
<i>Obr. 9 Schéma metabolismu a působení vitamínu D v těle</i>	21
<i>Obr. 10 Metabolismus vitamínu D během těhotenství.....</i>	24
<i>Obr. 11 Mapa WHO ve spolupráci s International Osteoporosis Foundation s vyznačením stavu vitamínu D [25(OH)D] ve světě u dospělých.....</i>	29
<i>Obr. 12 mapa WHO ve spolupráci s International Osteoporosis Foundation s vyznačením stavu vitamínu D [25(OH)D] ve světě u dětí</i>	30

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Obsah kalciferolů v potravinách</i>	<i>15</i>
<i>Tab. 2 Adekvátní denní příjem vitamínu D</i>	<i>23</i>