

Univerzita Karlova v Praze 1. lékařská fakulta

Specializace ve zdravotnictví (N5345)

Výživa dospělých a dětí



**Bc. Nikola Káchová**

Problematika vitamínu D ve vrcholovém sportu

Diplomová práce

The issue of vitamin D in elite sport

Diploma thesis

Vedoucí závěrečné práce: MUDr. Jiří Dostal

Praha, 2023

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem řádně uvedla a citovala všechny použité prameny a literaturu. Současně prohlašuji, že práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému meziuniverzitního projektu Theses.cz za účelem soustavné kontroly podobnosti kvalifikačních prací.

V Praze, ..... 2023

Bc. Káchová Nikola

Podpis:

**Poděkování:**

Chtěla bych poděkovat vedoucímu diplomové práce MUDr. Jiřímu Dostalovi za odborné vedení a spolupráci při zpracování této práce.

Dále děkuji všem, kteří mi byli při vypracování jakýmkoli způsobem nápomocni, a hlavně své rodině za jejich podporu v průběhu mého studia.

**Identifikační záznam:**

KÁCHOVÁ, Nikola. *Problematika vitaminu D ve vrcholovém sportu. [The issue of vitamin D in elite sport]*. Praha, 2023. 67 s. 5 příl. Diplomová práce (Mgr.). Univerzita Karlova, 1. lékařská fakulta, III. interní klinika 1 LF UK a VFN v Praze. Vedoucí práce: MUDr. Jiří Dostal.

## **ABSTRAKT**

Vitamin D je vitamin rozpustný v tucích, který může být syntetizován v kůži po vystavení slunečnímu záření nebo získán prostřednictvím potravin či doplňků stravy. Cílem práce bylo zjistit vliv 14denní sluneční expozice v oblasti s vyšším stupněm UV záření (Dubaj, Spojené Arabské Emiráty) na koncentraci vitaminu D u vybrané skupiny sportovců vodního slalomu a dále zhodnotit změny v koncentraci po dalších 14 a po 30 dnech po návratu. Údaje pro výzkum byly získány pomocí čtyř odběrů krve a srovnání průměrné koncentrace vitaminu D mezi jednotlivými odběry. Studie se zúčastnilo 11 vrcholových sportovců ve věku 18-35 let, kteří neužívali doplňky stravy s vitaminem D. Výsledky ukázaly, že před intervencí měli sportovci průměrnou hladinu vitaminu D v nižších hodnotách (69,4 nmol/l), než je dolní referenční mez stanovená na 75 nmol/l. Vystavení slunečnímu záření po dobu 14 dnů vedlo k významnému zvýšení koncentrace vitaminu D, přičemž průměrný nárůst u sledované skupiny činil 10,8 nmol/l. Po návratu do České republiky se hladina vitaminu D po dobu 14 dnů mírně zvýšila v průměru o 0,7 nmol/l, ale tento nárůst nebyl statisticky signifikantní v porovnání s předchozím odběrem. Po 30 dnech od pobytu se hladina vitaminu D snížila v průměru o 1,3 nmol/l. Tento výsledek potvrzuje příznivé účinky pobytu na slunci na hladinu vitaminu D a naznačuje, že tyto účinky mohou trvat až po dobu 30 dnů. Z analýzy vitaminu D přijatého ze stravy dále vyplynulo, že jeho příjem během intervence byl pozitivně korelován s nárůstem koncentrace vitaminu D, i když jeho celkový příjem byl u účastníků vyhodnocen jako nedostatečný. Kombinace slunečního záření, vyššího příjmu vitaminu D ze stravy a případná suplementace tohoto mikronutrientu by mohly přispět k delšímu udržení dostatečné hladiny vitaminu D.

**Klíčová slova:** vitamin D, 1,25 Dihydroxyvitamin D, sportovní výživa, sport, doplňky stravy, sportovní výkon

## **ABSTRACT**

Vitamin D is a fat-soluble vitamin that can be synthesized in the skin after exposure to sunlight or obtained through food or supplements. The aim of this study was to investigate the effect of 14 days of sun exposure in an area with higher levels of UV radiation (Dubai, United Arab Emirates) on vitamin D concentrations in a selected group of water slalom athletes and to further evaluate the changes in concentrations after a further 14 and 30 days after return. Data for the study were obtained by using four blood draws and comparing the average vitamin D concentration between the blood draws. Eleven elite athletes aged 18-35 years who were not taking vitamin D supplements participated in the study. The results showed that before the intervention, the athletes had average vitamin D levels lower (69.4 nmol/l) than the lower reference limit set at 75 nmol/l. Exposure to sunlight for 14 days resulted in a significant increase in vitamin D concentration, with an average increase of 10.8 nmol/l in the study group. Upon return to the Czech Republic, the vitamin D level increased slightly by an average of 0.7 nmol/l for 14 days, but this increase was not statistically significant compared to the previous sampling. After 30 days of stay, the vitamin D level decreased on average by 1.3 nmol/l. This result confirms the beneficial effects of sun exposure on vitamin D levels and suggests that these effects may persist for up to 30 days. Furthermore, analysis of dietary vitamin D intake showed that its intake during the intervention was positively correlated with the increase in vitamin D concentration, although the participants' total intake was judged to be insufficient. The combination of sun exposure, higher dietary intake of vitamin D and possible supplementation of this micronutrient could contribute to longer maintenance of adequate vitamin D levels.

**Key words:** vitamin D, 1,25 Dihydroxyvitamin D, sports nutrition, sports, dietary supplements, sports performance

# OBSAH

<b>ÚVOD DO PROBLEMATIKY TEORETICKÉ ČÁSTI .....</b>	<b>1</b>
<b>1 VITAMIN D .....</b>	<b>2</b>
1.1 CHARAKTERISTIKA VITAMINU D.....	2
1.1.1 Ergokalciferol .....	2
1.1.2 Cholekalciferol.....	3
1.2 METABOLISMUS A PŮSOBENÍ VITAMINU D .....	4
1.3 ZDROJE A KRITÉRIA PRO TVORBU VITAMINU D.....	5
1.3.1 Endogenní tvorba vitamínu D .....	6
1.3.2 Exogenní příjem.....	7
1.3.3 Živočišné zdroje .....	8
1.3.4 Rostlinné zdroje.....	10
1.4 STANOVENÍ VITAMINU D .....	11
1.4.1 Doporučená denní dávka .....	12
1.4.2 Nedostatek vitamínu D .....	14
1.4.3 Nadbytek vitamínu D .....	14
1.4.4 Intoxikace vitamínem D .....	15
<b>2 FYZIOLOGICKÉ FUNKCE AKTIVNÍHO VITAMINU D .....</b>	<b>17</b>
2.1 EFEKT VITAMINU D VE STŘEVĚ .....	17
2.2 VITAMIN D JAKO REGULÁTOR HOMEOSTÁZY VÁPŇÍKU A KOSTNÍ METABOLISMUS.....	17
2.3 VLIV NA IMUNITNÍ SYSTÉM .....	18
2.4 DALŠÍ ÚČINKY 1,25 (OH) <sub>2</sub> VITAMINU D <sub>3</sub> .....	18
<b>3 SPORTOVNÍ VÝŽIVA A VITAMIN D U VRCHOLOVÝCH SPORTOVČŮ .....</b>	<b>19</b>
3.1 ÚLOHA VITAMINU D A JEHO VZTAH KE ZDRAVÍ SPORTOVČŮ .....	19
3.1.1 Stresové zlomeniny .....	19
3.1.2 Oslabený imunitní systém .....	20
3.1.3 Stav kosterního svalstva.....	21
3.1.4 Efekt na nervový systém.....	21
3.2 STAV VITAMINU D U SPORTOVČŮ .....	22
3.3 PŘÍJEM VITAMINU D U SPORTOVČŮ .....	23
3.3.1 Požadavky pro příjem vitamínu D ve sportovní výživě .....	23
3.3.2 Význam suplementace vitamínu D u sportovců .....	24
3.4 KLINICKÉ HODNOCENÍ VITAMINU D U SPORTOVČŮ .....	26
3.5 RADY PRO ODBORNÍKY PRACUJÍCÍ SE SPORTOVCI .....	26
<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>28</b>
<b>4 ÚVOD DO ZKOUMANÉ PROBLEMATIKY .....</b>	<b>28</b>
4.1 CÍL PRÁCE, PŘEDMĚT ZKOUMÁNÍ A FORMULACE HYPOTÉZ.....	28
4.2 PROSTŘEDKY DOSAŽENÍ VYTYČENÝCH CÍLŮ.....	29
4.3 POPIS VÝZKUMU .....	29
4.4 METODOLOGIE VÝZKUMNÉHO PROBLÉMU .....	30
4.5 ETICKÉ OTÁZKY K REALIZACI VÝZKUMU .....	31
4.6 VÝZKUMNÁ METODA, DESIGN VÝZKUMU.....	31
<b>5 KVANTITATIVNÍ VÝZKUM .....</b>	<b>32</b>
5.1 CHARAKTERISTIKA VÝZKUMNÉHO VZORKU .....	32

<b>6</b>	<b>VÝSLEDKY VÝZKUMNÉ ČÁSTI .....</b>	<b>33</b>
6.1	VÝSLEDKY MĚŘENÍ KONCENTRACE HLADIN VIT. D .....	33
6.2	POUŽITÁ STATISTICKÁ METODA .....	34
6.3	VZTAH VIT. D PŘIJATÉHO ZE STRAVY A ZMĚN JEHO KONCENTRACE .....	38
6.4	STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ VZTAHU VIT. D ZE STRAVY A ZMĚN V JEHO KONCENTRACI .....	40
6.5	HODNOCENÉ PARAMETRY A LIMITACE VE VÝZKUMU .....	43
<b>7</b>	<b>DISKUSE .....</b>	<b>45</b>
7.1	MÁ 14DENNÍ SLUNEČNÍ EXPOZICE VLIV NA KONCENTRACI VITAMINU D? .....	45
7.2	JE KONCENTRACE VITAMINU D STABILNÍ PO DOBU DALŠÍCH 14 DNÍ PO SLUNEČNÍ EXPOZICI? .....	48
7.3	ZMĚNÍ SE KONCENTRACE VITAMINU D V OBDOBÍ 14-30 DNÍ PO NÁVRATU Z POBYTU? .....	49
7.4	VZTAH VIT. D ZE STRAVY A ZMĚN V JEHO KONCENTRACI .....	49
7.5	LIMITACE VÝZKUMU .....	51
<b>8</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>53</b>
	<b>ZDROJE .....</b>	<b>56</b>



## Úvod do problematiky teoretické části

V roce 1824 Scheutte popsal existenci neznámé látky, jejíž chybění pravděpodobně způsobovalo křivici, na kterou doporučoval léčbu rybím tukem. O několik desetiletí později v roce 1906 Hopkins navrhl dietní opatření pro prevenci křivice. V roce 1922 McCollum a jeho kolegové objevili, že xeroftalmie a křivice jsou způsobeny dvěma různými látkami rozpustnými v tucích. Téměř současně několik badatelů objevilo strukturu účinné látky, kterou později nazvali vitamin D (dále jen jako vit. D). Mezi těmito badateli byl i A. Windaus, který věnoval více než 20 let studiu struktury cholesterolu a vitaminů. Díky jeho objevům byl v roce 1927 uveden na trh první fotochemicky syntetizovaný vit. D pod názvem Vigantol (Novák et al., 2014).

V posledním desetiletí exponenciálně roste zájem o výzkum v souvislosti s vit. D. Především kvůli zvýšené prevalenci jeho nedostatku v populaci a souvislosti mezi vit. D a celou řadou onemocnění (Todd, 2015; Zhang, 2010; Holick et al., 2012).

Význam a všestrannost vit. D v organismu je stále zřejmější. Vit. D hraje aktivní roli v imunitních funkcích, syntéze bílkovin, svalových a kardiovaskulárních funkcí, zánětlivé reakci, buněčném růstu a regulaci pohybového aparátu (Zhang, 2010; Holick et al., 2012; Owens, 2018).

V souvislosti s vit. D a jeho úlohou u sportovců probíhá v současné době důležitá oblast výzkumu jeho vlivu na kostní rovnováhu, svalovou odolnost a sportovní výkon (Halliday et al., 2011; Larson-Meyer, 2015).

Mohlo by se zdát, že sportovci mají dostatečné množství vit. D, avšak aktuální výzkumy ukazují, že tento předpoklad je mylný. V posledním desetiletí výzkumné studie o hladinách vit. D u různých skupin sportovců, včetně běžců, basketbalistů, žokejů, gymnastů, a dokonce i tanečníků prokázaly, že koncentrace tohoto vitamínu jsou srovnatelné s hladinami u běžné populace. Publikace poukazují i na závislosti zeměpisné polohy a na druhu sportu, zda se jedná o halový nebo venkovní sport (Koundourakis et al., 2016; Bikle, 2014).

# 1 Vitamin D

## 1.1 Charakteristika vitaminu D

Vit. D se řadí mezi tuky rozpustné prekurzory steroidního hormonu a označuje skupinu příbuzných steroidních látek s antirachitickým účinkem, nazývaných kalciferoly. Aktivní formou vit. D je kalcitriol, chemicky řazený mezi sekosteroidy. Kromě příjmu potravou se vit. D tvoří také v lidském těle po vystavení pokožky slunečnímu záření o vlnové délce 290-340 nm. I když některé potraviny obsahují vit. D, dodávají ho pouze v menším množství. (Rodrigues, 2018). Vit. D je vitamín rozpustný v tucích a hraje v lidském těle klíčovou roli v mnoha fyziologických a hormonálních funkcích. Spolu s kalcitoninem a parathormonem udržuje homeostázu vápníku, ovlivňuje imunitní procesy, podílí se na diferenciaci buněk a je nezbytný pro metabolismus fosforu (Slíva, 2009; Hlúbik, 2004).

Existuje několik forem vitaminu D:

- D<sub>2</sub> (ergokalciferol) je pro ergosterol izomerem a pomocí UV záření z něho vzniká,
- D<sub>3</sub> (cholecalciferol) je tvořen podobně ze 7-dehydrocholesterolu,
- D<sub>4</sub> (22-dihydroergokalciferol) je tvořen z provitaminu 22-dihydroergosterolu,
- D<sub>5</sub>, který slouží jako fotoizomer pro 7-dehydrositosterol (Rodrigues, 2018).

Z rostlinných zdrojů přijímáme ergokalciferol (D<sub>2</sub>). Cholecalciferol, označován jako D<sub>3</sub> je přijímán ze živočišných zdrojů. Vit. D je přítomen také ve fortifikovaných potravinách, v mléce a mléčných produktech, veganských produktech nebo v perorálních doplňcích (Tláskal, 2013; Hlúbik, 2004; Topolčan, 2013).

### 1.1.1 Ergokalciferol

Ergokalciferol je jedním z forem vit. D a vzniká z provitaminu D<sub>2</sub>, který se nachází v buněčných membránách nižších eukaryot, jako jsou houby, kvasinky a rostliny. Tento vitamin ovlivňuje regulaci propustnosti a fluidity buněčných membrán a je aktivován UVB zářením (Rodrigues, 2018).

Hlavní rozdíl mezi ergokalciferolem a cholecalciferolem spočívá v jejich chemické struktuře, konkrétně ve dvojné vazbě mezi 22. a 23. uhlíkem a methylové vazbě na 24. uhlíku v postranním řetězci (viz. obrázek 1). To má za následek nižší afinitu k vit. D vázajícímu proteinu (VDBP), což zvyšuje clearance z krevního oběhu a redukcí jeho

konverze na 25-hydroxyvitamin D. Ergokalciferol se přijímá potravou rostlinného původu. Stejně jako cholekalciferol s lipidy jsou emulgovány solemi žlučových kyselin v tenkém střevě a následně vstřebány do krve. V krvi se váže na specifický transportní protein a dopravuje se do jater, kde účinkem 25-hydroxylázy vzniká 25-hydroxyderivát. Ten je v ledvinách pomocí enzymu  $1\alpha$ -hydroxylázy přeměněn na fyziologicky aktivní kalcitriol. Účinky ergokalciferolu a cholekalciferolu na lidský organismus jsou fyziologicky podobné, ačkoli se liší strukturou postranního řetězce (Bikle, 2014).

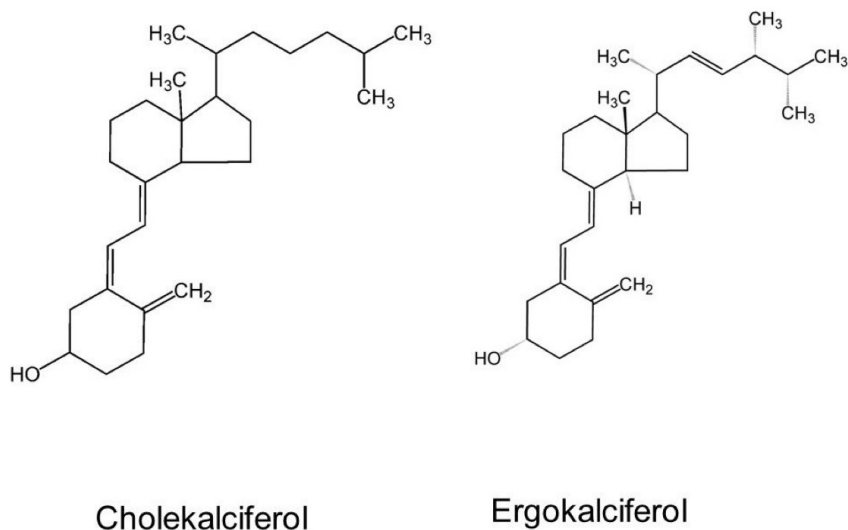
### 1.1.2 Cholekalciferol

Cholekalciferol, přirozená forma vit. D, je považován za hormon kvůli své chemické struktuře a účinkům na lidský organismus (Bikle, 2014). Je vytvářen v kůži pomocí ultrafialového záření, přičemž vzniká ze 7-dehydrocholesterolu, který se nachází v epidermis pokožky. Proces vzniku začíná vytvořením previtaminu D<sub>3</sub> při UVB záření, následuje dvojitá hydroxylace, nejprve v játrech 25-hydroxylázou, která vytváří kalcidiol (25-hydroxycholekalciferol) – mnohem aktivnější formu vit. D, která působí na střevo a kost. Koncentrace kalcidiolu v plazmě určuje stav vit. D v organismu. Další hydroxylace probíhá v ledvinách, kde 25(OH)D  $1\alpha$ -hydroxyláza přeměňuje kalcidiol na vysoce aktivní vitamin 1,25(OH)<sub>2</sub>D – kalcitriol. Pokud je v těle dostatečné množství aktivní formy vit. D, tak se v ledvinách pomocí enzymu 24-hydroxylázy přeměňuje 25(OH)D<sub>3</sub> na neaktivní formu 24,25(OH)<sub>2</sub> cholekalciferolu. Tím dochází k regulaci hladiny aktivního vit. D v těle (Broulík & Broulíková, 2013; Bikle, 2014).

Aktivace vit. D je složitý proces, který zahrnuje mnoho různých regulací. Jedním z hlavních mechanismů je samoregulace 1,25(OH)<sub>2</sub> vit. D<sub>3</sub>. Další důležitou regulací je účinek parathormonu (PTH). PTH snižuje aktivitu enzymu 24-hydroxylázy v ledvinách, což snižuje množství neaktivního metabolitu. Kromě toho PTH působí nepřímo stimulačním efektem na aktivaci vit. D prostřednictvím poklesu hladiny anorganického fosfátu v krvi. Na druhé straně vysoká hladina vápníku v krvi tlumí aktivitu  $1\alpha$ -hydroxylázy, což snižuje produkci 1,25(OH)<sub>2</sub> vit. D<sub>3</sub> (Bikle, 2014).

Cholekalciferol je derivát cholesterolu a více než polovina z něj se ukládá do tukové tkáně, kde tvoří zásobárnu vit. D a je jeho inaktivní prekurzor (Drábová et al., 2013).

Obrázek 1: Chemická struktura Cholekalciferolu a Ergokalciferolu



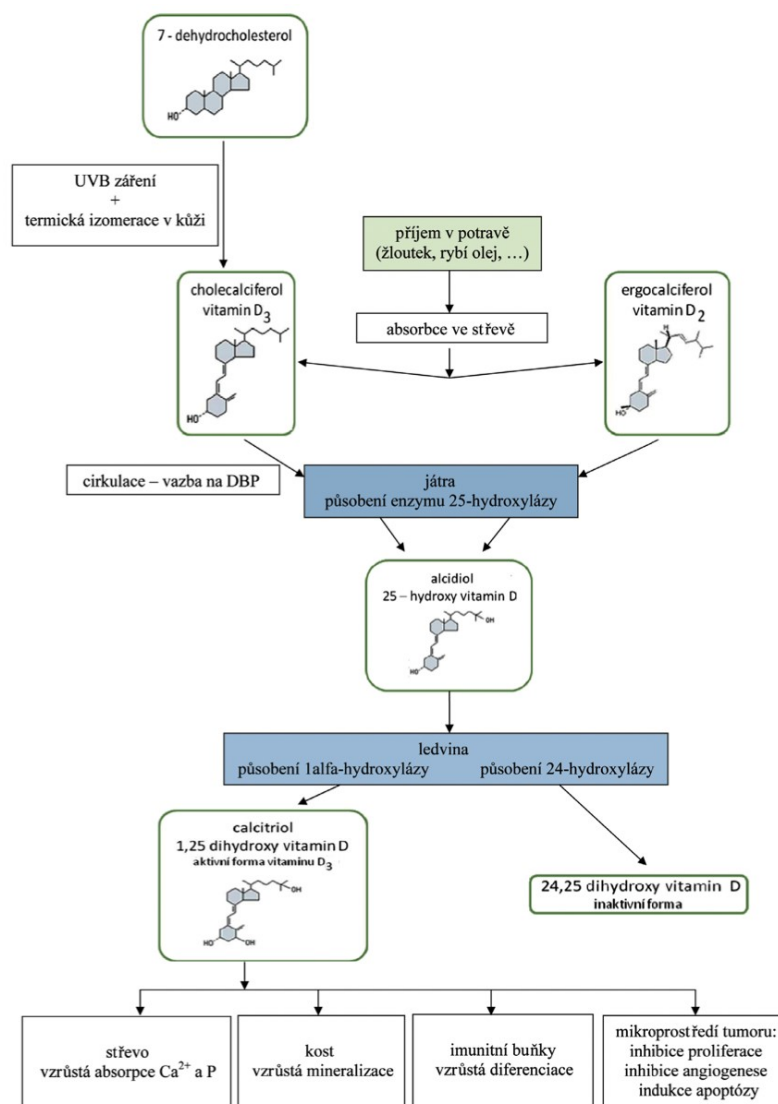
Zdroj: Havlová, 2018

## 1.2 Metabolismus a působení vitamínu D

Vit. D se vstřebává ze střeva a je začleněn do chylomikronů, které transportují vitaminy lymfatickým systémem do jater (viz. obrázek č. 2: schéma metabolismu). Při stravování s nízkým příjmem tuků dochází k horšímu vstřebávání. Vit. D a jeho metabolity se účastní enterohepatální cirkulace a transportují se k cílovým tkáním pomocí transportních bílkovin v plazmě jako je  $\alpha$ -1globulin a transkalciferin (DBP), který je složkou frakce lipoproteinů VLDL. DBP váže zejména 25-OH vit. D<sub>3</sub> a 24,25(OH)<sub>2</sub> vit. D<sub>3</sub>. Přibližně polovina 25-OH vit. D<sub>3</sub> je vázána na transkalciferin. Albumin a lipoproteiny také přenášejí metabolity ke tkáním (Speckaert et al., 2010).

Nehydroxylované formy vit. D se ukládají do tukové tkáně a DBP se produkuje v játrech. Produkce DBP je stimulována estrogeny, hormonální antikoncepcí a těhotenstvím. Naopak její produkce klesá při onemocnění jater, nefrotickém syndromu a malnutrici. Během těhotenství jsou hladiny 1,25(OH)<sub>2</sub> vit. D<sub>3</sub> vyšší, částečně kvůli vysokým hladinám vazebných bílkovin, ale také kvůli vysoké syntéze tohoto metabolitu v placentě z prekursoru 25-OH vit. D<sub>3</sub>, který prochází placentou (Jabor, 2008).

Obrázek 2: Schéma metabolismu vit. D v těle



Zdroj: Drábová et al., 2013

### 1.3 Zdroje a kritéria pro tvorbu vitaminu D

Sluneční záření je přirozeným zdrojem vit. D, ale jeho dostupnost a kvalita mohou být ovlivněny mnoha faktory, jako je geografická poloha, znečištěné ovzduší, denní doba, roční období, délka a čas vystavení na slunci, použití ochranných krémů a mnoho dalších (Podoužek, 2018; Broulík & Broulíková, 2013). Lidé s tmavší pletí mají tendenci mít nižší hladinu vit. D, než lidé s bělejší pletí při stejné expozici slunečnímu záření si vytvářejí méně vit. D než osoby se světlou barvou kůže při stejné sluneční expozici (Zhang & Naughton, 2010; Zittermann & Pilz, 2018, Holick, 2017).

Na zásobení vit. D má také vliv případné užívání léků, jako např. glukokortikoidy, léky na AIDS, hormonální antikoncepce, antikonvulziva a protiplísňové přípravky (ketokonazol, cholestyramin) (Zittermann & Pilz, 2018; Rutar, 2018).

UV index musí být alespoň větší než 3, aby se vit. D tvořil. Nejvyšší hodnoty UV indexu bývají naměřené kolem rovníku, naopak nejnižší na pólech. UV index je dále závislý na nadmořské výšce, čím výše tím vyšší UV index (Broulík & Broulíková, 2013).

### **1.3.1 Endogenní tvorba vitamínu D**

Během expozice slunečnímu záření pronikají fotony UV-B do epidermis a absorbovaná energie způsobuje fotolýzu 7-dehydrocholesterolu přítomného v plazmatické membráně keratinocytů na previtamin D<sub>3</sub>. Vzniklý previtamin D<sub>3</sub> je termodynamicky nestabilní a rychle izomerizuje na vit. D<sub>3</sub>. Během 8 hodin, při 37 °C se 80 % previtaminu D<sub>3</sub> izomerizuje na vit. D<sub>3</sub>. Vzniklý vit. D<sub>3</sub> se poté uvolňuje z plazmatické membrány do extracelulárního prostoru, odkud se přesouvá do kapilárního řečiště a váže se na plazmatické proteiny. Jak bylo uvedeno výše, syntéza v kůži může za ideálních podmínek vytvořit 80-90 % tělesného poolu vit. D (Janoušek et al., 2022).

Syntéza vit. D ustává mezi říjnem a březnem na severní polokouli v zeměpisných šířkách vyšších než 40° severní šířky. Vzhledem k tomu, že se Česká republika nachází na zeměpisné šířce kolem 50° severní šířky, stává se příjem vitamínu z potravy jeho důležitým zdrojem, a to minimálně v zimním období (Spiro et al., 2014).

#### **1.3.1.1 UV index**

V Kanadě byl zaveden UV index v roce 1992 kvůli obavám z úbytku ozonu a nárůstu UV záření. Index se používá k vyhýbání se nadměrnému vystavení UV záření a k výzkumu vlivu UV záření. Hodnoty se určují z měření a modelů radiačního přenosu, a jsou široce dostupné. Faktory ovlivňující UV index jsou výška slunce, ozon v atmosféře, oblačnost, odraz od sněhu a znečištění. UV index se stal významným parametrem pro charakterizaci slunečního UV záření od roku 1992 (Fioletov et al., 2010). UV záření hraje důležitou roli v lidském zdraví, neboť umožňuje tvorbu v. D. Nicméně, nadměrná expozice UV záření může způsobit zdravotní komplikace, jako jsou například oční onemocnění a rakovina kůže. Většina UV záření je pohlcena atmosférou a zejména ozonem v atmosféře. Pouze malé množství slunečního záření, které dopadá na zem, je ve formě UV záření (přibližně 3-5 %) (Sasaki et al., 2011; Metelka, 2018).

UV záření se skládá z elektromagnetického záření s vlnovými délkami od 100 do 400 nm. Dělíme ho na tři kategorie: UV-A (315-400 nm), která je nejméně nebezpečná, způsobuje zhnědnutí kůže a představuje 99 % UV záření dopadajícího na zemský povrch. UV-B (280-315 nm), zodpovědné za rudnutí kůže, způsobuje akutní i chronické poškození kůže a očí a je absorbováno ozónovou vrstvou jen částečně. A nakonec UV-C (100-280 nm), které je nejnebezpečnější a je kompletně absorbováno molekulárním kyslíkem a ozónovou vrstvou. UV záření může mít pozitivní účinky, jako jsou antiseptické účinky a podpora tvorby v. D a melatoninu. Nicméně při nadměrném a dlouhodobém vystavení může poškodit buňky a způsobit rakovinu kůže, pigmentové skvrny, vrásky a poškození očí včetně šedého zákalu. Každý člověk má různou citlivost na UV záření v závislosti na typu kůže a prostředí, ve kterém se pohybuje. Světlejší kůže, vlasy a oči znamenají nižší fototyp a menší odolnost proti slunečnímu záření (Metelka, 2018; Tomanová & Pokorná, 2021).

Intenzitu UV záření ovlivňuje výška Slunce nad obzorem, nadmořská výška, koncentrace ozonu, znečištění a albedo povrchu. Atmosféra absorbuje a rozptyluje UV záření, přičemž v ozónové vrstvě dochází k největší absorpci. Aerosolové částice a oblačnost snižují intenzitu UV záření. Celkově lze říct, že rozptyl a absorpce v atmosféře, koncentrace ozonu, znečištění a oblačnost jsou klíčové faktory ovlivňující intenzitu UV záření (Tomanová & Pokorná, 2021).

### **1.3.2 Exogenní příjem**

Neexistuje mnoho bohatých přírodních zdrojů vit. D. Z potravy je možné získat vit. D okolo 50-150 IU denně, což je podstatně málo vůči denní doporučené dávce, která je stanovena na 800 IU/den (Holick, 2017).

Různé země mají odlišné zdroje potravin, které významně přispívají k příjmu vit. D v stravě, v závislosti na tamních stravovacích návycích a fortifikaci potravin. V České republice jsou nejvýznamnějšími zdroji vit. D slepičí vejce (příjem 21-28 %), jemné pečivo (11-19 %), kravské mléko a mléčné výrobky (7-23 %), obohacené margaríny (7-18 %), ryby a rybí výrobky (6-20 %) a maso a masné výrobky (4-12 %) (Bischofova et al., 2018).

### 1.3.3 Živočišné zdroje

#### *Ryby*

Vit. D je významně zastoupen v tučných rybách. V některých zemích může tento zdroj představovat až 68 % celkového příjmu tohoto vitamínu. V ČR je situace odlišná. Tučné ryby přispívají maximálně z 20 %. Česká společnost pro výživu (2012) doporučuje týdenní příjem alespoň 400 g ryb a rybích výrobků. Reálná spotřeba je dlouhodobě nízká. Na českém trhu je k dispozici široká škála ryb a rybích výrobků, ale zdá se, že specifické vlastnosti ryb (zápach, relativně velké množství drobných kostí, vyšší cena zejména u mořských ryb apod.) by mohly mít významný vliv na již zmíněnou nízkou spotřebu, zejména u dětí (Bischofova et al., 2018).

V roce 2015 činila spotřeba ryb pouze 5,5 kg (syrových) na obyvatele a rok (Český statistický úřad, 2016), tj. asi 100 g týdně. Zvýšení konzumace ryb v české populaci je veřejně podporována, protože jsou zdrojem dalších pozitivních látek, jako jsou omega 3 mastné kyseliny. V 50. a počátkem 60. let 20. století dostávali děti ve školách pravidelně rybí tuk v rámci prevence křivice (Bischofova et al., 2018).

Olej z jater volně žijících tresek obsahuje až 1250 µg vit. D<sub>3</sub> na 100 g. Olej z jater jiných ryb, zejména různých druhů tuňáků, má ještě vyšší obsah vit. D než olej z tresek. Zajímavé je, že ve srovnání s jinými rybami (např. makrela, losos, sledř) obsahuje maso tresky a tuňáka obvykle nižší množství vit. D<sub>3</sub> (Janoušek et al., 2022; Velíšek & Hajšlová, 2009).

Ze sladkovodních ryb mají významný obsah vit. D<sub>3</sub> pstruh duhový a tilapie. Volně žijící ryby (mořské i sladkovodní) mají obvykle vyšší obsah vitamínu než ryby chované na farmách. Příkladem je losos, kde je obsah vit. D<sub>3</sub> u volně žijících jedinců až čtyřikrát vyšší než u chovaných (Janoušek et al., 2022).

Ostatní vodní živočichové, jako jsou slávky, ústřice nebo krevety, obsahují ve srovnání s rybami zanedbatelné množství vit. D<sub>3</sub> (Janoušek et al., 2022).

#### *Vejsce*

Slepičí vejce se na celkovém příjmu vit. D v ČR podílejí nejvíce (až 28 %), (Bischofova et al., 2018).

Většina vitamínu je přítomna ve žloutku. Mezi jednotlivými druhy zvířat, jejichž vejce se běžně konzumují (např. kuřecí, kachní, husí, křepelčí), nejsou v obsahu vit. D<sub>3</sub> významné rozdíly, hodnoty se pohybují od 2 do 5 µg/100 g žloutku. U drůbeže má



suplementace vit. D<sub>3</sub> obrovský význam, protože lze dosáhnout výrazného zvýšení obsahu vit. D ve vaječném žloutku (Schmid & Walter, 2013; Kuhn et al., 2015).

### ***Maso***

Kuřecí maso a játra mají ve srovnání s vejci výrazně nižší obsah vit. D. Z masa hospodářských zvířat je nejvyšší obsah vit. D<sub>3</sub> uváděn ve vepřovém mase. Rozptyl hodnot je však velmi široký, protože závisí na části těla, ze které je maso odebráno, a také na stravě zvířete a jeho vystavení slunečnímu záření. Většina vit. D se nachází v tuku, kde se ukládá a uchovává ještě několik týdnů. Přestože maso není bohatým zdrojem vit. D<sub>3</sub>, jeho příjem se díky zkonsumovanému množství významně podílí na celkovém denním příjmu (Schmid & Walter, 2013).

### ***Mléko a mléčné výrobky***

Mléčné výrobky jsou také důležitým zdrojem vit. D, zejména u mladších jedinců. Mléko přirozeně neobsahuje tolik vit. D<sub>3</sub> jako jiné zdroje, ale některé tučné mléčné výrobky, jako je máslo, smetana ke šlehání a sýry, obsahují značné množství i vit. D<sub>2</sub> (Janoušek et al., 2022).

Pro nekojené kojence je hlavním zdrojem vit. D umělé mléko, které je později nahrazeno mlékem a mléčnými výrobky. Od 4 do 10 let věku začíná převažovat maso a masné výrobky spolu s obilovinami a tukovými pomazánkami (Spiro, 2014).

### ***Vliv technologické úpravy a fortifikace***

V případě vit. D bylo pozorováno poměrně vysoké zachování (60-100 %) po různých typech tepelné úpravy, jako je pečení, vaření, smažení nebo mikrovlnná trouba. Vit. D je stabilní i během dlouhodobého zrání sýrů a skladování obohaceného mléka a mléčných výrobků s dlouhou dobou trvanlivosti (Janoušek et al., 2022; Velíšek & Hajšlová, 2009).

Vzhledem k tomu, že nedostatek vit. D je stále závažným problémem na celém světě, existuje snaha podpořit příjem vit. D fortifikací potravin. Pro fortifikaci se vit. D<sub>3</sub> vyrábí především z cholesterolu, který pochází z lanolinu. Používá se jako doplněk krmiva pro hospodářská zvířata a pro fortifikaci potravin určených k lidské spotřebě. Nejčastěji obohacovanými potravinami jsou mléčné výrobky, ale obohacují se jimi také snídaně

cereálie, margaríny, ovocné šťávy, zeleninové alternativy mléčných výrobků a další potraviny (Janoušek et al., 2022; Velíšek & Hajšlová, 2009).

Tabulka 1: Přehled obsahu vitamínu D v živočišných potravinách

Zdroj	Obsah vit. D ( $\mu\text{g}/100\text{ g}$ )
Rybí tuk, tresčí olej <sup>2</sup>	500
Mořské ryby <sup>1</sup>	5-45
Losos, sledř, tuňák <sup>2</sup>	15-25
Sardinky <sup>2</sup>	7,5
Sladkovodní ryby <sup>2</sup>	2-5
Vejsce <sup>1</sup>	3-5
Máslo <sup>1</sup>	0,1
Sýry <sup>1</sup>	0,8
Smetana <sup>1</sup>	0,4
Maso <sup>1</sup>	0,3
Játra <sup>1</sup>	0,2-1,1
Mléko <sup>1</sup>	0,1

Zdroj: <sup>1</sup> Velíšek & Hajšlová. (2009), <sup>2</sup> Broulík & Broulíková (2013)

### 1.3.4 Rostlinné zdroje

Významným zdrojem z rostlinné říše je kokosové máslo, hříby, kvasnice, zelí, špenát, pšeniční klíčky, fortifikované oleje a rostlinné tuky (Martineau, 2017; Belitz, 2009).

K syntéze vit. D<sub>2</sub> z ergosterolu je rovněž zapotřebí UV-B záření, stejně jako v případě přeměny 7-dehydrocholesterolu na vit. D<sub>3</sub> (Martineau, 2017).

Ačkoli některé rostliny obsahují významné množství vit. D<sub>3</sub> (např. rajčata a brambory), nelze je považovat za dietní zdroje, protože vitamin je obsažen v nejedlých částech (Janoušek et al., 2022). Množství vitamínu se liší v závislosti na expozici UV-B záření. Většina pěstovaných hub se pěstuje ve tmě, kde se ergosterol nepřeměňuje na ergokalciferol, proto neobsahuje žádný vit. D<sub>2</sub>. Této přeměny však lze dosáhnout i působením po sklizni. Vystavení hub na slunci po dobu 15 min. může vést k významné produkci vit. D<sub>2</sub>. Stupeň přeměny závisí na intenzitě a délce UV-B záření. Na rozdíl od pěstovaných hub obsahují volně rostoucí houby vit. D<sub>2</sub> přirozeně (Janoušek et al., 2022). Obsah vit. D<sub>2</sub> může ovlivnit i zpracování. S výjimkou hub sušených na slunci, kde se hladina vitamínu zvyšuje, dochází obvykle ke ztrátě vit. D<sub>2</sub> během sušení a skladování.

Bez ohledu na to mohou sušené houby i po 18 měsících skladování obsahovat téměř 70 % původního obsahu vitamínu (Cardwell et al., 2018).

Vit. D živočišného původu není přijatelný pro některé specifické diety, zejména pro veganskou stravu, která nemá dostatečné zdroje tohoto vitamínu. K dispozici jsou proto alternativy rostlinného původu, jako je vit. D získávaný z lišejníků nebo řas. Velmi bohatým zdrojem vit. D<sub>2</sub> jsou také pekařské kvasnice ozářené UV-B zářením, které lze použít k obohacení různých potravin, např. chleba. Ergosterol získaný z kvasnic v chlebu může být UV-B zářením přeměněn na vit. D<sub>2</sub> i po upečení (Janoušek et al., 2022; Liu, 2012).

## 1.4 Stanovení vitamínu D

25-hydroxyvitamin D (25(OH)D) je forma vit. D, která cirkuluje v krvi a slouží k odhadu množství vit. D v organismu. Tato forma se vyskytuje v krvi po dlouhou dobu, až několik týdnů a měsíců, díky svému pomalému rozpadu. Množství cirkulujícího 25(OH)D v krvi odráží příjem vit. D z potravy a množství, které je syntetizováno v kůži. Na druhé straně, aktivní forma vit. D, 1,25-dihydroxyvitamin D (1,25(OH)<sub>2</sub>D) má krátký poločas rozpadu, přibližně 4-7 hodin, a proto se běžně nepoužívá pro rutinní vyšetření (Braegger, 2013; Kojecký, 2015; Zittermann a Pilz, 2018).

Vyšetření hladiny vit. D je doporučeno pro pacienty s rizikovými faktory pro nedostatek vit. D, jako jsou malnutriční pacienti, osoby s celiakií nebo po resekci střeva, nebo osoby se zhoršenou střevní absorpcí. U těchto osob může být vhodná suplementace až padesátkrát vyšší dávkou vit. D, než je doporučeno pro běžnou zdravou populaci (Rutar, 2018).

Hladinu vit. D je dále vhodné stanovit u osob s prokázanou osteoporózou nebo osteomalácií, u dětí s poruchami vývoje skeletu, u osob se sníženou endogenní syntézou vit. D<sub>3</sub>, osoby s jaterními chorobami a onemocněním ledvin (Kojecký, 2015).

French et. al. (2019) ve své studii poukazuje na proměnlivost koncentrace vit. D během dne. Doporučuje jedincům, kteří sledují hladinu vit. D odebrat vzorek krve ve stejnou denní dobu, aby bylo měření v průběhu času konzistentní. Klinické studie by na to měly pamatovat i při testování účastníků, aby se snížila chyba způsobená touto variabilitou. Studie navíc prokázala, jak může akutní onemocnění vést k nižší hladině vit. D ještě předtím, než se objeví příznaky nemoci.

### 1.4.1 Doporučená denní dávka

Podle referenčních hodnot pro příjem živin z roku 2019 lze dosáhnout potřebného množství vit. D bez potřeby suplementace při časté expozici slunečnímu záření. Pokud však tělo nedokáže syntetizovat dostatečné množství vit. D, je doporučena adekvátní dávka (AI) 20 µg/den (viz. tabulka č. 2).

Evropský úřad pro bezpečnost potravin (EFSA, 2016) stanovil AI vit. D na 15 µg/den pro osoby starší 1 roku, za podmínek předpokládané minimální kožní syntézy vit. D.

Tabulka 2: Množství vit. D při nedostatečné endogenní produkci

Věk	Dávka v µg/den
Kojenci (0-11 měsíců)	10
Děti (1-14 let)	20
Mladiství a dospělí (15-64 let)	20
Senioři (od 65 let)	20
Těhotné	20
Kojící	20

Zdroj: Referenční hodnoty pro příjem živin, 2019

Pro převod jednotek koncentrace vit. D se používá následující převod: 1 µg je ekvivalentní 40 mezinárodním jednotkám (IU). Pokud se převádějí hodnoty vit. D v nmol/l na ng/ml (a naopak), musí se hodnoty v nmol/l vynásobit (nebo dělit) číslem 2,5 (Referenční hodnoty pro příjem živin, 2019).

Doporučená denní dávka vit. D se liší podle zdroje a výzkumníka. Broulík & Broulíková (2013) doporučují 800 IU/denně, zatímco Krejsek (2018) navrhuje, aby dospělí v české populaci v podzimním a zimním období přijímali kolem 2000 IU vit. D, kvůli snížené dostupnosti slunečního záření.

Kojenci a děti, kteří jsou krmeni kojeneckou formulí, by měli dostávat preventivně vit. D (cholecalciferol) od 2. týdne života, a to v množství 1 kapky denně (1 kapka = 500 IU) po celý první rok života a poté v zimních měsících ve 2. roce života (Velemínský & Šimková, 2020).

Tabulka 3: Rozdělení hladin vitamínu D

<b>Těžký deficit (vysoké riziko osteomalácie)</b>	<12,5 nmol/l
<b>Deficit</b>	<25 nmol/l
<b>Insuficience</b>	<50 nmol/l
<b>Dostatečná hladina</b>	<75 nmol/l
<b>Optimální hladina</b>	<75-125 nmol/l

Zdroj: Horák, 2019

V České republice je velké procento osob, které nesplňují současný doporučený příjem vit. D. Rozdělení hladin vit. D ukazuje tabulka č. 3. Prevalence nedostatečného příjmu ve stravě se odhaduje na nejméně 95 % v české populaci ve věku od 4 let. Byly zjištěny malé rozdíly v jednotlivých skupinách populace, přičemž nejvyšší příjem vit. D byl u dospělých mužů ve věku 18-64 let a nejnižší u dětí ve věku 4-6 let, dívek ve věku 11-14 let a žen ve věku 15-17 let (Bischofova et al., 2018).

Při porovnání českých výsledků s výsledky z ostatních evropských zemí je situace z hlediska příjmu vit. D ve stravě podobná. Podle zprávy EFSA (2012), která srovnává výsledky ze 14 evropských zemí, se průměrný příjem bez doplňků stravy u dětí a dospívajících pohyboval od 1,4 do 4 µg/den, u dospělých žen od 1,1 do 6,0 µg/den a u dospělých mužů od 1,5 do 8,2 µg/den. Nejvyšší příjem z potravin byl zjištěn u mužů z Finska (16 µg/den, 25-74 let) (EFSA, 2012).

I když tyto výsledky nejsou dostatečné, potvrzují zjištění, že příjem vit. D ve stravě je nízký, zejména v zimním období nedosahuje požadovaných hodnot (Bischofova et al., 2018).

Vit. D je klíčový pro udržení zdraví, avšak mnoho lidí trpí jeho nedostatkem. Existuje několik způsobů, jak zlepšit příjem vit. D v populaci. Jednou z možností je fortifikace neboli obohacení potravin. V mnoha zemích (Dánsko, severské země) se obohacené potraviny staly významným zdrojem vit. D, avšak v ČR je k dispozici pouze omezený počet druhů obohacených zdrojů. V současné době se povinná fortifikace potravin vztahuje pouze na výživu kojenců a malých dětí, zatímco ostatní potraviny jsou fortifikovány dobrovolně. Proto by zavedení povinné fortifikace určitých potravin mohlo významně přispět k vyššímu příjmu vit. D v celé populaci ČR (Bischofova et al., 2018).

Dalším prostředkem ke zvýšení příjmu vit. D jsou doplňky stravy. Nicméně, v Evropě existují rozdíly v míře užívání doplňků stravy, přičemž se vyšší spotřebou mohou pochlubit severské země. Rozdíly jsou také mezi pohlavími, která je vyšší u žen než u mužů. To by mohlo být vysvětleno tím, že ženy jsou obecně více informované o zdravotních tématech a mají větší tendenci ke sledování a uplatňování zdravého životního stylu (Spiro et al., 2014).

#### **1.4.2 Nedostatek vitamínu D**

Nedostatek vit. D je považován za celosvětový zdravotní problém. Je spojen se zhoršeným pohybovým aparátem (např. křivice u dětí, osteopenie, osteoporóza a zlomeniny), ale také se zvýšeným rizikem dalších onemocnění (např. nádorové, autoimunitní, hypertenze, infekční a neuropsychologické) (Pludowski et al., 2013).

Nedostatek vit. D může být způsoben několika faktory, včetně nedostatečného vystavení slunečnímu záření, vegetariánské strava, tmavší pleti, životního stylu a obezity. Lidé, kteří tráví čas v uzavřených prostorech nebo nosí oblečení, které zakrývá velkou část kůže, mají větší šanci na nedostatek vit. D. Vegetariáni mají větší šanci na nedostatek vit. D, protože hlavním zdrojem vit. D jsou živočišné produkty, jako jsou ryby, vaječné žloutky a rybí tuk. U lidí s tmavou pletí a vyšším obsahem melaninu se snižuje schopnost tvořit previtamin D<sub>3</sub>. Protože se jedná o vitamin rozpustný v tucích, mohou být jeho deficitem ohroženy ženy, které dodržují drastické diety s nízkým příjmem tuků. Obézní lidé mají také větší tendenci k nedostatečným hladinám vit. D, protože se ukládá v tukové tkáni a je obtížné ho přeměnit na aktivní formu kalcitriolu v ledvinách (Holick, 2017; Wamberg et al., 2015).

Nedostatek vit. D vede ke zvýšenému riziku onemocnění, které by mohlo negativně ovlivnit sportovní výkon a výrazně zkrátit život profesionálních sportovců (Holick et al., 2012).

#### **1.4.3 Nadbytek vitamínu D**

Využití suplementace vit. D se výrazně rozšířilo a s narůstajícím povědomím v obecné populaci nabylo na popularitě. Volně dostupný vit. D s mnohdy velmi vysokými dávkami zahrnuje nebezpečí jeho nezřízeného užívání. Případy předávkování vit. D jsou v literatuře ojedinělé. Po požití farmakologických dávek (např. 125-1000 µg/den) vit. D po dobu nejméně jednoho měsíce se koncentrace 25(OH)D v séru zvyšuje, zatímco koncentrace 1,25(OH)<sub>2</sub>D se nemění nebo se dokonce snižuje (EFSA NDA Panel, 2012a;

Jones, 2014). Vysoké sérové koncentrace 25(OH)D (> 220 nmol/l) mohou vést k hyperkalcemii, která může nakonec vést ke kalcifikaci měkkých tkání a následnému poškození ledvin a kardiovaskulárního systému (Amrein et al., 2020).

Při revizi tolerovatelných horních hranic příjmu (ULs) pro vit. D (Panel NDA EFSA, 2012) byly zváženy údaje o možných souvislostech mezi příjmem vit. D nebo jeho sérovou koncentrací 25(OH)D a nepříznivými dlouhodobými zdravotními důsledky. Žádná studie však neuváděla souvislosti mezi příjmem vit. D a zvýšeným rizikem nepříznivých dlouhodobých zdravotních výsledků. Studie uvádějící souvislost mezi sérovou koncentrací 25(OH)D a úmrtností ze závažných příčin nebo rakovinou nebyly konzistentní. U dospělých byla jako ukazatel hypervitaminózy D nebo toxicity vit. D zvolena hyperkalcemie (Panel NDA EFSA, 2012). Ve dvou studiích byly u mužů podávány dávky mezi 234 a 275 µg/den vit. D3, aniž by byla zaznamenána hyperkalcemie (Heaney et al., 2003). Byla určena hladina bez pozorovaných nepříznivých účinků (NOAEL) na 250 µg/den (Hathcock et al., 2007). S ohledem na nejistoty spojené s těmito dvěma studii byla ULs pro dospělé stanovena na 100 µg/den. Dvě studie u těhotných a kojících žen, obě s použitím dávek vit. D2 a D3 až 100 µg/den, po dobu několika týdnů až měsíců, nezaznamenaly nežádoucí účinky ani u matek, ani u jejich potomků (Hollis & Wagner, 2004). Stanovená ULs 100 µg/den se tedy vztahuje na všechny dospělé osoby, včetně těhotných a kojících žen (EFSA NDA Panel, 2012).

Údaje o vysokém příjmu vit. D u dětí a dospívajících jsou nedostatečné. Vzhledem k etapám rychlého růstu a tvorby kostí a nepravděpodobnosti, že by tato věková skupina měla ve srovnání s dospělými nižší toleranci vit. D, byla ULs stanovena na 100 µg/den pro věkovou skupinu 11-17 let (EFSA NDA Panel, 2012). Stejná úvaha se týkala i dětí ve věku 1-10 let, ale s ohledem na jejich menší tělesnou velikost byla zvolena ULs na 50 µg/den (EFSA NDA Panel, 2012).

#### **1.4.4 Intoxikace vitamínem D**

Podle Holicka (2017) jsou případy intoxikace vit. D způsobené nadměrným příjmem nebo suplementací velmi vzácné a vysoké dávky až 10 000 IU/den po dobu 5 měsíců nevedou k toxicitě.

Avšak Kalvachová (2012) upozorňuje, že u dospělých může být vit. D toxický, pokud se v organismu akumuluje v dávce vyšší než 10 000 IU po několik týdnů, což může vést ke zvýšené sérové koncentraci vit. D až 500 nmol/l. Při nadměrném příjmu mohou nastat nežádoucí účinky jako např. nechutenství, nauzea, únava, bolest hlavy, polydipsie,

polyurie, průjmy, pocení nebo parestázie. Dle Horáka (2019) lze také pozorovat zvýšenou hladinu vápníku a sodíku v krvi, zvýšené vylučování vápníku a fosforu močí a v laboratorních testech se projevuje hyperkalcemie.

Toxicita ze slunečního záření nebo umělé expozice UVB není možná, protože při dlouhodobé expozici dokážou metabolické zpětné mechanismy usměrňovat vznik na neúčinné fotoprodukty (Ross et al., 2010).



## **2 Fyziologické funkce aktivního vitamínu D**

### **2.1 Efekt vitamínu D ve střevě**

1,25 (OH)<sub>2</sub> vit. D<sub>3</sub> je zodpovědný a regulaci homeostázy minerálních látek a podporuje absorpci draselných solí (a v menší míře také fosfátů a magnezia) v tenkém střevě, bez závislosti na hladině parathormonu. Dále urychluje transport kalcia v tenkém střevě pomocí pasivní difuze, aktivuje proteinkinázy, což vede k fosforylaci vazebného proteinu (CaBP) a zvyšuje aktivitu vápenaté pumpy na bazolaterálním pólu střevních buněk (Jabor, 2008).

### **2.2 Vitamin D jako regulátor homeostázy vápníku a kostní metabolismus**

Vit. D byl dlouho považován za klíčový prvek v udržování rovnováhy vápníku a fosfátu v těle. Správné množství vit. D a vápníku je nezbytné pro správný vývoj, růst a pevnost kostí. Dnes se však ukazuje, že vit. D má mnohem širší účinky na zdraví kostí, včetně aktivace genů, které zlepšují absorpci vápníku v tenkém střevě, způsobují renální reabsorpci vápníku (v souvislosti se zvýšením PTH) a zvyšují kostní obrat. Vit. D také podporuje uvolňování vápníku z kostí prostřednictvím osteoklastogeneze (Holick et al., 2012).

Parathormon (PTH) a vit. D úzce spolupracují na regulaci hladiny vápníku v krvi. Chronický nedostatek vit. D vede k sekundární hyperparatyreóze. Tato kombinace nedostatku vit. D a zvýšené hladiny PTH může způsobit nadměrnou mobilizaci vápníku z kostí, za účelem udržení cirkulující hladiny Ca na úkor kostní hustoty (Hamilton et al., 2010; Iwamoto et al., 2011).

Aktuální literatura popisuje protichůdné souvislosti mezi hustotou kostní tkáně a hladinou vit. D, zejména u rasových menšin a sportovně založené populace. Má se za to, že zátěžový stimul, kterému je pohybový aparát vystaven prostřednictvím vysoce intenzivní sportovní aktivity, kompenzuje nedostatek 25-OH vit. D a zabraňuje špatnému stavu kostí u sportovců (Hamilton et al., 2010).

V dětství se nedostatek vit. D projevuje křivicí, v dospělosti osteomalácií (Drábová et al., 2013).

## 2.3 Vliv na imunitní systém

Vit. D ovlivňuje vrozenou a adaptivní imunitu, může snižovat zánět svým inhibičním účinkem na prozánětlivé cytokiny, jako je interleukin-6, který přeměňuje monocyty na makrofágy a produkuje více zánětlivých cytokinů (Koundourakis et al., 2016).

Vit. D má vliv na adaptivní složku imunitní odpovědi, zejména na T-lymfocyty. Některé studie naznačují, že vit. D může mít protinádorový efekt, avšak mechanismus tohoto účinku je stále předmětem výzkumu (Drábová et al., 2013).

## 2.4 Další účinky 1,25 (OH)<sub>2</sub> vitamínu D<sub>3</sub>

Kalcitriol, aktivní forma vit. D, má v organismu široké spektrum účinků. Kromě své role v homeostáze vápníku a fosfátů ovlivňuje i další fyziologické procesy. V příštítných těliscích působí jako inhibiční faktor, což znamená, že snižuje jejich růst a potlačuje tvorbu PTH, který má vliv na metabolismus vápníku. Kalcitriol také ovlivňuje reprodukční systém a sekreční procesy. Výzkumy naznačují, že může mít ochranný efekt proti některým typům rakoviny a může být spojen s regulací hladiny inzulínu v organismu. Dále inhibuje syntézu reninu, což je enzym důležitý pro regulaci krevního tlaku. Celkově lze tedy říci, že kalcitriol má v organismu mnoho důležitých účinků, které ještě nejsou zcela objasněny a stále probíhají výzkumy, aby se lépe pochopila jeho role v organismu (Drábová et al. 2013).

### 3 Sportovní výživa a vitamin D u vrcholových sportovců

Je prokázané, že hormonálně aktivní forma vit. D (1,25-dihydroxyvitamin D), hraje v lidském těle zásadní roli a reguluje více než 900 variant genů. Na základě literatury je pravděpodobné, že hladina vit. D nad normálním referenčním rozmezím (až 100 nmol/l) by mohla zvýšit funkci kosterního svalstva, zkrátit dobu regenerace po tréninku, zvýšit produkci síly i výkonu a zvýšit produkci testosteronu. To by mohlo potencovat sportovní výkon. Udržování vyšších hladin vit. D by se mohlo ukázat jako prospěšné pro sportovní výkon. Navzdory této situaci má velká část sportující populace nedostatek vit. D. Pokud jde o optimální příjem vit. D, konkrétní formy, které by měl člověk přijímat, interakce živin mezi vit. D a vit. K, (které ovlivňují arteriální kalcifikaci a hypervitaminózu), výzkumy v těchto doporučeních nejsou jednoznačné. Kromě toho je možné, že dávky přesahující doporučení pro vit. D (tj. dávky až 4000-5000 IU/den) v kombinaci s 50 až 1000 mcg/den vit. K<sub>1</sub> nebo K<sub>2</sub>, by mohly zlepšit sportovní výkon (Dahlquist et al., 2015).

#### 3.1 Úloha vitaminu D a jeho vztah ke zdraví sportovců

V současné době se celosvětově pojednává o problematice nedostatku vit. D. Stejnou predispozici k nízkým hladinám mají sportovci, u kterých se vyskytuje koncentrace vit. D pod 20 ng/ml. Tato situace se objevuje v celé řadě sportů, zejména v zimních měsících. Vit. D reguluje vstřebávání vápníku a fosforu a je klíčovým při udržování zdraví kostí. Nejnovější výzkumy poukazují také na jeho zásadní roli v extraskeletálních funkcích, včetně růstu kosterního svalstva (zvýšení velikostí svalových vláken typu II), imunitních a kardiopulmonálních funkcí a regulaci zánětu, které ovlivňují sportovní výkon. Vit. D může urychlit zotavení po zranění a také snížit riziko infekce. Udržování dostatečné hladiny vit. D, případně za pomoci dostatečné suplementace, by mohla zlepšit výkonnost a předcházet zraněním (de la Puente Yagüe, 2020; Thomas et al., 2016).

##### 3.1.1 Stresové zlomeniny

Stresové zlomeniny zahrnují 0,7-20 % všech klinických zranění ve sportovní medicíně (Iwamoto et al., 2011).

Nejnovější poznatky naznačují, že vit. D může být důležitý v prevenci stresových zlomenin u sportovců. Stresové zlomeniny se běžně vyskytují u holenní, lýtkové a stehenní kosti nohy a také u kotníku a metatarzálních kostí chodidla. Hlavními příčinami může být náhlé zvýšení fyzické aktivity, snížená síla dolních končetin, nízká hustota kostí a/nebo poruchy menstruačního cyklu v anamnéze (Wilson-Barnes et al., 2020).

Studie na vojenských rekrutech zaznamenaly nejvyšší výskyt stresových zlomenin, který se přičítá zvýšené fyzické aktivitě během intenzivních výcvikových programů. Nízký stav vit. D [plazmatický 25(OH)D <50 nmol/l] byl prospektivně spojen s významně zvýšeným rizikem stresových zlomenin (Davey et al., 2016). Dvojitě zaslepená, randomizovaná kontrolovaná studie provedená s 3 700 ženami amerického námořnictva zjistila, že suplementace vit. D a vápníkem významně snižuje riziko stresových zlomenin (až o 20 % ve srovnání s kontrolní skupinou) (Mayer et al., 2014).

Chybí však důkazy týkající se vztahu mezi stresovými zlomeninami a stavem vit. D u profesionálních nebo rekreačních sportovců, včetně toho, zda suplementace může snížit riziko zlomenin. Studie v této oblasti jsou komplikované, protože ke vzniku zátěžových zlomenin může přispívat mnoho jiných proměnných, než stav vit. D, včetně přetrénování, špatné stravy, kouření, věku a amenorey u žen. Studie provedená s 25 ženami věnujícími se běhu na dlouhé vzdálenosti zjistila, že vyšší hladina 25(OH)D byla spojena s nižším výskytem stresových zlomenin po dobu dvou let sledování (Wilson-Barnes et al., 2020).

### **3.1.2 Oslabený imunitní systém**

Jak již bylo zmíněno výše, vit. D potlačuje působení prozánětlivých cytokinů, jako je interleukin-6, který přeměňuje monocyty na makrofágy a produkuje více zánětlivých cytokinů (Koundourakis, 2016).

Interleukin-6 může být při intenzivním tréninku často zvýšen. Předpokládá se, že může souviset se vznikem svalového poškození během tréninku. Na druhou stranu bylo prokázáno, že vit. D snižuje produkci dalších prozánětlivých cytokinů, jako jsou interferon, interleukin-2 a tumor nekrotizující faktor-6 (Bikle et. al, 2017).

Nízké hladiny vit. D v běžné populaci a u sportovců, zejména po intenzivním cvičení, vedou ke zvýšení IL6 a TNF $\alpha$ . Vit. D proto tuto zánětlivou odpověď zlepšuje (Barker, 2014).

Nedostatek vit. D u sportovců je spojen s vyšší frekvencí onemocnění, včetně běžného nachlazení, chřipky a gastroenteritidy. U sportovců je výskyt respiračních onemocnění vyšší, zejména na vrcholové úrovni, což naznačuje, že nízká hladina vit. D může zvyšovat náchylnost k infekcím horních cest dýchacích, zatímco jedinci s vyšší hladinou vit. D jsou vůči těmto onemocněním odolnější (Książek, 2016).

### 3.1.3 Stav kosterního svalstva

Vit. D ovlivňuje expresi genů, které jsou klíčové pro růst a diferenciaci svalových buněk tím, že je aktivuje. Když člověk trpí nedostatkem tohoto vitamínu, svalové biopsie ukazují zvýšené mezerové prostory mezi svalovými vlákny, tukovou infiltrací, fibrózu a přítomnost glykogenu ve svalových dystrofiích. Vit. D má vliv na svalovou výkonnost prostřednictvím genomických i nengenomických mechanismů, které ovlivňují transport vápníku a fosfátů přes buněčné membrány, metabolismus fosfolipidů a proliferaci a diferenciaci svalových buněk. Působí dvěma způsoby – buď pomalou jadernou cestou, nebo rychlou nengenomickou cestou, která je spojena s membránou. Pokud člověk trpí nedostatkem vit. D, může to vést ke snížení síly a výkonu svalů. Výzkum ukazuje, že suplementace vit. D může zlepšit některé parametry svalové výkonnosti u sportovců, kteří trpí jeho nedostatkem. Nedostatek tohoto vitamínu také zpomaluje proces regenerace a zotavení zraněných sportovců po ortopedických operacích. Vit. D může být užitečný pro zlepšení svalové hmoty a síly a také pro urychlení regenerace svalů po intenzivním cvičení. Ukazuje se, že vit. D zvyšuje syntézu svalových bílkovin, koncentraci ATP, výšku a rychlost skoku a také aerobní a anaerobní výkon při cvičení (De La Puente et al., 2020; Wilson-Barnes et al., 2020).

### 3.1.4 Efekt na nervový systém

Vit. D má vliv na centrální a periferní nervový systém, přičemž jeho receptory jsou přítomny v celém mozku, včetně oblasti primární motorické kůry, která koordinuje pohyb. Ovlivňuje diferenciaci, zrání a růst neuronů a působí přímo neuroprotektivně prostřednictvím syntézy proteinů, které hrají klíčovou roli v nervové činnosti, včetně přenosu. Vit. D také ovlivňuje GABAergní funkci, což je hlavní "brzda" v mozku, ovlivňující svalovou relaxaci prostřednictvím kortikospinálních neuronů. Účinky vit. D na GABAergní tonus a na serotonin a dopamin jsou klíčové pro svalovou koordinaci a zabránění centrální únavy, což je stav spojený se synaptickou koncentrací několika neurotransmiterů. Vysoký podíl serotoninu a dopaminu ovlivňuje výkonnost při cvičení díky svému vlivu na celkový pocit únavy a vnímání námahy. Dalším mechanismem, kterým vit. D ovlivňuje mozek a sportovní výkon, se může týkat nociceptorů, což jsou smyslové nervové buňky reagující na škodlivé podněty vysíláním signálů do míchy a mozku. Tyto nociceptory jsou plné VDR a 1 $\alpha$ -hydroxylázy. Když tyto receptory přenášejí signály bolesti do mozku, dochází k inhibiční fyzické reakci. Nová zjištění ze studií na zvířatech naznačují, že deplece vit. D může vést k hyperinervaci a nociceptivní hypersenzitivitě v hluboké svalové tkáni a ztrátě rovnováhy, aniž by ovlivnila svalovou

sílu nebo kožní nociceptivní odpověď. Tato zjištění naznačují, že nociceptivní hyperinervace a hypersenzitivita v hluboké svalové tkáni mohou vést k myalgiím, které se mohou projevit během fyzické aktivity. Tyto myalgie mohou být však falešné a mohou vést ke snížení výkonnosti u jedinců s deplecí vit. D (De La Puente et al., 2020; Mpandzou et al., 2016; Bikle, 2014).

### 3.2 Stav vitamínu D u sportovců

V letních měsících se UVB záření ze slunce absorbuje v kůži v dostatečném množství. V zimních měsících však úhel dopadu slunečního záření brání tomu, aby se UVB záření dostalo do zeměpisných šířek vyšších než 35-37 stupňů, proto v těchto oblastech nelze vit. D kůží syntetizovat (Holick et al., 2012).

I když člověk stráví na slunci dostatek času, opalovací krém s ochranným faktorem (SPF) 15 vede k 99% snížení vstřebávání vit. D. Jedinci, kteří tráví dostatek času venku, mohou přesto potřebovat suplementaci vit. D, aby si udrželi jeho dostatečnou hladinu i v zimním období (Hamilton et al., 2010).

Mnoho outdoorových sportovců se vyhýbá době nejvyššího slunečního záření a raději trénují brzy ráno nebo pozdě večer, což výrazně snižuje expozici UVB záření, a jsou tak vystaveni značnému riziku nedostatku vit. D. Řada studií zjistila, že mnoho sportovců je značně v riziku nedostatku vit. D (Ogan et al., 2013).

Hamilton et al. (2010) zjistili, že 90 % sportovců ze Středního východu mělo v období od dubna do října nedostatek vit. D. Přestože tito sportovci trénovali v příznivých zeměpisných šířkách, v Kataru (25,4° s. š.), vystavovali se v průměru méně než 30 min. slunečnímu záření denně.

Jiná studie provedená v příznivé zeměpisné šířce (Izrael 31,8° s. š.) naznačila, že 73 % sportovců mělo nedostatek vit. D (Costantini et al., 2020).

Naproti tomu studie provedená v méně příznivé zeměpisné šířce (Laramie, WY 41,3° s. š.) odhalila nedostatek vit. D u 63 % halových/venkovních sportovců v zimním období, ve srovnání s podzimem (12 %) a jarem (20 %) u halových a venkovních sportovců (Halliday et al., 2011).

Další studie provedená ještě dále od rovníku (Ellensburg, WA 46,9° s. š.), která zkoumala výhradně venkovní sportovce, zjistila 25-30% výskyt nedostatku vit. D od podzimu do zimy (Ogan et al., 2013).

Storlie et al. (2011) uvedli, že 1000 IU/den vit. D nedokáže zabránit sezónnímu poklesu stavu vit. D.

Výsledky jsou sice různé, ale zdá se, že zeměpisná šířka a pohlaví nejsou hlavními rizikovými faktory pro nedostatečnost vit. D u sportovců. Hlavním rizikovým faktorem se jeví nedostatečné vystavování slunečnímu záření, což je riziko pro halové sportovce a ty, kteří se vyhýbají špičce denního světla, bez ohledu na zeměpisnou šířku (Ogan et al., 2013).

### **3.3 Příjem vitamínu D u sportovců**

Sportovci, kteří žijí na 35. rovnoběžce, nebo kteří trénují a závodí především v hale, jsou pravděpodobně vystaveni vyššímu riziku nedostatku 25(OH)D. Další faktory jako jsou životní návyky, tmavá pleť, vysoký obsah tuku v těle, trénink brzy ráno a večer, kdy je hladina UVB nízká, a agresivní blokování expozice UVB (oblečení, stínící prostředky) zvyšují riziko deficitu. Vzhledem k tomu, že sportovci mají tendenci přijímat málo vit. D ze stravy a samotné dietní úpravy se neprojeví jako účinný prostředek k řešení nedostatečného stavu, může být k udržení dostatečného množství vit. D nutná suplementace (Thomas et al., 2016).

#### **3.3.1 Požadavky pro příjem vitamínu D ve sportovní výživě**

Neexistují žádné důkazy, které by naznačovaly vyšší potřebu vit. D u sportovců ve srovnání s běžnou populací (Holick, 2017).

K dostatečné syntéze a stavu vit. D se obvykle doporučuje několikrát týdně vystavit paže, nohy a záda slunečnímu záření v délce 5 (u osob s velmi světlou pleť) až 30 (u osob s tmavší pleť) min., bez použití opalovacího krému. Sportovci, kteří se nedostatečně vystavují slunečnímu záření, potřebují vit. D užívat v podobě doplňků stravy. Je možné se také zaměřit na zvýšený příjem potravin, které jsou bohaté na vit. D, s kombinací doplňků stravy. Samotná konzumace potravin obohacených o vit. D nebo užívání běžného multivitaminu nevede k udržení dostatečného stavu (>75 až 80 nmol/l) (Holick, 2017).

Doporučení týkající se vit. D lze individualizovat podle jeho koncentrace v krvi každého sportovce, klinických příznaků a výživy. Sportovci s nedostatečným stavem vyžadují suplementaci alespoň 1 500-2 000 IU/den vit. D, aby se koncentrace v krvi pohybovala v dostatečném rozmezí, pokud není možné vystavování se slunečnímu záření.

Vyšší dávky mohou být přínosem u sportovců s nadměrnou tělesnou hmotností nebo tmavší pleť nebo u těch, kteří užívají léky ovlivňující metabolismus vit. D (Holick et al., 2012).

### 3.3.2 Význam suplementace vitamínu D u sportovců

I přes pozornost, která je věnovaná sportovní výživě, musíme mít na paměti, že se mohou objevit nedostatky některých mikroživin. Může se zdát, že pokud sportovci dodržují vyváženou stravu, nebudou potřebovat žádné doplňky stravy (Wyon et al., 2014).

Tato představa nemusí být zcela pravdivá. Určit vhodnou skladbu jídelníčku pro sportovce je mnohdy náročné. Požadavky na příjem mikroživin se mohou lišit v závislosti na délce, intenzitě a typu tréninku (de la Puente Yagüe, 2020).

Pro některé mikroživiny, zejména vit. D, nemusí být k dispozici dostatek potravinových zdrojů. U sportovců se velmi intenzivně diskutuje o problematice doplňování mikroživin, protože dostatek těchto látek může pozitivně ovlivnit sportovní výkon (de la Puente Yagüe, 2020).

Aktivita vit. D souvisí s dostatečnou přítomností dalších nutričních faktorů a je velmi důležité znát stav dalších živin, jako je například hořčík. Hořčík hraje důležitou roli při mineralizaci kostí, a to částečně pomocí vlivu na syntézu aktivního vit. D (Wyon et al., 2014). Nové výzkumy poukazují, že implementace hořčíku může potencovat účinnost aktivity vit. D (Wyon et al., 2014). Ačkoli někteří vědci uvádějí zlepšený účinek suplementace vit. D na fyzickou výkonnost, zůstává tato otázka sporná (de la Puente Yagüe, 2020). Suboptimální hladiny vit. D se objevují jak u sportovců, kteří trénují převážně v hale a ve vyšších zeměpisných šířkách, tak u těch, kteří trénují venku v nižších zeměpisných šířkách (Alimoradi et al., 2019).

Jedním z hlavních faktorů, který má na hladinu vit. D největší vliv, je expozice slunečnímu záření. Cokoli, co omezuje množství nebo kvalitu slunečního záření, může ohrozit hladinu vit. D (Peeling et al., 2013).

Jen málo publikovaných studií kategoricky uvádí, že suplementace vit. D prospívá neuromuskulární a aerobní výkonnosti. V nedávné randomizované placebem kontrolované studii byl hodnocen účinek vit. D (500 IU denně po dobu osmi týdnů) na rychlostní časy a výškové skoky u skupiny sportovců. Skupina, která dostávala doplňky vit. D měla podstatné zvýšení výšky skoku od začátku do konce sledovaného období,



zatímco u placebem kontrolované skupiny nebyla pozorována žádná změna (de la Puente Yagüe, 2020).

Wyon et al. (2014) zjistili ve studii s perorální suplementací vit. D3 zlepšení nervosvalové výkonnosti u elitních baletních tanečníků. Bylo pozorováno významné zvýšení izometrické síly a výškového skoku. U intervenční skupiny došlo k významnému snížení počtu zranění oproti kontrolní skupině. Jiné studie však nedokázaly doložit žádné přínosy po suplementaci vit. D u sportovců s přiměřenou nebo mírně nedostatečnou hladinou vit. D před suplementací. Close et al. (2013) zkoumali účinky suplementace vit. D3 na sérové koncentrace 25 (OH)D a na různé ukazatele výkonnosti při cvičení. Na začátku studie byl u 57 % účastníků zjištěn nedostatek vit. D. I přes zvýšení sérových hladin vit. D se u žádné ze skupin nezlepšila výkonnost při cvičení ve srovnání s kontrolními skupinami. Carswell et al. (2018) u 967 mladých zdravých vojenských rekrutů zjistili, že stav vit. D nemá žádný vliv na svalovou sílu. Přestože suplementace zvýšila koncentraci vit. D, vliv na výkon při cvičení zůstal stejný. Zjistili však poměrně pozitivní souvislost mezi stavem vit. D a vytrvalostním výkonem.

Souhrnně lze uvést, že vit. D plní důležité funkce pro zdraví našeho organismu a má význam i v oblasti sportu. Studie naznačují, že u sportovců je vysoký nedostatek vit. D, který může mít významné negativní důsledky na multisystémové úrovni (od oslabení imunitního systému až po zvýšené riziko zranění). Prokazuje se, že suplementace vit. D je bezpečná a účinná u většiny sportovců. Z tohoto důvodu, ačkoli neexistuje dostatek důkazů, které by jednoznačně potvrdily přínos suplementace vit. D na fyzickou výkonnost (např. silové nebo sprinterské testy), lze při zvážení negativních účinků nízké hladiny vit. D (zejména v případě vrcholových sportovců, kteří musí snášet vysokou tréninkovou zátěž) a absence nežádoucích účinků při suplementaci v mírných nebo vysokých dávkách, suplementaci vit. D doporučit (Larson-Meyer, 2015).

Mezinárodní olympijský výbor (MOV) a vědci v oblasti vit. D a sportu (Larson-Meyer, 2015; Todd et al., 2015; Owens et al., 2018) se shodují, že pravidelné sledování stavu vit. D je pro zdraví a tělesnou pohodu sportovců nezbytné. Kromě toho MOV navrhuje, aby byl vit. D doplňován (podle doporučení pro běžnou populaci) v závislosti na typu pokožky sportovce a úrovni expozice UVB záření, ačkoli pro sportovce není stanoven žádný protokol o suplementaci. Přestože chybí referenční rozmezí pro stav vit. D a doporučení pro jeho příjem u profesionálních/rekreačních sportovců, různí sportovci a sportovní týmy uplatňují vlastní doporučení pro suplementaci nebo se řídí výživovými doporučeními pro běžnou populaci v souladu s aktuálními doporučeními. Je však také důležité uvést, že v současné době neexistují

žádné erogenní účinky spojené se zvýšeným příjmem vit. D, pokud má sportovec již dostatečnou hladinu 25(OH)D ( $>75$  nmol/l). Odborníci ve zdravotnictví by se proto měli zaměřit na nápravu nedostatku 25(OH)D ( $<50$  nmol/l,  $<25$  nmol/l), protože ten je úzce spojen se zátěžovými zlomeninami, zvýšenou frekvencí onemocnění, sníženou kostní hmotou, a dokonce i sníženou svalovou silou (Owens et al., 2018).

### 3.4 Klinické hodnocení vitamínu D u sportovců

Rutinní screening stavu vit. D může být u sportovců užitečný (Larson-Meyer, 2015).

Pokud rutinní screening není možný, je vhodné se zaměřit na sportovce s anamnézou stresových zlomenin, častých onemocnění, zranění kostí a kloubů, bolestí nebo slabostí kosterního aparátu nebo známkami přetrénování. Pozornost je potřeba věnovat také sportovcům s omezeným stravovacím režimem, a těm, kteří tráví většinu času v hale (např. gymnasté, tanečníci, zápasníci), protože u nich může být vyšší riziko nedostatku vit. D spojené s nedostatečným příjmem živin. Přestože koncentrace vit. D v krvi je nejdůležitějším biochemickým parametrem, další informace o stavu může poskytnout hodnota PTH, alkalická fosfatáza a další markery týkající se stavu kostí. Koncentrace PTH v krvi obvykle stoupá s poklesem koncentrace vit. D v krvi pod 25-50 nmol/l (Holick, 2017) a nezávisle na tomto ukazateli se vztahuje k hustotě kostí a rizikem stresových zlomenin u sportovců (Halliday et al., 2011).

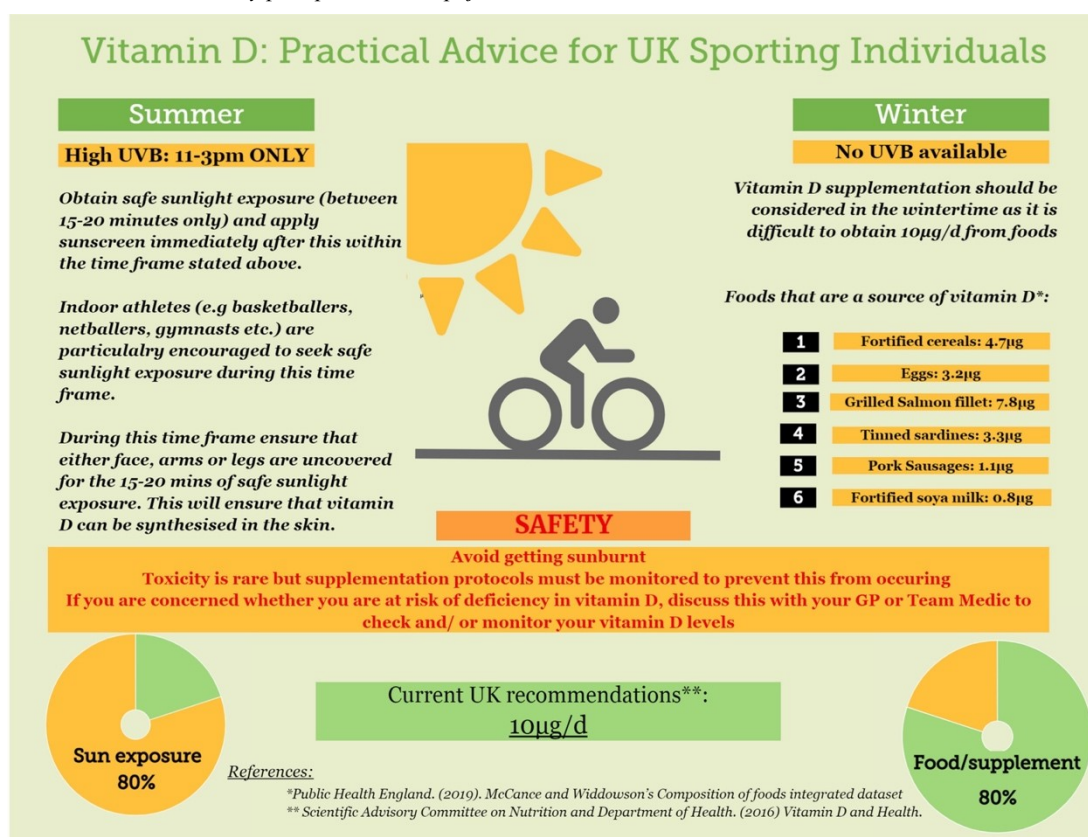
Míra koncentrace alkalického fosfátu v krvi je ukazatel pro poškození kostí v důsledku nedostatku vit. D (osteomalacie), který se neprojevuje při nízké kostní hustotě nebo osteoporózy. Je třeba zvážit také rizikové faktory včetně nevysvětlitelné svalové bolesti a slabosti, zranění při přetrénování a častých onemocnění, jako jsou infekce dýchacích cest, ale také užívání léků, protože některé medikamenty narušují vstřebávání nebo metabolismus vit. D (Holick, 2017). Kromě toho je potřeba zvážit odhad příjmu vit. D a dalších živin důležitých pro zdraví kostí a funkci svalů (tj. hořčíku, vápníku a vitamínů A, C a K) (Larson-Meyer, 2015).

### 3.5 Rady pro odborníky pracující se sportovci

Rutinní screening stavu vit. D (pokud je k dispozici) může být přínosný pro odborníky/zdravotníky pracující přímo se sportovci. Pokud rutinní screening stavu vit. D není k dispozici, je třeba věnovat zvláštní pozornost těm, u nichž se vyskytuje zvýšená frekvence nemocí, a těm, kteří mají poranění kostí a/nebo kloubů a bolesti svalů, protože to jsou běžné příznaky dlouhodobého nedostatku vit. D nebo kostní hustoty (BMD = bone

mineral density) (Cashman, 2016). Kromě toho by měli být na nedostatek 25(OH)D (<25 nmol/l) sledováni také ti, u nichž hrozí poruchy příjmu potravy (např. dlouhodobě omezený příjem energie, často spojený se špatnou BMD; mentální anorexie), kteří bydlí ve vysokých zeměpisných šířkách (>40° s. š.) a trénují převážně v hale (např. gymnasté, plavci, basketbalisté). Sportovci, kteří se řídí veganskou stravou, potřebují být zvláště pozorní k hladinám vit. D, protože většina potravinových zdrojů tohoto vitamínu pochází z živočišných produktů. Avšak, v současné době neexistují žádné studie, které by se zaměřovaly na hladiny 25(OH)D u sportovců, kteří se řídí veganskou stravou (Wilson-Barnes et al., 2020).

Obrázek 3: Praktické rady pro sportovce ve Spojeném království



Poznámka: Autoři vytvořili novou infografiku na základě dostupných informací o vlivu vitamínu D na zdraví a sportovní výkon. Zatímco neexistují specifická doporučení týkající se vitamínu D pro sportovce, autoři se rozhodli vytvořit tuto infografiku jako zdroj informací pro sportující jedince.

Zdroj: Wilson-Barnes et al., 2020

# Praktická část

## 4 Úvod do zkoumané problematiky

### 4.1 Cíl práce, předmět zkoumání a formulace hypotéz

Hlavním cílem této diplomové práce je zjistit vliv 14denní sluneční expozice v oblasti s vyšším stupněm UV záření, a to v Dubaji (Spojené Arabské Emiráty) na koncentraci vitamínu D u vybrané skupiny sportovců vodního slalomu.

Kromě primárního cíle jsou v rámci práce stanoveny i sekundární cíle. Ty se zaměřují na sledování změn hladiny vit. D v krvi po návratu zpět do normálního prostředí s nízkým stupněm UV záření, kde v zimním období UV index nepřesahuje hodnoty potřebné pro tvorbu vit. D. Konkrétně jsou sledovány změny po 14 a 30 dnech po návratu.

Diplomová práce může být přínosem pro několik skupin lidí. První skupinou jsou sportovci, kteří se budou moci dozvědět více o vlivu pobytu v místě s vyšším UV indexem na hladiny vit. D a případné přínosy pro jejich výkon. Druhou skupinou jsou odborníci v oblasti sportovní výživy a medicíny, kteří budou mít nové poznatky k dispozici pro lepší doporučení pro podporu zdraví kostí a svalů u sportovců. Třetí skupinou mohou být lidé trpící nedostatkem vit. D, kteří budou mít nové informace o tom, jak si zlepšit své hladiny vit. D pomocí přirozených zdrojů, jako je sluneční záření.

#### Předmět zkoumání

Předmětem zkoumání je vliv intenzivní 14denní sluneční expozice na hladinu vit. D v krvi u skupiny sportovců a vývoj této hladiny po dobu 30 dnů. Analýza vývoje vit. D je provedena na 4 krevních odběrech:

- 1) před 14denní sluneční expozicí,
- 2) těsně po sluneční expozici,
- 3) 14 dní po sluneční expozici,
- 4) 30 dní po expozici.

Kromě vlivu slunečního záření je dále posuzován vliv potravy obsahující vit. D přijaté sportovci v průběhu výzkumu na proměnu hladiny vit. D v krvi.

## **Formulace hypotéz**

Na základě stanovených cílů praktické části diplomové práce jsou formulovány následující výzkumné otázky a hypotézy:

### **1) Má 14denní sluneční expozice vliv na koncentraci vitamínu D?**

**H0:** Koncentrace vit. D se po 14 dnech sluneční expozice nezmění (hodnota 1. a 2. odběru bude stejná).

**H1:** Koncentrace vit. D se po 14 dnech sluneční expozice zvýší (hodnota 2. odběru bude vyšší než 1.).

### **2) Je koncentrace vitamínu D stabilní po dobu dalších 14 dní po sluneční expozici?**

**H0:** Koncentrace vit. D bude stejná 14 dní po návratu (mezi 2. a 3. odběrem nebude rozdíl).

**H1:** Koncentrace vit. D se 14 dní po návratu sníží oproti koncentraci naměřené bezprostředně po návratu (hodnota 3. odběru bude nižší než 2.).

### **3) Změní se koncentrace vitamínu D v období 14-30 dní po návratu z pobytu?**

**H0:** Koncentrace vit. D zůstane stejná v období 14-30 dní po návratu (hodnota 3. a 4. odběru je stejná).

**H1:** Koncentrace vit. D se v období 14-30 dní po návratu bude snižovat (hodnota 4. odběru bude nižší než 3.).

## **4.2 Prostředky dosažení vytyčených cílů**

K dosažení cílů diplomové práce byla použita experimentální kvantitativní výzkumná metoda opakovaných měření – měření pomocí krevních odběrů pro zjištění koncentrace vit. D v krvi, záznam zkonsumovaných potravin při zohlednění doby pobytu na slunci, používání ochranných krémů a volby oblečení během dne. V rámci realizovaného výzkumného šetření byly hlavním zdrojem dat krevní odběry pro zjištění hladiny vit. D u každého účastníka. Účastníci v průběhu výzkumu také zaznamenávali svůj jídelníček.

## **4.3 Popis výzkumu**

Výzkum byl proveden na základě vyhodnocení koncentrací vit. D z odebraného krevního séra u vrcholových sportovců se zaměřením na vodní slalom. Procedura výzkumu byla následující: za pomoci vedoucího práce MUDr. Dostala a jeho kolegy sportovního fyziologa byla oslovena skupina účastníků (sportovci vodního slalomu), kteří se měli zúčastnit lednového 14denního soustředění v Dubaji s nabídkou účasti na

magisterském výzkumu sledující vývoj koncentrace vit. D v závislosti na plánovaném pobytu v místě s vyšším UV zářením.

Před uskutečněním samotného výzkumu byla stanovena kritéria pro výběr participantů. Všichni participant museli být zletilý, nesměli kouřit a nesměli užívat suplement vit. D. Výzkumu se mělo zúčastnit 16 participantů, ale 2 participant se nakonec soustředění nezúčastnili, 2 participant v průběhu výzkumu nepřišli na všechny odběry a 1 participant byl z výzkumu vyloučen kvůli suplementaci vit. D. Do výsledné analýzy bylo zařazeno 11 participantů, z toho 7 mužů a 4 ženy.

Celková procedura hodnocení parametru byla postavena na 4 krevních odběrech, které porovnávaly vývoj koncentrace vit. D v průběhu výzkumu. Celý výzkum trval dohromady 48 dní. První krevní odběr byl uskutečněn před odletem na soustředění do Dubaje (13. 1. 2023). Participant se následně zúčastnili 14denního soustředění, které probíhalo v období od 16. – 30. 1. 2023. Druhý krevní odběr byl realizován po absolvovaném 14denním soustředění (po 14denní sluneční expozici, 1. 2. 2023), kdy přiletěli zpět do ČR. Třetí krevní odběr byl proveden po 14 dnech po příjezdu ze soustředění (15. 2. 2023) a poslední krevní odběr byl uskutečněn po dalších 14 dnech, tj. 30 dní po soustředění (1. 3. 2023).

Během soustředění si každý participant vedl záznam, kolik hodin denně a v jakém čase pobude na slunci a také monitoroval používání ochranných krémů s UV faktorem. V rámci soustředění bylo požadováno, aby účastníci udržovali stejný styl oblečení, aby se minimalizovala variabilita vystavení slunečnímu záření na ploše kůže. Každý participant si také vedl po celou dobu výzkumu záznam jídelníčku pro následné zhodnocení příjmu potravin, které jsou zdrojem vit. D a vyhodnocení korelace mezi příjmem vit. D z potravin a vlivem slunečního záření.

#### **4.4 Metodologie výzkumného problému**

Výzkumné šetření se skládalo ze tří hlavních fází. V první fázi byl definován výzkumný problém, shromážděna relevantní literatura a navržena strategie pro výzkum. Druhá fáze byla zaměřena na sběr dat. V poslední fázi byly popsány a vyhodnoceny metody výzkumu, techniky sběru dat a metody analýzy. Vzhledem ke specifickému problému byl zvolen kvantitativní přístup k výzkumu.

#### **4.5 Etické otázky k realizaci výzkumu**

Před uskutečněním výzkumu všichni účastníci byli seznámeni s podmínkami, důvodem výzkumu a možnými komplikacemi, které mohly během výzkumu nastat. Účastníci byli ujisti, že bude zachována jejich anonymita. Účastníci před zahájením výzkumu podepsali informovaný souhlas, který jim poskytl veškeré informace o průběhu a dostali možnost výzkum kdykoliv ukončit.

#### **4.6 Výzkumná metoda, design výzkumu**

Výzkum na téma „Problematika vitamínu D ve vrcholovém sportu“, byl vzhledem ke zkoumanému problému navržen jako experimentální kvantitativní výzkum opakovaných měření. Byl realizován pomocí krevních odběrů pro stanovení a porovnání vývoje koncentrace vit. D. Účastníci výzkumu rovněž zaznamenávali svůj jídelníček, pobyt na slunci, aplikaci ochranných krémů s UV faktorem a volbu oblečení.

## 5 Kvantitativní výzkum

Kvantitativní výzkum byl zvolen v závislosti na zkoumaných parametrech, protože zkoumané proměnné lze vyjádřit čísly. V tomto případě byly zkoumány koncentrace vit. D ve 4 krevních odběrech u každého účastníka. Data byla získána pomocí krevních odběrů z žíly horní končetiny u každého účastníka v ambulanci Centra sportovní medicíny, které byly uskutečněny hlavní sestrou. Následně se krevní odběry odeslaly pro zhodnocení do laboratoře Spadia, kde se pomocí elektrochemiluminiscenční imunoanalýzy vyhodnotily koncentrace vyšetřovaného vzorku.

Hodnoty krevních odběrů byly statisticky porovnány pomocí Studentova T-testu pro spárovaná data (t-test dvouvýběrový párový), protože měření bylo provedeno na stejných účastnících před a po intervenci (v tomto případě po 14 dnech pobytu v Dubaji s následujícím monitorováním hladin vit. D následujících 30 dní po návratu).

V rámci výzkumu bylo dále sledováno, zda může příjem vit. D z potravy hrát roli na zvýšení hodnot vit. D v krevním séru. Účastníci byli v rámci výzkumu požádáni, aby si vedli záznam jídelníčku po celou dobu výzkumu, ze kterého byl vyvozen příjem vit. D z potravy pro každého účastníka. Tyto údaje byly následně analyzovány k vyhodnocení spojitosti mezi slunečním zářením a příjmem vit. D z potravy na koncentraci vit. D v těle, resp. vztah mezi zvýšeným slunečním zářením a příjmem vit. D z potravy. Statistické vyhodnocení bylo realizováno pomocí Spearmanovy korelace, která se používá k hodnocení vztahu mezi dvěma proměnnými, které nejsou nutně lineárně závislé.

Po provedení statistických analýz byly data podrobeny interpretaci.

### 5.1 Charakteristika výzkumného vzorku

Do výzkumu byli zařazeni pouze profesionální sportovci, kteří se specializují na vodní slalom. Z důvodu minimalizace ovlivňujících faktorů nebyli do výzkumu zahrnuti žádní sportovci užívající doplňky stravy obsahující vitamin D. Celkem se výzkumu zúčastnilo 11 sportovců, z nichž 7 byli muži a 4 ženy ve věkovém rozmezí od 18 do 35 let. Dále lze dodat, že všichni sportovci byli zdraví a nekuřáci.



## 6 Výsledky výzkumné části

### 6.1 Výsledky měření koncentrace hladin vit. D

Hodnoty vit. D, které byly získány u každého participanta pomocí krevních odběrů jsou zaznamenány v tabulce č. 4/obrázek č.4. Referenční meze pro hodnotu vit. D je od 75,00 – 200,00 nmol/l. Všechny uvedené hodnoty jsou vyjádřené v hodnotách nmol/l.

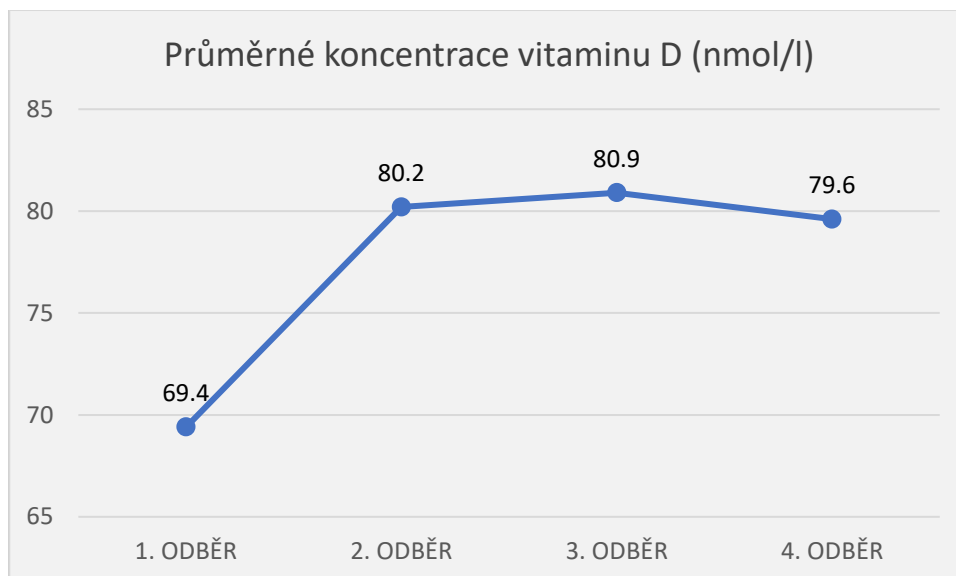
U prvního odběru krve byla zaznamenána vysoká počáteční hodnota vit. D v koncentraci 120,6 nmol/l u účastníka č. 6, přičemž zde bylo vzneseno podezření na užívání suplementu vit. D, které bylo participantem vyvráceno. Nejméně naměřená hodnota se objevila u participanta č. 3 a to v koncentraci 47 nmol/l. Optimálních hodnot vit. D v prvotním odběru bylo dosaženo pouze u participanta číslo 5, 6 a 7.

Tabulka 4: Hodnoty koncentrace vit. D z krevních odběrů v průběhu výzkumu

Participant	1. ODBĚR před odletem (nmol/l) (13. 1. 2023)	2. ODBĚR ihned po návratu (nmol/l) (1. 2. 2023)	3. ODBĚR 14 dní po návratu (nmol/l) (15. 2. 2023)	4. ODBĚR 30 dní po návratu (nmol/l) (1. 3. 2023)
1.	56,9	62,1	63,0	62,0
2.	63,0	86,1	87,1	85,0
3.	47,0	51,3	52,0	51,0
4.	62,2	80,3	81,4	80,0
5.	77,0	89,5	89,9	89,2
6.	120,6	130,2	130,0	128,0
7.	75,0	79,9	81,2	79,8
8.	70,3	75,9	76,2	75,2
9.	71,1	82,5	82,9	81,0
10.	62,3	79,5	79,6	79,0
11.	57,6	65,3	66,0	64,9
průměr	69,4	80,2	80,9	79,6
směrodatná odchylka	19,1	20,1	19,8	19,6

Zdroj: vlastní výzkum

Obrázek 4: Průměrné koncentrace vit. D (nmol/l) během výzkumné doby



Zdroj: vlastní výzkum

## 6.2 Použitá statistická metoda

Výzkum zahrnuje 4 krevní odběry. První odběr byl uskutečněn před odletem na 14denní pobyt (soustředění do Dubaje). Druhý krevní odběr byl proveden ihned po návratu a následující krevní odběry (3. a 4.) byly provedeny vždy po 14 dnech. Vzhledem k tomuto postupu jsou hodnoceny dvojice krevních odběrů v následujícím pořadí:

1. krevní odběr 1 (před odletem) a krevní odběr 2 (ihned po návratu),
2. krevní odběr 2 (ihned po návratu) a krevní odběr 3 (14 dní po návratu),
3. krevní odběr 3 (14 dní po návratu) a krevní odběr 4 (30 dní po návratu).

French et al. (2019) prokázali proměnlivost koncentrace vit. D během dne, proto byly všechny čtyři krevní vzorky u každého účastníka pokaždé odebrány ráno na lačno v čase 7-7:30 hodin.

Ke statistickému porovnání průměrných koncentrací vit. D mezi jednotlivými odběry u zkoumané skupiny byl zvolen dvouvýběrový jednosměrný párový T-test. Tento typ testu se využívá k porovnání hodnot před a po intervenci. Testovány byly 3 výzkumné hypotézy sestaveny na základě výzkumných otázek uvedených v tabulce č. 5.

Tabulka 5: Sada párů nulových a alternativních hypotéz

<b>1. nulová hypotéza</b>	Koncentrace vit. D se po 14 dnech sluneční expozice nezmění (hodnota 1. a 2. odběru bude stejná).
<b>1. alternativní hypotéza</b>	Koncentrace vit. D se po 14 dnech sluneční expozice zvýší (hodnota 2. odběru bude vyšší než 1.).
<b>2. nulová hypotéza</b>	Koncentrace vit. D bude stejná 14 dní po návratu (mezi 2. a 3. odběrem nebude rozdíl).
<b>2. alternativní hypotéza</b>	Koncentrace vit. D se 14 dní po návratu sníží oproti koncentraci naměřené bezprostředně po návratu (hodnota 3. odběru bude nižší než 2.).
<b>3. nulová hypotéza</b>	Koncentrace vit. D zůstane stejná v období 14-30 dní po návratu (hodnota 3. a 4. odběru je stejná).
<b>3. alternativní hypotéza</b>	Koncentrace vit. D se v období 14-30 dní po návratu bude snižovat (hodnota 4. odběru bude nižší než 3.).

Zdroj: vlastní výzkum

Párový T-test je založen na vyloučení nulové hypotézy, tedy předpokladu, že intervence nepřinese žádný významný rozdíl v pozorovaných hodnotách. Pokud statistické vyhodnocení ukáže, že rozdíly v porovnaných hodnotách jsou statisticky významné, znamená to, že intervence měla statisticky významný vliv na koncentraci vit. D v krvi. Hranicí statistické významnosti byla stanovena hodnota  $\alpha = 0,05$ , která byla dále upravena pomocí Bonferroniho korekce a vydělena počtem provedených T-testů ( $\alpha = 0,05/3$ ). Pro výpočet statistických analýz byl použit program Microsoft Excel.

Při statistickém ověřování výzkumných hypotéz byl mezi 1. a 2. odběrem potvrzen statisticky významný rozdíl v hladině vit. D, přičemž průměrné hodnoty skupiny se po intervenci (14denní intenzivní sluneční expozice) významně navýšily (tabulka č. 6) a nulová hypotéza byla zamítnuta.

Tabulka 6: Dvouvýběrový párový T-test mezi 1. a 2. odběrem

	<i>Odběr 1</i>	<i>Odběr 2</i>
Aritmetický průměr	69,36	80,24
Rozptyl	365,47	403,05
Pozorování	11	11
Pear. Korelace	0,9497	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Df. volnost	10	
t Stat	<b>-5,7359</b>	
P(T<=t) (1)	<b>0,0001</b>	
t krit (1)	1,812	
P(T<=t) (2)	0,000	
t krit (2)	2,228	

Zdroj: vlastní výzkum

Statistické porovnání hladin vit. D u 2. a 3. odběru nepotvrdilo předpokládaný pokles (tabulka č. 7) a nulová hypotéza tedy nemohla být zamítnuta: rozdíl v průměrných hladinách vit. D mezi 2. a 3. odběrem byl vyhodnocen jako statisticky nesignifikantní a tedy zanedbatelný.

Tabulka 7: Dvouvýběrový párový T-test mezi 2. a 3. odběrem

	<i>Odběr 2</i>	<i>Odběr 3</i>
Aritmetický průměr	80,24	80,85
Rozptyl	403,05	393,60
Pozorování	11	11
Pear. Korelace	0,9998	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Df. volnost	10	
t Stat	<b>4,4411</b>	
P(T<=t) (1)	<b>0,9774</b>	
t krit (1)	1,812	
P(T<=t) (2)	0,000	
t krit (2)	2,228	

Zdroj: vlastní výzkum

Při porovnání hladin vit. D u 3. a 4. odběru byl potvrzen statisticky významný pokles koncentrací (tabulka č. 8) a přijata alternativní hypotéza, dle které se koncentrace vit. D postupem času začíná snižovat.

Tabulka 8: Dvouvýběrový párový T-test mezi 3. a 4. odběrem

	Odběr 3	Odběr 4
Aritmetický průměr	80,85	79,55
Rozptyl	393,60	382,95
Pozorování	11	11
Pear. Korelace	0,9998	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Df. volnost	10	
t Stat	<b>8,2872</b>	
P(T<=t) (1)	<b>0,0000</b>	
t krit (1)	1,812	
P(T<=t) (2)	0,000	
t krit (2)	2,228	

Zdroj: vlastní výzkum

V tabulce č. 9 jsou stručně shrnuty výsledky všech provedených statistických testů. Z tabulky je patrné, že  $p$  hodnoty u prvního a třetího testu jsou nižší než stanovená hladina významnosti (0,05/3), zatímco u druhého testu nikoliv. Z výsledků vyplývá, že 14denní sluneční expozice měla u zkoumané skupiny statisticky významný vliv na koncentraci vit. D.

Dále lze vyvodit, že tato koncentrace se postupně snižovala v čase uplynutém od skončení intervence, ale nikoliv 14 dní po návratu, jak bylo predikováno (viz. hypotéza 2), avšak až s časovým odstupem 30 dnů od návratu (viz. hypotéza 3).

Tabulka 9: Výsledky všech párových T-testů

	P(T<=t) (1)	t Stat
<b>Test 1</b>	0,0001	-5,7359
<b>Test 2</b>	0,9774	4,4411
<b>Test 3</b>	0,0000	8,2872

Zdroj: vlastní výzkum

### 6.3 Vztah vit. D přijatého ze stravy a změn jeho koncentrace

Cílem této výzkumné části bylo vyhodnotit, zda a jakým způsobem vit. D přijatý ze stravy přispěl ke změnám v koncentraci vit. D v průběhu intervence. Úroveň vit. D přijatého z těchto zdrojů totiž může přímo ovlivňovat nárůst jeho koncentrace v závislosti na vystavení slunečnímu záření. Vzhledem k tomu, že původní design výzkumu nezahrnoval výzkumné otázky a hypotézy ohledně vztahu vit. D přijatého ze stravy a jeho změn způsobených sluneční expozicí, tato část představuje pouze explorační analýzu zkoumaného vztahu, nezahrnuje však testování konkrétních výzkumných hypotéz.

K vyhodnocení vztahu mezi vit. D přijatým ze stravy a změnami jeho koncentrace mezi odběry 1. (před odletem) a 2. (těsně po návratu) byly nejprve vypočteny celkové hodnoty vit. D přijatého ze stravy pro každého účastníka v období mezi 1. a 2. odběrem, a to na základě zaznamenaného jídelníčku. V rámci výzkumu byl každému účastníkovi poskytnut záznamový list (uveden v příloze) pro zaznamenávání jídelníčku, který si každý zapisoval průběžně během celého období výzkumu (tabulka č. 10).

Přijatý vit. D byl vyhodnocen pouze z konkrétních potravin, které jsou typickým zdrojem tohoto mikronutrientu: maso z tučných ryb (tuňák, losos), mléko, mléčné výrobky a vejce. V mléčných výrobcích je zahrnuta konzumace másla, sýrů a smetany nebo občasná konzumace bílých jogurtů či těchto jogurtů v ochucené variantě. Běžné jogurty mají velmi nízký obsah vit. D, zatímco obohacené jogurty mohou být dobrým zdrojem tohoto vitamínu, avšak příjem obohacených jogurtů v tomto případě nebyl zaznamenán u žádného účastníka. Do výpočtů jídelníčku nebyl zahrnut obsah vit. D v masu z důvodu, že v porovnání s jinými zdroji (např. rybami, játry nebo vejci) může být množství vit. D v masu relativně nízké. Avšak pravidelná konzumace může přispět k celkovému příjmu vit. D. Bohužel, zaznamenané množství zkonsumovaného masa v jídelníčcích bylo matoucí a špatně zaznamenané, např. bylo zapsáno už v uvařeném místo syrovém stavu, což nebylo dostatečně přesné pro analýzu.

Z analýzy těchto jídelníčků vyplývá, že týdenní množství zkonsumovaných potravin a výběr potravin byl během intervence stabilní a u každého účastníka se mezi jednotlivými týdny velmi podobal. U účastníka č. 3 a 8 je patrné, že nepřijmuli žádný vit. D z vybraných potravin, jelikož tyto potraviny do svého jídelníčku nezařazují. Po analýze jídelníčků u každého účastníka bylo zjištěno, že ani u jednoho konzumace sardinek, ústřic, pstruha, štiky a vnitřností nebyla zaznamenána.

Z tabulky č. 10 je dále patrné, že u některých účastníků byl příjem vit. D z vybraných potravin vysoký, zatímco u jiných účastníků byl příjem vit. D z vybraných potravin nulový.

Tabulka 10: Příjem vit. D ze stravy u každého participanta

<b>Participant</b>	<b>Maso z tučných ryb (tuňák, losos) (µg)</b>	<b>Mléko (µg)</b>	<b>Mléčné výrobky (µg)</b>	<b>Vejce (µg)</b>	<b>celkový příjem vit. D za týden z jídla ( µg)</b>
<b>1.</b>	60	0,5	18,9	8	<b>87,4</b>
<b>2.</b>	90	1	18	8	<b>117,0</b>
<b>3.</b>	0	0	0	0	<b>0,0</b>
<b>4.</b>	0	0	0	12	<b>12,0</b>
<b>5.</b>	60	0,5	16,2	16	<b>92,7</b>
<b>6.</b>	120	0,5	13,5	20	<b>154,0</b>
<b>7.</b>	0	0	0	8	<b>8,0</b>
<b>8.</b>	0	0	0	0	<b>0,0</b>
<b>9.</b>	60	1	22,5	12	<b>95,5</b>
<b>10.</b>	90	1	18	16	<b>125,0</b>
<b>11.</b>	30	1	9	0	<b>40,0</b>

Zdroj: vlastní výzkum

## 6.4 Statistické vyhodnocení vztahu vit. D ze stravy a změn v jeho koncentraci

Pro vyhodnocení vztahu mezi nárůstem koncentrace vit. D během intervence a vit. D přijatým ze stravy během intervence byla nejprve celková konzumace, v průměru za týden, vybraných potravin u každého účastníka převedena na hodnoty v mikrogramech ( $\mu\text{g}$ ) zobrazených v tabulce č. 11 (viz. teoretická část práce v kapitole 1.3.3, průměrné hodnoty byly analyzovány z tabulky č. 1). Dále byl vypočítán nárůst vit. D během intervence u každého účastníka. Tento nárůst odpovídá rozdílu mezi koncentracemi vit. D u odběru 1. a 2. (tabulka č. 12, obrázek č. 5). Následně byly tyto dvě hodnoty podrobeny korelační a regresivní analýze.

Tabulka 11: Průměrné hodnoty vit. D v analyzovaných potravinách

	maso z tučných ryb (tuňák, losos)	mléčné výrobky	vejce	mléko
Průměrná hodnota ( $\mu\text{g}/100\text{ g}$ )	20	0,9	4	0,1

Zdroj: vlastní výzkum

Tabulka 12: Nárůst vit. D mezi odběry 1 a 2 a příjem vit. D ze stravy

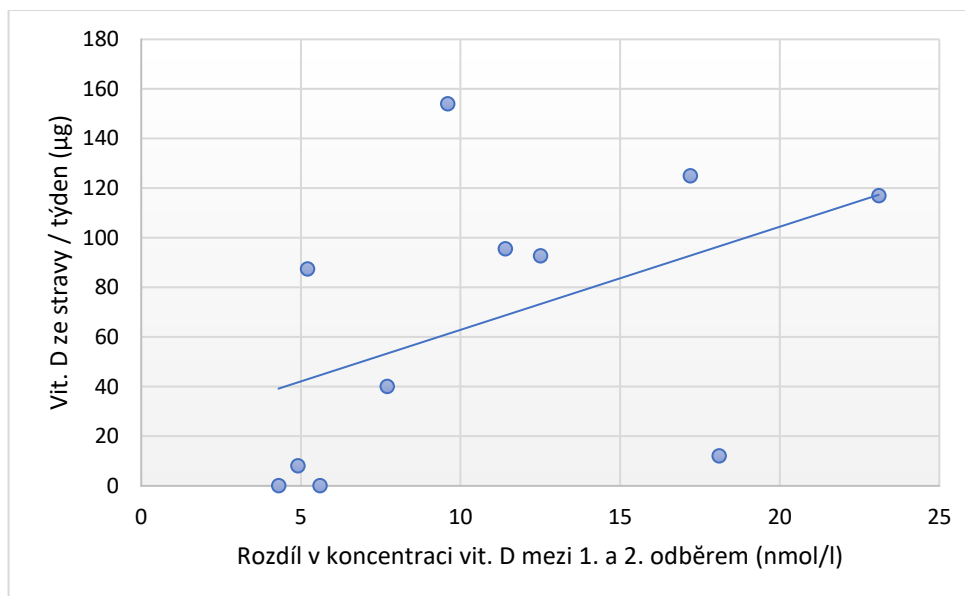
Participant	1. ODBĚR: před odletem (nmol/l) (13. 1. 2023)	2. ODBĚR: ihned po návratu (nmol/l) (1. 2. 2023)	ROZDÍL mezi 1. a 2. odběrem (nmol/l)	Příjem vit. D z vybraných potravin za týden ( $\mu\text{g}$ )
1.	56,9	62,1	5,2	87,4/*12,4
2.	63,0	86,1	23,1	117,0/*16,7
3.	47,0	51,3	4,3	0,0/*0,0
4.	62,2	80,3	18,1	12,0/*1,7
5.	77,0	89,5	12,5	92,7/*13,2
6.	120,6	130,2	9,6	154,0/*22,0
7.	75,0	79,9	4,9	8,0/*1,1
8.	70,3	75,9	5,6	0,0/*0,0
9.	71,1	82,5	11,4	95,5/*13,6
10.	62,3	79,5	17,2	125,0/*17,9
11.	57,6	65,3	7,7	40,0/*17,8

\*v průměru za den

Zdroj: vlastní výzkum



Obrázek 5: Nárůst vit. D mezi odběry 1 a 2 a příjem vit. D ze stravy (grafické zpracování)



Zdroj: vlastní výzkum

V následujících tabulkách (č. 14, 15, a 16) jsou prezentovány výsledky korelační a regresivní analýzy s jednou nezávislou proměnnou (vit. D přijatý ze stravy v µg) a s jednou závislou proměnnou (rozdíl vit. D mezi 1. a 2. odběrem). Spearmanova korelace (tabulka č. 13) a lineární regrese použity v tomto vyhodnocení jsou dvě odlišné statistické metody pro analýzu vztahu mezi dvěma spojitými proměnnými, a ne vždy se musí v závěrech shodovat. Zatímco Spearmanova korelace měří sílu a směr vztahu mezi dvěma proměnnými bez ohledu na to, zda je tento vztah lineární a kauzální nebo nikoliv, lineární regrese se snaží najít lineární, kauzální vztah mezi dvěma proměnnými.

Spearmanova korelace je non-parametrická metoda pro vyhodnocení souvislosti mezi dvěma proměnnými, kdy nejsou splněny předpoklady pro parametrické metody. Výsledkem je Spearmanův korelační koeficient  $r_s$  a  $p$  hodnota, která udává statistickou signifikanci korelace. V tabulce č. 13 je uveden výsledný Spearmanův korelační koeficient a  $p$  hodnota vztahu mezi vit. D přijatým ze stravy a rozdílem v koncentraci vit. D před a po intervenci. Hodnota  $r_s = 0,61$  naznačuje středně silnou pozitivní korelaci mezi těmito dvěma proměnnými. Hodnota  $p = 0,04$  je menší, než stanovená hladina alfa (0,05), což znamená, že korelace je statisticky významná.

Tabulka 13: Spearmanova korelace (=non-parametrická míra korelace)

$r_s$	0.61504
p (2-tailed)	0.04402

Zdroj: vlastní výzkum

Lineární regrese je metoda predikce závislé proměnné na základě nezávislé proměnné. Výsledkem je regresivní koeficient  $R^2$ , který vyjadřuje sílu vztahu mezi závislou a nezávislou proměnnou. Pomocí analýzy rozptylu (ANOVA) lze ověřit, zda vysvětlující proměnná (v tomto případě vit. D přijatý ze stravy) je statisticky významná pro vysvětlení variability u závislé proměnné (v tomto případě nárustu v koncentraci vit. D mezi odběrem 1 a 2).

Výsledný regresivní koeficient  $R^2$  mezi proměnnými je uveden v tabulce č. 13 ( $R^2 = 0,22$ ). Tato hodnota značí, že lineární regrese vysvětluje jen 22% variability ve změnách vit. D v závislosti na intervenci. Z  $F$ -statistiky ( $F = 2,49$ ) a  $p$  hodnoty ( $p = 0,15$ ) můžeme vyvodit, že vysvětlující proměnná není statisticky významná na zvolené hladině významnosti alfa 0,05. To naznačuje, že lineární model není adekvátní pro vysvětlení vztahu mezi příjmem vit. D z potravy a změnami koncentrace vit. D mezi 1. a 2. odběrem. Jinými slovy, vit. D přijatý z potravy není statisticky signifikantním prediktorem změny koncentrace vit. D v průběhu intervence.

Tabulka 14: Regresivní statistika

Násobný korelační koef.	0,47
$R^2$	0,22
Upravený $R^2$	0,13
Standardní odchylka	52,39
Pozorování	11

Zdroj: vlastní výzkum

Tabulka 15: ANOVA (analýza rozptylu)

	<i>St. volnost</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F-statistika</i>	<i>Významnost F-stat</i>
Regrese	1	6829,39	6829,39	2,49	0,15
Zbytek	9	24702,86	2744,76	-	-
Celková variabilita	10	31532,25	-	-	-

Zdroj: vlastní výzkum

Tabulka 16: Koeficienty lineární regrese

	Intercept (výchozí hodnota)	Proměnná X 1
<i>Koeficienty</i>	21,31	4,16
<i>Standartní odchylka</i>	32,72	2,64
<i>T-stat</i>	0,65	1,58
<i>P-hodnota</i>	0,53	0,15
<i>Dolní 95 %</i>	-52,70	-1,80
<i>Horní 95 %</i>	95,33	10,12
<i>Dolní 95.0 %</i>	-52,70	-1,80
<i>Horní 95.0 %</i>	95,33	10,12

Zdroj: vlastní výzkum

Z tohoto vyhodnocení je patrné, že byla potvrzena středně silná korelace ve vztahu mezi získáním vit. D ze slunečního záření a příjmem vit. D z potravy, ale nebyla potvrzena lineární regrese. To značí, že existuje pouze nelineární a nekauzální vztah mezi příjmem vit. D ve stravě a jeho pozorovanými změnami během intervence. Jinými slovy, množství vit. D přijatého ze stravy nedokáže predikovat nárůst vit. D během sluneční expozice, ale patrně se na něm do určité míry podílí a tyto dvě proměnné mají statisticky signifikantní korelační spojitost.

## 6.5 Hodnocené parametry a limitace ve výzkumu

Kromě koncentrace vit. D z krevního séra a příjmu vit. D z potravy byly ve výzkumu zohledněny i další faktory ovlivňující množství slunečního záření, které respondenti absorbovali. Tyto faktory zahrnovaly použití ochranných krémů s SPF, volbu oblečení během dne a délku pobytu na slunci. Respondenti dle záznamů nosili většinou tričko s krátkým rukávem a kraťasy s délkou nad kolena, někdy odhalenou horní polovina těla s vestou, která zakrývala břicho a záda. Odpoledne si oblékli mikiny s dlouhým rukávem nebo trička s dlouhým rukávem, ale přesná délka rukávů a kraťasů nebyla zaznamenána. Každý účastník mohl vystavit slunečnímu záření jiné množství plochy kůže. Pokud jde o použití ochranných krémů, respondenti zaznamenali pouze použití opalovacího krému s SPF 15, ale další krémy s SPF nebyly zaznamenány. V průměru účastníci trávili venku přibližně 7 hodin denně.

Tyto informace nebyly přesné a dostatečně podrobné, aby mohly být zohledněny v analýze výsledků. Například délka rukávů a kraťasů nebyla přesně zaznamenána a každý účastník mohl vystavit slunečnímu záření jinou plochu kůže, což ovlivňuje množství

slunečního záření, které se na tělo dostane. Stejně tak zaznamenané použití opalovacího krému s SPF 15 není dostatečné pro přesnou analýzu vlivu krémů na absorpci slunečního záření. Proto jsem se rozhodla tyto informace v analýze nezohlednit. Jejich možný vliv na prezentované výsledky může být považován za limitaci realizovaného výzkumu.

## 7 Diskuse

Praktická část diplomové práce byla zaměřena na 2 cíle.

Prvním cílem bylo zjistit vliv 14denní sluneční expozice v oblasti s vyšším stupněm UV záření (Dubaj, Spojené Arabské Emiráty) na koncentraci vit. D u vybrané skupiny sportovců vodního slalomu.

Druhým cílem bylo zhodnotit změny v koncentraci vit. D po dalších 14 a po 30 dnech po návratu z oblasti, kde byli sportovci vystaveni zvýšené sluneční expozici.

Do výzkumu se zapojilo celkem 11 participantů, vrcholových sportovců vodního slalomu, kteří se zúčastnili lednového soustředění v místě s vyšším stupněm UV zářením (Dubaj), ve věku 18-35 let. Výzkumný soubor byl tvořen 7 muži a 4 ženami. Pro splnění cílů byly primárně provedeny čtyři krevní odběry ke stanovení koncentrace vit. D. První odběr byl proveden před odletem, druhý bezprostředně po příletu ze 14denní expozice slunečnímu záření, třetí odběr následoval během následujících 14 dní po příletu a poslední odběr byl proveden v průběhu následujících 30 dní po příletu.

Výzkum byl založen na 3 výzkumných otázkách a následujících testovaných hypotézách.

Výzkumné otázky zní:

- 1) Má 14denní sluneční expozice vliv na koncentraci vitamínu D?
- 2) Je koncentrace vitamínu D stabilní po dobu dalších 14 dní po sluneční expozici?
- 3) Změní se koncentrace vitamínu D v období 14-30 dní po návratu z pobytu?

Jednotlivé výzkumné otázky budou v této diskusi rozebírány postupně.

### 7.1 Má 14denní sluneční expozice vliv na koncentraci vitamínu D?

Výsledky výzkumu ukazují, že koncentrace vit. D v krvi se 14 dní po sluneční expozici statisticky významně zvýšila. Tento výsledek je v souladu s výzkumy, které ukázaly, že expozice slunce může zvýšit hladinu vit. D v těle (Joh et al., 2020; Chalcraft et al., 2020). Tento výsledek se potvrdil jako očekávaný na začátku výzkumného šetření, kdy jsem předpokládala zvýšení koncentrace vit. D v krvi po expozici slunci. Můj výzkum byl prováděn během soustředění, kde byli účastníci vystaveni dostatečnému UV indexu pro tvorbu vit. D v nadhodnotě 3 (Broulík & Broulíková, 2013). Nicméně, průměrný nárůst koncentrace vit. D byl vyšší, než jsem očekávala.

První výzkumná otázka byla formulována s cílem zjistit vliv 14denní sluneční expozice na koncentraci vit. D u sportovců. Pro zodpovězení této otázky bylo nejprve nutné zjistit počáteční stav hladiny vit. D u sportovců neužívající suplement vit. D před sluneční expozicí. První krevní odběr proběhl v lednu, což je období, kdy v České republice nedochází k tvorbě vit. D pomocí slunečního záření, protože UV index je nízký (dle Českého hydrometeorologického ústavu hodnoty UV indexu: listopad-prosinec 2022, leden 2023 = UV index 0).

S ohledem na fluktuaci vit. D v závislosti na ročním období a geografických a meteorologických podmínkách, předešlé výzkumy ukazují, že sportovci mohou mít v některých ročních obdobích a geografických oblastech nedostatečnou hladinu vit. D. De la Puente Yagüede a spol. (2020) ve své studii uvádějí, že koncentrace vit. D se u sportovců pohybuje okolo 50 nmol/l, především v zimních měsících. Podle Galana a kolektivu (2012), mělo v polovině října dostatečnou koncentraci 25(OH)D vitamínu 93 % profesionálních fotbalistů (hodnoty v koncentracích nad 75 nmol/l), ale začátkem února této hladiny nedosahovalo 64 % hráčů. Svědčí o tom také sezónní rozdíly v saturaci vit. D, které byly zjištěny Hyppönenem a kolektivem (2007) u několika tisíců britské mužské a ženské populace, kteří byli sledováni každý měsíc po dobu téměř tří let. Hladiny vit. D se v jejich těle lišily v závislosti na ročním období. Je třeba poznamenat, že i v oblastech s vysokou intenzitou slunečního záření může být nedostatek vit. D běžným problémem, jak ukázaly další studie od Binkleyho a kolektivu (2007) a Jacobse a spol. (2008). Existují také studie o velmi nízkých hladinách vit. D u sportovců, kteří jsou ohroženi hypovitaminózou D, jako například 37 % německých gymnastů, jejichž hladina 25(OH)D byla pod 25 nmol/l (10 ng/ml), což je již na úrovni vysokého rizika osteomalacie, jak varuje Willis (2008).

Z prvních krevních odběrů, které byly realizovány u participantů před odletem do Dubaje se potvrzuje fakt nedostatečné saturace organismu 25(OH)D u respondenta č. 3, který měl počáteční koncentraci vit. D nejnižší, a to v hodnotě 47 nmol/l. Další nízké hodnoty koncentrace vit. D se prokázaly u respondentů č. 1 s hodnotou 56,9 nmol/l, č. 11 s hodnotou 57,6 nmol/l. Počáteční hodnotu vit. D nad koncentraci 60 nmol/l se zjistila u respondenta č. 2 v hodnotě 63 nmol/l, č. 4 v koncentraci 62,2 nmol/l a u respondenta č. 10 v hodnotě 62,3 nmol/l. Stále ale tyto hodnoty nejsou dostačující. K dostatečné hladině koncentrace vit. D se přiblížil respondent č.8 s hodnotou 70,3 nmol/l a respondent č. 9 se 71,1 nmol/l. Z výsledků prvních krevních odběrů plyne, že většina participantů v daném vzorku má nižší, než dostatečnou hladinu vit. D. Tato skutečnost může mít významný dopad na zdraví a výkon sportovců, protože vit. D má klíčovou roli v řadě fyziologických

procesů, včetně zdraví kostí, imunitního systému a svalového metabolismu. Nízká hladina vit. D může také zvýšit riziko zranění a snížit schopnost sportovců zotavit se po námaze. Je pravděpodobné, že nízká hladina vit. D u participantů souvisí se sezónním nedostatkem slunečního záření v České republice v zimních měsících. Na základě těchto výsledků by bylo vhodné doporučit sportovcům pravidelné monitorování hladiny vit. D a případně i jeho suplementaci za účelem dosažení optimální hladiny.

Dle Horáka (2019) je dostatečná hladina koncentrace vit. D v minimální hodnotě 75 nmol/l. Tato adekvátní koncentrace byla v prvním odběru naměřena u participanta č. 7 v přesné hodnotě 75 nmol/l, dále u participanta č. 5 v hodnotě 77 nmol/l a nejlepší výsledky měl v prvním odběru participant č. 6 s hodnotou 120,6 nmol/l. Pouze tedy u 3 participantů z 11 byla zjištěna adekvátní koncentrace vit. D v prvním odběru.

Po příletu na místo s vyšším výskytem UV zářením bylo klíčové zjistit úroveň UV indexu v Dubaji. Broulík & Broulíková (2013) uvádí, že aby se v kůži tvořil vit. D, musí být UV index větší než 3. Souhlasí s tím interaktivní mapa UV indexů Světové zdravotnické organizace (WHO), která ukazuje, že během soustředění sportovců v Dubaji (konaného v období 16.-30. ledna 2023) byl průměrný UV index v oblasti 6. Nejvyšší UV index, který byl v této oblasti naměřen, dosáhl hodnoty 7 v období 27. – 30. ledna 2023. To znamená, že sportovci byli vystaveni dostatečnému množství UV záření pro tvorbu vit. D v jejich kůži. To se potvrdilo i pomocí krevních odběrů, kdy došlo k zvýšení koncentrace vit. D v průměru u všech participantů o 10,9 nmol/l mezi 1. a 2. krevním odběrem.

Podle Broulíka (2016), vystavení kůže slunci po dobu 15-20 minut bez použití ochranného faktoru může být dostatečné pro vytvoření denní dávky vit. D, která je v ČR stanovena na 800 IU (tato dávka může být vytvořena i při mírném zarudnutí kůže). Zaznamenané harmonogramy ukázaly, že sportovci v této studii strávili průměrně 7 hodin denně venku. Navíc podle plánu, který byl zaznamenán, sportovci strávili dostatečnou dobu venku každý den v době mezi 10 až 15 hodinou, což je časové období doporučené pro tvorbu vit. D na základě studie Baggerlyho a spol. (2015). Studie Vana den Heuvela (2013) naznačuje, že pouhá doba strávená venku není tím jediným ukazatelem pro určení dostatečného způsobu saturace vit. D v těle. Místo toho se zdá, že lepším ukazatelem je celkový energetický výdej, tedy intenzita fyzické aktivity během pobytu venku. Na základě této studie lze spekulovat o výsledcích 14denního tréninkového pobytu v místě s vyšším UV indexem, během kterého došlo k zvýšení hladiny vit. D v těle (průměrně o 10,9 nmol/l). Zvýšení pravděpodobně nebylo způsobeno pouze délkou pobytu venku, ale také vyšší intenzitou fyzické aktivity (více tréninkových jednotek) během pobytu venku.

Je však třeba si uvědomit, že individuální potřeba vit. D se může lišit v závislosti na mnoha faktorech, jako jsou geografická poloha, roční období, hodiny dne, typ pokožky a použití opalovacího krému, a proto by měla být délka vystavení slunci přizpůsobena individuálním potřebám každého jednotlivce. Je důležité také dodat, že dlouhodobé vystavení kůže slunci nepovede k předávkování vit. D, avšak dlouhodobé vystavení kůže slunci bez ochrany může vést k poškození kůže a zvýšenému riziku vzniku kožní rakoviny, jak uvádí Broulík (2016). V odborném článku profesora Broulíka a Broulíkové (2013) se uvádí, že použití ochranných krémů s ochranným faktorem 8 brání tvorbě vit. D. V rámci mého výzkumu jsem sledovala skupinu sportovců, kteří údajně používali ochranný krém s faktorem SPF 15 dvakrát denně, avšak jejich záznamy o používání ochranných krémů nebyly přesné. Nicméně i přesto se u této skupiny sportovců zaznamenal nárůst hladiny vit. D, což může částečně vyvracet tvrzení Broulíka a Broulíkové (2013).

## **7.2 Je koncentrace vitamínu D stabilní po dobu dalších 14 dní po sluneční expozici?**

V této části výzkumu byla testována hypotéza, že se koncentrace vit. D v těle nezmění 14 dní po návratu z pobytu na slunci. Také byla formulována alternativní hypotéza, že hladina vit. D naměřená při třetím odběru krve bude nižší než ta naměřená při druhém odběru krve, který proběhl bezprostředně po návratu. Výsledky však ukázaly, že rozdíl v průměrných hladinách vit. D mezi druhým a třetím odběrem nebyl statisticky významný a oproti původní predikci se naopak numericky mírně navýšil (o 0,7 nmol/l). To znamená, že nelze zamítnout nulovou hypotézu, že koncentrace vit. D zůstává stejná 14 dní po návratu. Je třeba poznamenat, že i když byla alternativní hypotéza zamítnuta, není to to samé, jako prokázání, že hladina vit. D se nezměnila. Statistická nevýznamnost rozdílu mezi druhým a třetím odběrem může být způsobena různými faktory, jako jsou individuální rozdíly v metabolismu vit. D nebo variabilita v měření hladin vit. D. Výsledky naznačují, že není nutné se obávat výrazného poklesu hladiny vit. D po návratu z pobytu na slunci.

Při rešerši literatury nebyl nalezen žádný zdroj, který by ukazoval podobné výsledky jako moje práce, ani žádný zdroj, který by se zabýval dlouhodobými účinky expozice na hladinu vit. D po dobu dalších 14 dní po sluneční expozici. Lze tedy říct, že stávající výzkum je první, který se zabývá dlouhodobými účinky expozice slunečnímu záření na hladinu vit. D. Na základě výsledků této výzkumné části bych doporučovala pobyt na slunci v zimních měsících všem, kteří mají možnost, včetně sportovců a běžné populace.



Nedostatek vit. D je častým problémem, který může mít vliv na zdraví. Doporučení by se mělo týkat pravidelného krátkodobého vystavení se slunečnímu záření, například několikrát týdně po dobu 10 až 15 minut. Nicméně, je důležité dodržovat opatření pro ochranu před nadměrným vystavením se slunci, které mohou zvýšit riziko rakoviny kůže, jako jsou krémy s ochranným faktorem a nošení ochranného oblečení.

### **7.3 Změní se koncentrace vitamínu D v období 14-30 dní po návratu z pobytu?**

Výsledky výzkumu potvrdily alternativní hypotézu, že se koncentrace vit. D sníží v průběhu 14 až 30 dnů po návratu z pobytu na slunci. Průměrná hodnota koncentrace vit. D u sledované skupiny se snížila o 1,3 nmol/l. Výzkum, který jsem provedla, přináší novou evidenci ohledně vývoje koncentrace vit. D v těle po dobu 30 dnů po expozici slunečnímu záření. Zatímco existující studie (Chalcraft et al., 2020; Joh et al., 2020) se soustředily na kratší období, stávající výzkum ukazuje, že i po 30 dnech se hladina vit. D stále drží nad svou původní úrovní před expozicí.

Výsledky výzkumu naznačují, že pravidelné vystavování slunečnímu světlu je klíčové pro udržení optimální hladiny vit. D v těle. V období zimních měsíců mohou mít sportovci potíže s dostatečným získáváním vit. D ze slunečního záření. Z tohoto důvodu doporučuji, aby sportovci využívali možností soustředění v oblastech s vyšším UV indexem. Na základě výsledků mohu doporučit opakovaný pobyt v takových oblastech v zimních měsících, například každé 1,5 nebo 2 měsíce, aby se udržela hladina vit. D na optimální úrovni.

Stávající výzkum sledoval vývoj koncentrace vit. D pouze po dobu 30 dnů. Je důležité, aby budoucí výzkumy soustředily pozornost na vliv sluneční expozice na delší období a porovnal dlouhodobé benefity s krátkodobými. Tento přístup by poskytl důležité poznatky pro určení optimálních postupů pro udržení dostatečné hladiny vit. D v těle. Také by bylo užitečné v budoucích výzkumech porovnat účinky jednoho týdenního pobytu na slunci s dvoutýdenním pobytem.

### **7.4 Vztah vit. D ze stravy a změn v jeho koncentraci**

Design výzkumu nezahrnoval výzkumné otázky a hypotézy ohledně vztahu vit. D přijatého ze stravy a jeho změn způsobených sluneční expozicí, proto je tato část výzkumu vyhodnocena jako explorační analýza, pro kterou jsem vyhodnotila zapsané

jídelníčky u každého participanta, kdy jsem se zaměřila konkrétně na potraviny s vyšším obsahem vit. D (vejce, mléko, mléčné výrobky, ryby).

Podle vyhodnocení výzkumu byla potvrzena korelace mezi získáním vit. D ze slunečního záření a příjmem vit. D z potravy. Nicméně nebyla potvrzena lineární regrese, což naznačuje, že existuje pouze nelineární a nekauzální vztah mezi příjmem vit. D ve stravě a jeho pozorovanými změnami během intervence. To znamená, že množství vit. D přijatého ze stravy nemůže přesně predikovat nárůst vit. D během sluneční expozice, ale pravděpodobně se na něm do určité míry podílí. Z toho plyne, že při plánování stravy pro sportovce by měla být zahrnuta dostatečná dávka vit. D ze stravy. Zároveň by měli být podporováni v dostatečném vystavování se slunečnímu záření, pokud je UV index dostatečný pro tvorbu vit. D. Doporučuje se konzumovat potraviny bohaté na vit. D, jako jsou ryby, játra, vejce, mléko a mléčné výrobky, případně potraviny, které jsou uměle obohaceny o vit. D. Důležitou roli hraje také absorpce vit. D v gastrointestinálním traktu, která může být ovlivněna mnoha faktory, jako je přítomnost tuku, vlákniny nebo vápníku v potravě. Kromě toho mohou být doporučeny doplňky vit. D pro ty, kteří nemají dostatečné množství sluneční expozice nebo nedostávají dostatek vit. D z potravy. Nicméně, sportovci by měli diskutovat s odborníkem na výživu nebo lékařem o optimální dávce a způsobu užívání doplňků vit. D.

Z analýzy jídelníčků je zjevný rozdílný nárůst koncentrace vit. D v krvi mezi prvním a druhým odběrem. Například participant č. 6, který měl nejvyšší příjem vit. D z jídla (154  $\mu\text{g}/\text{týden}$ ), hlavně z tučných ryb, vykázal pouze mírný nárůst koncentrace (o 9,6 nmol/l). Na druhé straně participant č. 2, který měl nižší příjem vit. D z jídla (117  $\mu\text{g}/\text{týden}$ ), také především z tučných ryb, vykázal výrazný nárůst koncentrace (o 23,1 nmol/l). Tyto výsledky naznačují, že není možné spoléhat se pouze na vit. D přijatý ze stravy, a že další faktory, jako například expozice slunci, mohou hrát významnou roli v příjmu vit. D a jeho účinku v těle.

Holick (2007) uvádí, že vit. D se získává ze stravy pouze v malém množství 50-150 IU/den (1,25-3,75  $\mu\text{g}/\text{den}$ ). Ve výzkumu jsem zjistila, že průměrný příjem vit. D z vybraných potravin u všech participantů se pohyboval v rozmezí 46-880 IU/den (1-22  $\mu\text{g}/\text{den}$ ). Tyto výsledky naznačují, že u některých participantů mohl být příjem vit. D z potravy vyšší, než je obvyklý denní příjem zjištěný Holickem. Je třeba si však uvědomit, že příjem vit. D z potravy se může lišit v závislosti na individuálních stravovacích návycích a složení jídelníčku jednotlivých participantů.

Dále podle těchto zjištění jsou sporné i denní doporučené dávky vit. D ze stravy, kdy Holick (2007) uvádí hodnotu 800 IU/den. Tuto hodnotu převzal do svého přehledového

článku i Broulík a Broulíková (2013). Na druhou stranu denní doporučená dávka vit. D se může lišit v závislosti na věku, pohlaví a zdravotním stavu jedince. V České republice je však běžně doporučována dávka 10 µg (400 IU) vit. D pro dospělé osoby a 15 µg (600 IU) pro starší osoby nad 65 let. Toto doporučení pochází od Státního zdravotního ústavu (SZÚ, 2022) v České republice a je založeno na doporučeních Evropského úřadu pro bezpečnost potravin (EFSA, 2016). Referenční hodnoty pro příjem živin (DACH, 2019) doporučují příjem vit. D při nedostatečné endogenní produkci v dávce 20 µg u mladistvých a dospělých (15-64 let). Nicméně, v některých zemích a organizacích může být doporučená dávka odlišná.

Pro vrcholové sportovce není stanovena zvláštní doporučená dávka vit. D, ale obecně platí, že potřeba vit. D může být vyšší u sportovců, kteří trénují v uzavřených prostorech, nebo v období s nižší sluneční expozicí, potvrzuje doktorka Valtueña (2021). Na druhou stranu Holick (2017) udává, že neexistují žádné důkazy, které by naznačovaly vyšší potřebu vit. D u sportovců ve srovnání s běžnou populací. Například Lékařský institut (US) (2011) uvádí doporučenou denní dávku příjmu vit. D z potravy pro dospělé osoby od 19 let 15 µg (600 IU) vit. D denně. Uvedenou doporučenou hodnotu příjmu vit. D z jídelníčku splnili participanti č. 2, 6 a 10. Největší příjem vit. D ze stravy byl zjištěn u participanta č. 6 s hodnotou 22 µg/den.

Je třeba mít na paměti, že účastníci výzkumu, kteří zapisovali své jídelníčky, nemuseli uvést všechny potraviny, které skutečně konzumovali, ačkoliv byli předem poučeni o důležitosti správného zaznamenávání jídel. Je tak možné, že výsledky výzkumu byly ovlivněny nepřesnostmi v zaznamenávání.

## 7.5 Limitace výzkumu

Při interpretaci výsledků tohoto výzkumu je důležité vzít v úvahu omezení velikosti a specifické vlastnosti zkoumaného vzorku. Studie se zúčastnilo pouze 11 účastníků, což nemusí být reprezentativní pro celou škálu vrcholových sportovců. Kromě toho byl výzkum proveden na zdravých jedincích, takže se výsledky nemusí vztahovat na osoby s určitými zdravotními problémy, které ovlivňují metabolismus vit. D. Kromě malého vzorku limitovaného jednou sportovní aktivitou se při analýze objevila řada faktorů, které by mohly ovlivnit výsledky. Zaprvé to mohou být vnitřní faktory, jako je barva pleti, kterou participanti neovlivní. Dále například nebylo do detailů zaznamenáno, jaké oblečení participanti nosili a jakou část těla vystavovali slunci. Dále není známo přesné množství nanášeného opalovacího krému. Záznam o jídelníčku může být také nepřesný. K dispozici není ani přesný UV index z každého dne pobytu, který by mohl ovlivnit

výsledky. Také může být limitující absence kontrolní skupiny, která by nebyla vystavena slunci, ani jiná skupina populace k porovnání.

Závěr výzkumu však ukazuje, že koncentrace vit. D v těle po návratu z místa s vyšším UV indexem časem skutečně klesá. Pokles hladiny vit. D je pravděpodobně způsobeno návratem do místa s nízkým UV indexem.

## 8 Závěr

V dnešní době se v populaci stále častěji vyskytuje nedostatek vit. D způsobený nedostatečným vystavením se slunečnímu záření a nízkým příjmem potravin obsahující tento vitamín. Je důležité informovat veřejnost o možnostech, jak podpořit dostatečnou hladinu vit. D v organismu a jak předcházet jeho nedostatku, aby se zabránilo negativním dopadům na zdraví. Tento nedostatek je běžný ve všech věkových skupinách a různé faktory tento stav zhoršují. Expozice slunečnímu záření hraje hlavní roli při zajišťování dostatečného množství vit. D. Vystavení se slunečnímu záření má pomalejší, ale dlouhodobější účinky na hladinu vit. D v těle. Proto by pravidelné a mírné vystavení se slunečnímu záření mohlo být efektivnější pro udržení optimální hladiny vit. D v těle, než pouze konzumace potravin bohatých na vit. D nebo suplementace. Nicméně, nadměrná expozice slunečnímu záření může být riziková, proto by se vždy měla dodržovat zdravá opatrnost a používat vhodnou ochranu proti slunci. Každý by měl denně alespoň 15 minut, ideálně mezi 10-15 hodinou denní, sedět na slunci bez použití opalovacího krému, aby se UV B paprsky dostaly až na kůži a došlo k produkci vit. D.

Název diplomové práce "Problematika vitamínu D ve vrcholovém sportu" je zvolen na základě toho, že se práce zaměřuje na výzkum v oblasti sportu a vit. D, který je pro sportovce důležitý z několika důvodů (např. pro zlepšení kostní integrity a svalové funkce). I když se hlavní výzkumné cíle týkají vlivu sluneční expozice v místě s vyšším UV indexem na koncentraci vit. D u vybrané skupiny sportovců vodního slalomu a jejich změn po návratu zpět do místa s nízkým UV indexem, název práce odráží celkové zaměření tématu na důležitost tohoto mikronutrientu u vrcholových sportovců. Výsledky stávajícího výzkumu mohou být aplikovány na obecnou populaci.

Cílem této práce bylo zjistit vliv 14denní sluneční expozice na koncentraci vit. D u skupiny sportovců vodního slalomu v oblasti s vyšším stupněm UV záření (Dubaj, Spojené Arabské Emiráty) a zhodnotit změny v koncentraci vit. D po dalších 14 a 30 dnech po návratu z oblasti, kde byli sportovci vystaveni zvýšené sluneční expozici.

Data do výzkumu byla získána pomocí čtyř krevních odběrů ke stanovení koncentrace 25(OH)D. První krevní odběr byl proveden před odletem do Dubaje, druhý bezprostředně po příletu zpět do České republiky po 14 dnech vystavení se slunečnímu záření, třetí odběr následoval během následujících 14 dní a poslední odběr byl proveden v průběhu následujících 30 dní po příletu. Výsledky byly statisticky zpracovány za pomoci dvouvýběrového jednosměrného T-testu. Je třeba poznamenat, že původní design výzkumu nezahrnoval specifický cíl týkající se vztahu mezi příjmem vit. D ze stravy a jeho změnami vyvolanými sluneční expozicí. Tento aspekt výzkumu byl pouze zkoumán

jako část explorativní analýzy. Do výzkumu se zapojilo 11 vrcholových sportovců ve věku 18-35 let, kteří neužívali doplněk stravy vit. D, aby nebyly zkresleny výsledky.

Výsledky ukázaly, že před odletem do Dubaje měli sportovci průměrnou hladinu vit. D v nižších hodnotách (69,4 nmol/l), než je dolní referenční mez, která je stanovena na 75 nmol/l. Vystavení se slunečnímu záření po dobu 14 dní vedlo k významnému zvýšení koncentrace vit. D, v průměru se koncentrace u sledované skupiny zvýšila o 10,8 nmol/l. Po návratu do České republiky se hladina vit. D po dobu 14 dní lehce zvýšila, a to o 0,7 nmol/l, avšak tento nárůst nebyl po dalších 14 dnech konstantní, a naopak se snížil, a to v průměru u sledované skupiny o 1,3 nmol/l. Tyto výsledky ukazují na to, že vystavení se slunečnímu záření může vést ke zvýšení koncentrace vit. D u sportovců. Z toho lze vyvodit, že i po 30 dnech po návratu má pořád tato expozice benefit v podobě vyšší koncentrace vit. D, než by se dalo očekávat bez podobné expozice. Doporučuji, aby lidé během zimních měsíců hledali příležitosti ke krátkodobým pobytům na slunci, v místech s vyšším UV indexem, a zvýšili tak přirozenou produkci vit. D v těle. Pokud to není možné, mohou uvažovat o doplňování vit. D, v souladu s doporučenou dávkou.

Vzhledem k tomu, že výzkum byl proveden na sportovcích, kteří měli specifické podmínky tréninku, nelze jednoznačně určit, zda by stejné výsledky platily pro obecnou populaci. Proto bych doporučila, aby každý zohlednil své individuální podmínky a případně se poradil s odborníkem na výživu nebo dermatologem ohledně vhodné expozice slunci a doplňování vit. D. Doporučenou délku a frekvenci pobytu na slunci v konkrétní lokalitě lze zjistit na základě aktuálního UV indexu a místních podmínek.

Závěrečné hodnoty koncentrace 25(OH)D, které byly v průměru u sledované skupiny participantů 79,6 nmol/l byly v průměru vyšší o 10,2 nmo/l, než naměřené průměrné počáteční hodnoty v koncentraci 69,4 nmol/l před intervencí.

Podle dat z tohoto výzkumu je patrné, že přijímání vit. D ze stravy a vystavení se slunečnímu záření mají vliv na koncentraci vit. D v těle. Nicméně, jejich vztah je pouze nelineární a nekauzální, což naznačuje, že pro udržení optimální hladiny vit. D je nutná sluneční expozice. V současné době neexistuje žádná studie, která by jednoznačně potvrdila, že strava a doplňky stravy mohou zajistit dostatečný příjem vit. D bez nutnosti sluneční expozice. Naopak, sluneční záření je považováno za primární zdroj pro tvorbu vit. D v těle. Následná doporučení pro stávající výzkum by mohla zahrnovat například suplementaci po návratu z oblasti s vyšším UV indexem, aby se udržela optimální hladina vit. D a zabránilo se jeho poklesu nebo pravidelné zimní pobyty v místech s vyšším UV indexem.

Vzhledem k tomu, že mnoho sportovců trpí nedostatkem vit. D, je důležité zvážit doporučení pro suplementaci vit. D u sportovců, zejména v zimních měsících a v oblastech s nižším stupněm UV záření. Tyto výsledky mají praktický význam pro sportovce i odborníky zabývající se výživou sportovců.

Závěrem lze konstatovat, že tento výzkum přináší nový pohled na účinky pobytu v oblasti s vyšším UV indexem na hladinu vit. D v krvi, když je v ČR nízký UV index pro tvorbu vit. D. Konkrétně ukazuje, že jenom 14denní pobyt na takovém místě může být příznivým faktorem pro zvýšení a následné udržení vyšší koncentrace vit. D v zimních měsících, a to i po dobu jednoho měsíce po návratu.

Nicméně, aby bylo možné plně porozumět mechanismům metabolismu vit. D a nejúčinnějším strategiím pro udržení optimální hladiny i v zimním období v České republice, je zapotřebí provést další výzkumy.

## Zdroje

Amrein, K., Scherkl, M., Hoffmann, M., Neuwersch-Sommeregger, S., Kostenberger, M., Berisha T.A., Martucci, G., Pilz, S. & Malle, O. (2020). Vitamin D deficiency 2.0: an update on the current status worldwide. *European Journal of Clinical Nutrition* 74, 1498–1513. doi.org/10.1038/s41430-020-0558-y

Alimoradi, K., Nikooyeh, B., Ravasi, A. A., Zahedirad, M., Shariatzadeh, N., Kalayi, A., & Neyestani, T. R. (2019). Efficacy of Vitamin D Supplementation in Physical Performance of Iranian Elite Athletes. *International journal of preventive medicine*, 10, 100. doi.org/10.4103/ijpvm.IJPVM\_227\_18

Baggerly, C. A., Cuomo, R. E., French, C. B., Garland, C. F., Gorham, E. D., Grant, W. B., Heaney, R. P., Holick, M. F., Hollis, B. W., McDonnell, S. L., Pittaway, M., Seaton, P., Wagner, C. L., & Wunsch, A. (2015). Sunlight and Vitamin D: Necessary for Public Health. *Journal of the American College of Nutrition*, 34(4), 359–365. doi.org/10.1080/07315724.2015.1039866

Barker, T., Martins, T. B., Hill, H. R., Kjeldsberg, C. R., Dixon, B. M., Schneider, E. D., Henriksen, V. T., & Weaver, L. K. (2014). Vitamin D sufficiency associates with an increase in anti-inflammatory cytokines after intense exercise in humans. *Cytokine*, 65(2), 134–137. doi.org/10.1016/j.cyto.2013.12.004

Belitz, H. D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). Food chemistry. *Mnichov: Springer*.  
Bikle D. D. (2014). Vitamin D metabolism, mechanism of action, and clinical applications. *Chemistry & biology*, 21(3), 319–329. doi.org/10.1016/j.chembiol.2013.12.016

Bikle D. D. (2014). Vitamin D metabolism, mechanism of action, and clinical applications. *Chemistry & biology*, 21(3), 319–329. doi.org/10.1016/j.chembiol.2013.12.016



Bikle, D., Bouillon, R., Thadhani, R., & Schoenmakers, I. (2017). Vitamin D metabolites in captivity? Should we measure free or total 25(OH)D to assess vitamin D status?. *Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 173, 105-116. doi:10.1016/j.jsbmb.2017.01.007

Binkley, N., Novotny, R., Krueger, D., Kawahara, T., Daida, Y. G., Lensmeyer, G., Hollis, B. W., & Drezner, M. K. (2007). Low vitamin D status despite abundant sun exposure. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*, 92(6), 2130–2135. doi.org/10.1210/jc.2006-2250

Bischofova, S., Dofkova, M., Blahova, J., Kavrik, R., Nevrla, J., Rehurkova, I. & Ruprich, J. (2018). Dietary Intake of Vitamin D in the Czech Population: A Comparison with Dietary Reference Values, Main Food Sources Identified by a Total Diet Study. *Nutrients*, 10(10), 1452. doi.org/10.3390/nu10101452

Braegger, C., Campoy, C., Colomb, V., Decsi, T., Domellof, M., Fewtrell, M., Hojsak, I., Mihatsch, W., Molgaard, C., Shamir, R., Turck, D., van Goudoever, J., & ESPGHAN Committee on Nutrition (2013). Vitamin D in the healthy European paediatric population. *Journal of pediatric gastroenterology and nutrition*, 56(6), 692–701. doi.org/10.1097/MPG.0b013e31828f3c05

Broulík, P. (2016). Význam suplementace kalcia a vitamínu D v léčbě osteoporózy. *Remedia*, 1(26), 62–66. docplayer.cz/68049040-Vyznam-suplementace-kalcia-a-vitaminu-d-v-lecbe-osteoporozy.html

Broulík, P., & Broulíková, K. (2013). Vitamin D v praktické medicíně. *Interní medicína pro praxi*, 15(8-9), 256-260. www.internimedicina.cz/pdfs/int/2013/08/05.pdf

Bujok, P. (2019). Analýza dat. Učební texty Ostravské univerzity. Přírodovědecká fakulta. Ostravská univerzita. web.osu.cz/~Bujok/files/andata.pdf

Cardwell, G., Bornman, J. F., James, A. P., & Black, L. J. (2018). A Review of Mushrooms as a Potential Source of Dietary Vitamin D. *Nutrients*, 10(10), 1498. doi.org/10.3390/nu10101498

Carswell, A. T., Oliver, S. J., Wentz, L. M., Kashi, D. S., Roberts, R., Tang, J. C. Y., Izard, R. M., Jackson, S., Allan, D., Rhodes, L. E., Fraser, W. D., Greeves, J. P., & Walsh, N. P. (2018). Influence of Vitamin D Supplementation by Sunlight or Oral D3 on Exercise Performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 50(12), 2555–2564. doi.org/10.1249/MSS.0000000000001721

Cashman, K. D., Dowling, K. G., Škrabáková, Z., Gonzalez-Gross, M., Valtueña, J., De Henauw, S., Moreno, L., Damsgaard, C. T., Michaelsen, K. F., Mølgaard, C., Jorde, R., Grimnes, G., Moschonis, G., Mavrogianni, C., Manios, Y., Thamm, M., Mensink, G. B., Rabenberg, M., Busch, M. A., Cox, L., Meadows, S., Goldberg, G., Prentice, A., Dekker, J. M., Nijpels, G., Pilz, S., Swart, K. M., van Schoor, N. M., Lips, P., Eiriksdottir, G., Gudnason, V., Cotch, M. F., Koskinen, S., Lamberg-Allardt, C., Durazo-Arvizu, R. A., Sempos, C. T., & Kiely, M. (2016). Vitamin D deficiency in Europe: pandemic?. *The American journal of clinical nutrition*, 103(4), 1033–1044. doi.org/10.3945/ajcn.115.120873

Costantini, E., Sinjari, B., Piscopo, F., Porreca, A., Reale, M., Caputi, S., & Murmura, G. (2020). Evaluation of Salivary Cytokines and Vitamin D Levels in Periodontopathic Patients. *International journal of molecular sciences*, 21(8), 2669. doi.org/10.3390/ijms21082669

Czech Statistical Office. (2016). *Food Consumption—2016*. www.czso.cz/csu/czso/spotreba-potravin-2016

Dahlquist, D. T., Dieter, B. P., & Koehle, M. S. (2015). Plausible ergogenic effects of vitamin D on athletic performance and recovery. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 12, 33. doi.org/10.1186/s12970-015-0093-8

Davey, T., Lanham-New, S. A., Shaw, A. M., Hale, B., Cobley, R., Berry, J. L., Roch, M., Allsopp, A. J., & Fallowfield, J. L. (2016). Low serum 25-hydroxyvitamin D is associated with increased risk of stress fracture during Royal Marine recruit training. *Osteoporosis international: a journal established as result of cooperation between the European Foundation for Osteoporosis and the National Osteoporosis Foundation of the USA*, 27(1), 171–179. doi.org/10.1007/s00198-015-3228-5

De La Puente Yagüe, M., Collado-Yurrita, L., Ciudad-Cabañas, M. J., & Cuadrado Cenzual, M. A. (2020). Role of Vitamin D in Athletes and Their Performance: Current Concepts and New Trends. *Nutrients*, 12(2), 579. doi.org/10.3390/nu12020579

Drábová, K., Bienertová-Vašků, J., Lokaj, P., Dubská, L., Obermannová, R., Greplová, K., Demlová, R., Valík, D., & Štěrbá, J. (2013). Vitamin D – jeho fyziologie, patofyziologie a význam v etiopatogenezi nádorových onemocnění. *Časopis Lékařů Českých*, 1(151), 20-30. www.prolekare.cz/casopisy/casopis-lekaru-ceskych/2013-1-7/download?hl=cs

European Food Safety Authority. (2012). Scientific Opinion on the Tolerable Upper Intake Level of vitamin D. *EFSA Journal*, 10(7), 2813. doi: 10.2903/j.efsa.2012.2813

European Food Safety Authority. (2016). Scientific opinion on dietary reference values for vitamin D. *EFSA Journal*, 14(10), 4547. doi: 10.2903/j.efsa.2016.4547

Fioletov, V., Kerr, J. B., & Fergusson, A. (2010). The UV index: definition, distribution and factors affecting it. *Canadian journal of public health = Revue canadienne de sante publique*, 101(4), I5–I9. doi.org/10.1007/BF03405303

French, C.B., McDonnell, S.L. & Vieth, R. (2019). 25-Hydroxyvitamin D variability within-person due to diurnal rhythm and illness: a case report. *Journal of Medical Case Reports*, 13(1), 29. doi.org/10.1186/s13256-018-1948-9

Galan, F., Ribas, J., Sánchez-Martinez, P. M., Calero, T., Sánchez, A. B., & Muñoz, A. (2012). Serum 25-hydroxyvitamin D in early autumn to ensure vitamin D sufficiency in mid-winter in professional football players. *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 31(1), 132–136. doi.org/10.1016/j.clnu.2011.07.008

Haddad, J. G., Matsuoka, L. Y., Hollis, B. W., Hu, Y. Z., & Wortsman, J. (1993). Human plasma transport of vitamin D after its endogenous synthesis. *The Journal of clinical investigation*, 91(6), 2552–2555. doi.org/10.1172/JCI116492

Halliday, T. M., Peterson, N. J., Thomas, J. J., Kleppinger, K., Hollis, B. W., & Larson-Meyer, D. E. (2011). Vitamin D status relative to diet, lifestyle, injury, and illness in college athletes. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(2), 335–343. doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181eb9d4d

Hamilton, B., Grantham, J., Racinais, S., & Chalabi, H. (2010). Vitamin D deficiency is endemic in Middle Eastern sportsmen. *Public Health Nutrition*, 13(10), 1528-1534. doi:10.1017/S136898000999320X

Hathcock, J. N., Shao, A., Vieth, R., & Heaney, R. (2007). Risk assessment for vitamin D. *The American journal of clinical nutrition*, 85(1), 6–18. doi.org/10.1093/ajcn/85.1.6

Havlová, M. (2018). Lipofilní vitaminy Karotenoidy Ubichinony. Praha. slideplayer.cz/slide/11131223/

Heaney, R. P., Davies, K. M., Chen, T. C., Holick, M. F., & Barger-Lux, M. J. (2003). Human serum 25-hydroxycholecalciferol response to extended oral dosing with cholecalciferol. *The American journal of clinical nutrition*, 77(1), 204–210. doi.org/10.1093/ajcn/77.1.204

Hlúbik, P., & Opltová, L. (2004). Vitaminy. Praha: *Grada Publishing*, ISBN 80-247-0373-4.

Holick M. F. (2017). The vitamin D deficiency pandemic: Approaches for diagnosis, treatment and prevention. *Reviews in endocrine & metabolic disorders*, 18(2), 153–165. doi.org/10.1007/s11154-017-9424-1

Holick, M. F., Binkley, N. C., Bischoff-Ferrari, H. A., Gordon, C. M., Hanley, D. A., Heaney, R. P., Murad, M. H., & Weaver, C. M. (2012). Guidelines for preventing and treating vitamin D deficiency and insufficiency revisited. *The Journal of clinical endocrinology and metabolism*, 97(4), 1153–1158. doi.org/10.1210/jc.2011-2601

Hollis, B. W., & Wagner, C. L. (2004). Assessment of dietary vitamin D requirements during pregnancy and lactation. *The American journal of clinical nutrition*, 79(5), 717–726. doi.org/10.1093/ajcn/79.5.717

Horák, P. (2019). Nedostatek vitamínu D a jeho zdravotní dopady. *Vnitřní lékařství*. 65(11), 724-727. www.casopisvnitrnilekarstvi.cz/pdfs/vnl/2019/11/12.pdf

Hyppönen, E., & Power, C. (2007). Hypovitaminosis D in British adults at age 45 y: nationwide cohort study of dietary and lifestyle predictors. *The American journal of clinical nutrition*, 85(3), 860–868. doi.org/10.1093/ajcn/85.3.860

Chalcraft, J. R., Cardinal, L. M., Wechsler, P. J., Hollis, B. W., Gerow, K. G., Alexander, B. M., Keith, J. F., & Larson-Meyer, D. E. (2020). Vitamin D Synthesis Following a Single Bout of Sun Exposure in Older and Younger Men and Women. *Nutrients*, 12(8), 2237. doi.org/10.3390/nu12082237

Institute of Medicine (US) Committee to Review Dietary Reference Intakes for Vitamin D and Calcium; Ross, A. C., Taylor, C. L., Yaktine, A. L., et al., editors. (2011). Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D. *National Academies Press*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK56070/> DOI: 10.17226/13050

Iwamoto, J., Sato, Y., Takeda, T., & Matsumoto, H. (2011). Analysis of stress fractures in athletes based on our clinical experience. *World journal of orthopedics*, 2(1), 7–12. doi.org/10.5312/wjo.v2.i1.7

Jabor, A. (2008). Vnitřní prostředí. s. 530. Grada. ISBN: 9788024712215

Jacobs, E. T., Alberts, D. S., Foote, J. A., Green, S. B., Hollis, B. W., Yu, Z., & Martínez, M. E. (2008). Vitamin D insufficiency in southern Arizona. *The American journal of clinical nutrition*, 87(3), 608–613. doi.org/10.1093/ajcn/87.3.608

Janoušek, J., Pilařová, V., Macáková, K., Nomura, A., Veiga-Matos, J., Silva, D. D. D., Remião, F., Saso, L., Malá-Ládová, K., Malý, J., Nováková, L., & Mladěnka, P. (2022). Vitamin D: sources, physiological role, biokinetics, deficiency, therapeutic use, toxicity, and overview of analytical methods for detection of vitamin D and its metabolites. *Critical reviews in clinical laboratory sciences*, 59(8), 517–554. doi.org/10.1080/10408363.2022.2070595

Joh, H. K., Hwang, S. S., Cho, B., Lim, C. S., & Jung, S. E. (2020). Effect of sun exposure versus oral vitamin D supplementation on serum 25-hydroxyvitamin D concentrations in young adults: A randomized clinical trial. *Clinical nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 39(3), 727–736. doi.org/10.1016/j.clnu.2019.03.021

Kalvachová, B. (2012). Endokrinní mikrosystémy kalcitriolu – vývojové aspekty a předpoklady jejich celoživotní funkčnosti. *Vnitřní lékařství*, 58(5), 396–399. www.casopisvnitrnilekarstvi.cz/pdfs/vnl/2012/05/12.pdf

Kojecký V. (2015). Vitamin D - stará látka s novými perspektivami. *Vnitřní lékařství*, 61(7-8), 695–697. https://www.casopisvnitrnilekarstvi.cz/pdfs/vnl/2015/07/20.pdf

Koundourakis, N. E., Androulakis, N. E., Malliaraki, N., Tsatsanis, C., Venihaki, M., & Margioris, A. N. (2014). Discrepancy between exercise performance, body composition, and sex steroid response after a six-week detraining period in professional soccer players. *PloS one*, 9(2), e87803. doi.org/10.1371/journal.pone.0087803

Koundourakis, N. E., Avgoustinaki, P. D., Malliaraki, N., & Margioris, A. N. (2016). Muscular effects of vitamin D in young athletes and non-athletes and in the elderly. *Hormones (Athens, Greece)*, 15(4), 471–488. doi.org/10.14310/horm.2002.1705

Krejsek, J. (2018). Vitamin D, nedoceněný modulátor obranného i poškozujícího zánětu. *Acta Medicinæ*, 12(2018), 3-5. ISSN 1805-398X.

Książek, A., Zagrodna, A., Dziubek, W., Pietraszewski, B., Ochmann, B., & Słowińska-Lisowska, M. (2016). 25(OH)D3 Levels Relative to Muscle Strength and Maximum Oxygen Uptake in Athletes. *Journal of human kinetics*, 50, 71–77. doi.org/10.1515/hukin-2015-0144

Kühn, J., Schutkowski, A., Hirche, F., Baur, A. C., Mielenz, N., & Stangl, G. I. (2015). Non-linear increase of vitamin D content in eggs from chicks treated with increasing exposure times of ultraviolet light. *The Journal of steroid biochemistry and molecular biology*, 148, 7–13. doi.org/10.1016/j.jsbmb.2014.10.015

Larson-Meyer, D. E. (2015). The importance of Vitamin D for Athletes. *Sports Science Exchange*, 28, 1-6.

Martineau, A. R., Jolliffe, D. A., Hooper, R. L., Greenberg, L., Aloia, J. F., Bergman, P., Dubnov-Raz, G., Esposito, S., Ganmaa, D., Ginde, A. A., Goodall, E. C., Grant, C. C., Griffiths, C. J., Janssens, W., Laaksi, I., Manaseki-Holland, S., Mauger, D., Murdoch, D. R., Neale, R., Rees, J. R., ... Camargo, C. A., Jr (2017). Vitamin D supplementation to prevent acute respiratory tract infections: systematic review and meta-analysis of individual participant data. *BMJ (Clinical research ed.)*, 356, i6583. doi.org/10.1136/bmj.i6583

Mayer, S. W., Joyner, P. W., Almekinders, L. C., & Parekh, S. G. (2014). Stress fractures of the foot and ankle in athletes. *Sports health*, 6(6), 481–491. doi.org/10.1177/1941738113486588

Metelka, L. (2018): Hodnoty clear-sky UV indexu na území ČR. *Meteorologické zprávy*, 71, 33–38. <https://biblio.chmi.cz/records/44f780f6-32a0-4730-bdd6-2d16502bbf41>

Mpandzou, G., Aït Ben Haddou, E., Regragui, W., Benomar, A., & Yahyaoui, M. (2016). Vitamin D deficiency and its role in neurological conditions: A review. *Revue neurologique*, 172(2), 109–122. doi.org/10.1016/j.neurol.2015.11.005

Novák, J., Topolčan, O., Šmejkal, J., & Fuchsová, R. (2014). Problém dostatečné saturace vitamínem D ve sportu. *Plzeňský lékařský sborník*, 80, 91-97. [karolinum.cz/data/clanek/1253/PLS\\_80\\_2014.91-97.pdf](http://karolinum.cz/data/clanek/1253/PLS_80_2014.91-97.pdf)

Ogan, D., & Pritchett, K. (2013). Vitamin D and the Athlete: Risks, Recommendations, and Benefits. *Nutrients*, 5(6), 1856–1868. [doi.org/10.3390/nu5061856](https://doi.org/10.3390/nu5061856)

Owens, D. J., Allison, R., & Close, G. L. (2018). Vitamin D and the Athlete: Current Perspectives and New Challenges. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(Suppl 1), 3–16. [doi.org/10.1007/s40279-017-0841-9](https://doi.org/10.1007/s40279-017-0841-9)

Peeling, P., Fulton, S. K., Binnie, M., & Goodman, C. (2013). Training environment and Vitamin D status in athletes. *International journal of sports medicine*, 34(3), 248–252. [doi.org/10.1055/s-0032-1321894](https://doi.org/10.1055/s-0032-1321894)

Pludowski, P., Holick, M. F., Pilz, S., Wagner, C. L., Hollis, B. W., Grant, W. B., Shoenfeld, Y., Lerchbaum, E., Llewellyn, D. J., Kienreich, K., & Soni, M. (2013). Vitamin D effects on musculoskeletal health, immunity, autoimmunity, cardiovascular disease, cancer, fertility, pregnancy, dementia and mortality-a review of recent evidence. *Autoimmunity reviews*, 12(10), 976–989. [doi.org/10.1016/j.autrev.2013.02.004](https://doi.org/10.1016/j.autrev.2013.02.004)

Referenční hodnoty pro příjem živin. (2019). 1. vyd. Praha: *Společnost pro výživu*. ISBN 978-80-254-6987-3.

Rodrigues, M. L. (2018). The multifunctional fungal ergosterol. *American Society for Microbiology*, 9(5), e01755-18. [mbio.asm.org/content/mbio/9/5/e01755-18.full.pdf](https://mbio.asm.org/content/mbio/9/5/e01755-18.full.pdf)

Ross, A. C., Manson, J. E., Abrams, S. A., Aloia, J. F., Brannon, P. M., Clinton, S. K., Durazo-Arvizu, R. A., Gallagher, J. C., Gallo, R. L., Jones, G., Kovacs, C. S., Mayne, S. T., Rosen, C. J., & Shapses, S. A. (2010). The 2011 Report on Dietary Reference Intakes for Calcium and Vitamin D from the Institute of Medicine: What Clinicians Need to Know. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 96(1), 0000-0000. [doi: 10.1210/jc.2010-2704](https://doi.org/10.1210/jc.2010-2704)



Rutar, P. (2018). Zaznělo na IV. kongrese praktických lékařů, Plzeň, 24-25. listopadu 2017: Onemocnění způsobená poruchami fosfokalciového metabolismu. *Medicína pro praxi*, 15(1), 3. [www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2018/01/15.pdf](http://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2018/01/15.pdf)

Sasaki, H., Sakamoto, Y., Schnider, C., Fujita, N., Hatsusaka, N., Sliney, D. H., & Sasaki, K. (2011). UV-B exposure to the eye depending on solar altitude. *Eye & contact lens*, 37(4), 191–195. [doi.org/10.1097/ICL.0b013e31821fbf29](https://doi.org/10.1097/ICL.0b013e31821fbf29)

Schmid, A., & Walter, B. (2013). Natural Vitamin D Content in Animal Products. *Advances in Nutrition*, 4(4), 453-462. [doi.org/10.3945/an.113.003780](https://doi.org/10.3945/an.113.003780)

Slíva, J. (2009). Vitamin D v současné medicíně. *MediNews*, (11), 26. [www.edukafarm.cz/soubory/medinews/2009-11/VitaminD.pdf](http://www.edukafarm.cz/soubory/medinews/2009-11/VitaminD.pdf)

Speeckaert, M. M., Taes, Y. E., De Buyzere, M. L., Christophe, A. B., Kaufman, J. M., & Delanghe, J. R. (2010). Investigation of the potential association of vitamin D binding protein with lipoproteins. *Annals of clinical biochemistry*, 47(Pt 2), 143–150. [doi.org/10.1258/acb.2009.009018](https://doi.org/10.1258/acb.2009.009018)

Spiro, A., & Buttriss, J. L. (2014). Vitamin D: An overview of vitamin D status and intake in Europe. *Nutrition bulletin*, 39(4), 322–350. [doi.org/10.1111/nbu.12108](https://doi.org/10.1111/nbu.12108)

Storlie, D. M., Pritchett, K., Pritchett, R., & Cashman, L. (2011). 12-Week vitamin D supplementation trial does not significantly influence seasonal 25(OH)D status in male collegiate athletes. *International Journal of Health and Nutrition*, 2, 8-13. [www.researchgate.net/publication/267781120\\_2Week\\_Vitamin\\_D\\_Supplementation\\_Trial\\_Does\\_Not\\_Significantly\\_Influence\\_Seasonal\\_25OHD\\_Status\\_in\\_Male\\_Collegiate\\_Athletes](http://www.researchgate.net/publication/267781120_2Week_Vitamin_D_Supplementation_Trial_Does_Not_Significantly_Influence_Seasonal_25OHD_Status_in_Male_Collegiate_Athletes)

Thomas, D. T., Erdman, K. A., & Burke, L. M. (2016). American College of Sports Medicine Joint Position Statement. Nutrition and Athletic Performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 48(3), 543–568. [doi.org/10.1249/MSS.0000000000000852](https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000852)

Tláskal, P. (2013). Význam vitamínu D v pediatrické praxi. *Pediatric pro praxi*, 14(2), 94-98. [www.pediatricpropraxi.cz/pdfs/ped/2013/02/06.pdf](http://www.pediatricpropraxi.cz/pdfs/ped/2013/02/06.pdf)

Todd, J. J., Pourshahidi, L. K., McSorley, E. M., Madigan, S. M., & Magee, P. J. (2015). Vitamin D: Recent Advances and Implications for Athletes. *Sports Medicine*, 45, 213-229. doi.org/10.1007/s40279-014-0266-7

Tomanová, H. & Pokorná, L. (2021) Vliv výšky Slunce, oblačnosti a nadmořské výšky na hodnoty indexu ultrafialového záření v Česku. *Geografie* 126(2). <https://geografie.cz/media/pdf/geografie.2021.001.pdf>

Topolčan, O., Fuchsová, R., & Vrzalová, J. (2013). Deficit vitamínu D. *Medicína po promoci*, (1). [old.fnplzen.cz/asp/oid/odkazy/MPP%201-2013\\_Topol%C4%8Dan.pdf](http://old.fnplzen.cz/asp/oid/odkazy/MPP%201-2013_Topol%C4%8Dan.pdf)

Valtueña, J., Aparicio-Ugarriza, R., Medina, D., Lizarraga, A., Rodas, G., González-Gross, M., & Drobnic, F. (2021). Vitamin D Status in Spanish Elite Team Sport Players. *Nutrients*, 13(4), 1311. doi.org/10.3390/nu13041311

van den Heuvel, E. G., van Schoor, N., de Jongh, R. T., Visser, M., & Lips, P. (2013). Cross-sectional study on different characteristics of physical activity as determinants of vitamin D status; inadequate in half of the population. *European journal of clinical nutrition*, 67(4), 360–365. doi.org/10.1038/ejcn.2013.22

Velemínský, M., & Šimková, S. (2020). *Pediatric z pohledu výživy*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zdravotně sociální fakulta., S. 24, 34. ISBN 978-80-7394-794-1

Velíšek, J., & Hajšlová, J. (2009). *Chemie potravin. Rozš. a přeprac. 3. vyd.* Tábor: OSSIS. ISBN 978-80-86659-17-6.

Wamberg, L., Pedersen, S. B., Rejnmark, L., & Richelsen, B. (2015). Causes of Vitamin D Deficiency and Effect of Vitamin D Supplementation on Metabolic Complications in Obesity: a Review. *Current obesity reports*, 4(4), 429–440. doi.org/10.1007/s13679-015-0176-5

Willis, K. S., Peterson, N. J., & Larson-Meyer, D. E. (2008). Should we be concerned about the vitamin D status of athletes?. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 18(2), 204–224. doi.org/10.1123/ijsnem.18.2.204

Wilson-Barnes, S., Hunt, J., Lanham-New, S., & Manders, R. J. F. (2020). Effects of vitamin D on health outcomes and sporting performance: Implications for elite and recreational athletes: Vitamin D status and health in athletes. *Nutrition Bulletin*, 45(1). doi.org/10.1111/nbu.12413

Wyon, M. A., Koutedakis, Y., Wolman, R., Nevill, A. M., & Allen, N. (2014). The influence of winter vitamin D supplementation on muscle function and injury occurrence in elite ballet dancers: a controlled study. *Journal of science and medicine in sport*, 17(1), 8–12. doi.org/10.1016/j.jsams.2013.03.007

Zhang, R., & Naughton, D. P. (2010). Vitamin D in health and disease: current perspectives. *Nutrition journal*, 9, 65. doi.org/10.1186/1475-2891-9-65

Zittermann, A., & Pilz, S. (2018). Vitamin D v klinice a praxi. *Medicína po promoci: Časopis postgraduálního vzdělávání lékařů*, 19(1), R1-R9. ISSN 1212-9445

## **Seznam příloh**

- Příloha 1: Etická komise VFN
- Příloha 2: Informovaný souhlas
- Příloha 3: Vzor pro zápis jídelníčku
- Příloha 4: Pokyny pro zápis jídelníčku
- Příloha 5: Záznam pro zápis výběru oblečení

## **Seznam použitých tabulek**

Tabulka 1: Přehled obsahu vitamínu D v živočišných potravinách.....	10
Tabulka 2: Množství vit. D při nedostatečné endogenní produkci .....	12
Tabulka 3: Rozdělení hladin vitamínu D .....	13
Tabulka 4: Hodnoty koncentrace vit. D z krevních odběrů v průběhu výzkumu .....	33
Tabulka 5: Sada párů nulových a alternativních hypotéz .....	35
Tabulka 6: Dvouvýběrový párový T-test mezi 1. a 2. odběrem .....	36
Tabulka 7: Dvouvýběrový párový T-test mezi 2. a 3. odběrem .....	36
Tabulka 8: Dvouvýběrový párový T-test mezi 3. a 4. odběrem .....	37
Tabulka 9: Výsledky všech párových T-testů.....	37
Tabulka 10: Příjem vit. D ze stravy u každého účastníka .....	39
Tabulka 11: Průměrné hodnoty vit. D v analyzovaných potravinách.....	40
Tabulka 12: Nárůst vit. D mezi odběry 1 a 2 a příjem vit. D ze stravy .....	40
Tabulka 13: Spearmanova korelace (=non-parametrická míra korelace).....	42
Tabulka 14: Regresivní statistika.....	42
Tabulka 15: ANOVA (analýza rozptylu).....	42
Tabulka 16: Koeficienty lineární regrese.....	43

## **Seznam použitých obrázků**

Obrázek 1: Chemická struktura Cholekalciferolu a Ergokalciferolu.....	4
Obrázek 2: Schéma metabolismu vit. D v těle.....	5
Obrázek 3: Praktické rady pro sportovce ve Spojeném království.....	27
Obrázek 4: Průměrné koncentrace vit. D (nmol/l) během výzkumné doby .....	34
Obrázek 5: Nárůst vit. D mezi odběry 1 a 2 a příjem vit. D ze stravy (graf).....	41

## Seznam použitých zkratk

ATP – adenosin trifosfát

BMD – bone mineral density „hustota kostních minerálů“

Ca – vápník

CaBP – calcium-binding protein

ČR – Česká republika

D2 – ergokalciferol

D3 – cholekalciferol

DBP – D binding protein

IGF1 – inzulínu podobný růstový faktor 1

IL6 – interleukin 6

IU – mezinárodní jednotka (International Unit)

min. – minut

MOV – mezinárodní olympijský výbor

např: - například

nm – newton metr

nmol/l – nanomol na litr

NOEL – no observed adverse effect level

P – fosfor

PTH – parathormon

s.š. – zeměpisná šířka

SPF – sun protection factor „ochranný faktor“

TNF ALFA – tumor necrosis factor alfa (kachektin)

ULs – upper intake levels

UV – ultrafialové záření

UVB – ultrafialové záření B

VDBP – vitamin D vázající protein

VDR – vitamin D receptor

VIT. D – vitamin D

VLDL – very low density lipoprotein

µg – mikrogram



**ETICKÁ KOMISE VŠEOBECNÉ FAKULTNÍ NEMOCNICE V PRAZE**

Na Bojišti 1, 128 08 Praha 2 | eticka.komise@vfn.cz | tel. 224964131

Vážená paní  
Bc. Nikola Káčová  
Fričova 1240  
263 01 Dobříš

19.12.2022  
č.j.: 243/22 S-IV

Vážená paní,  
Etická komise VFN projednávala na svém zasedání dne 15.12.2022 Vámi předložený individuální výzkumný projekt č.j. 243/22 S-IV.

**Název studie/Title of CT:** Problematika vitamínu D ve vrcholovém sportu.

**Žadatel/Applicant:** Bc. Nikola Káčová, Fričova 1240, 263 01 Dobříš, kachova.nikola@gmail.com

Úhrada nákladů spojených s posouzením žádosti a vydáním stanoviska / *Reimbursement of costs related to assessment of the EC:*

Ano/Yes  Ne, důvod/No, reasons: nesponzorovaný projekt

**Datum doručení žádosti / Date of submission of the Application Form:** 5.12.2022

**Datum jednání EK+čas/Date and time of Ethics Committee's session:** 15.12.2022 (15:30 – 18:00 hod.)

Seznam míst hodnocení s označením míst, ke kterým se EK vyjádřila jako místní EK a kde vykonává dohled

Místo hodnocení / Jméno zkoušejícího Trial Site / Name of Investigator	Místní EK Local EC	Adresa místní EK Address
Bc. Nikola Káčová, Centrum sportovní medicíny z.s., ambulance I.P.Pavlova, Sokolská 1662/35, 128 00 Praha 2	<input checked="" type="checkbox"/>	EK při VFN, Na Bojišti 1, 128 08 Praha 2

Seznam hodnocených dokumentů / *List of all submitted documents:*

Název dokumentu, verze, datum Document title, version, date	Schváleno /Approved		Na vědomí / Taken into account	
	ANO Yes	NE No	ANO Yes	NE No
Průvodní dopis s popisem projektu z 5.12.2022	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dotazník – Víceúčelový formulář EK VFN, 5.12.2022	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Informování souhlas s účastí ve výzkumu k diplomové práci, bez data	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Žádost o experimentální kvantitativní studii opakovaných měření, 30.11.2022	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Čestné prohlášení o provádění výzkumu v ambulanci Centra sportovní medicíny, bez data	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Souhlas se shromažďováním a zpracováním osobních údajů	Doručeno			
Životopis hlavní zkoušející: Bc. Nikola Káčová, bez data	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Stanovisko etické komise:**

EK vydává / *EC issues*

- Souhlasné stanovisko/Favourable opinion**  
 **Nesouhlasné stanovisko/Unfavourable opinion**

EK VFN vydává **souhlasné stanovisko** k provedení individuálního výzkumu na Centru sportovní medicíny z.s., ambulance I.P.Pavlova, Sokolská 1662/35, 128 00 Praha 2.

Podpis předsedy / zástupce EK VFN  
*Signature of Chairperson / Vice-Chairperson*  
 PharmDr. Zbyněk Sklenář, Ph.D.

PharmDr.  
 Zbyněk  
 Sklenář, Ph.D.  
 Datum: 2022.12.19  
 16:23:28 +01'00'



## ETICKÁ KOMISE VŠEOBECNÉ FAKULTNÍ NEMOCNICE V PRAZE

Na Bojišti 1, 128 08 Praha 2 | eticka.komise@vfn.cz | tel. 224964131

### Seznam členů etické komise/ List of the Ethics Committee Members:

	Muž/ Žena Male/ Female	Odbornost Specialist	Zaměstnanec zřizovatele EK*		Funkce v EK Role in EC	Přítomen Attendance		Hlasoval Voted	
			Ano Yes	Ne No		Ano Yes	Ne No	Ano Yes	Ne No
PharmDr. Zbyněk Sklenář, Ph.D., MBA	M/M	Pharmacist Pharmacologist	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Předseda/ Chairperson	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MUDr. Magda Šišková, CSc.	Ž/F	Haematologist	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Místopředseda/ Vice-chairperson	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jana Farkačová	Ž/F	Lab. Technician	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Člen/Member	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Doc. MUDr. Pavel Freitag, CSc.	M/M	Gynaecologist	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Člen/Member	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ing. Antonín Grošpíc, CSc.	M/M	Engineer	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Člen/Member	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prof. MUDr. Eva Kubala Havrdová, CSc.	Ž/F	Neurologist	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Člen/Member	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MUDr. Hana Honová	Ž/F	Oncologist	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Člen/Member	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MUDr. Jiří Humhal	M/M	Cardiologist	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Člen/Member	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MUDr. Anna Jedličková	Ž/F	Microbiologist	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Člen/Member	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
MUDr. Ladislav Korábek, CSc., MBA	M/M	Dental surgeon	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Člen/Member	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Mgr. Michael Pauly	M/M	Lawyer	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Člen/Member	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Prof. MUDr. Jan Roth, CSc.	M/M	Neurologist	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Člen/Member	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mgr. Libuše Roytová Mgr. ThLic. of Theologie	Ž/F	Member of clergy	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Člen/Member	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Doc. PharmDr. Martin Šíma, Ph.D.	M/M	Clinical Pharmacist	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Člen/Member	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
JUDr. Šárka Špeciánová	Ž/F	Lawyer	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Člen/Member	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MUDr. Marcela Trojánková	Ž/F	Privat Nephrologist	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Člen/Member	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MUDr. Jiří Valenta	M/M	Anesthesiologist -Intensive Med.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Člen/Member	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prof. MUDr. Jiří Zeman, DrSc.	M/M	Paediatrist – AdolescentMed	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Člen/Member	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

pozn: \*Zaměstnanec zřizovatele EK/ Employee of EC appointing authority)

Etická komise prohlašuje, že byla ustavena a pracuje v souladu se správnou klinickou praxí (GCP) a platnými právními předpisy. Poslední sloupec udává, zda členové EK byli přítomni hlasování, ale nikoli jak hlasovali ve věci. /The Ethics Committee hereby declares that it was established and operates in accordance with its Rules of Procedure in compliance with GCP and valid legal regulations. EC members personally presented the voting procedure (and NOT their individual voting result to or against the cause) are indicated in the last column:

Ano/Yes    Ne/No    Komentář/Comments:

Datum/Date: 15.12.2022

Etická komise  
Všeobecné fakultní nemocnice  
v Praze  
Na Bojišti 1, 128 08 Praha 2

Podpis předsedy EK nebo zástupce  
Signature of Chairperson or Vice-Chairperson  
PharmDr. Zbyněk Sklenář, Ph.D., v.r.



**INFORMOVANÝ SOUHLAS**

Informovaný souhlas týkající se diplomové práce na téma: „PROBLEMATIKA  
VITAMINU D VE VRCHOLOVÉM SPORTU“.

Žádám Vás o souhlas s poskytováním výzkumného materiálu pro výzkumný projekt ve formě krevních odběrů pro stanovení koncentrace hladiny vitamínu D.

Vzhledem k citlivosti a zásahů do integrity zkoumané problematiky je náležitá pozornost věnována etickým otázkám a zajištění bezpečí a zdraví informantů. Důraz je kladen na:

- (1) Anonymitu informantů – ve vyhodnocování budou odstraněny  
(i potenciálně) identifikující údaje.**
- (2) Mlčenlivost výzkumnice ve vztahu k osobním údajům o účastnících výzkumu  
(s tím, že s výzkumným materiálem budu pracovat výhradně já).**
- (3) Jako informant/informantka máte právo kdykoli odstoupit od výzkumné  
aktivity.**

Děkuji za pozornost věnovanou těmto informacím a žádám Vás tímto o poskytnutí souhlasu s Vaší účastí ve výzkumu.

Bc. Káchová Nikola

Podpis: .....

**Podle zákona 101/2000 sbírky o ochraně osobních údajů ve znění pozdějších předpisů uděluji souhlas s účastí v uvedeném výzkumném projektu a s poskytnutím výzkumného materiálu.**

**V ..... dne ..... Podpis: .....**

## **Informovaný souhlas s účastí ve výzkumu k diplomové práci**

Název diplomové práce: Problematika vitamínu D ve vrcholovém sportu

Řešitel: Bc. Nikola Káchová

Pracoviště a poskytovatel: Centrum sportovní medicíny

Doba studie: Zahájení projektu plánováno na leden 2023 s koncem únor/březen 2023

**Děkuji za Váš zájem účastnit se výzkumu, který má za cíl zjistit, jestli má vliv 14denní sluneční expozice u vybraných sportovců vodního slalomu na koncentraci hladiny vitamínu D.**

### **Popis výzkumu:**

Před Vaším odletem na 14denní soustředění do Dubaje (Spojené Arabské Emiráty) Vám bude odebrán vzorek krve (odběr č. 1) pro stanovení koncentrace vitamínu D. Po návratu zpět do České republiky Vám bude znovu odebrán vzorek krve (odběr č. 2) pro srovnání s 1. odběrem a zhodnocením, jestli 14denní pobyt se sluneční expozicí má vliv na změnu koncentrace vitamínu D. Po dalších 14 dnech po pobytu přijdete na krevní odběr znovu (odběr č. 3), pro porovnání s 2. odběrem, s cílem zjistit, jestli se po návratu koncentrace vitamínu D změní. Poslední odběr, který absolvujete, (odběr č. 4) bude 30 dní po návratu ze soustředění, pro zhodnocení koncentrací vitamínu D mezi 3. odběrem.

### **Jak bude projekt probíhat:**

Abych mohla dosáhnout cíle své diplomové práce, je třeba provést 4 krevní odběry z žíly, které se uskuteční v ambulanci Centra sportovní medicíny pod vedením hlavní sestry.

- odběr krve a provedení základního vyšetření; odběr krve je běžně využívané vyšetření, odebírá se malé množství krve a z tohoto vzorku se vyhodnocují různé parametry: pro tento výzkum vitamín D

### **Bezpečnost a možné nežádoucí účinky a rizika vyšetření:**

S výzkumem jsou spojena jen minimální rizika (např. modřina po krevním odběru, bolestivost paže po odběru). Invasivita vyšetření (zásah do organismu) je minimální. Komplet vyšetření je časově nenáročné.

**Odměna za účast ve výzkumu:**

Účast ve výzkumu není finančně ohodnocena.

**Ochrana osobních údajů:**

S Vašimi údaji bude nakládáno jako s přísně důvěrnými dle zásad pro ochranu osobních údajů v souladu s platnými právními předpisy České republiky. K Vaším údajům budou mít přístup pouze já, jako řešitel práce a vedoucí diplomové práce. Máte právo nahlížet do záznamů vedených o Vaší osobě.

**Dobrovolná účast ve studii a podmínky vystoupení ze studie:**

Vaše účast ve výzkumu je zcela dobrovolná. Můžete svobodně odmítnout účast v tomto výzkumu nebo můžete z tohoto výzkumu kdykoliv a bez udání důvodu vystoupit. Dosud získané údaje mohou být zachovány v anonymizované podobě.

**Prostor pro Vaše dotazy:**

Pokud máte jakýkoliv dotaz týkající se tohoto výzkumu, můžete mě kontaktovat na emailu: [kachova.nikola@gmail.com](mailto:kachova.nikola@gmail.com).

V ..... dne ..... Podpis: .....

*Příloha 3: Vzor pro zápis jídelníčku*

**Vzor pro záznam jídelníčku**

<b>Datum:</b>				
	<b>Čas (hod.):</b>	<b>Množství zkonzumované potraviny:</b>	<b>Druh zkonzumované potraviny:</b>	<b>Druh a množství nápoje:</b>
<b>1. jídlo:</b>				
<b>2. jídlo:</b>				
<b>3. jídlo:</b>				
<b>4. jídlo:</b>				
<b>5. jídlo:</b>				
Další jídla a nápoje během dne:				

### Pokyny k vyplnění:

- Důkladně se zaznamenává vše, co bylo během dne sněдено a vypito (Nejlepší je, když si zkonzumovanou potravinu zapíšete do záznamu co nejrychleji, abyste na nic nezapomněli).
- Doplnujte informaci o způsobu úpravy stravy (smažení, pečení, dušení, vaření...).
- Každou potravinu definujte co nejpřesněji (případně i značku potraviny).
- Zaznamenávejte co nejpřesnější množství, které uvádějte v gramech, kusech (např. 2 plátky sýru, 1 kus banánu, 2 ks housky, 3 naběračky polévky, 4 lžice ovesných vloček, celé balení...).
- Do kolonky „Další jídla a nápoje během dne“ napište vše, co jste zkonzumovali navíc mimo hlavní jídla (po tréninkové jídlo, sladkosti...).
- Do kolonky druh a množství nápoje zaznamenejte vždy vypitou tekutinu a její množství (v l/ml) a pokud nápoje sladíte, zaznamenávejte také druh a množství sladidla (např. 2 lžičky medu).

<b>Datum:</b>				
	<b>Čas (hod.):</b>	<b>Množství:</b>	<b>Druh zkonzumované potraviny:</b>	<b>Druh a množství nápoje:</b>
<b>1. jídlo:</b>	8:00	60 g 50 g 15 g	Oves. vloček Sýr eidam 30 % Lučiny	300 ml čaj neslazený Džus pomerančový 300 ml
<b>2. jídlo:</b>	11:30	45 g 15 g 1 ks	Jogurt ochucený Mandle Pomeranč	Káva 150 ml + 150 ml mléka tučného
<b>3. jídlo:</b>	13:30	200 g 90 g	Krůtí prsní plátek zasyrova Rýže v syrovém stavu	Čaj mátový 250 ml + 2 lžičky medu

*Příloha 5: Záznam pro zápis výběru oblečení*

**Záznamový arch pro výběr oblečení:**

<b>1. den</b>	
<b>2. den</b>	
<b>3. den</b>	
<b>4. den</b>	
<b>5. den</b>	
<b>6. den</b>	
<b>7. den</b>	
<b>8. den</b>	
<b>9. den</b>	
<b>10. den</b>	
<b>11. den</b>	
<b>12. den</b>	
<b>13. den</b>	
<b>14. den</b>	

**Pokyny:**

Zaznamenejte, jaký druh oblečení byl zvolen, jako např. tričko s krátkým/dlouhým rukávem, kalhoty, šaty, vesta apod. a uveďte kontext, ve kterém bylo dané oblečení zvoleno, např: trénink venku, výlet apod.