

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Katedra ekologie



Vliv UV indexu na hladinu vitamínu D v lidské plazmě

The effect of UV index on the levels of vitamin D in human plasma

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Přecechtělová Zlatozlava

Vedoucí práce: prof. Dr. Mgr. Miroslav Šálek

Praha, 2017

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Zlatoslava Přecechtělová

Ochrana přírody

Název práce

Vliv UV indexu na hladinu vitamínu D v lidské plazmě

Název anglicky

The effect of the UV index on the level of vitamin D in human plasma

Cíle práce

Diplomová práce je tématicky zaměřena na analýzu možného kolísání hladin vitamínu D v závislosti na UV indexu.

Hlavním cílem práce je posouzení vzájemné závislosti UV indexu s hladinami vitamínu D.

Díličí cíle diplomové práce jsou:

- fyziologie, patofyziologie a klinika vitamínu D,
- současný přehled stanovení vitamínu D v lidské plazmě v ČR,
- experimentální postupy při měření vitamínu D,
- výsledky měření, statistické zpracování dat a jejich porovnávání,
- vyhodnocení výsledků měření vitamínu D, vyhodnocení vzájemné závislosti vitamínu D s UV indexem v ČR.

Metodika

Metodika řešené problematiky diplomové práce je zaměřena na měření hladin vitamínu D v lidské plazmě na imunochemickém analyzátoru Cobas e 411 firmy ROCHE s.r.o. a sběr naměřených dat UV indexu z Českého hydrometeorologického ústavu v různých ročních obdobích.

Doporučený rozsah práce

20-50 str. + grafické přílohy

Klíčová slova

UV index, vitamín D, experimentální postupy, výsledky měření, statistické zpracování dat.

Doporučené zdroje informací

Doc.MUDr.Karel Ettler, CSc. Solária, fotoprotekce, vitamín D –stále nekončící příběh. Časopis Dermatologie pro praxi. 2011; č. 2, 73-75. SSN 1803-5337.

MUDr. Jan Rosa, Vitamín D, jeho stanovení a klinický význam. CEVA [online]. 2016 [4. únor 2016]. Dostupné z WWW: < <http://www.ceva-edu.cz/mod/data/view.php?d=13&rid=418>. ISS>.

Robert J. Sage, Henry W. Lim. UV-based therapy and vitamin D. Journal Dermatologic Therapy. Vol. 23, 2010, 72–81. ISSN 1396-0296.

Simon Spedding. Vitamin D and Human Health. MDPI, 2015. SBN 978-3-03842-057-6.

Předběžný termín obhajoby

2016/17 ZS – FŽP

Vedoucí práce

prof. Dr. Mgr. Miroslav Šálek

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Konzultant

RNDr. Petr Bořil

Elektronicky schváleno dne 16. 3. 2016

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 16. 3. 2016

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 07. 11. 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci na téma „Vliv UV indexu na hladinu vitamínu D v lidské plazmě“ vypracovala samostatně pod vedením prof. Dr. Mgr. Miroslava Šálka a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne 17.3.2017.....

Poděkování

Touto cestou bych chtěla poděkovat vedoucímu své diplomové práce prof. Dr. Mgr. Miroslavu Šálkovi za ochotu, trpělivost a čas, který mi věnoval. Děkuji odbornému konzultantovi RNDr. Petru Bořilovi při řešení otázek stanovování vitamínu D v lidské plazmě.

Dále bych chtěla poděkovat mé rodině a mým spolupracovníkům za trpělivost, pomoc a toleranci.

V Praze dne 17.3.2017

Abstrakt

Tato práce je zaměřena na zhodnocení vlivu UV indexu na hladinu vitamínu D v lidské plazmě, popisuje účinky UV záření na lidský organismus, fyziologii, patofyziologii a kliniku vitamínu D a ukazuje experimentální a statistické postupy při zpracování dat.

Nedostatkem vitamínu D trpí značná část lidské populace. Jediný mechanismus přeměny vitamínu D je působením UV záření v kůži. Tak získává lidský organismus 90 % potřebného množství vitamínu D. Často medializované otázky týkající se redukce ozónové vrstvy a zvyšujícího se výskytu kožních malignit vedou ke vzrůstajícím obavám lidí z těchto negativních účinků UV záření. Ve své práci jsem se zaměřila na UV index (UVI) jako komplexní veličinu a jeho vliv na hladinu vitamínu D. UV index může sloužit jako ukazatel délky pobytu na slunci, která je nutná pro přeměnu vitamínu D v lidské kůži, aniž by docházelo k poškození lidského organismu vlivem UV záření.

Analýzou dat z měření UVI a hladin vitamínu D jsem zjistila, že existuje slabá závislost vitamínu D v plazmě na hodnotách UVI. Z analyzovaných dat vyplývá nedostatečná saturace obyvatelstva vitamínem D v testované populaci, což vede k negativním účinkům na lidské zdraví.

Klíčová slova

UV index, sluneční záření, fyziologie, patofyziologie a klinika vitamínu D, statistické analýzy, metody měření.

Abstract

This study aimed to evaluate the effect of the UV index to levels of vitamin D in human plasma, describes the effects of UV radiation on the human body, physiology, pathophysiology and clinic vitamin D and shows the experimental and statistical methods for data processing.

A significant portion of the human population suffers low vitamin D levels. The only mechanism for the conversion of vitamin D is UV radiation in the skin. So the human body receives 90 % of needed amount of vitamin D. Often discussed questions regarding the reduction of the ozone layer and increasing the incidence of melanoma lead to growing fears of these negative effects of UV radiation. In my study, I focus on the UV index as a complex variable, which can serve as an indicator of the length of stay in the sun, and which is needed to convert vitamin D in human skin without damage to the human body caused by UV radiation.

Analysis data of measurement the UVI and levels of vitamin D, I found that there is a weak dependence of vitamin D in plasma on UVI values. From the data analyze resulting insufficient saturation the tested population of vitamin D, which leads to negative effects on human health.

Key words

UV index, solar radiation, physiology, pathophysiology and clinic vitamin D, statistical analysis, measurement methods.

Obsah diplomové práce

1.	Úvod.....	9
2.	Cíle práce	10
3.	Literární rešerše	11
3.1	Sluneční záření, jeho účinky na člověka a UV index	11
3.1.1	Sluneční záření.....	11
3.1.2	Účinky záření na člověka	12
3.1.3	UV index.....	13
3.2	Fyziologie, patofyziologie a klinika vitamínu D.....	16
3.2.1	Fyziologie a patofyziologie vitamínu D.....	16
3.2.2	Klinika vitamínu D.....	18
4.	Metodika	19
4.1.	Použitá data UV indexu a vitamínu D.....	19
4.2.	Metody měření UV záření	20
4.3.	Metody měření vitamínu D.....	21
4.3.1.	Popis testu stanovení vitamínu D total na analyzátoru Cobas e 411	21
4.4.	Statistické analýzy	22
4.5.	Výsledky	23
5.	Diskuze	32
6.	Závěr.....	34
	Přehled literatury a použitých zdrojů	36
	Seznam tabulek, obrázků a příloh.....	40
	Přílohy	41

1. Úvod

Jedním z nejdiskutovanějších problémů laické i odborné společnosti je vliv slunečního záření na lidský organismus. V souvislosti s tímto problémem byla vydána řada publikací, které tyto vlivy popisují. Avšak zpřesňováním výpočtů UV indexu (UVI) se zahrnutím více proměnných ukazatelů, které ovlivňují UV záření a lepší precizností metod měření UV záření a proměnných veličin (např. stav ozónu), jak při terestrickém měření, tak i satelitním měření, můžeme lépe predikovat intenzitu a škodlivost tohoto záření na lidský organismus. Vlivem nedostatku UV záření, které je nutné pro tvorbu vitamínu D v lidské kůži, má jeho nedostatečná saturace, kromě dávno známé rachitidy, i negativní vliv na další onemocnění jako jsou osteoporóza, karcinomy, poruchy imunity aj. Podle předpovědi UV indexu můžeme regulovat pobyt na slunci do té míry, aby pro lidský organismus nebylo UV záření nebezpečné, ale prospěšné.

2. Cíle práce

Cílem této práce je 1) zhodnotit vliv UV indexu na hladinu vitamínu D v lidské plazmě, jako komplexní veličiny, která odráží i další faktory ovlivňující UV záření a 2) představit UV index jako veličinu, která může sloužit jako ukazatel délky pobytu na slunci, nutnou pro přeměnu vitamínu D v lidské kůži, aniž by docházelo k poškození lidského organismu vlivem UV záření.

3. Literární rešerše

3.1 Sluneční záření, jeho účinky na člověka a UV index

3.1.1 Sluneční záření

Sluneční UV záření má důležitý vliv na suchozemské a vodní ekosystémy, v mnoha případech je ukazatelem jejich vývoje vzhledem k jeho účinku přes fyzikální a chemické podmínky, které umožní ekosystémům se vyvíjet. (UTRILLAS et al, 2016).

V rámci meteorologických pozorování lze měřit u slunečního záření dobu slunečního svitu, intenzitu světelného a slunečního záření.

Tyto charakteristiky slunečního záření ovlivňuje:

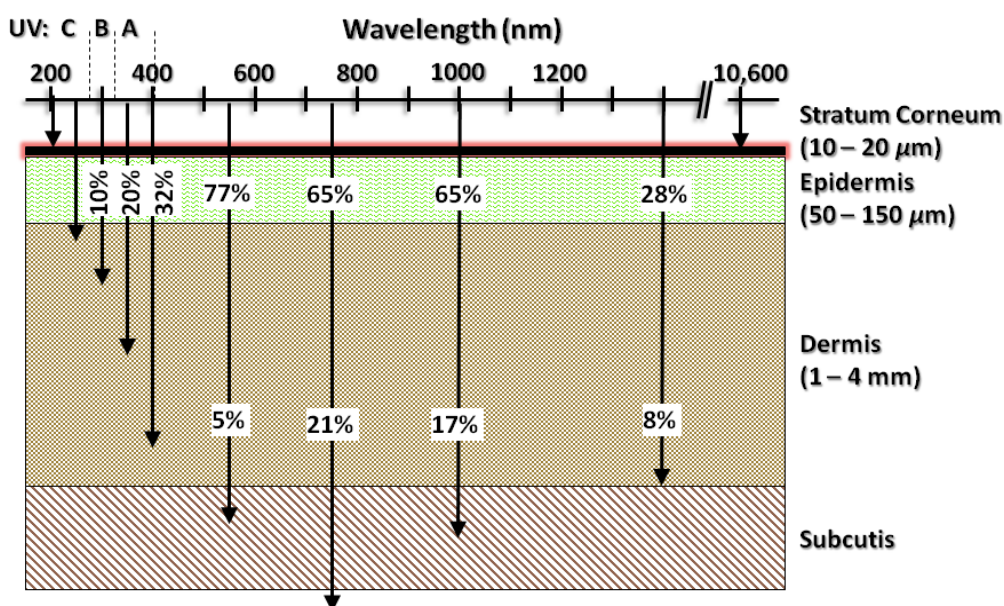
- rotace Země a sklon osy vůči eliptické rovině, což zapříčiňuje střídání dne a noci a ročních období,
- tvarem zeměkoule, který s rostoucí zeměpisnou šířkou způsobuje pokles průměru intenzity ozáření,
- přítomností oblačnosti, atmosférickou prostupností a zákalovým faktorem,
- podmínkami klimatu, především oblačností a geomorfologickými podmínkami v daném místě např. výškou horizontu.

Působením výše uvedených vlivů se intenzita záření snižuje směrem k povrchu. Působením odrazu, rozptylu a absorpce na povrch Země dopadá zhruba 50 % z celkového množství slunečního záření. Intenzita UV záření je největší v poledních hodinách v červnu a nejnižších hodnot pak dosahuje v zimních měsících (ROŽNOVSKÝ, HAVLÍČEK, 1998).

Množství dopadajícího záření na povrch Země se liší jak po celém světě, tak i v čase a je ovlivňováno výše zmíněnými faktory. Dalším podstatným faktorem ovlivňování charakteristik slunečního záření je stav atmosférického ozónu. Molekula ozónu (O₃) je tvořena třemi atomy kyslíku. Je to plyn, který je přirozeným produktem stratosféry, kde dochází k silné absorpci přichozícího UV záření. Snižováním množství stratosférického ozónu dochází k větší prostupnosti UV záření a expozice se na zemském povrchu zvyšuje (EARTH OBSERVATORY, online, 2016). Na zemském povrchu lze velmi přesně odhadnout množství UV záření (EARTH OBSERVATORY, online, 2016). Měření se provádí na zemském povrchu a měření prostřednictvím družic (HEISLER, GRANT, 2000).

3.1.2 Účinky záření na člověka

Účinky záření na organismus lze studovat již od úrovně molekulární, přes buněčnou až na úroveň celého ekosystému (ROŽNOVSKÝ, HAVLÍČEK, 1998). Na člověka jsou účinky slunečního záření většinou pozorovány přes kůži, imunitní systém a oči (UTRILLAS et al, 2016). Nejdiskutovanějším tématem jsou účinky slunečního záření na kůži. Nejvíce záření je zachyceno ve svrchních vrstvách kůže a jedná se o UV záření (Obr.1). Toto záření je tvořeno spektrem záření tří vlnových délek UV-C, UV-B a UV-A. UV-C má nejkratší vlnovou délku (200-290 nm) a je do značné míry absorbováno ozónovou vrstvou, UV-B se střední vlnovou délkou (290-320 nm) je převládajícím spektrem záření, které vyvolává kožní erytém, neboli zarudnutí kůže. UV-A má nejdelší vlnovou délku (320-400 nm) a tvoří převážnou část UV záření na zemi (SAGE, LIM, 2010). Na Obr.1 je znázorněna absorpce optického záření lidskou kůží od ultrafialového pásma až k infračervenému pásmu. UV pásy jsou zvýrazněny přerušovanými čarami na vlnové délce řádku. Frakční absorpce UV záření je vyznačena v procentech v označené vrstvě kůže. UV-C je převážně absorbováno odumřelou vrstvou kůže (stratum corneum), pouze velmi malá část UV-B zasahuje horní oddíl škály (dermis). UV-A záření proniká ve větší míře do škály, díky své delší vlnové délce (ETTLER, 2007).



Obr. č. 1: znázornění absorpce optického záření lidskou kůží od ultrafialového pásma až k infračervenému pásmu (University of Ottawa, online, 2016).

Jedním z důležitých účinků UV záření při jeho kontaktu s kůží člověka je vznik vitamínu D. Ten je někdy označován jako sluneční vitamín (NAIR, MASEEH, 2012). Jeho nedostatek je spojen s roztroušenou sklerózou, diabetem mellitem, revmatickou artritidou, zánětlivými onemocněními střev, některými druhy nádorových onemocnění. U dospívajících jedinců jsou nízké hladiny vitamínu D spojovány se zvýšeným rizikem hypertenze, hyperglykémie a s vyšším rizikem infekcí horních cest dýchacích (SAHAY M., SAHAY R., 2012).

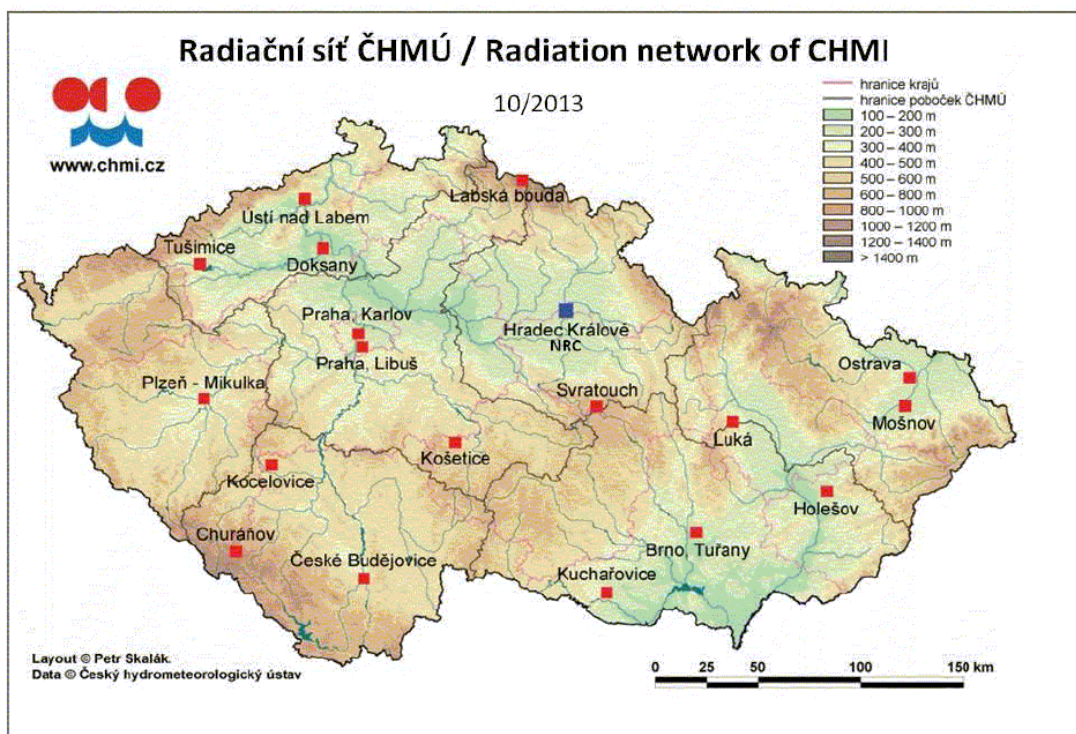
Nadměrné vystavení UV záření nese sebou i zdravotní rizika v podobě pigmentových změn v kůži, atrofie a výskytu nádorových onemocnění kůže. Jedním z nejobávanějších nádorových onemocnění kůže je maligní melanom (D'ORAZIO et al, 2013). Rizika nádorových onemocnění je obtížné odhadnout a interpretovat, jelikož všichni lidé v jejich životě jsou vystaveni ve větší či menší míře účinkům slunečního záření a to v závislosti na lokalitě a volnočasových aktivitách (YOUNG, 2009).

Dlouhou dobu je známá syntéza vitamínu D pomocí UV záření a negativní vztah tohoto záření k nádorovým onemocněním kůže. Toto je předmětem častých diskuzí odborné i laické veřejnosti, ale neexistuje žádný konsensus optimální rovnováhy mezi pozitivními a negativními dopady UV záření. Nadměrný pobyt na slunci nebo naopak příliš nízký pobyt může vyvolat zdravotní rizika (GRIGALAVICIUS et al., 2013).

3.1.3 UV index

V reakci na rostoucí obavy možného zvýšení UV záření z důvodů poškozování ozónové vrstvy, byl v Kanadě v roce 1992 představen UV index. V roce 1994 světovou meteorologickou organizací (WMO) a světovou zdravotnickou organizací (WHO) byl UVI přijat jako standardní indikátor úrovně UV záření i jako základní ukazatel rizika expozice slunečnímu záření (FIOLETOV et al., 2010). Je definován jako erytemové sluneční záření, vyjadřující biologický vliv na lidské zdraví. Jedná se o standardizovanou mezinárodní bezrozměrnou veličinu a vyjadřuje hodnotu, která je určena UV zářením dopadajícím na zemský povrch (CABRERA et al., 2012). UVI je numerické vyjádření efektivního erytemového záření ve W/m² vynásobené 40 (FIOLETOV et al., 2010). V posledních desetiletích v důsledku redukce celkové vrstvy ozónu dochází ke zvýšení tohoto erytemového ozáření

(CABRERA et al., 2012). UV index nabývá hodnot 0-20, přičemž v našich zeměpisných šířkách se většinou pohybuje v rozmezí 0-9. Hodnoty větší než 11 jsou považovány za extrémní (RAJNOCHOVÁ SVOBODOVÁ, 2012). V rámci Národní radiační sítě provádí ČHMÚ (Český hydrometeorologický ústav) měření UV indexu na území ČR (Obr.č. 2, ČHMÚ, online, 2016).



Seznam stanic a období měření složek slunečního záření

	Stanice	Indikativ klimatický	Nadm. výška	Globální záření	Difúzní záření	UV Erytem	Oblast
1.	Brno-Tuřany	B2BTUR01	241	2013 -			NJM
2.	České Budějovice	C2CBUD02	387	2002 -			NČM1
3.	Churáňov	C1CHUR01	1122	1984 -			VH
4.	Doksany	U1DOKS01	158	2003 -	2013 -		NČM1
5.	Holešov	B1HOLE01	224	2013 -	2013 -		NČM1
6.	Hradec Králové	H3HRAD01	285	1953 -	1964 -	1994 -	NČM1
7.	Kocelovice	C1KOC01	519	1984 -	2013 -		NČM2
8.	Košetice	P3KOSE01	470	1984 -	1995 -	1995 -	NČM2
9.	Kuchařovice	B2KUCH01	334	1984 -	1992 -	2010 -	NJM
10.	Labská bouda	H1LBOU01	1320	2006 -		2006 -	VH
11.	Luká	O2LUKA01	510	1984 -			NČM2
12.	Mošnov	O1MOSN01	251	2002 -			NČM1
13.	Ostrava-Poruba	O1PORU01	242	1984 -			NČM1
14.	Plzeň-Mikulka	L1PLMI01	360	2012 -			NČM1
15.	Praha-Karlovy	P1PKAR01	254	1984 -			ZA
16.	Praha-Libuš	P1PLIB01	305	2003 -			NČM1
17.	Svratouch	H3SVRA01	737	1984 -			VČM
18.	Tušimice	U1KATU01	322	1984 -	1992 - 2013		ZA
19.	Ústí n. Labem	U1ULK001	375	1984 -			ZA

Typické oblasti:

- NČM1 nížiny Čech a Moravy s nadmořskou výškou do 400 m
- NČM2 nížiny Čech a Moravy s nadmořskou výškou do 400-600 m
- NJM nížiny jižní Moravy
- VČM vysočiny Čech a Moravy s nadmořskou výškou 600-800 m
- VH vrcholové části pohraničních hor
- ZA oblasti se zvýšeným znečištěním atmosféry

K. Vaníček, ČHMÚ

Obr. č. 2: Přehled stanic Národní radiační sítě ČHMÚ (ČHMÚ, online, 2016).

3.2 Fyziologie, patofyziologie a klinika vitamínu D

Hormon nebo vitamín, jak je dnes označován vitamín D, je jednou z nejstarších molekul, která je součástí vývoje a existenci živočichů na Zemi. To, že je pro organismy nezbytný, se potvrdilo za éry, kdy docházelo k přesunu živých organismů z oceánů na souš, a bylo zapotřebí, aby celý organismus a jeho opora, ať již to byl skelet jako vnitřní opora nebo různé krunýře, které tvořili vnější oporu či ochranu, byly v dostatečné míře odolné a pevné. Vitamín D je na zemi syntetizován fytoplanktonem již 750 miliónů let a problémy, které jeho nedostatek přináší, jsou známy mnoho staletí. První základní popis rachitidy (křivice), která je důsledkem nedostatku vitamínu D, provedl Rössler a datuje se k roku 1582. Vitamín D, jako látka, která je účinná pro léčbu rachitidy, byla izolována v roce 1920 (PALIČKA, 2011).

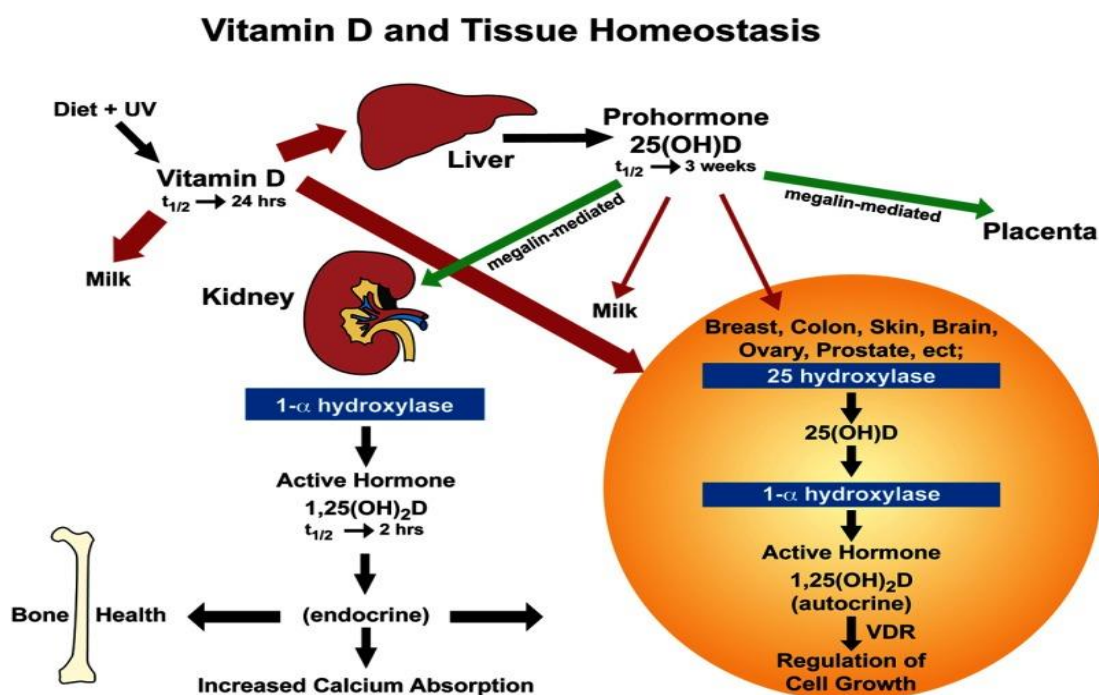
Více jak jedna miliarda obyvatel planety trpí nedostatečnou saturací vitamínem D (ROSA, online,2016). V 70. letech 20. století byl nedostatek vitamínu D spojován pouze s rachitidou, a jelikož výskyt rachitidy je mizivý, mohlo by se zdát, že problém s jeho nedostatkem je vyřešen. Od 50. let 20. století však začal objem publikací zabývající se problematikou vitamínu D rapidně stoupat. Prvním důvodem byl nárůst velkého počtu možných vlivů, které souvisí s fluktuací hladiny vitamínu D a to především se snížením jeho hladiny, jehož důsledky mohou vést k rozvoji závažných onemocnění. Druhým faktem je, že v současné době lze běžně stanovovat vitamín D (FUCHSOVÁ, online, 2013).

3.2.1 Fyziologie a patofyziologie vitamínu D

Prohormony vitamínu D jsou vitamín D₂ (ergokalciferol) a D₃ (cholecalciferol). Jelikož se jedná o prohormony nejsou biologicky aktivní. Konverze vitamínu D₂ a D₃ na biologicky aktivní látky se děje až při procesu enzymatické hydroxylace, která probíhá na dvou místech. Prvním místem konverze jsou játra, kam jsou dopravovány ve vazbě na protein vážící vitamín D (vitamín D binding protein tzv. VDBP). Zde jsou prohormony D₂ a D₃ převedeny na 25-hydroxyvitamín D (25 (OH) D) působením 25-hydroxyláz. Druhým místem jsou ledviny, kde aktivitou 1 α -hydroxylázy jsou převedeny 25-hydroxyvitamín D₂ (25 (OH) D₂) a 25-hydroxyvitamín D₃ (25(OH) D₃) na 1,25-dihydroxyvitamín D₂ (1,25(OH)₂D₂) nebo 1,25-dihydroxyvitamín D₃ (1,25(OH)₂D₃). Míra konverze je pod homeostatickou kontrolou, protože je závislá na koncentraci parathyroidního hormonu produkovaného příštítnými tělísky (TRIPKOVIC,2012). Stimulace

1 α -hydroxylázy je způsobena buď parathormonem, nízkou hladinou fosforu či vápníku v plazmě a/nebo negativním ovlivněním již existujícího 1,25 (OH) 2D3 vitamínu. Jsou to typické regulační mechanismy se zpětnovazebním účinkem. Faktem méně známým, je to, že přeměna v aktivní (hormonální) formu se uskutečňuje nejen v ledvinách, ale také v kostní tkáni, chrupavkách, kůži, ale i makrofázích a jiných buňkách a tkáních (PALIČKA, 2011).

Vitamín D a jeho metabolity jsou transportovány ve vazbě na VDBP (obr. č. 2). Distribuce vitamínu D a 25 (OH) D je založena na jednoduché difúzi (červené šipky) nebo endocytóze (zelené šipky). Endocytóza vyžaduje megalin-cubilin systém specifické tkáně, zatímco jednoduchá difuze je řízena primárně disociační konstantou sloučenin vitamínu D a VDBP. Sytější červené čáry na obrázku 3 ukazují vyšší difuzní hodnoty kvůli vyšší disociační konstantě, t_{1/2} / Značuje biologický poločas (Obr.č. 3).



Obr. č. 3: Schéma metabolických procesů distribuce vitamínu D a jeho metabolitů do různých tkání těla (The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism, online, 2016).

Přirozeným zdrojem vitamínu D3 je UV-B záření, které proniká kůži a způsobuje přeměnu 7-dehydrocholesterolu na vitamín D3. Ten difunduje přes kapilární řečiště do krevního oběhu. Dalším zdrojem vitamínu D je pak perorální podání prostřednictvím stravy a to buď ve formě vitamínu D2 (rostlinného původu) nebo D3 (živočišného původu). Po vystavení UV záření se vitamín D3 dostává do krevního oběhu, kde se váže na vazebnou bílkovinu pro vitamín D (VDBP) (HOLLIS et al., 2013).

3.2.2 Klinika vitamínu D

Zdá se, že nedostatek vitamínu D má vliv na řadu chorob a poruch, jako jsou osteoporóza, chronické bolesti pohybového aparátu, diabetes mellitus 1. a 2. typu, roztroušená skleróza, kardiovaskulární onemocnění a nádorová onemocnění prsu, prostaty a tlustého střeva (MIODOWNIK, LERNER, online, 2012). Zvláštní vztah je pozorován mezi nedostatkem vitamínu D a výskytem kožního nádoru (melanomu). Důrazné rady chránit kůži před UV zářením a vyhýbání se slunci vede často k nedostatku vitamínu D (PALIČKA, 2011). To, že existuje přímá souvislost mezi UV-B zářením a výskytem melanomu je nezpochybnitelné. Historicky je známo, že přexponováním UV-B zářením v dětství, které vyvolá vznik kožního erytému a dále u fotocitlivých typů, může vést ke vzniku melanomu. Nicméně někteří autoři uvádí, že mírná nebo dokonce kumulativní celoživotní expozice slunečnímu záření může mít příznivé účinky, včetně snížení rizika některých druhů karcinomů. Za zmínku stojí i fakt, že snížené riziko přibližně u 14 typů karcinomu bylo v korelaci s účinkem UV-B záření. Tento překvapivý účinek vychází z teorie tvorby vitamínu D v kůži působením slunečního záření (SZYSZKA et al., 2012). V aktivní formě vstupuje vitamín D do buněčného jádra linií specifických receptorů, označovaných jako vitamin D receptory (VDR). Na specifické úseky DNA se tento heterodimer označovaný jako VDR váže dohromady s retinoid – X receptorem. Tím může pak vitamín D ovlivňovat geny, které pak regulují mnoho buněčných funkcí jako je diferenciace, proliferace nebo apoptóza. Tento systém transkripce tedy ovlivňuje cyklus buňky a má pro-apoptotický a antiproliferační účinek. Tyto účinky založené na stejném mechanismu transkripce mají i buňky melanomu a proto řada autorů zpochybňuje pozitivní efekt ochrany před slunečním zářením (PALIČKA, 2011).

90 % vitamínu D, který lidský organismus potřebuje, vzniká působením UV záření v kůži. To, jaké množství vitamínu D se vytvoří, závisí na mnoha faktorech jako například na věku, stáří, na době strávené na slunci, zahalování těla z náboženských důvodů, používání krémů s UV faktorem a také na barvě kůže. Jednou z migračních teorií původních obyvatel z rovníkových pásem a jejich posunu směrem k severu je, že ochranné kožní zbarvení muselo blednout, aby nedocházelo ke vzniku nedostatečné saturace vitamínem D, který je nezbytný pro vývoj a funkci kosterního aparátu, a tím tedy nutný pro udržení života (PALIČKA, 2011).

V lidském organismu se hladina vitamínu D běžně stanovuje jako hydroxylovaný 25-hydroxyvitaminu D (25 (OH) D). Hladiny v lidském séru v rozmezí 75-110 nmol/l 25-hydroxyvitaminu D jsou považovány za optimální a ideálně ovlivňují musculoskeletální a jiné parametry (STEIN et al. 2009). Stanovení 25 (OH) D bylo donedávné doby považováno za nejlepší nutriční indikátor stavu vitamínu D. Bylo prokázáno, že forma 25 (OH) D je spojena se sekundární hyperparathyreózou a výskytem některých nádorových onemocnění narozdíl od 1,25-dihydroxyvitaminu D (1,25 (OH) 2D), jehož stanovení donedávna bylo obtížné. Proto je také mnoho výzkumů zaměřeno na stanovení 25 (OH) D na rozdíl od jeho mateřské sloučeniny 1,25 (OH) 2D (HOLLIS et al. 2013).

4. Metodika

4.1. Použitá data UV indexu a vitamínu D

V rámci této práce byla poskytnuta data z měření UV indexu Českým hydrometeorologickým ústavem, ze Solárního a ozonového oddělení v Hradci Králové. Data byla poskytnuta v období 1.9.2015 až 31.8.2016. Hladiny vitamínu D byly měřeny na imunochemickém analyzátoru Cobas e411 v Klinické laboratoři Medicentra Beroun s.r.o. Bylo použito 1404 hladin 25 (OH) D za stejné časové období jako u UV indexu. Data z měření hladin vitamínu D zahrnují obyvatele na území Berounska. Jelikož se Česká republika nachází v mírném podnebném pásmu se střídáním čtyř ročních období, jsou tedy do této práce zahrnuta všechna roční období a tím byla zajištěna i změna intenzity UV záření. Do experimentu byla zařazena všechna měření vitamínu D, s výjimkou zjevně suplementovaných pacientů. Jednalo se o pacienty vyskytující se opakovaně ve statistickém souboru.

4.2. Metody měření UV záření

Na zemském povrchu lze velmi přesně odhadnout množství UV záření (EARTH OBSERVATORY, online, 2016). Při zhodnocení významu dlouhodobého trendu zvyšujícího UV záření na povrchu Země v důsledku zmenšující se ozónové vrstvy se musí vzít v úvahu metody a nástroje, které jsou určeny k měření atmosférického ozónu a UV záření. Měření se provádí jednak na zemském povrchu a potom měření prostřednictvím družic (HEISLER, GRANT, 2000). Výhodou měření prostřednictvím družic je jejich globální pokrytí, v některých případech s prostorovým rozlišením menším než 1 km². (MARTIN et al., 2000). Ačkoliv tyto družice poskytují jednotné datové geografické pokrytí, dochází ke kontinuální validaci družicových UV dat s terestrickým měřením, který slouží jako nástroj pro posuzování přesnosti družicových dat. Při UV družicovém měření na palubě Aura družice, proti terestrickému spektrálnímu UV měření z 18 stanic v Evropě, Kanadě, Japonsku, Spojených státech, Antarktidě, většinou ve vyšších zeměpisných šířkách, vědci zjistili, že tato družicová měření vykazovala nárůst bias o 50 % na místech s vyšším množstvím aerosolů nebo plynů v atmosféře. Údaje z této družice byly vysoce neobjektivní ve znečištěných lokalitách (JANJAI et al., 2014). Terestrická měření UV záření pomocí pozemních přístrojů vykazují vyšší přesnost, ale vyžadují velkou časovou náročnost na provoz, údržbu a kalibrace (DAHLBACK, BJERTNESS, 2008). Pro výpočet redukce UV-B záření ozónem vědci zvažují zahrnout celkový ozón ve sloupci vzduchu od stratosféry až k zemskému povrchu. Ví se, že pokud dochází ke snížení ozónu o 1 % ve středních zeměpisných šířkách, pak zvýšení expozice UV-B záření naroste o 1-3 % v polovině léta, kdy UV-B je nejvyšší (EARTH OBSERVATORY, online, 2016).

Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) používá k měření terestrického UV záření Brewerův spektrofotometr a UV Biometr (ČHMÚ, online, 2016). Senzory Brewerova spektrofotometru takzvané broadband senzory snímají napříč celým spektrem vlnových délek v UV pásmu. Tyto senzory jsou obecně navrženy tak, aby reagovaly na různých vlnových délkách a to způsobem, který přibližuje odezvu lidské kůže na opalování, která je označována jako erytémová odpověď a je způsobena především vlivem UV-B zářením (HEISLER, GRANT, 2000).

4.3. Metody měření vitamínu D

Od roku 2009 došlo k nárůstu počtu vyšetření vitamínu D. Tou dobou převládaly separační metody stanovení a z imunoanalytických metod byla dostupná pouze metoda DiaSorin RIA značená radioaktivním izotopem jódu. Jelikož imunoanalytické metody jsou velmi dobře realizovatelné v provozu klinických laboratoří, bylo jen otázkou času, kdy výrobci diagnostických souprav zareagují na vyšší poptávku po vyšetření vitamínu D. V současné době je již na trhu několik imunochemických metod měření a měřících systémů, především ovládané velkými výrobci a to firmami Abbott, DiaSorin, Roche, Siemens, IDS. Všichni tito výrobci ve shodě se soudobým konsensem prohlašují jako předmět měření 25 – hydroxyvitaminu D (25 (OH) D) (FRIDECKÝ, VÁVROVÁ, 2012).

Měření hladin vitamínu D pro tuto práci probíhalo na analyzátoru Cobas e 411 firmy Roche. Jedná se o plně automatický imunoanalytický analyzátor a k vyšetření se používá souprava pod komerčním názvem Vitamin D total. Tento analyzátor slouží ke stanovení hydroxylované formy 25(OH)D. Jde o chemiluminiscenční metodu, jejímž principem stanovení je využití VDBP jako záchytného proteinu, který zprostředkovává vazbu mezi vitamínem D 25(OH) D2 a vitamínem D 25(OH) D3. Tato zkouška má detekční limit 12 nmol / l a analytický variační koeficient (CV) metody je 10,9 % v 48,3 nmol / l a 5,3 % v 104,0 nmol / l.

4.3.1. Popis testu stanovení vitamínu D total na analyzátoru Cobas e 411

1 fáze: inkubace 15 μ l vyšetřovaného vzorku s přípravnou reagensií PT1 a PT2. V této fázi je vitamín 25(OH)D uvolněn z vazby na VDBP.

2 fáze: inkubace uvolněného vitamínu 25(OH)D s VDBP, který je tentokrát značený rutheniem a vytvoří komplex.

3 fáze: po přidání magnetických mikročásteček, které jsou potaženy streptavidinem a přidáním biotinem značený vitamín 25 (OH)D, dojde k obsazení volných VDBP, které jsou značeny rutheniem. Vytvoří se komplex s rutheniem značeného VDBP a biotinem značeného vitamínu 25(OH)D, který vytvoří vazbu na pevnou fázi, zprostředkovanou interakcí streptavidinu a biotinu.

4 fáze: reakční směs je automaticky nasáta do cely pro měření. Zde jsou magnetické mikročástečky s navázanými komplexy prostřednictvím magnetu zachyceny. Složky, které zůstaly nenačteny, jsou odstraněny roztokem ProCell. Napětí, které je generováno na detektoru chemiluminiscenční fotonovou emisí, je převedeno

na měřené veličiny kalibrací. Každá nová šarže soupravy je kalibrována master kalibrací, která je načtena do analyzátoru z čárového kódu soupravy a následně upřesněna dvoubodovou adjustací. Výsledky hladin vitamínu 25(OH)D se pak odečítají z této kalibrační křivky. Důležitá je návaznost kalibrátoru, pro standardizaci výsledků měření hladin vitamínu 25 (OH) D mezi různými analytickými systémy. Metoda vitamín D total byla standardizována metodou LC-MS/MS na standardní referenční materiál z Národního institutu standardů a technologie (NIST) při ministerstvu obchodu USA. Metoda LC-MS/MS je kombinací kapalinové chromatografie a hmotnostní tandemové spektrometrie. (Roche Diagnostics, 2015).

4.4. Statistické analýzy

Celkový soubor obsahoval 1404 měření hladin vitamínu D v lidské plazmě v průběhu celého roku mimo víkendů. Jednalo se o soubor dat všech věkových skupin a pohlaví. Soubor dat z měření UVI obsahoval 365 průměrů pozorování UVI (Příloha č.1). Pro správné analyzování dat jsem si vytvořila průměry denních hodnot hladin vitamínu D během celého roku. Srovnala jsem s daty průměrů UVI tzn., že jsem spárovala data z průměrů měření UVI a průměrů hladin vitamínu D ve stejných dnech. Výsledný soubor obsahoval 233 průměrů z měření UVI a hladin vitamínu D. Takto upravený soubor jsem použila pro další analýzy.

Nejprve jsem si vytvořila přehled základních statistik obou proměnných (Tab.č. 1, Tab. č. 2) a vytvořila krabicové grafy pro grafické znázornění rozložení dat v testovaném souboru (n=233, Obr.č.4, Obr. č. 6). Následně bylo nutné analyzovaný soubor očistit. K čištění dat jsem použila Grubbsův oboustranný test odlehlých hodnot a Tukeyho test (Tukey 1977). Tento soubor jsem pročišťovala v případě UVI dvakrát a v případě vitamínu D bylo nutné ještě třetí očistění. Pročišťování dat jsem prováděla pro každý měsíc zvlášť (n=217, Příloha č. 2). Takto připravená a očištěná data průměrných hodnot pro jednotlivé dny v roce jsem použila pro následné statistické analýzy (Obr. č. 5, Obr.č.7). Nejprve byly použity testy normality. Pro zjištění o jaké pravděpodobnostní rozdělení se jedná jsem použila D'Agostino-Pearsonova testu (Příloha č. 3) a zároveň pravděpodobnostní graf četností (Obr.č. 8, Obr.č. 9). Zjistila jsem, že se nejednalo o normální rozdělení, ale přibližně o log-normální rozdělení, což byla pro mne potřebná informace pro další postup při analýze dat, zejména pak při výběru testu pro korelační analýzu. Dále vzhledem ke kvantitativnímu charakteru proměnných jsem použila regresní a korelační analýzu,

neboť studie dokazují, že hladina vitamínu D je závislá na UV záření. Pro korelační analýzu byl použit Spearmanův test ($n=217$, Příloha č. 4). Korelační analýzou jsem testovala nulovou hypotézu (H_0), že mezi hladinou vitamínu D a UVI není závislost. Následovala regresní analýza ($n=217$, Obr.č. 10, Tab.č. 3), u které jsem testovala nulovou hypotézu, že hladina vitamínu D není závislá na UVI.

Statistické analýzy byly prováděné pomocí softwaru excel 2016 a statistickým softwarem MedCalc, který je určený pro biomedicínské statistické analýzy.

4.5. Výsledky

Z analýzy vitamínu D jsem prokázala, že jeho hladiny velmi málo sledují roční období (Obr.č.5) na rozdíl od UVI, jehož hodnoty důsledně sledují roční období (Obr.č.7). K očištění dat jsem použila Grubbsův oboustranný test odlehlých hodnot a Tukeyho test a očištla jsem data za jednotlivé měsíce. Vyřadila jsem celkem 9 měření hladin vitamínu D (Obr.č. 4, Obr.č.5) a 8 měření UVI (Obr.č.6, Obr.č.7). Na obrázku 5 je tmavě červeně znázorněna linie spodní hranice optimální hodnoty vitamínu D, což je 75,0 nmol/l. Pomocí D'Agostino-Pearsonova testu a pravděpodobnostního grafu četnosti jsem zjišťovala o jaké pravděpodobnostní rozdělení se jedná u obou proměnných. Výsledky testů normality prokázaly, že se nejedná o normální rozdělení u UVI ($n=217$, $p < 0,0001$, Příloha č. 3) a ani u vitamínu D ($n=217$, $p=0,0002$, Příloha č. 3). Z pravděpodobnostního grafu četností je také zřejmé, že se nejedná o normální pravděpodobnostní rozdělení, ale přibližně o log-normální rozdělení (Obr. č.8, Obr. č. 9). Průměrná hladina vitamínu D v testované populaci byla nízká a to 47,6 nmol/l. Vůči normálním hodnotám, které mají být vyšší než 75,0 nmol/l, je tato průměrná hladina vitamínu D o 36,4 % menší než je dolní hranice. Z tabulek č. 1 a č. 4 vyplývá, že v červenci, kdy byla hodnota průměrného UVI nejvyšší, byla také nejvyšší průměrná hladina vitamínu D, nicméně proti očekávaným hodnotám stále velmi nízká. Oproti lednovým průměrným hodnotám vitamínu D stouply jeho hodnoty o více než 50 %. Hodnoty mediánů byly přibližně stejné jako průměry, proto jsem pracovala s průměry obou proměnných. Spearmanovým testem jsem zjistila pozitivní korelaci mezi hladinou vitamínu D a UVI ($r = 0,25$, $p = 0,0002$, Příloha č. 4). Regresní analýzou jsem zjistila, že hodnota p-value je menší v porovnání s hladinou významnosti

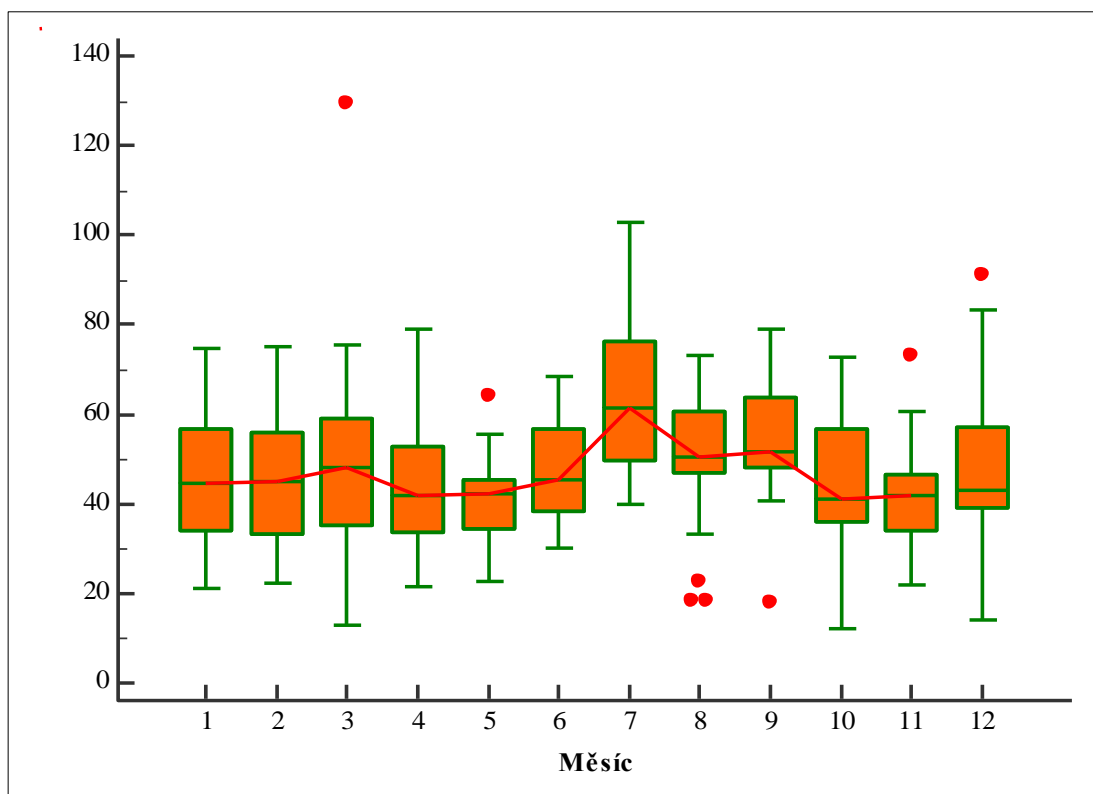
($\alpha=0,05$, $n=217$, $r = 0,27$, $p = < 0,001$, Obr. č. 10). To znamená, že závislost hladiny vitamínu D na UVI existuje. Ale z hodnoty korelačních koeficientů (r), jak u Spearmanova testu, tak i u regresní analýzy (Pearsonův korelační koeficient) můžeme usuzovat na závislost nepříliš silnou. Predikční interval na 95% hladině vyznačený v grafu regresní analýzy (Obr. č. 10) je poměrně velký, takže odhad hodnoty vitamínu D z hodnot UVI by byl velmi obtížný. Z velmi nízké hodnoty koeficientu determinace ($R^2=0,075$, Tab.č. 3) též vyplývá, že predikce hodnot podle této regresní rovnice bude zatížena velkou nepřesností.

Měsíc	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	2.5-97.5 percentil	25-75 percentil	5-95 percentil
Leden	44,6	44,8	21,1	74,6	21,1 do 74,6	33,8 do 56,8	21,4 do 69,6
Únor	44,7	45,0	22,1	75,0	22,1 do 75,0	33,3 do 55,8	22,7 do 70,1
Březen	49,5	48,3	12,8	129,6	13,1 do 128,2	35,4 do 59,0	20,1 do 99,9
Duben	44,7	41,8	21,4	79,0	21,6 do 78,9	33,8 do 52,6	25,4 do 76,8
Květen	40,8	42,1	22,6	64,2	22,6 do 63,8	34,3 do 45,4	23,1 do 58,9
Červen	47,0	45,2	30,2	68,4	30,3 do 68,1	38,3 do 56,9	31,1 do 64,5
Červenec	64,9	61,5	40,1	102,9	40,0 do 102,9	49,5 do 76,1	40,3 do 101,0
Srpen	49,9	50,3	18,5	73,3	18,5 do 73,2	46,9 do 60,8	18,5 do 71,9
Září	54,2	51,5	18,1	79,1	18,1 do 79,1	48,2 do 63,8	27,1 do 78,2
Říjen	43,6	40,9	12,0	72,7	12,0 do 72,7	36,1 do 56,7	14,6 do 72,7
Listopad	42,1	42,0	22,0	73,2	22,0 do 73,2	33,9 do 46,6	25,0 do 68,2
Prosinec	47,9	43,1	14,1	91,0	14,1 do 91,0	39,18 do 57,0	15,0 do 87,9

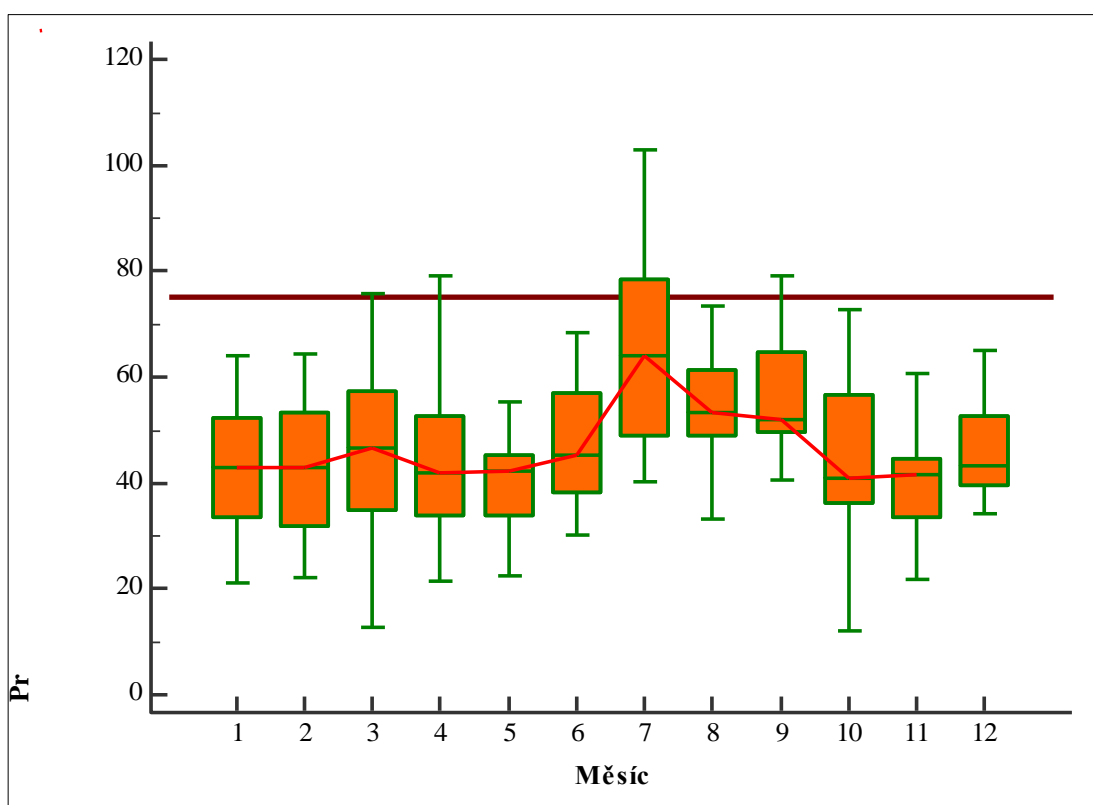
Tab.č. 1: Základní statistika proměnné vitamín D (neočistěná data); n=233.

Měsíc	Průměr	Median	Minimum	Maximum	2.5-97.5 percentil	5-95 percentil	25-75 percentil
Leden	0,21	0,19	0,09	0,47	0,092 do 0,47	0,097 do 0,41	0,13 do 0,25
Únor	0,36	0,33	0,16	0,71	0,16 do 0,71	0,16 do 0,69	0,26 do 0,43
Březen	0,74	0,73	0,17	1,25	0,17 do 1,25	0,2 do 1,22	0,53 do 1,00
Duben	1,21	1,16	0,59	2,15	0,59 do 2,15	0,590 do 2,05	0,895 do 1,45
Květen	1,65	1,68	0,56	2,26	0,57 do 2,26	0,71 do 2,21	1,43 do 1,95
Červen	2,09	2,16	0,79	3,38	0,80 do 3,37	0,9 do 3,28	1,518 do 2,678
Červenec	2,29	2,51	0,39	3,09	0,39 do 3,09	0,61 do 3,02	1,99 do 2,76
Srpen	2,06	2,35	0,62	2,91	0,62 do 2,91	0,71 do 2,90	1,62 do 2,53
Září	1,47	1,43	0,80	2,19	0,78 do 2,19	0,83 do 2,15	1,13 do 1,75
Říjen	0,52	0,40	0,16	1,44	0,16 do 1,44	0,18 do 1,24	0,32 do 0,81
Listopad	0,34	0,29	0,11	0,70	0,11 do 0,70	0,12 do 0,67	0,20 do 0,50
Prosinec	0,19	0,21	0,07	0,33	0,07 do 0,33	0,074 do 0,31	0,12 do 0,26

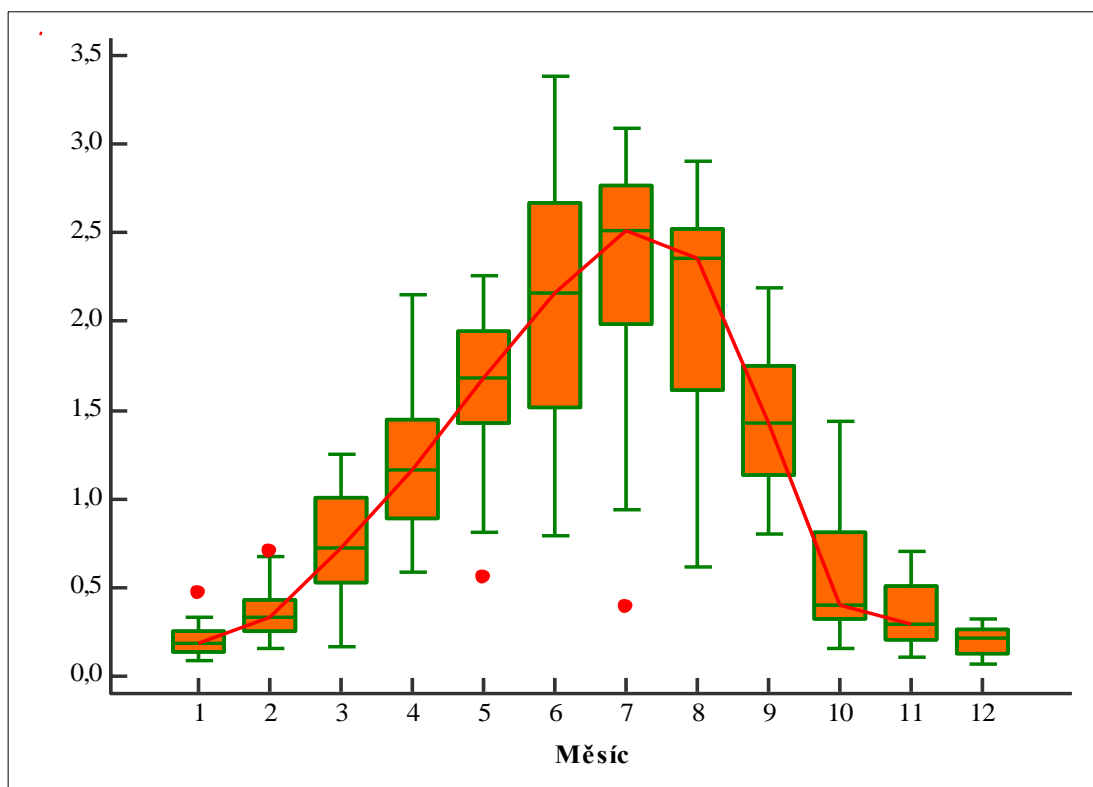
Tab. č. 2: Základní statistika proměnné UVI (neočistěná data); n=233.



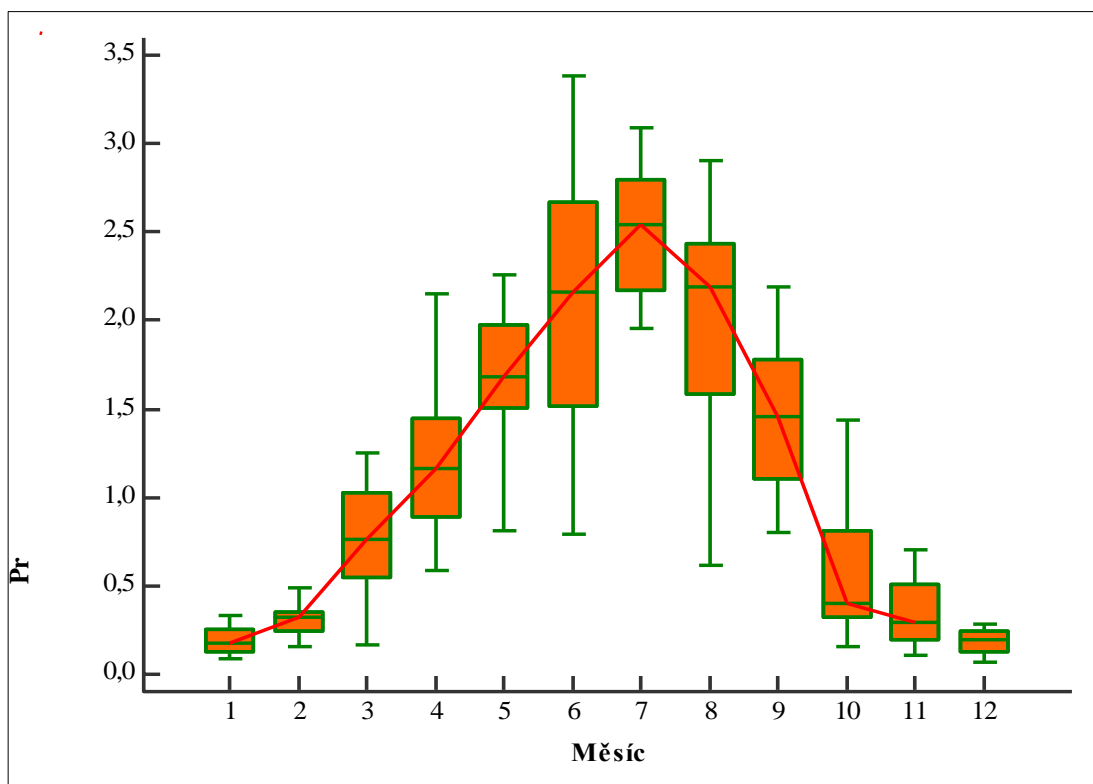
Obr. č. 4: Krabicový graf průměrů hladin vitamínu D za jednotlivé dny v měsíci (neočištěná data); n = 233.



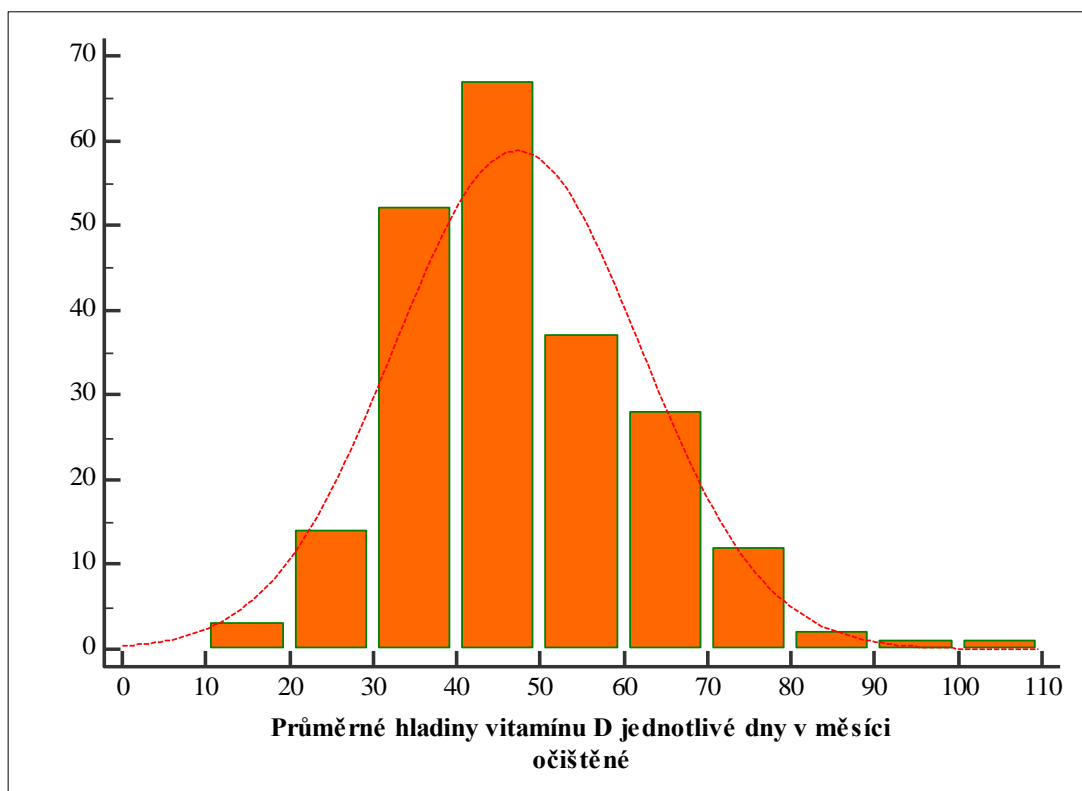
Obr. č. 5: Krabicový graf průměrů hladin vitamínu D za jednotlivé dny v měsíci (očištěná data); n = 217.



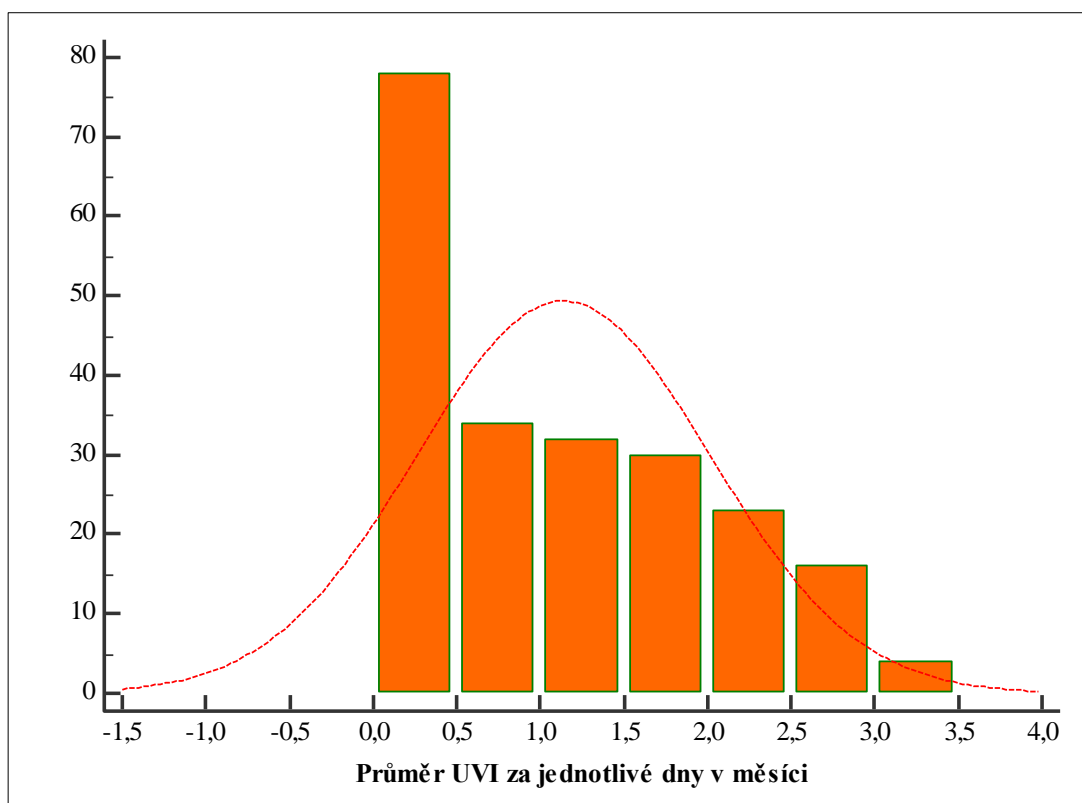
Obr. č.6: Krabicový graf průměrů UVI za jednotlivé dny v měsíci (neočištěná data); n = 233.



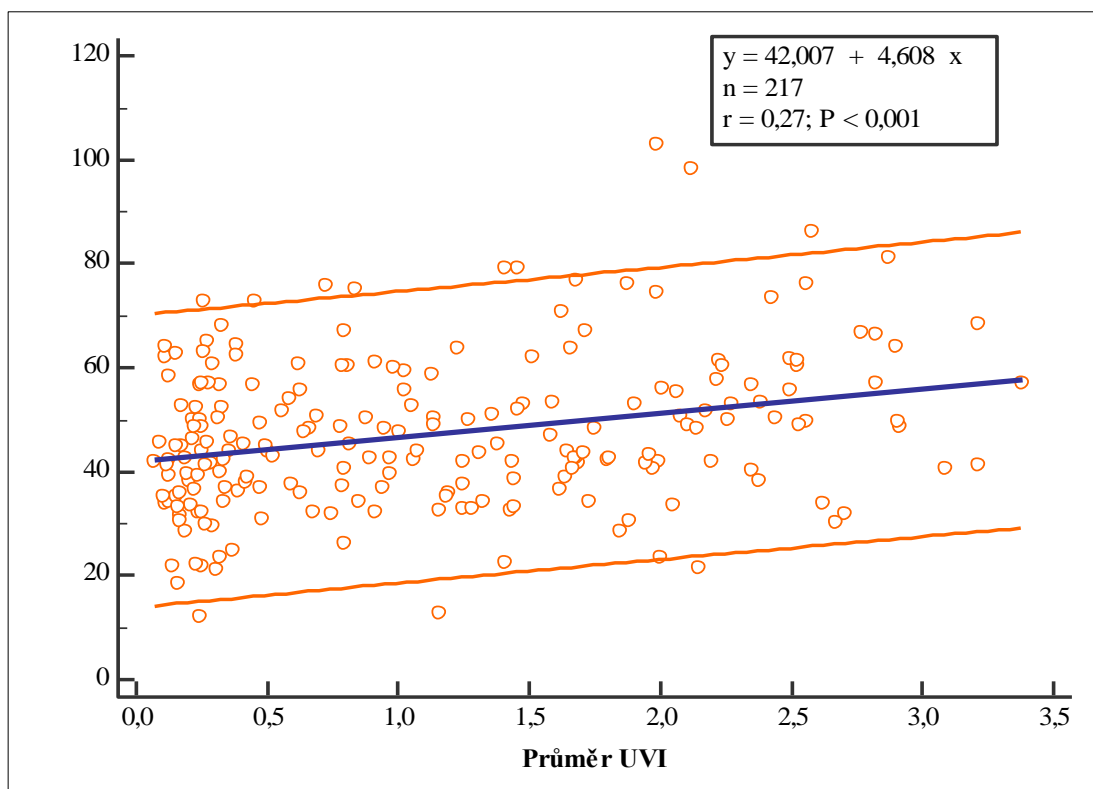
Obr. č. 7: Krabicový graf průměrů hladin UVI za jednotlivé dny v měsíci (očištěná data); n = 217.



Obr. 8: Pravděpodobnostní graf četnostíprůměrů hladin vitamínu D za jednotlivé dny v měsíci (očištěná data); $n = 217$.



Obr. 9: Pravděpodobnostní graf četnostíprůměrů UVI za jednotlivé dny v měsíci (očištěná data); $n = 217$.



Obr. č. 10: Regresní analýza závislosti hladiny vitamínu D na UVI (očistěná data); n = 217.

Dependent Y	Mean__vitamin_D				
Independent X	Mean_UVI				
Least squares regression					
Sample size	217				
Coefficient of determination R ²	0,075				
Residual standard deviation	14,19				
Regression Equation					
$y = 42,0065 + 4,6076 x$					
Parameter	Coefficient	Std. Error	95% CI	t	P
Intercept	42,0065	1,5805	38,8912 to 45,1219	26,5773	<0,0001
Slope	4,6076	1,1006	2,4382 to 6,7769	4,1863	<0,0001
Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares		Mean Square	
Regression	1	3527,9729		3527,9729	
Residual	215	43281,0579		201,3072	
F-ratio	17,5253				
Significance level	P<0,0001				

Tab.č. 3: Tabulka regresní statistiky (očistěná data); n=217.

5. Diskuze

Odborná literatura popisuje, že 90 % vitamínu D, který lidský organismus potřebuje, vzniká působením UV záření v kůži. To, jaké množství vitamínu D se vytvoří, závisí na mnoha faktorech jako například na stáří, na době strávené na slunci, zahalování těla, používání krémů s UV faktorem a na barvě kůže (PALIČKA, 2011, BAYER, 2007). Některá onemocnění způsobují sníženou absorpci vitamínu D např. u malabsorpčního syndromu, sarkoidózy, tuberkulózy, obezity. Může se také jednat o onemocnění zvyšující metabolismus vitamínu D např. hyperparatyreóza. Vitamin D může být také vylučován ve zvýšené míře močí u nefrotického syndromu (NAIR, MASEEH, 2012).

Za zmínku stojí i fakt, že snížené riziko přibližně u 14 typů karcinomu bylo v korelaci s účinkem UV-B záření. Tento účinek UV záření vychází z teorie tvorby vitamínu D v kůži (GLASS et al., 2009, SZYSZKA et al., 2012). V aktivní formě vstupuje vitamin D do buněčného jádra linií specifických receptorů, označovaných jako vitamin D receptory (VDR). Na specifické úseky DNA se tento heterodimer označovaný jako VDR váže dohromady s retinoid – X receptorem. Tím může pak vitamin D ovlivňovat geny, které následně regulují mnoho buněčných funkcí jako je diferenciacie, proliferace nebo apoptóza. Tento systém transkripce tedy ovlivňuje cyklus buňky a má pro-apoptotický a antiproliferační účinek. Tyto účinky založené na stejném mechanismu transkripce mají i buňky melanomu a proto řada autorů zpochybňuje pozitivní efekt ochrany před slunečním zářením (PALIČKA, 2011).

Nedostatečnou saturací vitamínu D je postiženo téměř 50 % lidské populace. Odhaduje se, že asi jedna miliarda lidí na celém světě všech etnik a věkových skupin trpí nedostatkem vitamínu D. Tato pandemie nedostatku vitamínu D je připisována zejména životnímu stylu lidí a znečištěnému ovzduší. Vysoká prevalence tohoto nedostatku je velmi důležitou otázkou veřejného zdraví, protože je nezávislým rizikovým faktorem pro celkovou úmrtnost v běžné populaci. Současné studie naznačují, že možná budeme potřebovat více vitamínu D, než je nyní doporučováno, aby se zabránilo chronickým onemocněním (HOLICK, 2007, NAIR, MASEEH, 2012). Za deficitní hodnoty vitamínu D jsou považovány hodnoty menší než 50 nmol/l a jako nedostatek vitamínu D jsou označovány hodnoty 52,5 nmol/l až 72,5 nmol/l (HOLICK et al., 2011). Za optimální hodnoty jsou pak považovány hodnoty v rozmezí 75 nmol/l až 110 nmol/l (STEIN et al. 2009).

Expozice slunečnímu záření, která je nutná pro přeměnu vitamínu D v kůži, je u různých etnických skupin velmi odlišná. Asiaté vyžadují přibližně třikrát delší dobu expozice slunečnímu světlu oproti populaci se světlou pigmentací kůže. U populace s tmavou pigmentací kůže v oblasti Afriky je tato expozice až šestkrát delší. Nedostatkem vitamínu D jsou ohroženy i děti. Z nároků na kavkazské kojence vyplývá třicetiminutová denní expozice UV záření, oblečení jen v pleně nebo po dobu dvou hodin, pokud je tělo zahalené a není použita příkrývka hlavy. Avšak z doporučení Americké pediatrické akademie (AAP), vyplývá, že mají být kojenci do šesti měsíců chráněni před přímým slunečním zářením. Další dětské věkové kategorie by pak měly být ochráněny před účinky UV záření výběrem aktivit, opalovacích krémů s ochrannými faktory a používáním ochranného oblečení. Cílem takovéto ochrany je minimalizace expozice dětské populace slunečnímu záření (SAHAY M., SAHAY R., 2012).

K výše uvedeným studiím, byla prokázána mimo již zmiňované závislosti UV záření na přeměnu vitamínu D v kůži, také závislost hladin vitamínu D na různých typech pleti u žen v rámci kavkazského etnika ve Velké Británii. Ženy se světlejším typem pleti v této studii mají nižší hladiny vitamínu D než ženy s tmavším typem pleti. Typy pleti zde byly klasifikovány podle Fitzpatrickovy škály. Ženy se světlejším typem pleti v rámci této studie jsou více ohroženy nedostatkem vitamínu D než ženy s tmavším typem pleti. To může být v důsledku nedostatečné expozice UV záření nebo mohou být výsledkem genetické rozdíly ve vývoji metabolismu vitamínu D u žen se světlou kůží ve srovnání s ženami s tmavším typem pleti. Tato zjištění jsou však v rozporu s předchozími výzkumy, které mezi různými etnickými skupinami ukazují, že lidé s tmavou barvou kůže jako Asiaté nebo Afroameričané mají nejnižší hladinu vitamínu D. Tyto výzkumy ale vychází ze studia etnik v rámci různých kontinentů. Proto také mohou být tato zjištění v rozporu s předchozími výzkumy (EGAN , 2008, GLASS, 2009).

Denní doba, sezóna a zeměpisné šířky významným způsobem ovlivňují kožní přeměnu vitamínu D. Když je slunce v zimě nejbliž Zemi, tak paprsky vstupují pod ostřejším úhlem do atmosféry a UV-B fotony jsou efektivněji absorbovány ozónovou vrstvou (HOLICK, 2004). Nad 37 stupňů severní šířky se v zimních měsících snížilo 80-100 % počet fotonů z UV-B záření, které dosáhlo zemskou atmosféru a v důsledku toho vzniká málo vitamínu D v kůži. Opalovací krémy absorbují UV-B záření a zabraňují vstupu tohoto záření do pokožky. Opalovací krém s ochranným

faktorem 8 (SPF 8) může snížit syntézu vitamínu D o 95 % a SPF 15 dokonce o 98 %. Pro adekvátní syntézu vitamínu D v jarních a letních měsících je za dostačující dobu považována expozice v rozsahu 10-15 minut pro světlou pleť. Dále oblačnost a průmyslové znečištění mohou vést ke snížení množství UV-B záření, který dosáhne zemského povrchu. Tyto faktory byly spojeny s větším výskytem nedostatku vitamínu D (SAHAY M., SAHAY R., 2012).

Pro tuto práci jsem použila velké množství dat z měření hladin vitamínu D v lidské plazmě z důvodu snížení rizika možných chyb při nedostatečném množství dat. Regresní analýzou dat z měření UVI a hladin vitamínu D jsem prokázala, že závislost existuje, avšak tato závislost vitamínu D v plazmě na hodnotách UVI není příliš silná. Korelační analýzou jsem tuto ne příliš silnou závislost potvrdila. Tato závislost mezi hladinou vitamínu D a UVI existuje, ale z věcného hlediska je velmi slabá. Tyto ne příliš silné závislosti u obou analýz znamenají, že tvorba vitamínu D v kůži účinkem UVI je velmi slabá, přestože je tato tvorba způsobená účinkem UV záření známá a mnohé výzkumy tento fakt dokazují.

Prokázala jsem, že testovaná skupina obyvatel je oproti normě podsaturována v průměru o 36,4 % ve srovnání se spodní referenční hodnotou vitamínu D. Oproti lednovým průměrným hodnotám vitamínu D stouply v červenci průměrné hladiny vitamínu D u testované populace o více než 50 %. To dokazují i mé analýzy regrese a korelace. I přesto tato testovaná skupina vykazuje nedostatečnou saturaci vitamínem D, což odpovídá mé hypotéze nadměrné ochrany před UV zářením a současnému životnímu stylu, který přispívá ke snížení pobytu v přírodě.

6. Závěr

V důsledku informací o redukci ozónové vrstvy a tím i zvýšení erytémového ozáření dochází v populaci ke zvýšeným obavám z expozice UV zářením.

Pokud ale pojmu problém globálně, tak musím brát v úvahu i další faktory. Jedná se především o fyzikální zákonitosti postupu UV záření. Uplatňuje se zde především odraz, rozptyl a absorpce. Tento komplexní pohled dává lepší orientaci o UV záření přes UV index, jako standardní indikátor úrovně UV záření a základní ukazatel rizika expozice slunečním zářením (FIOLETOV et al., 2010).

Z tohoto důvodu jsem hledala závislost hladiny vitamínu D na UVI, nikoliv pouze na UV záření.

Již desítky let je známý mechanismus syntézy vitamínu D prostřednictvím UV záření i vztah tohoto záření k nádorovým onemocněním kůže. Toto je předmětem častých diskuzí odborné i laické veřejnosti. Neexistuje ale žádný konsensus optimální rovnováhy mezi pozitivními a negativními dopady UV záření. Nadměrný pobyt na slunci nebo naopak příliš nízký pobyt může vyvolat zdravotní rizika (HOLICK, 2006, GRIGALAVICIUS et al., 2013)

Z mé práce je však zřejmé, že zvýšené obavy lidí z negativních účinků UV záření, které je ale nezbytné pro přeměnu vitamínu D v lidské kůži, vedou lidskou populaci k zvýšené ochraně před UV zářením a nižšímu pobytu na slunci, a tím nedochází k dostatečné produkci vitamínu D. Jeho fyziologické hladiny jsou nejen nutné ke správnému vývoji skeletu a fungování imunitního systému, ale i snižují riziko přibližně u 14 typů karcinomu (GLASS et al, 2009, SZYSZKA et al., 2012).

Mým návrhem je lepší osvěta veřejnosti v rámci rizik způsobených UV zářením a rizik způsobených nedostatkem vitamínu D. Ujistění veřejnosti, že rozumným pobytem na slunci a sledováním denního UVI můžou tato rizika snížit a úspěšně tak dosáhnout lepší saturace organismu vitamínem D. Také změna životního stylu od sedavého způsobu života ke zvýšenému pobytu v přírodě vede u všech věkových kategorií k lepšímu stavu nejen hladin vitamínu D, ale je celkově prospěšný pro lidský organismus. Tyto základní a již známá fakta, ekonomicky nejméně náročná, jsou lidskou populací vytlačována.

Přehled literatury a použitých zdrojů

- [1.] BAYER, M., 2007: *Vitamin D ve světle staletí*. Osteologický bulletin. Praha. 12(2): 47–48.
- [2.] D'ORAZIO, J., JARRETT, S., AMARO-ORTIZ, A., & SCOTT, T., 2013: *UV radiation and the skin*. International journal of molecular sciences. 14(6): 12222-12248.
- [3.] DAHLBACK, A., BJERTNESS, E., 2008: *Global monitoring of atmospheric ozone and solar UV radiation*. Solar Radiation and Human Health. Oslo: The Norwegian Academy of Science and Letters, 23-34.
- [4.] CABRERAS, IPIÑAA., DAMIANA., CORDERO RAUL R., PIACENTINI RUBÉN D., 2012: *UV index values and trends in Santiago, Chile (33.5°S) based on ground and satellite data*. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. 115: 73–84.
- [5.] ČHMÚ, 2016: *Stanice radiální sítě ČHMÚ*. Hradec Králové, online: <http://portal.chmi.cz/o-nas/organizacni-struktura/usek-meteorologie-a-klimatologie/solarni-a-ozonova-observator-hradec-kralove/odborna-cinnost>, cit. 12. 11. 2016.
- [6.] EGAN K.M., SIGNORELLO L.B., MUNRO H.M., HARGREAVES M.K., HOLLIS B.W.. 2008: *Vitamin D insufficiency among African-Americans in the southeastern United States: implications for cancer disparities (United States)*. Cancer Causes Control. 19:527–535.
- [7.] ETTLER, K., 2007: *Účinky UV záření na kůži a fotoprotekce*. Medicína pro praxi. Hradec Králové. 6: 273-275.
- [8.] FIOLETOV, V. KERR, JB , FERGUSSON, A., 2010: *The UV Index: Definition, Distribution and Factors Affecting It* . Canadian journal of public health- revue Canadienne de Sante. 101 (4): 15-19.

- [9.] **FRIDECKÝ, B., VÁVROVÁ, J.,**2012: *Současný stav stanovení vitamínu D v séru.* Klinická biochemie a metabolismus. Praha. 3: 174-178.
- [10.] **FUCHSOVÁ, R., TOPOLČAN, O., VRZALOVÁ, J., NOVÁK, J., ŠMEJKAL, J.,** 2013: *Deficit vitamínu D.* Plzeň, online: <http://www.tribune.cz/clanek/29229-deficit-vitaminu-d>, cit. 10.11.2016.
- [11.] **GLASS D., LENS M., SWAMINATHAN R., SPECTOR T.D.,BATAILLE V.,** 2009. *Pigmentation and Vitamin D Metabolism in Caucasians: Low Vitamin D Serum Levels in Fair Skin Types in the UK.* PLOS ONE. Canada. 4(8): e6477.
- [12.] **GRIGALAVICIUS M., JUZENIENE A., BATURAITE Z., DAHLBACK A., MOAN J.,** 2013: *Biologically efficient solar radiation: Vitamin D production and induction of cutaneous malignant melanoma.* Dermato-endocrinology.5(1):150-158.
- [13.] **LUCAS, R., MCMICHAEL, T., SMITH, W., ARMSTRONG, B.,** 2006: *Solar Ultraviolet Radiation: Global burden of disease from solar ultraviolet radiation.* World Health Organization Publications, Ženeva:250 s. ISBN 978-92-4-159440-0.
- [14.] **MARTIN,T.J., GARDINER, B. G., SECKMEYER, G.,**2000. *Uncertainties in satellite-derived estimates of surface UV doses.* Journal of Geophysical Research. 105 (D22), 27005 - 27011.
- [15.] **NASA EARTH OBSERVATORY,** 2016: *Ultraviolet radiation: How it affect life on Earth.* Washington, D.C.,online: http://earthobservatory.nasa.gov/Features/UVB/uvb_radiation3.php, cit. 21.11.2016.
- [16.] **HEISLER, G.M., GRANT, R.H.,**2000: *Ultraviolet radiation in urban ecosystems with consideration of effects on human health.* Urban Ecosystems. Vol. 4: 193–229.

- [17.] **HOLICK, M. F.**, 2004: *Sunlight and vitamin D for bone health and prevention of autoimmune diseases, cancers, and cardiovascular disease*. The American journal of clinical nutrition. 80(6): 1678S-1688S.
- [18.] **HOLICK, M.F.**, 2006: *High prevalence of vitamin D inadequacy and implications for health*. Mayo Clinic Proceedings. 81: 353–73.
- [19.] **HOLICK, M.F.**, 2007: *Vitamin D deficiency*. The new England journal of medicine. 357:266–81.
- [20.] **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.**, 2011: *Evaluation, Treatment, and Prevention of Vitamin D Deficiency: an Endocrine Society Clinical Practice Guideline*. The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism. 96 (7): 1911-1930.
- [21.] **HOLLIS, BRUCE W., CAROL L. WAGNER**, 2013: *The Role of the Parent Compound Vitamin D with Respect to Metabolism and Function: Why Clinical Dose Intervals Can Affect Clinical Outcomes*. The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism. 98(12): 4619–4628.
- [22.] **JANJAI, S., WISITSIRIKUN, S., BUNTOUNG, S., PATTARAPANITCHAI, WATTAN, R., MASIRI, I., BHATTARAI, B. K.**, 2014: *Comparison of UVI from Ozone Monitoring Instrument (OMI) with multi-channel filter radiometers at four sites in the tropics: effects of aerosols and clouds*. International Journal of Climatology. Vol. 34:453-461.
- [23.] **NAIR R, MASEEH A.**, 2012: *Vitamin D: The “sunshine” vitamin*. Journal of Pharmacology & Pharmacotherapeutics. 3(2):118-126.
- [24.] **MIODOWNIK, CH., LERNER, V.**, 2012: *Vitamin D Deficiency*. Nova Science Publishers. New York, online:<http://www.ebrary.com.infozdroje.czu.cz>, cit. 19.11.2016.
- [25.] **PALIČKA, V.**, 2011: *Vitamin D a jeho role (nejen) v osteologii*. Interní medicína pro praxi. Hradec Králové. 13(10): 383-387.

[26.] **RAJNOCHOVÁ SVOBODOVÁ, A.**, 2012: *Poškození kůže působením slunečního záření, možnosti ochrany a prevence*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 1. vyd.: 129 s. ISBN 978-80-244-3183-3.

[27.] **ROCHE DIAGNOSTICS**, 2015: *Vitamin D total*. Příbalová dokumentace. Verze 7.0 Česky, online: <http://objednavky.roche-diagnostics.cz/objednavky/info/05894913190p.pdf>, cit. 10.11.2016.

[28.] **ROSA, J.**, 2016: *Vitamín D, jeho stanovení a klinický význam (2)*. CEVA, online: <http://www.ceva-edu.cz/mod/data/view.php?d=13&rid=418>, cit 10.11. 2016.

[29.] **ROŽNOVSKÝ, J., HAVLÍČEK, V.**, 1998: *Bioklimatologie*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. 1. vyd.: 155 s. ISBN 80-7157-291-8.

[30.] **SAGE, ROBERT, J., LIM HENRY, W.**, 2010: *UV-based therapy and vitamin D*. *Dermatologic Therapy*. Vol. 23: 72–81.

[31.] **SAHAY M, SAHAY R.**, 2012: *Rickets - vitamin D deficiency and dependency*. *Indian Journal of Endocrinology and Metabolism*. 16(2):164-176.

[32.] **STEIN, E. M., STRAIN, G., SINHA, N., ORTIZ, D., POMP, A., DAKIN, G., SILVERBERG, S. J.**, 2009: *Vitamin D insufficiency prior to bariatric surgery: risk factors and a pilot treatment study*. *Clinical Endocrinology*. 71(2): 176–183.

[33.] **SZYSZKA, P., ZMIJEWSKI, M. A., SLOMINSKI, A. T.**, 2012: *New Vitamin D Analogs as Potential Therapeutics in Melanoma*. *Expert Review of Anticancer Therapy*. 12(5): 585–599.

[34.] **TRIPKOVIC, L., LAMBERT, H., HART, K., SMITH, C. P., BUCCA, G., PENSON, S., LANHAM-NEW, S.**, 2012: *Comparison of vitamin D₂ and vitamin D₃ supplementation in raising serum 25-hydroxyvitamin D status: a systematic review and meta-analysis*. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 95(6): 1357–1364.

[35.] UTRILLAS, M.P., MARÍN, M.J., ESTEVE, A.R., SALAZAR, G., SUAREZ, H., CASTILLO, J., MARTÍNEZ-LOZANO, J.A., 2016: *UVER and UVI at high altitude in Northwestern Argentina*. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. Vol. 163: 290-295.

[36.] YOUNG, CH., 2009: *Solar ultraviolet radiation and skin cancer*. Occupational Medicine. London. 59 (2): 82-88.

Seznam tabulek, obrázků a příloh

Obr. č. 1: University of Ottawa (online) [cit.30.11.2016], dostupné z: <<https://orm.uottawa.ca/programs/em-radiation-safety/biological-effects>>.

Obr. č. 2: ČHMÚ. Stanice radiační sítě ČHMÚ (online) [cit.12.11.2016], dostupné z: <<http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ozon/RadSitCHMU.gif>>.

Obr. č. 3: The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism (online) [cit.15.11.2016], dostupné z : <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/infodroje.czu.cz/pmc/articles/PMC3849670/>>.

Obr. č. 4: Krabicový graf průměrů hladin vitamínu D za jednotlivé dny v měsíci (neочиštěná data); n = 217.

Obr. č. 5: Krabicový graf průměrů hladin vitamínu D za jednotlivé dny v měsíci (očištěná data); n = 217.

Obr. č. 6: Krabicový graf průměrů UVI za jednotlivé dny v měsíci (neочиštěná data); n = 233.

Obr. č. 7: Krabicový graf průměrů hladin UVI za jednotlivé dny v měsíci (očištěná data); n = 217.

Obr. č. 8: Pravděpodobnostní graf četností průměrů hladin vitamínu D za jednotlivé dny v měsíci (očištěná data); n = 217.

Obr. č. 9: Pravděpodobnostní graf četností průměrů UVI za jednotlivé dny v měsíci (očištěná data); n = 217.

Obr. č. 10: Regresní analýza závislosti hladiny vitamínu D na UVI (očištěná data); n = 217

Tab. č. 1: Základní statistika proměnné vitamín D (neочиštěná data); n=233

Tab. č. 2: Základní statistika proměnné UVI (neочиštěná data); n=233

Tab. č. 3: Tabulka regresní statistiky (očištěná data); n=217

Přílohy

Příloha č. 1: Primární data UVI a vitamínu D

Příloha č.2: Testy odlehlých hodnot

Příloha č. 3: Testování normality (D'Agostino-Pearsonův test)

Příloha č. 4: Spearmanova korelační analýza