



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

Vitamíny

Vitamins

Bakalářská práce

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Zdravotní laborant

Autor bakalářské práce: Nikola Veselá

Vedoucí bakalářské práce: MUDr. Daniela Obitková

Kladno 2020



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Veselá** Jméno: **Nikola** Osobní číslo: **474176**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva**
Studijní program: **Specializace ve zdravotnictví**
Studijní obor: **Zdravotní laborant**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Vitamíny

Název bakalářské práce anglicky:

Vitamins

Pokyny pro vypracování:

Bakalářská práce bude pojednávat o jednotlivých vitamínech, jejich významu v potravě, chemické struktuře, funkci v organismu, vybranými příznaky jejich nedostatku a možnostmi laboratorní diagnostiky jejich koncentrace v biologických materiálech. Teoretická část práce bude zaměřena na všeobecné informace o vitamínech jako o látkách pro lidský organismus nepostradatelných. Dále budou uvedeny konkrétní vitamíny, jejich struktura, fyzikální a chemické vlastnosti, výskyt v potravinách či rizika spojená s nedostatečným příjmem jednotlivých vitamínů. V praktické části bakalářské práce bude provedeno laboratorní měření vybraných vitamínů dostupnými technikami. Práce bude zakončena celkovým shrnutím významu vitamínů pro lidský organismus.

Seznam doporučené literatury:

- [1] ŠVIHOVEC J., BULTAS J., ANZENBACHER P., CHLÁDEK J., PŘIBORSKÝ J., SLÍVA J., VOTAVA M., Farmakologie, Praha: Grada Publishing, 2018, ISBN 978-80-247-5558-8
- [2] MARTINKOVÁ, J., Farmakologie pro studenty zdravotnických oborů, ed. 2., zcela přepracované a doplněné vydání, Praha: Grada, 2018, ISBN 978-80-247-4157-4
- [3] MAQBOOL, Muhammad Amir, Muhammad ASLAM, Waseem AKBAR a Zubair IQBAL, Biological importance of vitamins for human health: A review, Journal of agriculture and basic science, 2017, 2(3) s., ISSN online 2518-4210

Jméno a příjmení vedoucí(ho) bakalářské práce:

MUDr. Daniela Obítková

Jméno a příjmení konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **02.10.2019**

Přátost zadání bakalářské práce: **20.09.2020**


prof. MUDr. Leoš Navrátil, CSc., MBA, dr.h.c.
podpis vedoucího katedry


prof. MUDr. Ivan Dylevský, DrSc.
podpis oškanatky

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Vitamíny vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

V Kladně dne 27.05.2020

.....
Nikola Veselá

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat paní MUDr. Daniele Obitkové za vedení mé bakalářské práce. Dále za cenné rady, čas, který mi věnovala, a hlavně za trpělivost. Poděkování patří také Fakultní nemocnici v Motole, kde mi umožnili provést praktickou část mé práce. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat rodině, která mě po celou dobu psaní velice podporovala.

ABSTRAKT

Bakalářská práce pojednává o jednotlivých vitamínech, jejich významu v potravě, chemické struktuře, funkci v organismu, zabývá se vybranými příznaky jejich nedostatku či nadbytku. Práce se zaměřuje na všeobecné informace o vitamínech jako o látkách pro lidský organismus nepostradatelných. Dále jsou uvedeny konkrétní vitamíny, jak rozpustné ve vodě, tak i rozpustné v tucích, molekulární hmotnost, fyzikální a chemické vlastnosti, výskyt v potravinách, jejich denní doporučené dávky pro všechny věkové kategorie či rizika spojená s nedostatečným příjmem jednotlivých vitamínů.

V praktické části jsou probrány možnosti laboratorní diagnostiky koncentrace v biologických materiálech (hlavně v séru) pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie a další možné stanovení vitamínů.

Výsledkem práce je měření vitamínu A a vitamínu E v séru pacientů, dále jsou diskutovány kazuistiky pacientů, kteří trpí nedostatkem daných vitamínů a hodnocení naměřených hodnot.

Klíčová slova

Vitamíny, nedostatek vitamínů, denní doporučená dávka, výskyt v potravinách, struktura, vysokoúčinná kapalinová chromatografie (dále jen HPLC)

ABSTRACT

This thesis deals with vitamins, their meaning in diet, chemical structure, function in the organism and focuses on selected symptoms of deficiency or excess. The thesis is focused on general information about vitamins as essential substances for human body. Next, specific vitamins, both water-soluble and fat-soluble, are mentioned. The specific properties as their molecular mass or physical and chemical characteristics, the occurrence of vitamins in food, their daily recommended dose for all ages or the risks associated with insufficient intake of each vitamin are listed well arranged.

The practical part presents possibilities of laboratory diagnostics of vitamin concentration in biological materials (mainly in serum) by high-performance liquid chromatography and other possible methods suitable for vitamins detection.

The result of this work is represented by measurement of vitamin A and vitamin E in the patient's serum. Case study of patients suffering from vitamin deficiency are discussed and at the very end the evaluation of measured values is summarized.

Key words

Vitamins, vitamin deficiency, daily recommended dose, occurrence in food, structure, HPLC

Obsah

1	Úvod.....	13
2	Cíle práce.....	14
3	Přehled současného stavu.....	15
3.1	Vitamín A.....	17
3.1.1	Biochemie	18
3.1.2	Výskyt v potravě	19
3.1.3	Denní příjem	20
3.1.4	Hypovitaminóza.....	20
3.1.5	Hypervitaminóza	21
3.2	Vitamín D.....	22
3.2.1	Biochemie	23
3.2.2	Výskyt v potravě	23
3.2.3	Denní příjem	24
3.2.4	Hypovitaminóza.....	24
3.2.5	Hypervitaminóza	25
3.3	Vitamín E	25
3.3.1	Biochemie	26
3.3.2	Výskyt v potravě	27
3.3.3	Denní příjem	28
3.3.4	Hypovitaminóza.....	28
3.3.5	Hypervitaminóza	29
3.4	Vitamín K.....	29
3.4.1	Biochemie	30

3.4.2	Výskyt v potravě	31
3.4.3	Denní příjem	32
3.4.4	Hypovitaminóza.....	33
3.4.5	Hypervitaminóza	33
3.5	Vitamín B ₁	33
3.5.1	Biochemie	34
3.5.2	Výskyt v potravě	34
3.5.3	Denní příjem	35
3.5.4	Hypovitaminóza.....	36
3.5.5	Hypervitaminóza	37
3.6	Vitamín B ₂	37
3.6.1	Biochemie	38
3.6.2	Výskyt v potravě	38
3.6.3	Denní potřeba	39
3.6.4	Hypovitaminóza.....	40
3.6.5	Hypervitaminóza	40
3.7	Vitamín B ₃	40
3.7.1	Biochemie	41
3.7.2	Výskyt v potravě	42
3.7.3	Denní příjem	43
3.7.4	Hypovitaminóza.....	43
3.7.5	Hypervitaminóza	44
3.8	Vitamín B ₄	44
3.8.1	Biochemie	44

3.8.2	Výskyt v potravě	45
3.8.3	Denní příjem	46
3.8.4	Hypovitaminóza.....	46
3.8.5	Hypervitaminóza	47
3.9	Vitamín B ₅	47
3.9.1	Biochemie	47
3.9.2	Výskyt v potravě	48
3.9.3	Denní příjem	49
3.9.4	Hypovitaminóza.....	49
3.9.5	Hypervitaminóza	49
3.10	Vitamín B ₆	50
3.10.1	Biochemie	50
3.10.2	Výskyt v potravě.....	50
3.10.3	Denní příjem.....	51
3.10.4	Hypovitaminóza	52
3.10.5	Hypervitaminóza.....	52
3.11	Vitamín B ₇	52
3.11.1	Biochemie	53
3.11.2	Výskyt v potravě	53
3.11.3	Denní příjem	54
3.11.4	Hypovitaminóza.....	54
3.11.5	Hypervitaminóza	55
3.12	Vitamín B ₁₂	55
3.12.1	Biochemie	56

3.12.2	Výskyt v potravě.....	56
3.12.3	Denní příjem.....	57
3.12.4	Hypovitaminóza	57
3.12.5	Hypervitaminóza.....	58
3.13	Vitamín C	58
3.13.1	Biochemie	59
3.13.2	Výskyt v potravě.....	59
3.13.3	Denní příjem.....	61
3.13.4	Hypovitaminóza	61
3.13.5	Hypervitaminóza.....	62
4	Metodika.....	63
4.1	Testy.....	63
4.1.1	Mikrobiologické testy	63
4.1.2	Chemické metody	63
4.1.3	Separční techniky	63
4.1.4	Kapalinová chromatografie	64
4.2	Metody stanovení vitamínu	65
4.2.1	Přímé měření koncentrace v krvi.....	65
4.2.2	Přímé měření vitamínu v moči.....	66
4.2.3	Měření sérové či močové koncentrace typického metabolitu.....	66
4.2.4	Měření koncentrace hromadícího se metabolitu po zátěži substrátem.....	66
4.2.5	Zvýšení aktivity vhodného enzymu po dodání koenzymu	66
4.2.6	Saturační testy.....	67

4.2.7	Stanovení produktu vytvořeného působením vitamínu.....	67
4.3	Vitamín A.....	67
4.3.1	Extrakce a čištění vzorku	68
4.3.2	Chemické metody	68
4.3.3	Chromatografické metody	68
4.4	Vitamín D.....	69
4.4.1	Extrakce a čištění vzorku	69
4.4.2	Chemické metody	70
4.4.3	Chromatografické metody	70
4.4.4	Imunochemické metody.....	70
4.5	Vitamín E	71
4.5.1	Extrakce a čištění vzorku	71
4.5.2	Chemické metody	71
4.5.3	Chromatografické metody	72
4.6	Vitamín K.....	72
4.6.1	Extrakce a čištění vzorku	72
4.6.2	Chemické metody	73
4.6.3	Chromatografické metody	73
4.7	Vitamín B ₁	73
4.8	Vitamín B ₂	74
4.9	Vitamín B ₃	74
4.10	Kyselina pantotenová.....	75
4.11	Vitamín B ₆	75
4.12	Biotin.....	76

4.13	Vitamín B ₁₂	76
4.14	Vitamín C	76
4.14.1	Extrakce a čištění vzorku	77
4.14.2	Chemické metody.....	77
4.14.3	Chromatografické metody	77
5	Výsledky.....	78
5.1	Princip metody.....	78
5.2	Postup.....	78
5.3	Výsledky kontrol a měření.....	79
5.4	Kazuistika 1.....	80
5.5	Kazuistika 2	80
5.6	Kazuistika 3	81
5.7	Kazuistika 4	82
6	Diskuze	83
7	Závěr	87
8	Seznam použitých zkratk.....	88
9	Seznam použité literatury	89
9	Seznam použitých obrázků	95
10	Seznam použitých tabulek.....	96

1 ÚVOD

Vitamíny nám sice nedodávají energii, ale je nezbytné, abychom je přijímali v potravě. Jsou důležité pro správné fungování našeho organismu, abychom byli schopni odolávat různým nemocem. V dnešní době je známo třináct organických látek, které nalezneme v potravě jako vitamíny. Pouze vitamín D a K je náš organismus si schopen v určitém množství vytvořit sám. [1]

Při nedostačující pestrosti a vyváženosti stravy může docházet k poruchám při vstřebávání vitamínů. Hypovitaminózy mají mírnější projevy. Avitaminózy jsou naopak formy s vážnějšími projevy. Při nadbytečném příjmu může dojít k hypervitaminóze. Tyto tři stavy, které jsou patologické, mají každý své charakteristické příznaky a je důležité je řešit. Jen u vitamínů A a D mohou být při předávkování pozorovány toxické účinky. Nevyhovující a dlouhodobý nedostatek vitamínu může mít i nepříjemné účinky. [2,3,4]

Vitamíny jsou v malém množství potřebné pro řadu důležitých fyziologických a biochemických funkcí lidského organismu. Velká část vitamínů je citlivá na různé fyzikální i chemické vlivy, jejich funkce v buněčném metabolismu závisí na chemickém složení jednotlivých vitamínů. [5]

2 CÍLE PRÁCE

Hlavním úkolem práce je změřit hodnoty jednotlivých vitamínů pomocí vybraných metod, zejména pomocí HPLC (vysokoúčinná kapalinová chromatografie), která se používá nejvíce v nemocničních zařízeních pro měření vitamínu A a E a ADVIA Centaur pro měření vitamínu D v séru.

Dalším cílem této bakalářské práce je seznámit se podrobně se strukturou vitamínů, jak chemickou, tak fyzikální. Dále biochemickými ději, které v lidském organismu probíhají či doporučenou denní dávkou. Poté co se děje, pokud je v organismu nedostatek nebo nadbytek určitého vitamínu či jaké mohou být jeho projevy a důsledky. Poté zdůraznit nepostradatelnost vitamínů pro lidský organismus.

3 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU

Vitamíny definujeme jako nízkomolekulární organické sloučeniny rozdílných chemických vlastností, zastávající funkci katalyzátorů. Vitamíny je potřebné získávat endogenně, a to především z potravy, jelikož organismus je buď nedokáže vytvořit nebo jich nevytvoří potřebné množství. [3,5]

Polský chemik Casimir Funk významně pomohl k detailnímu studiu vitamínů. Roku 1913 vědci vyslovili názor, kdy podle nich je důležité mít jeden vitamín, který je rozpustný ve vodě a druhý vitamín rozpustný v tucích, které pojmenovali jako vitamín A a vitamín B. Spojení vitamínů s významnými rolemi v normálním růstu bylo prokázáno v roce 1915. V roce 1919 byl pro vitamín C navržen název „ve vodě rozpustný“ místo „antikorbútický faktor“. Jack Cecil Drummond napomohl k oddělení pojmu „amine“, podle toho, jestli se vitamíny vyvozují z derivátů amoniaku nebo aminů, bylo tedy nutné roztrždit vitamíny podle písmen. Většina známých vitamínů byla identifikována a byla určena jejich role v organismu v letech 1920-1940. Vitamín B₁ byl první, který byl izolován z rýžových slupek, a to v roce 1926. Ostatní vitamíny B-komplexu bylo postupně objeveny v dalších letech. [2,6]

Vitamíny jsou organické látky, které lidský organismus nedokáže sám vyrobit a je nutné získávat je potravou (až na vitamín D a vitamín B₃). Tyto látky zastávají v organismu některé důležité funkce. Jednou z nich je katalytický účinek, který působí při linii reakcí spojených s látkovou přeměnou. Část vitamínů umí vyrobit i nezbytné oxidačně-redukční systémy. [2]

Z chemického hlediska vitamíny dělíme na rozpustné ve vodě (hydrofilní) a rozpustné v tucích (lipofilní). Vitamíny se značí podle jejich chemického složení nebo písmeny abecedy. Vitamíny, které mají obdobné fyziologické působení, se liší číselnými indexy. [2]

Většina vitamínů rozpustných ve vodě patří do komplexu vitamínu B, až na vitamín C. Jediným z jejich společných znaků je typická rozpustnost ve vodě, ale chemickými vlastnostmi si navzájem podobné nejsou. [7]

Vitamíny rozpustné ve vodě jsou:

- Skupina vitamínu B-komplexu:
 - vitamín B₁-tiamin,
 - vitamín B₂-riboflavin,
 - vitamín B₃-niacin (nikotinová kyselina),
 - vitamín B₅-kyselina pantotenová,
 - vitamín B₆-pyridoxin,
 - vitamín B₇, vitamín H či biotin,
 - vitamín B₁₂ (kobalamin),
 - kyselina listová.
- Vitamín C (kyselina L-askorbová a L-dehydroaskorbová). [2,6]

Vitamíny ze skupiny B jsou mnohdy nazývány svými triviálními názvy. Jsou to hydrofobní nepolární molekuly a všechny patří mezi deriváty isoprenu. Vitamíny rozpustné v tucích nalezneme zejména v lidské potravě např. v zelenině, ovoci, droždí, ve vnitřnostech či v obilných klíčkách. Organismus nedokáže tento typ vitamínů dlouhodobě ukládat a většina se vstřebává, a to jen když není narušené vstřebávání tuků. Vstřebané je nutno v krvi dopravovat v lipoproteinech nebo jako vázané na specifické bílkoviny. Tyto vitamíny jsou relativně netoxické, na rozdíl od vitamínů rozpustných v tucích. [6,7]

Mezi vitamíny rozpustné v tucích patří:

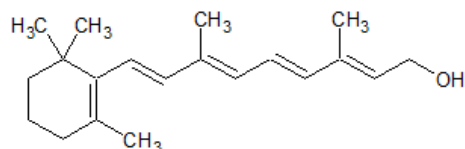
- vitamín A-retinol a jeho provitamíny neboli karotenoidy,
- vitamín D-kalciferoly,

- vitamín E-tokoferoly a tokotrienoly,
- vitamín K-fylochinony a farnochinony. [2,6]

3.1 Vitamín A

Sumární vzorec: $C_{20}H_{30}O$

Molekulová hmotnost $M_r = 286,4$ [6]



Obrázek 1- Chemický vzorec retinolu [8]

Biochemik E. V. McCollum objevil, že v tuku rozpustná substance (dříve faktor A) podporuje růst laboratorních zvířat. Substance se získává z vaječného bílku, másla či tresčích jater. V roce 1940 poprvé použili tento vitamín k léčení určitých typů kožních onemocnění. Zjistilo se ale, že dávky jsou moc vysoké a toxické. Za objevení důležitosti vitamínu A pro naše oči stojí biochemik George Wald (USA). [1]

Vitamín A (dříve zvaný axeroftol) se řadí mezi nejdéle známé. Je součástí všech důležitých funkcí lidského organismu. V neposlední řadě ovlivňuje šeroslepost. Už ve starověku to uvedl Corpus Hippocraticum. Také tvrdil, že jíst játra živočichů napomáhá se vyhnout šerosleposti. Na začátku 20. století se podařilo určit strukturu molekuly vitamínu A moderními analytickými metodami. Název retinol byl předložen v 50. letech. Je to biogenní faktor, který je velice významný, má celou řadu buněčných funkcí, hlavně morfogenetickou funkci např. diferenciaci epitelů či proliferaci. [2,9]

3.1.1 Biochemie

Z chemického hlediska je vitamín A alkohol, který obsahuje polyizoprenovou skupinu, ve které se nachází cyklohexanové jádro. Vitamín A₁ a A₂ rozlišujeme podle počtu dvojných vazeb, které nacházíme v šestičlenném kruhu. [1]

Vitamín A je tvořen žlutými jehlicovými krystaly, které mají mastný vzhled. Tento vitamín je rozpustný v chloroformu, éterech, tucích, methanolu a tzv. absolutním ethanolu, naopak je nerozpustný ve vodě a glycerolu. [6]

Vitamín A se skladuje hlavně v játrech (a to z 90 %), pak ještě ve vaječnících, tenkém střevě, plicích, ledvinách či varlatech. Pod pojmem vitamín A jsou shrnuty látky, které jsou živočišného původu. Skladují se hlavně ve formě retinolesteru. Retinol, kyselina retinová a retinal prezentují většinu aktivity tohoto vitamínu. Pojem retinoidy se běžně využívá ke značení přírodních i syntetických analogů. U rostlin se retinol vyskytuje ve formě beta-karotenu, tedy provitamínu. Vitamín A je v zelenině přítomen ve formě provitamínu A- jako žlutý pigment tzv. beta-karoten A. Beta-karoten je tvořený ze dvou molekul retinolu, které jsou propojené na aldehydových koncích a vzniká z vitamínu A enzymatickým štěpením, které probíhá v tenkém střevě. Toto štěpení dokáže jen člověk a býložravci, nikoliv masožravci. Karotenoidy označujeme jako sloučeniny podobné beta-karotenu. Vstřebávání ze živočišné stravy je jednodušší než ze stravy rostlinné, proto rostlinného retinolu potřebujeme šestinásobně větší množství než živočišného retinolu. Tělo se neobejde bez tohoto vitamínu, jelikož je potřebný k vytvoření rodopsinu, díky kterému můžeme vidět za tmy. Transport retinolu je v krvi zaručen pomocí speciální bílkoviny, a to RBP (retinol-binding-protein). Tento protein se váže s vitamínem A a s prealbuminem v plazmě, aby nedocházelo ke ztrátám tohoto mikroproteinu močí. [1,7, 10,11]

3.1.2 Výskyt v potravě

Vitamín A se nachází jenom v živočišných potravinách, zatímco provitamíny, prekurzory tohoto vitamínu, vznikají hlavně z rostlinných materiálů. V těle se transformují s odlišným stupněm účinnosti na vitamín A. Nejvýznamnějším zdrojem tohoto vitamínu je máslo, sýry, mléko, rybí tuk, kuře či krůta, vnitřnosti a sladké brambory. Karotenoidy, tedy provitamíny vitamínu A, jsou nejvíce v ovoci (hlavně meruňky a broskve) a zelenině (hlavně v rajčatech, paprikách, špenátu, mrkvi, brokolici, růžičkové kapustě či petrželi). V přiložené tabulce jsou uvedené některé potraviny s obsahem retinolu [2]:

Tabulka 1- Vybrané potraviny s obsahem retinolu v $\mu\text{g}/100\text{ g}$ [2]

Potravina	Obsah retinolu	Potravina	Obsah retinolu
Mléko egalizované (1 litr)	20	Játra vepřová	4416
Máslo čerstvé	774	Játra hovězí	4641
Máslo pomazánkové	600	Ledviny hovězí	279
Hera	600	Ledviny vepřové	188
Olej Vegatol	67	Králičí maso průměr	44
Sýr Eidam 30 % t.v.s.	223	Májka	1096
Sýr Lučina	480	Kapr I. sk.	151
Tavený sýr 45 % t.v.s.	327	Zavináče	108
Jogurt smetanový ovocný	124	Uzená makrela	68
Vejce	180	Sardinky v oleji	65
Párky, salámy	3	Tuňák v oleji	28
Játrový salám	1042	Tresčí játra	6700

3.1.3 Denní příjem

Doporučená denní dávka (dále jen DDD) se určuje v μg retinového ekvivalentu (1 mg retinolu odpovídá 1 mg RE či 6 mg beta-karotenu).

Tabulka 2- DDD vitamínu A [14]

Věk	Vitamín A (μg RE retinol)
0-3 měsíce	Odhadem 0,5
4-11 měsíců	0,6
1-3 roky	0,6
4-6 let	0,7
7-9 let	0,8
Chlapci 10-12 let	0,9
Dívky 10-12 let	0,9
Chlapci 13-14 let	1,1
Dívky 13-14 let	1,0
Chlapci 15-18 let	1,1
Dívky 15-18 let	0,9

DDD pro muže je 1 mg a pro ženy 0,8 mg, pro těhotné ženy kolem 1,1 mg, pro kojící ženy 1,5 mg a parenterální spotřeba za 24 h je 1 mg. Mužům postačí 110 g mrkve jako doporučené množství tohoto vitamínu. Třetinu DDD obsahuje také cca 200 g 30 % tvrdého sýru nebo 110 g meruněk. Asi polovinu DDD je možné získat ze 110 g tuňáka. [2, 6, 12, 13, 14]

3.1.4 Hypovitaminóza

Zásoby jsou většinou takové, že předejdou rozvinutí avitaminózy. Prvním projevem nedostatku je např. svědivá kůže na nohách či loktech nebo krvácení a praskání rtů. U mužů jsou problémy s plodností a u žen problémy s menstruací, dále se mohou vyskytovat vrozené vady plodu, porucha imunity, šeroslepost či ztráta chuti. Další souvislost s nedostatkem mohou mít časté záněty močového měchýře, vznik močových kamenů, průjemy, záněty průdušek a pochvy.

K nedostatku může vést i beztuková redukční dieta. Snížené hodnoty v séru nacházíme po vypotřebování zásob vitamínu v játrech. Při nedostatku vznikají onemocnění, která jsou spojená s deficitem vitamínu rozpustného v tucích, a to např. Crohnova choroba, syndrom krátkého střeva, karcinoid, nefrotický syndrom, šeroslepost, cystická fibróza pankreatu, malabsorpce, nefritida, sterilita, syndrom vstřebávání tuků, infekční hepatitis, hypotyreóza diseminovaná tuberkulóza a další. [1,4,6,15]

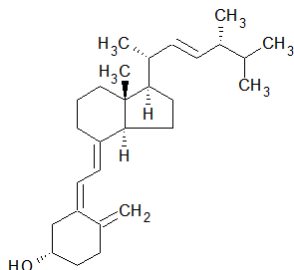
3.1.5 Hypervitaminóza

Škodlivé jsou dávky nad 300 mg u dospělého člověka a nad 100 mg u dítěte. Předávkování vede k nepříznivým účinkům, jelikož se vitamín A snadno kumuluje, a to hlavně v játrech a může působit až toxicky s velkou řadou symptomů. Nadbytečné množství tohoto vitamínu se projevuje např. mlhavým viděním, atrofií sliznic, zvýšenou sedimentací, suchou a svědivou kůží, nepravidelnou menstruací, vypadáváním vlasů, krvácením z nosu, zvýšením plazmatické hladiny vápníku i alkalické fosfatázy měřené v séru, anorexií, nutkáním na zvracení, průjmem nebo bolestmi kloubů a hlavy. Zvýšené hodnoty tohoto vitamínu můžou souviset s chronickým ledvinným onemocněním, hyperlipidemií, idiopatickou hyperkalcémií u dětí, cheilitidou, ledvinovým selháním, při onemocnění diabetes mellitus, hypercholesterolémií, fotosenzitivit nebo jaterním onemocnění (poklesem proteinu, který váže retinol (RBP)). Zvýšené množství tohoto vitamínu je podobně škodlivé jako jeho nedostatečné množství. Předávkování jídlem běžně nehrozí, ovšem nebezpečí nastává při překročení doporučené denní dávky. Vysoké dávky retinolu mohou být teratogenní a způsobovat anomálie plodu. Pro těhotné je nejvyšší mez 2,8-3 mg. Použití karotenoidů je během těhotenství bezpečné, jelikož nemají teratogenní účinky. [1,4,6,9,10,13,15,16]

3.2 Vitamín D

Sumární vzorec: $C_{27}H_{44}O$

Molekulová hmotnost $M_r = 384,6$ [6]



Obrázek 2- Chemický vzorec kalciferolu [17]

Nemoc rachitis byla charakterizována už v 17. století. Znamky této choroby se projevují u dětí, častokrát už v kojeneckém věku např. pokřivenost dlouhých kostí, měknutí lebečních kostí. U dospělých se tato choroba již tolik nevyskytuje, např. jako osteomalacie. V roce 1906 vznikla myšlenka, že rachitis je způsobena nedostatečným množstvím látky v potravě, která je vitamínového charakteru. V roce 1919 bylo prokázáno, že příkrmování zvířat, které trpí rachitidou pomocí rybího tuku vede k běžnému zvápenatění kostí. Přítomnost antirachitického faktoru se povedlo detekovat v roce 1922 v nezmýdelnitelném rybím tuku. Při hledání antirachitického faktoru výrazně pomohlo zkoumání účinků ultrafialového světla. Na počátku 20. let minulého století se ozařovaly děti, které trpěly rachitidou pomocí rtuťové lampy. O objev vitamínu D se zasloužil Enver McCollum ve dvacátých letech minulého století. Ergosterol byl ozařován okolo roku 1930, kdy byl vytvořen preparát s vysokou účinností antirachitického faktoru. Ergokalciferol byl separován roku 1931 a cholekalciferol se povedlo separovat v roce 1936 pomocí ozáření syntetického 7- dehydrocholesterolu, který pokrýval asi 80 % celkové potřebné hmotnosti organismu. Později se povedlo ho separovat i z rybího tuku. Vzniklé množství cholekalciferolu v kůži je závislé na kvalitě a intenzitě UV záření, na věku, ploše, tloušťce a pigmentaci osluněné kůže, času stráveném na slunci či např. zeměpisné šířce. Tento vitamín vylepšuje

vstřebávání kalcia, které probíhá ve střevě a zachycuje vápník v kostech. Kalcium je bez vitamínu D skoro bezcenné. [1,2,3,18]

3.2.1 Biochemie

Pod názvem vitamín D si představíme seskupení steroidních látek, které mají antirachitický účinek a souhrnně se označují jako kalciferoly. Hlavní význam mají dvě formy: vitamín D₂ tedy ergokalciferol a vitamín D₃ tedy cholekalciferol, v lidském organismu mají přibližně shodnou aktivitu, jsou to provitamíny, přesněji prohormony. Vitamín D je obecně známý pod názvem antirachitický hormon. [2,15]

Vitamín D₃ se vytváří v kůži savců pomocí ultrafialového záření. Je tvořen ze steroidního provitamínu. Vitamín D₂ je méně biologicky aktivní, je rostlinného původu, takže ho přijímáme potravou. Tyto dva typy se od sebe rozlišují svou strukturou postranních řetězců. [6]

Vitamín D patří do skupiny steroidních hormonů. Je prezentován steroidy, které se vyskytují u kvasinek, rostlin i živočichů. Pomocí různých metabolických pochodů z nich vzniká hormon-kalcitriol, který je důležitý při metabolismu fosforu a pro regulaci homeostázy vápníku. [2,7,19]

Vitamín D se podílí na zrání bílých krvinek, které hrají důležitou roli v imunitní odpovědi. [12]

3.2.2 Výskyt v potravě

Význačné množství toho vitamínu je hlavně v makrelách, sardinkách, vaječném žloutku, játrech nebo oleji z rybích jater. Z rostlinných výrobků jsou výborným zdrojem houby, zejména hříby, či kokosové máslo. V přiložené tabulce jsou uvedené některé potraviny s obsahem kalciferolu [2]:

Tabulka 3- Vybrané potraviny s obsahem kalciferolu v $\mu\text{g}/100\text{ g}$ [2]

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

3.2.3 Denní příjem

U novorozenců (0-11 měsíců) je DDD 10 μg , od 1 roku do 18 let u chlapců i dívek 5 μg , dospělých do 50 let je také 5 μg . U lidí nad 50 let jsou DDD u mužů 15 μg a u žen 10 μg . U těhotných a kojících žen 5 μg a parenterální potřeba za 24 h je také 5 μg . DDD můžeme přijmout z 20 g filé matjesa nebo z 90 g tuňáka. [2,6,13,14]

3.2.4 Hypovitaminóza

Nedostatek tohoto vitamínu nebo slunečního záření v potravě vyvolává u dětí rachitis neboli křivici. Laboratorní stanovení ukazují na nízký fosfát a vápník v krvi, dále pozorujeme deformaci kostry, páteře, dlouhých kostí a lebky. U dospělých se objevuje osteomalacie. Měknutí kostí je způsobeno ztrátami vápníku a fosforu. Dalšími znaky je hlavně vypadávání zubů, astma, chorobná slabost kostí, revmatoidní artritida, poruchy spánku, epilepsie, podrážděnost či nervové poruchy. U dospělých mužů nedostatek doprovází nervozita, průjem či svalová slabost a zvyšuje riziko vzniku osteoporózy. Prvotní deficit

je zapříčiněn nedostatkem kalciferolu při nesprávném životním stylu. Vyskytuje se často u seniorů, např. nedostatek příjmu ze slunečního záření. Druhotný deficit je zapříčiněn sníženou produkcí 1 a 25-hydroxyvitamínu D₃ v ledvinách. Odolnost cílových tkání z malé části souvisí se snížením počtu receptorů. Např. křivice je zapříčiněna bodovou mutací genu pro tento vitamín, hypofosfatémická křivice, která je vázána na X-chromozomu či stárnutí. Nedostatek také nalezneme v potravě kojenců, jelikož obsah vitamínu D je nízký jak v kravském, tak i mateřském mléce. Uvádí se, že nedostatek vzrůstá od 80. let, a to v důsledku zvýšeného používání opalovacích krémů a sníženému se vystavení slunečního světla. [1,6,7,12,13,15]

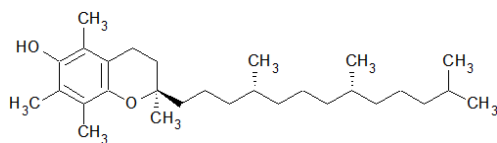
3.2.5 Hypervitaminóza

U vysokých dávek je potřebné sledovat kalcium-fosfátový metabolismus. Pro urychlení léčby je možná kombinace s lokálními kortikosteroidy. Nadbytek vitamínu D nevzniká po nadměrném oslunění. Při dlouhodobém užívání mohou působit problémy i velké dávky z potravinových doplňků, jelikož se přebytek nevyklučuje z těla a je možnost, že se začne vyskytovat např. nevolnost, průjem, neustálá žízeň, bolest hlavy, zvracení či ztráta chuti k jídlu. Vysoké dávky mohou evokovat na anorexii, srdeční arytmii, bolesti hlavy, křeče, zmatenost, průjmy, hyperkalcii a hyperkalcemii. Největší riziko předávkování je u malých dětí, proto je důležité užívat doplňky jen se souhlasem lékaře. [1,6,9,13,15]

3.3 Vitamín E

Sumární vzorec: C₂₉H₅₀O₂ (alfa), C₂₈H₄₈O₂(gama), C₂₇H₄₆O₂ (delta)

Molekulární hmotnost M_r: 430,71 (alfa), 416,68 (gama), 402,65 (delta) [6]



Obrázek 3- Chemický vzorec tokoferolu [20]

Ve 20. letech minulého století byl objeven nový esenciální faktor, který měl výrazné antisterilní působení. Nacházel se v tukových složkách v potravě pro krysy a byl nazván jako vitamín E. Do kategorie vitamínu E se řadí několik látek, které jsou odvozeny od tokotrienolu a tokoferolu, jejich molekuly jsou složeny z chromanového jádra a dále postranního řetězce. Tyto dvě skupiny se od sebe odlišují polohou a počtem methylových skupin, které jsou na chromanovém jádře. Hlavní látkou je alfa tokoferol, ovšem v přírodních materiálech se nachází i další, a to beta tokoferol, gama tokoferol a další blízké tokotrienoly, které obsahují tři dvojité vazby v postranním řetězci. Tento vitamín je jedním z nejučinnějších antioxidačních látek, které chrání hlavně buněčné membrány před poškozením volnými kyslíkovými radikály. Nejučinnější z tokoferolů je alfa tokoferol, dále se postupně snižuje se snižujícím se počtem metylových skupin. Odlišná účinnost byla sledována mezi tokoferoly z přírodních zdrojů a syntetickými. [2,13]

3.3.1 Biochemie

Vitamín E patří do skupiny vitamínů rozpustných v tucích, ale nerozpustných ve vodě. Tento vitamín je tvořen látkami, které se nazývají tokoferoly. Estery tokoferolu se rozštěpují ve střevě před svou vlastní absorpcí. Vitamín E se rozšiřuje do všech tkání. Do cirkulací vstupuje jako složka chylomiker a později se slučuje s plazmatickými beta-lipoproteiny. Vylučování tohoto vitamínu probíhá pomocí jater a zbylé části odchází jako metabolity močí. V přírodě se vyskytuje osm typů. Nejvyšší výživnou hodnotu má alfa-tokoferol, který je zároveň nejaktivnější a nejučinnější ze všech typů. Gama-tokoferol je významnou součástí potravy. Veškeré deriváty tohoto vitamínu jsou relativně stabilní, a to při vyšší teplotě v podmínkách alkalického prostředí (oxidace je podnícena za přítomnosti iontů kovů s přístupem vzduchu), dále mají relativně silné redukční vlastnosti. [1,4,6]

Pomocí vitamínu E je chráněn LDL (lipoprotein, který má nízkou hustotu) před oxidačním poškozením, který způsobují volné radikály. [12]

3.3.2 Výskyt v potravě

Denní dávku tohoto vitamínu je obtížné určit, podstatné je mít podrobné znalosti o jeho funkci v organismu. Mezi hlavní zdroje patří vejce, brokolice, játra a ostatní vnitřnosti, hořčice, kiwi, avokádo, mrkev, rostlinné oleje, chilli papričky či jádra ořechů. V příložené tabulce jsou uvedené některé potraviny s obsahem vitamínu E [2]:

Tabulka 4- Vybrané potraviny s obsahem vitamínu E v mg/1 000 g [2]

Potravina	Obsah vitamínu E	Potravina	Obsah vitamínu E
Hovězí maso libové	5,0	Brambory	0,6
Párky	7,3	Hrášek zelený	30,0
Špekáčky	8,2	Kapusta růžičková	17,0
Vepřový kotlet	6,2	Mrkev	20,0
Vepřové maso tučné	11,0	Paprika	8,0
Vepřový řízek	1,6	Rajčata	12,2
Játra hovězí	10,0	Špenát	25,0
Kapr	5,0	Žampiony	8,3
Králík	10,0	Jablka	5,9
Kuře	2,1	Broskve	6,0
Makrela	16,0	Ořechy vlašské	200,0
Máslo	0,02	Ořechy burské	200,0
Margarin	7,0	Chléb žitno-pšeničný	12,0
Palmový olej	100,0	Mouka pšeničná	14,0
Sádlo vepřové	22,0	Ovesné vločky	37,0
Slanina anglická	4,0	Piškoty	42,0
Vejce slepičí	10,0	Rýže	10,2

3.3.3 Denní příjem

DDD se určuje v mg ekvivalentu RRR-alfa-tokoferolu.

Tabulka 5- DDD vitamínu E [14]

Věk	Vitamín E (mg TE tokoferol)
0-3 měsíce	3
4-11 měsíců	4
1-3 roky	5 dívky, 6 chlapci
4-6 let	8
7-9 let	9 dívky, 10 chlapci
Chlapci 10-12 let	13
Dívky 10-12 let	11
Chlapci 13-14 let	14
Dívky 13-14 let	12
Chlapci 15-18 let	15
Dívky 15-18 let	12

U dospělých je DDD 13-15 mg, lidí nad 50 let okolo 11-12 mg, u těhotných žen 13 mg a kojících žen 17 mg. Parenterální potřeba za 24 h je 10 mg. DDD cca 15 mg lze získat ze 170 g konzervovaného tuňáka, jednu třetinu tohoto doporučení můžeme nalézt v 50 g mandlí se slupkou. [2,6,12,13,14]

3.3.4 Hypovitaminóza

Nedostatek vzniká většinou vzácně, je buď geneticky podmíněný abnormalitou transportní bílkoviny pro alfa-tokoferol, nebo je sdružený s malabsorpcí tuků. Při nízkém příjmu vitamínu E tuk v organismu začne žluknout a typickým znakem nedostatku je výskyt stařeckých skvrn na rukou, dále mastné vlasy, u dětí narozených s nízkou porodní hmotností jsou projevem poruchy zraku, vyčerpání po lehčí fyzické námaze, mravenčení, poruchy krevního oběhu, opary, snadná tvorba modřin nebo neplodnost. V séru naměříme snížení koncentrace tohoto vitamínu jako prvotní jev hemolytické

anémie, srdečního infarktu, cukrovky, cystické fibrózy, nádoru pankreatu, epilepsie, poruchy resorpce lipidů, Parkinsonovy choroby, chronické cholestázy, šedého zákalu, celiakie a mnoha dalších. Nedostatek způsobuje, že LDL cholesteroly jsou velice náchylné k oxidačnímu poškození a přeměňují se na oxidovaný LDL. Ten se shromažďuje v krevních cévách a působí ztuhnutí tepen, známé jako ateroskleróza. [1,6,12,13]

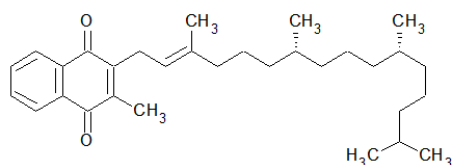
3.3.5 Hypervitaminóza

Nadbytek se ojediněle může vyskytovat při předávkování vitamínovými přípravky, ale nebyly zjištěné žádné toxické účinky na organismus. Nadbytek se může projevit hemolýzou, bolestmi hlavy nebo průjmem, dále byly popsány případy, kdy byla zvýšená hodnota po nadměrném požití ryb, které se začaly kazit. V séru naměříme zvýšené koncentrace tohoto vitamínu např. při ledvinném selhání, těhotenství, hyperlipidemii nebo obstrukčních jaterních onemocněních. [1,6,15]

3.4 Vitamín K

Sumární vzorec: $C_{31}H_{46}O_2$

Molekulární hmotnost M_r : 450,7 [6]



Obrázek 4- Chemický vzorec fylochinonu [21]

Ve 30. letech zaregistrovali dánští vědci, že u kuřat, která byla živena beztukou potravou, byly rozvinuty krvácivé stavy. Byla pronesena hypotéza, že existuje další lipofilní vitamín. Zatím známé lipofilní vitamíny a vitamín C totiž nedokázaly zabránit či vyléčit vyvolané krvácivé stavy, tak byl vitamín K pojmenován jako koagulační vitamín. V roce 1939 se povedlo izolovat vitamín

K, v následujících letech se podařilo zjišťovat jeho chemické vlastnosti a jeho výskyt. Vypátralo se, že je několik látek, které mají antihemoragický účinek. Substance, která se podařila separovat z vojtěšky, byla pojmenována jako vitamín K₁. Vitamín K₂ byl určen z látky, která se izoluje ze zahnilé rybí moučky, případně je vytvářen ve střední mikroflóře u člověka i zvířat. Vitamín K₃ se podařilo připravit synteticky. Ubichinony tedy koenzymy Q jsou spjaté s vitamíny K. Ubichinony působí hlavně jako přenašeči elektronů. [2,13]

3.4.1 Biochemie

Vitamín K je společný název pro sloučeniny, které jsou odvozeny od 2-methylu-1,4-naftochinonu. Je to sloučenina, které nebyla oddělena z přírodních látek. V rostlinách se nachází jen lipofilní vitamín K₁ zvaný fyto-menadiol či fylochinon. Vitamín K₁ je významný pro krevní srážlivost. Bakterie vyrábí hlavně lipofilní vitamín K₂, který má na třetím uhlíku má navázaný řetězec a který může zahrnovat 4 až 13 izoprenových jednotek, nejvíce 6 či 7. Je nutný pro mineralizaci kostí a je důležitý v metabolismu. Vitamín K₃ (syntetický menadiol) a vitamín K₄ (menadiol) jsou formy vitamínu K, které jsou rozpustné ve vodě, biologicky aktivní se stávají po enzymatické přeměně v organismu. Mezi klíčové funkce tohoto vitamínu patří tvorba energie, která je způsobena pohybem elektronů, antioxidanty nebo fotosyntéza. [1,2,3,12,22]

Osteoklasty jsou zvláštním typem buněk, které jsou zapojeny do demineralizace kostí. Vitamín K pomáhá udržovat buňky osteoklastů pod kontrolou a vyvolává programovanou buněčnou smrt, aby se zamezilo rozsáhlé produkci buněk, a pro kontrolu demineralizace. [12]

Vitamíny skupiny K jsou na světle velice nestabilní. Z chemického hlediska jsou to naftochinoly, které mají navázaný postranní polyizoprenový řetězec. Fylochinon je hlavní podobou vitamínu K. 7-menachinon je nenasycenou

podobou polyprenoidní formy tohoto vitamínu. Bývá syntetizován bakteriemi v tlustém střevě, tedy *Bacillus fragilis* či *Escherichia Coli*, a nachází se v živočišných tkáních. Fylochinon je získán buď dietou, nebo je bakteriálního původu, a nachází se v játrech, kde je metabolizován na epoxid. Tento vitamín je důležitým esenciálním kofaktorem při přeměně zbytků kyseliny glutamové na gama-karboxyglutamovou pomocí procesu karboxylace. Tento druh reakce je významný u dalších proteinů např. osteokalcinu, proteinu C či P. Na vitamínu K je závislá karboxyláza, která je připoutána na endoplazmatickém retikulu, ve kterém se uskutečňuje cyklus vitamínu K. V tomto kroku se mění epoxidové produkty na chinonovou podobu. Vitamín K₁ je speciální antidotum. Přirozený vitamín K je tvořen ve střevní saprofytické flóře, proto může scházet při léčbě širokospektrálními antibiotiky, dále je potřebný k vytvoření hemokoagulačních faktorů (faktorů II, VII, IX, X), je důležitý i pro kostní kalcifikaci. Antagonistou tohoto vitamínu je warfarin. [6,13,19]

3.4.2 Výskyt v potravě

Mezi jeden z hlavních zdrojů fylochinonu patří řasy a zelené rostliny, kde fylochinon vzniká při fotosyntéze. Vitamín K₁ se nachází hlavně v zelenině, jako v kvěťáku, kapustě, brokolici, špenátu, růžičkové kapustě, či v luštěninách. Na vitamín K₁ i K₂ jsou ze živočišných potravin bohatá játra, vejce, maso, ryby, máslo, mléko a výrobky z něj. Vitamín K₃ není přirozeně přítomný v potravinách. V příložené tabulce jsou uvedené některé potraviny s obsahem fylochinonu. U potravin s označením *, platí, že to nejsou údaje, které by pocházely z tuzemských zdrojů [2]:

Tabulka 6- Vybrané potraviny s obsahem fylochinonu v μg /100 g [2]

Potravina	Obsah fylochinonu	Potravina	Obsah fylochinonu
Brambory	20	Zelí	250
Houby	7	Rajčata zelená	49
Hrách	7	Rajčata zralá	24
Kukuřice	10	Špenát	334
Oves	75	Květák	275
Pšenice	36	Mrkev	10
Pšeničné klíčky	37	Sójové boby	190
Pšeničné otruby	80	Jahody	13
Zelený hrášek*	24	Brokolice*	180
Zelené fazolky*	33	Chřest*	60
Sójový olej*	193	Okurky*	20
Olivový olej*	55	Ledový salát*	35

3.4.3 Denní příjem

Tabulka 7- DDD vitamínu K [14]

Věk	Vitamín K (μg fylochinon)
0-3 měsíce	4
4-11 měsíců	10
1-3 roky	15
4-6 let	20
7-9 let	30
Chlapci 10-12 let	40
Dívky 10-12 let	40
Chlapci 13-14 let	50
Dívky 13-14 let	50
Chlapci 15-18 let	70
Dívky 15-18 let	60

DDD je u dospělých mužů do 50 let okolo 70 μg a u žen 65 μg . U lidí nad 50 let jsou DDD okolo 80 μg . U těhotných a kojících žen 65 μg a parenterální potřeba za 24 h je 0,150 mg. DDD tedy 80 μg najdeme v 16 g špenátu, 60 g hlávkového salátu, 5 g petržele nebo 10 g kapusty. [2,6,12,13,14]

3.4.4 Hypovitaminóza

Nedostatek tohoto vitamínu je vzácný, objevuje se u lidí, kteří trpí onemocněním jater nebo při užívání antibiotik, u kterých jsou ničeny střevní bakterie, či u novorozenců, kdy mluvíme o přechodné hypovitaminóze. Mezi hlavní důsledky nedostatku patří špatně se hojící rány, porucha funkce slinivky břišní, krvácení z nosu, zpomalená srážlivost krve, choroby žlučníku, bolesti či silné krvácení při menstruaci, únava a další. V séru naměříme snížení koncentrace tohoto vitamínu u cystické fibrózy, u kojenců, jelikož mateřské mléko je chudé na tento vitamín, hemoragické onemocnění novorozenců, celiakie, onemocnění gastrointestinálního traktu, při malabsorpci tuků, chronického průjmu, pankreatu či jater. [1,4,6,7,13]

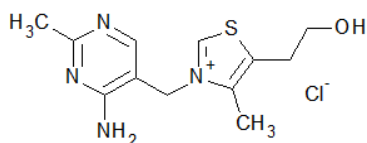
3.4.5 Hypervitaminóza

Zvýšené množství může vést k anémii, poškození jater, u dětí může způsobit žloutenku, zvýšenému pocení nebo k rozpadu červených krvinek. [1]

3.5 Vitamín B₁

Sumární vzorec: C₁₂H₁₇ON₄S x HCl

Molekulová hmotnost Mr: 337,3 [6]



Obrázek 5- Chemický vzorec thiaminu [23]

Na konci 19. století se rozvinula nemoc beri-beri. Tato nemoc se vyskytovala u lidí, kteří konzumovali loupanou rýži ve velkém množství, která obsahuje tento vitamín. V následujících letech se podařilo zhotovit koncentráty, které podpořily vyléčení pacientů postihnutých nemocí. Vznikala hypotéza o doposud neznámém vitamínu. Tento vitamín byl označen jako vitamín ze skupiny B.

Vitamín B₁ byl laboratorně izolován v roce 1926 a byl nazván aneurin. Od roku 1951 se používá označení thiamin. Je potřebný pro přenos některých druhů nervového signálu, a to hlavně mezi mozkiem a míchou, dále pro enzymy, které uvolňují energii v lidském těle. Zásoby jsou relativně malé, a proto je důležité mít pravidelný příjem. Benfotiamin je derivátem thiaminu, který je rozpustný v tucích, jelikož má lepší resorpci. [1,2,10,16,22]

3.5.1 Biochemie

Tento vitamín se nedokáže v lidském těle ukládat, jeho zásoba vystačí lidskému organismu na 4-10 dnů. Je důležité, aby byl vitamín organismu dodáván v dostatečném množství, jeho přebytek je organismus schopen vyloučit močí. Tento vitamín je klíčovým v energetickém metabolismu. [1,12]

Vitamín se rozkládá za zvýšených teplot a je tvořen z jader pyrimidinu a thiazolu spojených methylenovým můstkem. Thiamin se vyskytuje hlavně ve formě thiamindifosfátu jako volný v rostlinných surovinách nebo v živočišné potravě. Thiaminfosfát je metabolicky účinnou formou tohoto vitamínu. Pro tuto přeměnu je velice důležitá thiamindifosfottransferáza (nalézá se v játrech a mozku) a adenosintrifosfát. [3,6]

3.5.2 Výskyt v potravě

Thiamin se vyskytuje jak v rostlinných, tak živočišných produktech. V rostlinných surovinách ho nalezneme především ve formě volné. V živočišných produktech je hlavně ve formě thiaminfosfátu, který ale musí být enzymaticky rozštěpen před absorpcí. V příložené tabulce jsou uvedené některé potraviny s obsahem thiaminu [2]:

Tabulka 8- Vybrané potraviny s obsahem thiaminu v mg/100 g [2]

Potravina	Obsah thiaminu	Potravina	Obsah thiaminu
Vepřové maso průměr	0,625	Jogurt bílý	0,049
Vepřové maso libové	0,834	Vejsce slepičí	0,089
Hovězí maso přední	0,089	Vlašské ořechy neloupané	0,405
Hovězí maso zadní	0,109	Lískové oříšky neloupané	0,427
Játra hovězí	0,415	Brambory podzimní	0,089
Játra vepřová	0,417	Čočka	0,528
Párky	0,274	Fazole	0,715
Salám šunkový	0,349	Hrách	0,798
Šunka	0,520	Cibule	0,036
Kuřecí řízky	0,094	Mrkev karotka	0,070
Mléko egalizované	0,035	Pór	0,074
Sýr Eidam 30 % t. v. s.	0,051	Rajčata	0,092
Ovesné vločky	0,485	Paprika	0,048
Pšeničná mouka pol.	0,061	Salát hlávkový	0,072
Rýže	0,116	Špenát	0,147
Chléb konzumní	0,296	Zelí bílé	0,063
Rohlík	0,257	Jablko	0,050
Těstoviny	0,110	Pomeranč	0,070
Pivo světlé 3, 6 % alk.	0,010	Víno bílé přírodní	0,010
Pivo tmavé 3, 6 % alk.	0,020	Víno červené přírodní	0,010

3.5.3 Denní příjem

Tabulka 9- DDD vitamínu B₁ [14]

Věk	Vitamín B ₁ (mg)
0-3 měsíce	0,2 (odhadnuto)
4-11 měsíců	0,4
1-3 roky	0,6
4-6 let	0,8
7-9 let	1,0
Chlapci 10-12 let	1,2
Dívky 10-12 let	1,0
Chlapci 13-14 let	1,4
Dívky 13-14 let	1,1
Chlapci 15-18 let	1,3
Dívky 15-18 let	1,0

U dospělých mužů je DDD do 50 let okolo 1,1-1,3 mg a u žen 1,0 mg. U lidí nad 50 let jsou DDD okolo 1,0 mg, u těhotných žen 1,2 mg a pro kojící ženy 1,4 mg. Parenterální potřeba za 24 h je 100 µg/100 kcal výživy. Doporučené množství (1,3 mg) získáme ze 150 g vepřového libového masa, ze 100 g müsli získáme asi 30 % z doporučeného množství, třetinu nalezneme v 300 g brambor, 40 % získáme z 50 g para ořechů. [2,6,13,14]

3.5.4 Hypovitaminóza

Nedostatek tohoto vitamínu může závažně ovlivnit nervový systém, trávení a srdce. Mozek je energeticky nejnáročnějším orgánem v těle. Mezi výrazné příznaky nedostatku tohoto vitamínu patří nespavost, úzkost, třes rukou, úbytek na váze, svalová slabost, deprese nebo dráždivost. Dlouhodobý nedostatek zapříčiňuje chudokrevnost, vyčerpanost, necitlivost v chodidlech a rukou, vznětlivost, poruchy trávení, anorexii, zvýšené vnímání zvuku či nízký krevní tlak. S projevy nedostatku se setkáváme u chronického alkoholismu. V séru snížená hodnota evokuje na průjmová onemocnění, anemii (hlavně megaloblastickou, ale i neznámého původu), srdeční selhání, nadměrné pití čaje, hyperfunkci štítné žlázy, jaterní chronické onemocnění, diabetes mellitus, tumory, které vznikají u mladých lidí v důsledku nedostatečného příjmu tohoto vitamínu v potravě či demenci. K vyšetření nedostatečného množství se používá měření aktivity transketolázy z erytrocytů. Nedostatek může způsobovat tři syndromy:

- Wernicke-Korsakov syndrom, který se vyskytuje nejčastěji u chronických alkoholiků nebo při abúzu omamnými látkami. Člověk je dezorientovaný, zmatený a trpí vážnými ztrátami paměti.
- Suchou formu beri-beri, která je zapříčiněna nedostatkem thiaminu. Vyznačující se slabostí a atrofií svalstva, občas zmateností, polyneuropatií s parestesemi postihující převážně dolní končetiny, postižením vyšších

nervových center či areflexií. Pacient s tímto syndromem má vyšší sklon k infekcím.

- Srdeční forma beri-beri, která je zapříčiněna nedostatkem thiaminu se vyznačuje otoky (převážně na dolních končetinách, obličeji a trupu), hromadění výpotku v dutinách, hypertrofie a srdeční dilatace s příznaky venózního městnání. [1,4,6,7,12,13]

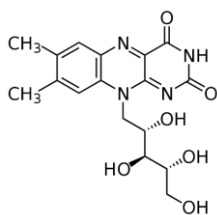
3.5.5 Hypervitaminóza

Přebytečné množství tohoto vitamínu se vylučuje močí, neukládá se v orgánech nebo tkáních. Po podání vyšší dávky se může vyskytnout alergická reakce. Toxickou dávkou je taková, která je vyšší než 3 g denně. V séru zvýšená hodnota byla prokázána u leukemie, polycythemie verry nebo u Hodgkinovy nemoci. [1,6]

3.6 Vitamín B₂

Sumární vzorec: C₁₇H₂₀O₆N₄

Molekulová hmotnost Mr: 376,4 [6]



Obrázek 6- Chemický vzorec riboflavinu [24]

V roce 1897 našli badatelé v mléce pod mikroskopem fluoreskující žlutozelenou látku. Ve 30. letech minulého se povedlo oddělit tuto látku z mléka, jater, syrovátky, kvasnic či vaječného bílku. Tato látka byla nazvána jako riboflavin, kvůli jeho biologické a chemické identitě, kterou podává s fluoreskujícími flaviny. Jako vitamín B₂ se původně označovala kyselina nikotinová. Slovo flavinis je odvozené z latiny od slova flavus, které znamená

žluté. Stejně jako ostatní vitamíny ze skupiny B komplexu, tak i riboflavin se podílí na energetickém organismu. [1,2,12]

V biologických systémech se riboflavin nachází buď jako vázaný ve formě koenzymů oxidoredukčních systémů nebo se nachází jako volný. [1,2,12]

3.6.1 Biochemie

Tento vitamín je termostabilní vitamín, na světle stabilní a rozpustný ve vodě. Flavinadendinukleotid (neboli FAD, syntetizuje se v reakci s ATP, zbytek se přenese z AMP na FMN) a flavinmononukleotid (FMN, vzniká při fosforylaci vitamínu B₂) patří mezi aktivní formy tohoto vitamínu, a to do skupiny flavoproteiny. Je složen z heterocyklického isoalloxazinového jádra, které je připojeno na alkohol ribitol. Riboflavin je poměrně rezistentní oproti vysokým teplotám, fluoreskuje a je barevný, ovšem rozkládá se světlem. [6,7]

Lidský organismus se skládá zhruba ze 70 bilionů buněk a není jediná buňka, která by se bez tohoto vitamínu obešla. [1]

3.6.2 Výskyt v potravě

Volný riboflavin můžeme najít pouze v moči, syrovátce či sítnici. Jako vázaný se vyskytuje převážně ve formě FAD a FMN ve větším množství u obilných klíčků či v droždí. V živočišných surovinách je riboflavin ve větším množství např. ve vejcích, mléku, sladkých bramborách, mléčných výrobcích, mandlích, masu, játrech či ledvinách. U rostlinných produktů ho najdeme hlavně v luštěninách. Nízký obsah je například v ovoci, zelenině či v mase sladkovodních ryb. Potřeba toho vitamínu roste při zvýšené fyzické aktivitě nebo u lidí nemocných v katabolismu či v negativní bílkovinné a energetické povaze, jelikož dochází k vysokým ztrátám riboflavinu. V přiložené tabulce jsou uvedené některé potraviny s obsahem retinolu [2]:

Tabulka 10- Vybrané potraviny s obsahem riboflavinu v mg/100 g [2]

Potravina	Obsah riboflavinu	Potravina	Obsah riboflavinu
Vepřové maso průměr	0,176	Jogurt bílý	0,210
Vepřové maso libové	0,191	Vejce slepičí	0,330
Hovězí maso přední	0,155	Vlašské ořechy	0,126
Hovězí maso zadní	0,154	Lískové oříšky	0,110
Játra hovězí	2,948	Brambory podzimní	0,056
Játra vepřová	2,600	Čočka	0,209
Párky	0,172	Fazole	0,241
Salám šunkový	0,190	Hrách	0,187
Kuřecí řízky	0,159	Kapusta růžičková	0,150
Mléko egalizované	0,140	Rajčata	0,076
Mléko sušené polot.	1,960	Kukuřičný klas	0,115
Sýr Eidam 30% t. v. s.	0,354	Salát hlávkový	0,088
Tvaroh měkký	0,421	Špenát	0,253
Ovesné vločky	0,154	Květák	0,089
Pšeničná mouka pol.	0,040	Jablko	0,046
Rýže	0,041	Meruňky	0,054
Chléb konzumní	0,049	Pomeranč	0,044
Těstoviny	0,070	Banány	0,133
Pivo světlé 3,6 % alk.	0,060	Houby čerstvé	0,280
Pivo tmavé 3, 6 % alk.	0,090	Žampiony	0,331

3.6.3 Denní potřeba

Tabulka 11- DDD vitamínu B₂ [14]

Věk	Vitamín B ₂ (mg)
0-3 měsíce	0,3 (odhadnuto)
4-11 měsíců	0,4
1-3 roky	0,7
4-6 let	0,9
7-9 let	1,1
Chlapci 10-12 let	1,4
Dívky 10-12 let	1,2
Chlapci 13-14 let	1,6
Dívky 13-14 let	1,3
Chlapci 15-18 let	1,5
Dívky 15-18 let	1,2

U dospělých mužů do 50 let je denní doporučená dávka okolo 1,5 mg a u žen 1,2 mg. U lidí nad 50 let jsou DDD okolo 1,4 mg u mužů a 1,2 mg u žen, pro těhotné a kojící ženy je cca 1,9 mg. Parenterální potřeba za 24 h je 3,6 mg. Doporučení množství (1,5 mg) nalezneme ve 375 g brambor či 150 g lososa. [2,3,6,12,13,14]

3.6.4 Hypovitaminóza

Nedostatek vitamínu B₂ se špatně stanovuje, ale mezi jeho projevy patří šupinatá vyrážka na bradě a na nose, citlivé a bolavé ústní koutky, únava či boláky v ústech. Při dlouhodobém nedostatku můžeme pozorovat závratě, zánět sliznice rtů a jazyka, kožní vyrážku, potíže s močením, nesoustředěnost, migrény nebo citlivost na světlo. V séru snížená hodnota evokuje na celiakii, těhotenství, hypertenzi, hypotyreózu, chronický alkoholismus, Parkinsonovu chorobu, dermatózy, stres, nádory, chronický průjem. Dále může nastat konjunktivita s vaskularizací rohovky, zákal čočky, který může vést k vývoji katarakty, také může přispět k anémii z nedostatku železa. [1,6,12,13]

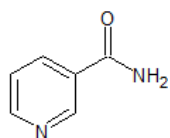
3.6.5 Hypervitaminóza

Nadbytek tohoto vitamínu není nijak nebezpečný, z těla se vylučuje močí, mění jí na žlutou barvu, takže jako jediný z vitamínů poskytuje vizuální stopu. Pro člověka netoxická dávka je do 20 mg. Zvýšená spotřeba vede k infekci nebo diabetu mellitu. [1,6,12]

3.7 Vitamín B₃

Sumární vzorec: C₆H₅O₂N

Molekulová hmotnost Mr: 123,1 [6]



Obrázek 7- Chemický vzorec niacinu [25]

Na začátku 20. století se rozšířila nemoc pelagra, která měla tři vážné projevy: demenci, ekzém a průjem. Nemoc se rozmohla u lidí, kteří se živili hlavně kukuřicí. Kyselina nikotinová a její amid jsou známy již od půlky 19. století.

Vitamín B₃ můžeme najít také pod názvem PP tedy protipelargický vitamín nebo kyselina nikotinová. V současné literatuře je používán termín niacin pro skupinu látek, které jsou tvořené kyselinou nikotinovou, jejím amidem či jejich deriváty. Kyselina nikotinová patří mezi monokarboxylové kyseliny a je vyvozená od pyridinu. [1,2,7]

3.7.1 Biochemie

Vitamín B₃, tedy niacin, najdeme ve dvou formách, jako nikotinamid a kyselinu nikotinovou. Niacin je látka, která je dobře rozpustná ve vodě a nachází se u většiny buněk v cytosolu, kde je používán pro syntézu NAD⁺ a NADP⁺. Niacin snižuje syntézu VLDL v játrech, převážně snížením syntézy triacylglycerolů, nejspíše i apoB. Tento vitamín také snižuje lipolýzu v tukové tkáni. V lidském organismu je vitamín syntetizován jako prekurzor tryptofanu. Od pyridininu odvozujeme kyselinu monokarboxynikotinovou. Kyselina nikotinová (chemicky 3-pyridininkarboxylová kyselina) a její amid (3-pyridinkarboxamid) mají stejné fyziologické účinky. Účinnost vykazují i ostatní deriváty, ze kterých se může kyselina uvolňovat. Amid této kyseliny je součástí jak NADP, tedy nikotinamidadenindinukleotidfosfátu, i NAD, tedy nikotinamidadenindinukleotidu. Tento vitamín je jenom provitamínem amidu kyseliny nikotinové, tedy niacinamidu. Převažuje v potravě, která je živočišného původu. V rostlinné je vázaný na niacytin, který bývá strávený jen částečně. [2,3,6,7,26]

V malé formě se niacin objevuje skoro ve všech potravinách. Pokud máme v potravě dostatek bílkovin a vitamínu B₆, tak si tělo umí vyrobit část vitamínu B₃ pomocí tryptofanu. Tryptofan je aminokyselina, která hraje významnou roli při našem spánku. Přispívá ke klidnému spánku, jelikož se účastní tvorby melatoninu, který je nazýván hormonem dobré noci. Asi 1 mg niacinu si metabolismus vyrobí asi ze 60 mg tryptofanu. [1]

3.7.2 Výskyt v potravě

Tento vitamín je hodně rozšířen, nachází se např. v kvasnicích nebo ve vnitřnostech. Kyselina nikotinová se nachází hlavně v rostlinných pletivech, její amid je hlavně v živočišných tkáních. V přiložené tabulce jsou uvedené některé potraviny s obsahem kyseliny nikotinové [2]:

Tabulka 12- Vybrané potraviny s obsahem kyseliny nikotinové v mg/100 g [2]

Potravina	Obsah k. nikotinové	Potravina	Obsah k. nikotinové
Vepřové maso	3,3-13,0	Brambory	1,0-2,0
Hovězí maso	3,8-10,2	Čočka	3,1
Telecí maso	4,9-18,0	Mrkev	0,5-1,5
Játra hovězí	7,6-27,5	Zelí	0,3
Játra vepřová	9,7-27,5	Pšeničná mouka	0,9-1,2
Mléko 100 ml	0,08-0,5	Rýže loupané	6,0
Sýr	0,03-1,6	Chléb pšeničný	1,2

3.7.3 Denní příjem

DDD niacinu se uvádí v NE, kdy 1 mg ekvivalentu niacinu odpovídá 60 mg tryptofanu.

Tabulka 13- DDD vitamínu B₃ [14]

Věk	Vitamín B ₃ (mg) NE niacin
0-3 měsíce	2 (odhadnuto)
4-11 měsíců	5
1-3 roky	7
4-6 let	10
7-9 let	12
Chlapci 10-12 let	15
Dívky 10-12 let	13
Chlapci 13-14 let	18
Dívky 13-14 let	15
Chlapci 15-18 let	17
Dívky 15-18 let	13

U dospělých do 50 let jsou DDD u mužů okolo 15-17 mg a u žen 13 mg. U lidí nad 50 let jsou DDD okolo 13 mg, u těhotných žen asi 15 mg a kojících žen 17 mg. Parenterální potřeba za 24 h je 40 mg. Doporučené množství (15 mg) získáme ze 120 g libového hovězího masa, 80 g tuňáka v oleji nebo 90 g kuřecích jater. Půlku doporučeného množství obsahuje asi 100 g 30 % tvrdého sýru. [2,6,13,14]

3.7.4 Hypovitaminóza

Deficit směřuje k poruchám vylučování solné kyseliny v žaludku, které způsobuje špatné vstřebávání vitamínu B₁₂. Mezi hlavní projevy nedostatku patří nevolnost, roztržitost, ztráta chuti k jídlu, podrážděnost, bolesti hlavy, váhový úbytek, závratě, nespavost, zarudlý jazyk, nervozita a další. Při dlouhodobém nedostatku se zhoršují projevy sklíčenosti, dezorientace, halucinace a může docházet až k násilí. V séru snížená hodnota vyvolává jaterní cirhózu, nadměrný

příjem leucinu, Hartnupovu chorobu (porucha tvorby tryptofanu) či pelagru (nemoc tří D-demence, dermatitida a diarrhea). [1,6,13]

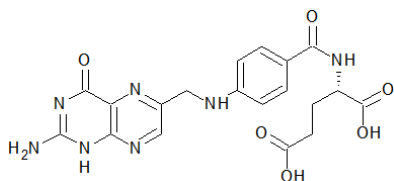
3.7.5 Hypervitaminóza

Při vysokém nadbytku vitamínu se vyplavuje z organismu. Při extrémním nadbytku v organismu mohou být poškozena játra. Zvýšené hodnoty v séru se vyskytují hlavně v těhotenství. Nadměrné vysoké příjmy (10 g) mohou způsobovat průjemy. [1,6,10]

3.8 Vitamín B₄

Sumární vzorec: C₁₉H₁₉O₆N₇

Molekulová hmotnost Mr: 441,4 [6]



Obrázek 8- Chemický vzorec kyseliny listové [27]

V roce 1941 byl odhalen vitamín B₄. Více se používá název kyselina listová, jelikož byl poprvé izolován v krystalické formě ze zelených listů špenátu. Chemickou strukturu se podařilo objasnit v roce 1944.

Je důležité nezapomínat na interakce kyseliny listové s ostatními farmaky, jelikož mírně snižuje resorpci železa nebo snižuje účinky sulfomamidů, účinek tohoto vitamínu se snižuje některými antiepileptiky nebo barbituráty. [1,2,4]

3.8.1 Biochemie

Vitamín B₄ neboli kyselina listová se v potravě vyskytuje ve formě folátů a má velice komplikovanou stavbu. Je důležitá pro syntézu DNA a má význam pro krevtvorbu. Tento vitamín je ve vodě rozpustný. Jeho rozpustnost je ale nízká, dá se ovšem zvýšit přítomností hydroxidu sodného. [1,4]

Kyselina listová neboli pteroylglutamová nebo foliová, je z chemického hlediska N-para-aminobenzoylglutamová kyselina. Kyselina para-aminobenzoová (PABA) je růstovým faktorem u mnoha organismů. Její molekula se skládá z kyseliny paraaminobenzoové, na které máme navázanou molekulu kyseliny glutamové a z pteridinového kruhu. Pod souhrnným názvem foláty označujeme skupinu látek, které odvozujeme od kyseliny listové. [1,2,7]

3.8.2 Výskyt v potravě

Foláty se v potravě nacházejí ve 2 formách a to jako: pteroyl-polyglutamátu či pteroyl-monoglutamátu. Mezi hlavní zdroje kyseliny listové patří hlavně zelené části rostlin, tedy zelenina či ovoce v malé míře. V příložené tabulce jsou uvedené některé potraviny s obsahem kyseliny listové [2]:

Tabulka 14- Vybrané potraviny s obsahem kyseliny listové v $\mu\text{g}/100\text{ g}$ [2]

Potravina	Obsah k. listové	Potravina	Obsah k. listové
Brambory	8-20	Vlašské ořechy	66
Chřest	89-142	Chléb žitný	15,7
Brokolice	34	Čočka	99
Zelí	6-42	Houby	14-29
Květák	17-29	Mléko	11,1
Zelený hrášek	12-35	Sýr	8-16
Špenát	48-115	Vejce	3,8-8,0
Cibule	12,3	Hovězí maso	15,3
Petržel	38,4	Vepřové maso	3,2
Třešně	6,0-30,0	Slepice	3,0
Hrušky	1,8-16,0	Krocán	7,0
Jahody	6,4-60,0	Játra hovězí	290-294
Pomeranče	5,1-40,0	Játra vepřová	221

3.8.3 Denní příjem

Tabulka 15- DDD kyseliny listové [14]

Věk	Kyselina listová (μg)
0-3 měsíce	60 (odhadnuto)
4-11 měsíců	80
1-3 roky	200
4-6 let	300
10-18 let	400

U dospělých je DDD do 50 let okolo 40 μg. U lidí nad 50 let jsou DDD také 40 μg u mužů i žen, u těhotných a kojících žen je hodnota 60 μg. Parenterální potřeba za 24 h je 40 μg. Půlku doporučené dávky získáme z 250 g čínského zelí, denní množství ze 100 g kuřecích jater. [2,6,12,13,14]

3.8.4 Hypovitaminóza

Nedostatečné množství se projevuje hlavně v buňkách, které se rychle dělí. Mezi hlavní projevy nedostatku patří slabost, nespavost, deprese, závratě, únava, bledost, roztržitost, podrážděnost, ztráta energie, nechutenství či roztržitost. Rozvíjejí se změny na sliznicích, hlavně v ústní dutině, a je porušena funkce trávicí soustavy. Dále vznikají poruchy krvetvorby, u těhotných žen předčasný nebo obtížný porod nebo porucha růstu plodu. V séru snížená koncentrace způsobuje chronickou hemolýzu, megaloblastickou anémii, nádor, jaterní cirhózu, trombocytopenii či leukopenii, infekční onemocnění, lymfom, diabetes mellitus, hyper a hypotyreózu, leukemie, dlouhodobá srdeční onemocnění, u těhotenství ovlivňuje nervový systém plodu, febrilní stavy, Crohnovu chorobu, celiakii, hepatom a mnoho dalších. Nedostatek působí na zvýšení hladiny homocysteinu, který patří mezi nejdůležitější faktory, jedním z nich je výskyt srdečně-cévního onemocnění. Lidé, kteří mají zvýšené hodnoty

homocysteinu, mají třikrát vyšší riziko toho, že je postihne srdeční infarkt než lidi s normálními hodnotami. [1,6,10,12,13]

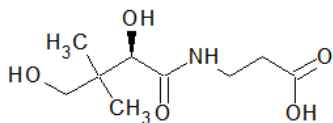
3.8.5 Hypervitaminóza

Vysoké dávky mohou vyvolat alergickou reakci a u epileptiků záchvaty. Při dlouhodobém užívání ve vysokých dávkách v podobě doplňku se snižuje možnost vstřebávání železa a zinku. V séru vysoké hodnoty mohou být ukazatelem nedostatku vitamínu B12, vegetariánstvím, syndromem krátkého střeva či krevní transfuzí. [1,6]

3.9 Vitamín B₅

Sumární vzorec: C₉H₁₆O₅NNa

Molekulová hmotnost Mr: 241,2 [6]



Obrázek 9- Chemický vzorec kyseliny pantotenové [28]

Vitamín B₅ se podařilo izolovat v čisté formě v roce 1939. Tento vitamín se nachází nejčastěji pod pojmem kyselina pantotenová. Název byl odvozen z řečtiny od slova „pantothén“, které znamená: ze všech stran či všude. [1]

3.9.1 Biochemie

Kyselina pantotenová je ve vodě rozpustná a je vázána na alanin. Tento vitamín má 2 podoby, buď se objevuje jako pantetin nebo jako kalcium pantotenát. Kalcium pantotenát je častěji využíván k mnoha účelům a oproti druhé podobě tohoto vitamínu je levnější. Vzniká spojením kyseliny pantoové a beta-alaninu. Tento vitamín je vstřebáván ve střevě, poté je fosforylován prostřednictvím adenosin trifosfátu na 4- fosfopantetheinu. Závěrečná fosforylace umožněná prostřednictvím ATP se připojí ke skupině 3-hydroxylové

a vytvoří se koenzym A, který je aktivní formou této kyseliny. Koenzym A je kofaktorem celé řady enzymů, přemísťuje acetylové skupiny, hraje důležitou roli při degradaci mastných kyselin, syntéze sterolů nebo při oxidativním metabolismu uhlohydrátů. [1,2,4,7]

3.9.2 Výskyt v potravě

Skoro ve všech potravinách nalezneme alespoň malé množství tohoto vitamínu. Rostlinné produkty nejsou tak bohatými zdroji jako živočišné. Mezi hlavní zdroje patří kvasnice, vaječný žloutek, sýry, ledviny, játra a další. V příložené tabulce jsou uvedené některé potraviny s obsahem kyseliny pantotenové [2]:

Tabulka 16- Vybrané potraviny s obsahem kyseliny pantotenové v $\mu\text{g}/100\text{ g}$ [2]

Potravina	Obsah k. pantotenové	Potravina	Obsah k. pantotenové
Vepřové maso	470-1500	Brambory	400-650
Hovězí maso	1100	Brokolice	1400
Játra hovězí	5700-8200	Hrách čerstvý	600-1040
Játra vepřová	5900-7300	Hrách sušený	2800
Šunka	340-660	Sójové boby	1800
Hovězí ledvinky	3400	Arašídý pražené	2500
Vepřové ledvinky	3100	Cibule	140
Kuře	530-900	Rajčata	310
Mléko	290-380	Špenát	180-2680
Sýr	350-960	Zelí	300
Veje	2700	Květák	920
Pšenice	1300	Kapusta	180
Pšeničné klíčky	2000	Banány	300
Chléb bílý	400	Pomeranče	340
Chléb žitný	570	Houby	1700

3.9.3 Denní příjem

Tabulka 17- DDD kyseliny pantotenové [14]

Věk	Kyselina pantotenová (mg)
0-3 měsíce	2
4-11 měsíců	3
1-6 let	4
7-12 let	5
13-18 let	6

U dospělých do 50 let je DDD okolo 4-7 mg, u lidí nad 50 let okolo 6 mg. Parenterální potřeba za 24 h je 15 mg. Doporučený každodenní příjem je ale proměnlivý v závislosti na pohlaví, věku nebo zdravotním stavu jednotlivců. [2,6,12,13,14]

3.9.4 Hypovitaminóza

Tento vitamín je v potravě bohatě zastoupen, takže nedostatek se vyskytuje ojediněle. Dlouhodobý nedostatek způsobuje únavu, bolestivá chodidla a citlivé paty, způsobuje snížení hladiny cukru v krvi, vypadávání vlasů, skřípání zubů, celkovou slabost, malátnost, ztrátu chuti k jídlu, bolesti hlavy nebo svalové křeče. Dále redukuje uvolňování hormonu adrenalinu, který je důležitý ve stresových situacích. V séru se mohou snížené hodnoty koncentrace projevovat u mentální anorexie, u malabsorpčního syndromu, imunodeficitu nebo septického stavu. [1,6,13]

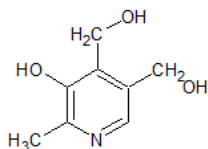
3.9.5 Hypervitaminóza

Zatím nebyly pozorovány žádné nepříznivé účinky při vyšších dávkách kyseliny pantotenové. [1]

3.10 Vitamín B₆

Sumární vzorec: C₈H₉O₃N

Molekulová hmotnost Mr: 167,2 [6]



Obrázek 10- Chemický vzorec pyridoxinu [29]

V roce 1934 byl odhalen vitamín B₆ a byl poprvé izolován v laboratoři. V roce 1938 byl izolován v krystalické formě a nazván jako pyridoxin. Mezi klíčové funkce patří rozvoj imunity, metabolismus tryptofanu, dalších aminokyselin a bílkovin. [1,2,12]

3.10.1 Biochemie

Vitamín B₆ neboli pyridoxin je vitamín, který je ve vodě rozpustný. Pod tímto pojmem rozumíme tři jeho fyziologické účinky, tzv. pyridoxinovou triádu. Triády byly rozlišeny na základě studií mikrobiologických, biologických a chemických testů. Nachází se ve třech podobách, které jsou si velmi blízké, a to jako pyridoxal, pyridoxamin a pyridoxol. V játrech se libovolná z těchto podob mění na aktivní formu, a to pyridoxal-5- fosfát. [2,4,6]

Pyridoxin je součástí řady enzymů, podílí se na transaminaci a dekarboxylaci aminokyselin. Všechny tyto podoby mají velice shodnou strukturu a účinkují spolu. Hlavní funkce tohoto vitamínu je hlavně jako koenzym. Koenzym je látka, která působí společně s enzymy a zrychluje chemické děje v buňkách. [1,4]

3.10.2 Výskyt v potravě

V rostlinných i živočišných potravinách se tento vitamín nachází hojně. V příložené tabulce jsou uvedené některé potraviny s obsahem pyridoxinu [2]:

Tabulka 18- Vybrané potraviny s obsahem pyridoxinu v $\mu\text{g}/100\text{ g}$ [2]

Potravina	Obsah pyridoxinu	Potravina	Obsah pyridoxinu
Vepřové maso	330-680	Vejce čerstvá	22-48
Hovězí maso	230-320	Brambory podzimní	160-250
Játra hovězí	600-710	Hrách čerstvý	50-190
Játra vepřová	290-590	Hrách sterilizovaný	46
Šunka	330-580	Sójové boby	710-1200
Treska	340	Cibule	63
Sardinky konz.	280	Mrkev syrová	120-220
Losos čerstvý	590	Kukuřice žlutá	360-570
Mléko neporušené	54-110	Salát hlávkový	71
Mléko sušené	220-820	Zelí	120-290
Sýr	98-800	Květák	20
Pšeničná mouka	120-600	Jablko	26
Pšeničné klíčky	850-1600	Jahody	44
Rýže loupaná	340-450	Banány	320
Chléb pšeničný	100	Pomerančová šťáva	18-56
Droždí pekařské	620-700	Pivo	50-60

3.10.3 Denní příjem

Tabulka 19- DDD vitamínu B₆ [14]

Věk	Vitamín B ₆ (mg)
0-3 měsíce	0,1 (odhadnuto)
4-11 měsíců	0,3
1-3 roky	0,4
4-6 let	0,5
7-9 let	0,7
Chlapci 10-12 let	1,0
Dívky 10-12 let	1,0
Chlapci 13-14 let	1,4
Dívky 13-14 let	1,4
Chlapci 15-18 let	1,4
Dívky 15-18 let	1,2

U dospělých do 50 let jsou denní doporučené dávky u mužů okolo 1,5 mg a u žen okolo 1,2 mg. U lidí nad 50 let jsou DDD okolo 1,4 mg, pro těhotné a kojící ženy je hodnota okolo 1,9 mg. Parenterální potřeba za 24 h je 4,0 mg. Denní množství získáme ze 375 g brambor nebo 150 g lososa. [2,6,13,14]

3.10.4 Hypovitaminóza

V nedávných studiích bylo zjištěno, že nedostatek tohoto vitamínu by mohl souviset s poruchou pozornosti. Deficit se může vyskytovat s deficitem riboflavinu. Nedostatečné množství tohoto vitamínu vyvolává padání vlasů, vyrážky, akné, tiky, zánět kůže, třes, zvýšenou hladinu cholesterolu, hemoroidy, vyčerpanost, zvracení, přecitlivělost na slunce, hypoglykemii, podrážděnost, chudokrevnost, křeče v břiše, revmatismus nebo otoky. Nízké koncentrace mohou být ovlivněny malnutricí, selháním ledvin, těhotenstvím, kouřením, gestačním diabetem mellitem, laktací, sideroblastickou/ mikrocytární anemií, zánětlivými onemocněními nebo chronickým alkoholismem. [1,6,12,13]

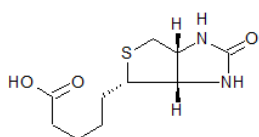
3.10.5 Hypervitaminóza

Dávky nad 2 g mohou způsobit poruchy nervového systému. Projevem předávkování bývá noční neklid. Nedostatek hořčíku a zinku jsou vyvolány nadbytkem vitamínu B₆. [1,6]

3.11 Vitamín B₇

Sumární vzorec: C₁₀H₁₆O₃N₂S

Molekulová hmotnost M_r: 244,3 [6]



Obrázek 11- Chemický vzorec vitamínu H [30]

Paul Gyorgy odhalil v roce 1940 významnou složku jater-vitamín H. V letech 1940-1942 se podařilo tento vitamín odseparovat v čisté krystalické formě a syntetizován byl v roce 1944. Po několika letech bádání se ukázalo, že vitamín H patří do skupiny vitamínu B. [1,2]

3.11.1 Biochemie

Vitamín B₇ neboli biotin patří mezi vitamíny, které jsou rozpustné ve vodě. V živočišných potravinách nalézáme tento typ vitamínu ve vázané formě, štěpení probíhá ve střevě a do krve se dostává jako volný. V rostlinných potravinách se vyskytuje jako volný. Biotin je cyklický derivát močoviny, který má navíc thiofanový kruh. Je ve vodě rozpustný a ve vysokých dávkách nepůsobí toxicky. Biotin patří mezi deriváty imidazolu. Hraje důležitou roli v metabolismu tuků a cukrů. [1,6,7,12]

3.11.2 Výskyt v potravě

V minulosti bylo obtížné stanovit tento vitamín, jelikož citlivost dostupných metod v porovnání s jeho koncentrací byla velice nízká. Spolehlivé údaje se později podařilo zjistit pomocí mikrobiologických testů a až v posledních letech se začalo analyzovat pomocí moderní laboratorní techniky. Biotin se vyskytuje buď jako volný nebo vázaný na bílkoviny. V přiložené tabulce jsou uvedené některé potraviny s obsahem biotinu [2]:

Tabulka 20- Vybrané potraviny s obsahem biotinu v $\mu\text{g}/100\text{ g}$ [2]

Potravina	Obsah biotinu	Potravina	Obsah biotinu
Vepřová sval.	2-5	Chléb pšeničný	1,9
Hovězí maso	2,4	Mouka bílá	0,7
Játra hovězí	94-100	Brambory	0,6
Kuře	5-10	Hrách čerstvý	2
Mléko	5	Hrách sušený	18
Sýr	2	Arašídý praž.	39
Vejce	25	Kukuřice	6
Čokoláda	32	Zelí	2,4
Banány	4	Cibule	4
Jahody	4	Rajčata	2
Pomeranče	1,9	Špenát	2
Jablka	0,9	Květák	17
Houby	16	Mrkev	2-2,5

3.11.3 Denní příjem

Tabulka 21- DDD biotinu [14]

Věk	Biotin (μg)
0-3 měsíce	5
4-11 měsíců	5-10
4-6 let	10-15
7-9 let	15-20
10-12 let	20-30
13-14 let	23/5-35
15-18 let	30-60

U dospělých do 50 je DDD okolo 30-100 μg , u lidí nad 50 let jsou DDD okolo 30 μg . Parenterální potřeba za 24 h je 60 μg . [2,6,14]

3.11.4 Hypovitaminóza

Biotin je produkován střevními bakteriemi, a tak se nachází v dostatečném množství v potravě, proto je jeho nedostatek poměrně vzácný. Nedostatek se může projevit narušením činnosti střevní mikroflóry, buď antibiotiky, nebo

sulfonamidy, dále kožními vyrážkami, protože biotin je důležitý při ukládání tuků v kůži. Projevuje se svalovou bolestí a ztrátou svalové hmoty, hnědnutím pokožky, křehkostí nehtů, nevolností, ekzémy, nadměrnou vyčerpaností, červenaním a šupinatěním kůže či nechutenstvím. Mateřské mléko je chudé na biotin, takže u kojenců, kteří jsou dlouhodobě kojeni je častý deficit a kojenec je náchylný k zánětů kůže. V séru jsou snížené koncentrace způsobeny dlouhodobou parenterální výživou, cukrovkou nebo vrozenými metabolickými poruchami. [1,6,12,13]

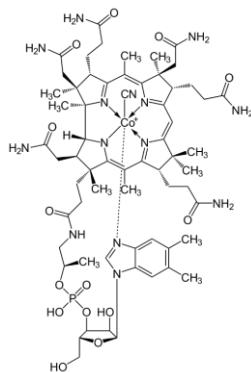
3.11.5 Hypervitaminóza

Při nadbytečném množství tohoto vitamínu nejsou pozorované nežádoucí účinky. V séru zvýšené hodnoty mají alkoholici, těhotné a kojící ženy nebo nemocní v popáleninovém traumatu. [1,2]

3.12 Vitamín B₁₂

Sumární vzorec: C₆₃H₈₈O₁₄N₁₄PCo

Molekulová hmotnost M_r: 1355,4 [6]



Obrázek 12- Chemická struktura kyanokobaltaminu [31]

Historie je propojena s percinózní anémií, která se do roku 1926 měla za nevyléčitelnou. Přišlo se na to, že syrová játra mají pozitivní účinky na tvorbu erytrocytů, a tím na vyléčitelnost nemocných. Vitamín B₁₂ byl odhalen jako poslední z řady všech vitamínů. Tento vitamín byl z jater izolován v roce 1947

jako červená krystalická substance. V roce 1957 byl doporučen název pro celou skupinu těchto látek jako korinoidy. Toxicita tohoto vitamínu je téměř nulová. Pod pojmem vitamín B_{12a} rozumíme acetát hydroxykobalamin a byl testován v souvislosti s dědičnými metabolickými poruchami. [1,2,4,16]

3.12.1 Biochemie

Kobalamin je souhrnný název pro vitamín B₁₂, patří mezi vitamíny rozpustné ve vodě, patří mezi jedinou živinu, která obsahuje kobalt, který je pro život nepostradatelný. Tento vitamín obsahuje komplexní kruhovou strukturu, která je podobná porfynovému kruhu, v jehož centru je připojen kobaltový ion. Jelikož ho vyšší organismy nedokážou syntetizovat, je syntetizován hlavně mikroorganismy. Skladuje se u živočichů v játrech, kde se váže na methylkobalamin, hydroxykobalamin a adenosylkobalamin. Přítomnost železa a vitamínu C směřuje k oxidaci vitamínu B₁₂ a zhoršuje jeho metabolické využití. Vitamín B₁₂ mění homocystein na methionin. Tento proces probíhá za přítomnosti enzymu methionin syntázy a slouží k regulaci hladiny homocysteinu. Pro absorpci tohoto vitamínu je klíčová přítomnost glykoproteinu, který je secernovaný parietálními buňkami žaludku tzv. Castleho vnitřní princip. Tento princip tvoří s tímto vitamínem komplex, který se vstřebává v oblasti distálního ilea. [1,3,7,9,12,19]

3.12.2 Výskyt v potravě

Tento vitamín nacházíme pouze v potravinách, které jsou živočišného původu. Mezi hlavní zdroje patří vejce, sýry, mléko, játra či maso teplokrevných živočichů. Lidský organismus neumí využívat vitamín B₁₂, který je produkován mikroorganismy tlustého střeva, proto je nutné ho dodávat ve stravě. V příložené tabulce jsou uvedené některé potraviny s obsahem kyanokobalaminu [2]:

Tabulka 22- Vybrané potraviny s obsahem kyanokobalaminu v $\mu\text{g}/100\text{ g}$ [2]

Potravina	Obsah kyanobalaminu	Potravina	Obsah kyanobalaminu
Hovězí maso	2,0	Vepřové maso	1,0
Játra hovězí	50/100 g sušiny	Šunka	0,9-1,6
Ledviny hovězí	50/100 g sušiny	Treska	0,6
Srdce hovězí	15/100 g sušiny	Vejce	0,3
Mléko	0,3-0,5	Sýr tučný	0,6
Mléko sušené plnotučné	1,0-2,6	Sýr krémový	0,2

3.12.3 Denní příjem

Tabulka 23- DDD vitamínu B₁₂ [14]

Věk	Vitamín B ₁₂ (μg)
0-3 měsíce	0,4
4-11 měsíců	0,8
1-3 let	1,0
4-6 let	1,5
7-9 let	1,8
10-12 let	2,0
13-18 let	3,0

U dospělých do 50 let jsou DDD okolo 3,0 μg , u lidí nad 50 let okolo 2,4-3,0 μg . U těhotných žen je DDD 3,5 μg a u kojících 4 μg . Parenterální potřeba za 24 h je 5,0 μg . Doporučené množství (tedy 3 μg) můžeme najít ve 140 g tvrdého 30 % sýra, 50 g libového hovězího masa, 2 vejcích nebo v 15 g kuřecích jater. [2,6,13,14]

3.12.4 Hypovitaminóza

Nejhojnější příčina nedostatku tohoto vitamínu je porucha absorpce při nedostatečném množství transkobalaminu. Nedostatečné množství tohoto vitamínu směřuje k poruchám nervového systému. Doprovází ho pálení jazyka, ztráta paměti, dechová nedostatečnost, migréna, bolesti v zádech, roztroušená

skleróza, nervozita, bolest zad, napětí či deprese. Nejdůležitějším projevem nedostatku je perniciózní neboli zhoubná anemie, je následkem porušení syntézy DNA, blokuje buněčné dělení a tvoření nových erytrocytů, důsledkem je hromadění megaloblastů, které nacházíme v kostní dřeni. Snížená koncentrace v séru způsobuje deficit železa a kyseliny listové, hlavně u megaloblastové anémie (vzniká u starších osob při poruše výživy, u dialyzovaných nemocných, alkoholiků nebo v těhotenství). Nízkou koncentraci dále nacházíme u cystické fibrózy, alfa talasémie, periferní neuropatie, chronické pankreatitidy, achlorhydrie, vegetariánství (veganství, při kterém člověk nekonzumuje vejce ani mléčné výrobky), celiakie, hemodialýza, nemoc z ozáření, leukemie, nádory dutiny ústní a střeva, malnutrice, primární hypotyreóza a další. V plazmě deficit způsobuje zvýšenou hladinu homocysteinu, je to spojeno s onemocněními jako periferní vaskulární onemocnění, ischemická choroba srdeční nebo mozková mrtvice. [1,6,7,12,32]

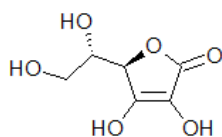
3.12.5 Hypervitaminóza

Nadbytečné množství tohoto vitamínu se vylučuje močí, nejsou známy žádné toxické účinky. Vysoké hladiny v séru ovlivňují leukocytózu, leukemii, akutní i chronickou hepatitis, tumor v játrech i s metastázemi, onemocnění srdce, diabetes mellitus, malnutrice a další. [1,2]

3.13 Vitamín C

Sumární vzorec: $C_6H_8O_6$

Molekulová hmotnost M_r : 176,1 [6]



Obrázek 13- Chemický vzorec vitamínu C [33]

Dr. James Lind zkoušel citrusové ovoce na britských námořnících a tímto způsobem odhalil lék proti kurdějím. Až po téměř 200 letech byla v citronové šťávě zjištěna aktivní složka, vitamín C. Dr. Albert Szent-Gyorgyi byl první, komu se podařilo izolovat kyselinu askorbovou. Dr. Linus Pauling uměl kyselinu askorbovou laboratorně syntetizovat. Tento vitamín je potřebný pro řadu biochemických dějů. Hlavní funkce tohoto vitamínu je, že jako kofaktor enzymatických systémů, které jsou zapojené do metabolismu základních substrátů, se podílí na přeměně cholesterolu na žlučové kyseliny, biotransformaci cizích látek, resorpci železa steroidních i peptidových hormonech, kolagenu, karnitinu. [1,13]

3.13.1 Biochemie

Vitamín C je látka, která je rozpustná ve vodě. Kyselina askorbová je hlavní součástí tohoto vitamínu. Je nazýván podle schopnosti eliminovat výskyt kurdějí (skorbutu). Tento vitamín je potřebný pro řadu biochemických dějů. Lidské tělo potřebuje pravidelně přijmout kyselinu askorbovou v potravě, hlavně v čerstvém ovoci a zelenině, jelikož si ho neumí samo vytvořit. Skoro všichni ostatní živočichové tuto schopnost ale mají. [1,2]

3.13.2 Výskyt v potravě

Funkce tohoto vitamínu je velice důležitá pro lidské zdraví. V příložené tabulce jsou uvedené některé potraviny s obsahem vitamínu C [2]:

Tabulka 24- Vybrané potraviny s obsahem vitamínu C v mg/1 000 g [2]

Potravina	Obsah vitamínu C	Potravina	Obsah vitamínu C
Brokolice	1130	Angrešt	244
Cibule podzimní	69	Broskve, blumy	36
Cibule raná s natí	372	Jahody	618
Hrášek zelený	224	Jablka	48
Kapusta hlávková	344	Maliny	225
Kapusta růžičková	787	Melouny, dýně	220
Kedlubny bílé	448	Rybíz červený, bílý	330
Křen	1125	Rybíz černý	1360
Květák	383	Ananas žlutomasý	206
Paprika	1615	Banány	99
Petržel nať	1369	Citrony	443
Rajčata	224	Grapefruity	416
Ředkvičky	226	Mandarinky	346
Salát hlávkový	81	Pomeranče	513
Zelí bílé	329	Džemy	50
Zelí červené	518	Kompoty	90
Zelí bílé kyselé	134	Jahody mrazené	466
Okurky steriliz.	75	Švestky sušené	89
Zelenina steriliz.	19-105	Mošt jablečný	10
Kečup	110	Sirupy	50
Krenex	406	Brambory rané	232
Lečo s klobásou konzerva	218	Br. hranolky mrazené	46
Lečo sterilizované	445	Br. podzimní X.-XII.	126
Lečo zmrazené	500	Konz. I.-III.	85
Paprika zmrazená	603	Konz. IV.-VII.	65
Špenát zmrazený	205		

3.13.3 Denní příjem

Tabulka 25- DDD vitamínu C [14]

Věk	Vitamín C (mg)
0-3 měsíce	50 (odhadnuto)
4-11 měsíců	55
1-3 let	60
4-6 let	70
7-9 let	80
10-12	90
13-18 let	100

U dospělých mužů do 50 let je DDD okolo 100 mg a u žen 60 mg, u lidí nad 50 let u mužů okolo 90 mg a u žen 75 mg, u těhotných žen 110-150 mg, podle toho, jak se vylučuje do mateřského mléka. Parenterální potřeba za 24 h je 100 mg. Tuto dávku získáme z 200 g pomeranče, 70 g zelené papriky, 140 g kiwi nebo 200 g bílého zelí. [2,6,13,14]

3.13.4 Hypovitaminóza

Při nedostatečném příjmu vitamínu C dochází k praskání kapilárních cév, krev proniká do tkání a tvoří se modřiny. Mezi další projevy patří krvácení dásní, přibývání na váze, depresivní nálady, únava, záněty sliznic, chudokrevnost, vypadávání vlasů a zubů, nespavost, křehnutí kostí, křečové žíly a snížená odolnost organismu. Většina z těchto příznaků způsobuje tzv. jarní únavu. Nejdůležitější příznak je vznik kurdějí (skorbutu), vyskytuje se u lidí, kteří nepřijmou alespoň 8-10 mg/den, vyvíjí se při snížení zásob pod 300 mg. Snížené hodnoty v séru nacházíme u febrilních stavů, kouření, nádorech, otrav těžkými kovy, hemodialýze, hematomů, při nadměrném příjmu železa, abúzus alkoholu a drog, těhotenství, petechií, anemií, stresu, hyperthyreodismu, obezitě, při infekčních onemocnění jak akutních, tak i chronických. V bílých krvinkách jsou příčinou peptidického vředu, gastroduodenálního onemocnění nebo postoperativního stavu. [1,4,6,13]

3.13.5 Hypervitaminóza

Předávkování tímto vitamínem je velice vzácné. Při dávkách vyšších než 200 mg/ den je důsledkem zrychlená renální exkrece. Nadbytek je vylučován močovými cestami, může se podílet i na vytvoření močových kamenů. Proto je navrženo přidávat hořčík a vitamín B6, aby se nevytvořily sraženiny kyseliny šťavelové. Zvýšená potřeba vitamínu je při těhotenství, hypertyreóze, AIDS, kožním onemocnění, onkologických onemocněních, hemodialýze, ateroskleróze, chronických infekcích, alkoholismu, kojení, kouření, ve vyšším věku nebo při otravě těžkými kovy. [1,6,13]

4 METODIKA

Mezi historicky první metody pro stanovení vitamínu se používaly ty, které jsou založené na principu zvířecí bioanalýzy, poté mikrobiologické a chemické testy. [6]

4.1 Testy

4.1.1 Mikrobiologické testy

Provádí se inkubace s mikroorganismem, který je pro růst určitého vitamínu podstatný. Bakterie, které narostly, se monitorují turbidimetricky. Mezi hlavní nevýhody patří citlivost k antibiotikům a ostatním potlačujícím látkám, výsledky jsou chemicky nespecifické nebo provedení testu trvá dlouhou dobu, často 24 h. [6]

4.1.2 Chemické metody

Většinou je prvním krokem separace, jelikož jsou jinak použitelné jen omezeně. Tyto metody jsou málo specifické a citlivé u kvantitativního měření v biologických vzorcích. [6]

4.1.3 Separační techniky

Separační techniky jsou často využívány. U vitamínů rozpustných ve vodě převažuje stanovení kapalinovou chromatografií, která používá všeobecnou fotometrickou detekci. Tenkovrstvá a plynová chromatografie nejsou rutinně tak často užívány. Imunoafinitní chromatografie se využívá k zakoncentrování a čištění vzorku. Vitamín je vstrčen kolonou, která obsahuje selektivně vázající protein. [6]

Skoro všechny vitamíny jsou velmi citlivé na chemické i fyzikální vlivy, které se rozdělují podle rozpustnosti v tucích a ve vodě. Při analýze vitamínů se nejčastěji používá separačních technik, jelikož je možné je rozdělit a identifikovat během jedné analýzy několik vitamínů. [5]

4.1.4 Kapalinová chromatografie

LC neboli liquid chromatography je metoda, která se využívá pro analýzu složek vzorku, které jsou unášeny chromatografickou kolonou, a to kapalnou mobilní fází. Roztok nebo kapalina jsou vhodným vzorkem pro analýzu. [34]

- Mobilní a stacionární fáze

Mobilní fáze se skládá buď ze směsi mísitelných rozpouštědel, nebo čistých rozpouštědel. Používají se směsi méně polárního a polárního rozpouštědla, tedy metanol a voda či hexan a isopropanol. Rovnováha mezi analytem a stacionární fází i retenční vlastnosti analytu je ovlivněna polaritou mobilní fáze. [34]

Pístová (vysokotlaká) pumpa zaručuje stálý průtok mobilní fáze, a to pomocí přetlaku. Má jeden až dva písty, které jsou poháněné vačkou a tlumičem pulsů. Složení mobilní fáze je až ze čtyř složek, které se dají měnit i v průběhu analýzy. Na principu injekční stříkačky pracuje lineární dávkovač. [34]

Je důležité, aby mobilní fáze neobsahovala rozpuštěný vzduch, který by mohl ovlivňovat signál mezi chromatografickou kolonou a detektorem. [34]

- Vzorek a dávkování

Hlavní je, aby byl vzorek ve stacionární fázi rozpustný. Nástřik vzorku se provádí dávkovacím ventilem do proudu mobilní fáze. V průběhu dávkování vzorku se nepřerušuje tok mobilní fáze (probíhá mezi pumpou a kolonou). [34]

- Detektory

Diferenciální refraktometrický detektor má malou senzitivitu, ale je univerzální. Tento detektor měří rozdíl indexu lomu eluentu vůči čisté mobilní fázi. [34]

Spektrofotometrický detektor měří absorbanci v oblasti 190-780 nm. Detektor je citlivý na látky, které absorbují záření v těchto vlnových délkách, proto se nesmí žádná složka mobilní fáze absorbovat v této oblasti. [34]

Fluorimetrický detektor je teplotně nezávislý, za to ale velmi citlivý. Měří intenzitu fluorescenčního záření, které je emitované molekulami složek po excitaci. Stanovuje především molekuly, které mají aromatické jádro např. polycyklické aromatické uhlovodíky. [34]

Amperometrický detektor měří proud, který protéká mezi elektrodami při redukci či oxidaci látky, kterou chceme detekovat. [34]

Konduktometrický detektor se používá při separaci silných elektrolytů. [34]

Tenkvrstevná chromatografie je rychlou, levnou metodou, která spadá pod kapalinovou chromatografii. [34]

4.2 Metody stanovení vitamínu

4.2.1 Přímé měření koncentrace v krvi

Tato metoda se používá např. u vitamínu A, provitamínu A, B₁₂, E a kyseliny listové a měří se v séru. U vitamínu C není měření hladiny vhodný ukazatel pro saturaci tkání, a proto se navrhuje udělat ještě zátěžový test nebo měříme koncentraci v bílých krvinkách, které se získávají z buffy coatu (rozhraní mezi plazmou a červenými krvinkami u nesrážlivé krve po odstředění). [11]

4.2.2 Přímé měření vitamínu v moči

Toto měření se používá u deficitu vitamínu B1, a to měřením jeho odpadu. Deficit niacinu se hodnotí podle N-metylnikotinamidu, což je jeho hlavní metabolit a nás zajímá jeho snížený odpad. [11]

4.2.3 Měření sérové či močové koncentrace typického metabolitu

Daný metabolit se kumuluje v těle v důsledku blokování enzymové reakce, která je nezbytná pro koenzym chybějícího vitamínu. Při nedostatku kyanokobaltaminu se zvyšuje močové vylučování kyseliny metylmalonové, která se nemůže přeměnit na sukcinyl-CoA. [11]

4.2.4 Měření koncentrace hromadícího se metabolitu po zátěži substrátem

Nedostatek pyridoxinu se hodnotí komparací 3- hydroxykynureninu před zátěží 2 g tryptofanu a po zátěži (tento vitamín se uplatňuje při přeměně metabolitu tryptofanu na kynurenin) nebo 24 h exkrece xanturenátu. [11]

Vyšší koncentrace homocysteinu může být zapříčiněna nedostatkem jednoho z vitamínů B₆ a B₁₂ nebo kyseliny listové, jelikož jsou potřebné pro jeho přeměnu. Po zátěži methioninem se vzestup zvýrazní. K vzestupu nedojde, pokud se předem podá chybějící vitamín. [11]

4.2.5 Zvýšení aktivity vhodného enzymu po dodání koenzymu

Určuje se aktivita v séru pacienta s přídatkem a bez přídatku koenzymu. Čím vyjde větší nárůst aktivity po přidání, tím horší je nedostatek vitamínu. Vybrané příklady používaných systémů zahrnuje tabulka [11]:

Tabulka 26- Měření saturace organismu vitamíny pomocí aktivace enzymů koenzymy od těchto vitamínů odvozenými [11]:

Enzym	Koenzym	Vitamín
ALT, AST	Pyridoxalfosfát	Pyridoxin
Transketoláza	Thiaminpyrofosfát	Thiamin
Glutationreduktáza	FAD	Riboflavin

4.2.6 Saturační testy

Saturační testy poukazují v případě jeho nedostatku na zvýšené vychytávání podaného vitamínu. Tento test se nejčastěji provádí pro vitamín C, kdy se podává 10 mg/kg hmotnosti. Při nedostatku se vychytává ve tkáních a močová exkrece je velmi nízká až nulová, při nadbytku se většina podaného vitamínu vyloučí močí. [11]

4.2.7 Stanovení produktu vytvořeného působením vitamínu

Tato metoda patří mezi nepřímé např. u nedostatku vitamínu K v plazmě, kdy klesá hladina protrombinu a jiných koagulačních faktorů, které jsou na tomto vitamínu závislé. Lze sem zařadit i stanovení aktivního vitamínu D nepřímou metodou jeho účinků na metabolismus fosforu a vápníku a zjišťujeme i aktivitu kostní alkalické fosfatázy. [11]

4.3 Vitamín A

Tabulka 27- Orientační referenční mez retinolu [6]

A, retinol	Muži	Ženy
Sérum dospělí	1,05-2,27 $\mu\text{mol/l}$	0,83-1,75 $\mu\text{mol/l}$
Sérum novorozenci	1,22-2,60 $\mu\text{mol/l}$	
Sérum děti	1,05-2,80 $\mu\text{mol/l}$	

Jelikož vitamín A je citlivý na oxidační činidla a UV záření, je důležité eliminovat vzorky a standardy s UV zářením (lze použít hliníkovou folii, tmavé skleněné nádoby či materiál, který absorbuje UV záření) a kyslík, který se zafoukává dusíkem. Použitá rozpouštědla se musí odpařovat při teplotách maximálně do 50 °C a za sníženého tlaku. [35]

4.3.1 Extrakce a čištění vzorku

Pro stanovení hodnoty vitamínu A je možno použít saponifikační krok, kdy nezávisí na tom, jestli je vitamín volný či esterizovaný. Komplexní informaci nese kvantifikace a separace jednotlivých esterů retinolu. Užívá se hlavně denaturace etanolem, methanolem nebo při stanovení v séru a plazmě pomocí acetonitrilu. Pro zamezení tvoření emulze je zapotřebí dodat takové množství vody, aby konečný vztah alkoholu a vody byl 1:1. Při rozboru v potravinách je po homogenizaci nutným krokem extrakce n-hexanem, cyklohexanem nebo dichlormethanem. Superkritická fluidní extrakce (SFE) umožňuje pracovat při nízkých teplotách a lze vyluhovat vzorek v inertní atmosféře, a to bez přístupu světla. [6,35]

4.3.2 Chemické metody

Používají se buď bioassay techniky nebo fluriometrické a fotometrické postupy, které nedávají postačující specifitu a citlivost. [6]

4.3.3 Chromatografické metody

- TLC neboli tenkovrstevná chromatografie, moc se již nevyužívá,
- HPTLC neboli vysokoúčinná tenkovrstevná chromatografie, také se již moc nevyužívá,
- GC neboli plynová chromatografie,

- LC/ HPLC neboli kapalinová chromatografie. Cíl analýzy je separovat a kvantifikovat individuální izomery tohoto vitamínu. Mobilní fáze většinou obsahuje směsi acetonitrilu nebo methanolu s vodou. Propojení HPLC s LC-MS neboli hmotnostní spektrometrie se používá pro stanovení vitamínu A a jeho metabolitů. [6]

4.4 Vitamín D

Tabulka 28- Orientační referenční mez vitamínu D [6]

D, vitamín D ₃	
Sérum děti (1,25 (OH) ₂)	0,075-0,175 nmol/l
Sérum dospělí (1,25 (OH) ₂)	0,050-0,200 nmol/l
Sérum dospělí v létě (25-OH)	50-300 nmol/l
Sérum dospělí v zimě (25-OH)	25-125 nmol/l
Sérum zdravé osoby v létě (95% interval, 25-OH)	41,6-192,4 nmol/l

Tento vitamín je citlivý na oxidační činidla (např. na atmosférický tlak) nebo UV záření, a tak je důležité využívat materiály absorbující UV záření, hliníkové folie nebo tmavé skleněné nádoby. Do roztoků obsahující tento vitamín je zapotřebí dodat antioxidanty a využít zafoukávání dusíkem. Rozpouštědla jsou odpařována za sníženého tlaku při teplotách do 40 °C na vakuové rotační odparce. Z chemických a fyzikálních vlastností vycházejí typy stanovení tohoto vitamínu. [6,36]

4.4.1 Extrakce a čištění vzorku

Před stanovením vitamínu D jsou důležité dva kroky. Nejdříve je separace rozpouštědlem a další je čistící fáze na chromatografické SPE koloně. [6]

4.4.2 Chemické metody

Stanovení UV-VIS je vymezeno čistotou a koncentrací vzorku. Nedostatečně specifické a citlivé jsou fluorometrické a fotometrické metody (používají trichloroctovou nebo trifluoroctovou kyselinu jako dehydratační činidlo). [6]

4.4.3 Chromatografické metody

- TLC/HPTLC bývají použity, jelikož je to levnější varianta než kapalinová chromatografie,
- GC,
- LC/HPLC. [6]

4.4.4 Imunochemické metody

Používají se kompetitivní imunochemické metody. Hlavní roli v těchto metodách má vitamín D, který váže specifický receptor z tkáně nebo protein z krve. Nejčastěji se používají králičí nebo ovčí protilátky. [6]

Komerční imunoanalýzy se nachází ve formě kitů, jsou předurčené jako platformy pro analyzátory či k manuálnímu využití. Mezi první automatizované procesy patřila chemiluminiscenční analýza vázající kompetitivní protein, ale nedalo se s ní stanovit 25(OH)D₂. Chemiluminiscenční imunoanalýzy využívají automatizované platformy LIAISON, poté se používá LIAISON Total. Na principu elektroluminiscence jsou založené platformy Elecys (Roche) a Cobas, EIA se řadí mezi manuální imunoanalýzy. [37]

4.5 Vitamín E

Tabulka 29- Orientační referenční mez vitamínu E [6]

E, tokoferoly	Muži	Ženy
Sérum 0-1 měsíc	8-28 $\mu\text{mol/l}$	
Sérum 1-6 měsíců	10-31 $\mu\text{mol/l}$	
Sérum 6 měsíců-6 roků	20-30 $\mu\text{mol/l}$	
Sérum dospělý	19-35 $\mu\text{mol/l}$	

Stanovení všech typů tokoferolů se provádí nejčastěji separací vysokoúčinné kapalinové chromatografie a pak následuje fotometrická detekce či fluorimetrická detekce. U většiny je nutné vzorek nejdříve zmýdelnit a následně provést extrakci vzorku. Sloučeniny se identifikují na bázi retenčních časů a jsou kvantifikovány pomocí techniky vnějšího standardu za použití ploch či výšek píků. [38]

4.5.1 Extrakce a čištění vzorku

Pro izolaci z biologických materiálů se využívají standardní extrakční metody. Hlavní je zaručit vzorek před zpracováním pomocí antioxidantů, které zabraňují působení vzdušného kyslíku (např. kyselina askorbová, pyrogallol či butylovaný hydroxytoluen). [6]

4.5.2 Chemické metody

- Fotometrické postupy, dostatečně specifické a citlivé, barevný produkt se měří při 520 nm, využívá se např. redukce Fe^{3+} na Fe^{2+} tokoferoly.
- Přímá UV spektrofotometrie, používá se pouze u čistých vzorců např. u farmaceutických produktů. [6]

4.5.3 Chromatografické metody

- TLC, historicky byla významná pro stanovení tohoto vitamínu. Kvantitativní hodnocení HPTLC se používá ve spojení se skenovacím denzitometrem.
- GC, používají se kapilární kolony, pomocí kterých se dají oddělit beta a gama. Tokofely, při rutinní analýze se využívá hlavně FID, tedy plamenově ionizační detektor, pro analýzu je významné spojení GC-MS.
- LC/HPLC, nepoužívanější analýza, používá se kompatibilita s extrakty, a to v nepolárních rozpouštědlech. Skoro ve všech biologických materiálech, tedy v séru, plazmě a tkáních, se používá systém s reverzní fází. Mobilní fáze se skládá z metanolu a vody nebo některého z modifikátorů. Přídavkem elektrolytů (acetátu) je možno měřit elektrochemickou detekci tohoto vitamínu. [6]

4.6 Vitamín K

Tabulka 30- Orientační referenční mez vitamínu K [6]

K, vitamín K ₁	
Sérum	0,3-2,64 nmol/l

Vitamín K₁ je velice citlivý na světlo, proto je důležité během celého postupu dodržovat opatření, které chrání standard a odpovídající roztoky. Toho lze docílit např. použitím tmavého skla. [39]

4.6.1 Extrakce a čištění vzorku

Před zpracováním séra nebo plazmy je hlavní denaturace transportních proteinů. Využívá se srážení 2- propanolem, ethanolem nebo methanolem. [6]

4.6.2 Chemické metody

- Mikrocoulometrie, polarografie, fosforimetrie nebo titrace se síranem ceričitým, v této době nahrazeny hlavně separačními technikami.
- UV-VIS spektrofotometrické a fotometrické metody používají fluorescenčních derivátů. [6]

4.6.3 Chromatografické metody

- TLC, tento vitamín lze rozdělit na tři skupiny. Ty mohou být navzájem doplňkové-argentační (rozdělení nenasycených a nasycených homologů vitamínu K₁), adsorpční (oddělují cis a trans izomery na normální fázi). Třetí skupina je chromatografie na reverzní fázi (oddělení demetylovaných a metylovaných K-vitamínů). Význam tohoto stanovení poměrně klesá z důvodu nástupu kapalinové chromatografie.
- GC neboli plynová chromatografie. Detekce se provádí pomocí FID, tedy plamenově ionizačního detektoru, nebo pomocí detektoru s elektronovým záchytem, který má vyšší selektivitu a specifitu.
- LC/ HPLC, univerzální detekce se používá pro kvantifikaci vyšších hodnot. Lze ho stanovit elektrochemickou nebo fluorimetrickou detekcí. [6]

4.7 Vitamín B₁

Tabulka 31- Orientační referenční mez vitamínu B₁[6]

B ₁ , tiamin	
Sérum	<0, 075 μmol/l

Thiamin se vyluhuje po kyselé hydrolýze z potravy, poté je za užití enzymu defosforylizován. Nejčastěji měřeným parametrem je hodnota erythrocytární transketolázy, kdy se posuzuje hodnota po a před podáním thiamindifosfátu (TDP). [6,40]

Používají se hlavně přímé metody, kdy se měří TDP především v plné krvi. Nejčastějším postupem měření je HPLC. Tento vitamín se dá měřit i v plazmě, avšak hladina podléhá příjmu dietou. [6]

4.8 Vitamín B₂

Tabulka 32- Orientační referenční mez vitamínu B₂ [6]

B ₂ , riboflavin	
Plná krev	0,361-1,770 μmol/l
Sérum	0,133-0,478 μmol/l

Vitamín B₂ je velice citlivý na světlo, proto je důležité během celého postupu dodržovat opatření, které chrání standard a odpovídající roztoky. Toho lze docílit např. použitím tmavého skla. [41]

Ke stanovení tohoto vitamínu lze použít jak přímé, tak i nepřímé metody. Mezi přímé patří stanovení flavinadenindinukleotidu (FAD) a flavinmononukleotidu (FMN) a stanovuje se v plné krvi metodou HPLC. U nepřímých metod měříme enzymovou aktivitu erytrocytárního glutathionu reduktázy. [6]

Riboflavin se dá stanovit i fotometricky v alkalickém prostředí. Přeměňuje se na lumiflavin, který se vyluhuje do chloroformu. Tento postup není dost specifický ani citlivý. [6]

4.9 Vitamín B₃

Tabulka 33- Orientační referenční mez vitamínu B₃ [6]

B ₃ , niacin	
Sérum	2-12 μmol/l
Plná krev	16-73 μmol/l

Stanovení niacinu se hodnotí podle molárního poměru dvou metabolitů v moči, a to N-metyl-nikotinamidu (NMN) a N-metyl-2-pyridon-5-karboxylamidu. Mezi analytické stanovení tohoto vitamínu a jeho metabolitů v biologických materiálech (hlavně v moči a séru) se využívají separační techniky s UV detekcí (kapilární elektroforéza nebo kapalinová chromatografie). [6]

4.10 Kyselina pantotenová

Tento vitamín patří mezi relativně dobře stanovitelné při dietě, takže se diagnostikuje poměrně vzácně. Hodnotí se podle množství pantotenátu, které je exkretováno močí. Vhodnější je stanovení pomocí mikrobiologických postupů, a to v séru nebo v plné krvi. U stanovení koenzymu A v erythrocytech se nedá přesně určit množství kyseliny pantotenové v organismu. [6]

4.11 Vitamín B₆

Tabulka 34- Orientační referenční mez vitamínu B₆ [6]

B ₆ , pyridoxin	
Sérum	0,106-0,638 μmol/l
Plazma	>0,243 μmol/l
Erythrocyty	0,266-1,330 μmol/l
Moč	>0,320 μmol/l/d

Tento vitamínu můžeme stanovit jak přímými, tak nepřímými metodami. U přímých se stanovuje pyridoxal-5- fosfát (PLP) v plné krvi, exkrece 4-pyridoxinové kyseliny (4-PA) do moči nebo lze použít metodu HPLC. U nepřímých se používá hlavně porovnání aktivního koeficientu AST nebo ALT v erythrocytech, hodnotí se stimulace bez přídatku a po přídatku PLP. [6]

4.12 Biotin

Tabulka 35- Orientační referenční mez vitamínu B₇ [6]

B ₇ , biotin	
Sérum/plazma	0,15-0,37 μmol/l
Moč	0,03-0,25 μmol/l

Měří se aktivita např. biotin-dependentních enzymů, hlavně karboxyláz. Několik metod používá přímé stanovení tohoto vitamínu v séru nebo plazmě pomocí mikrobiologických testů nebo metodami avidin-vázajícími. Exkrece močí se vyhodnocuje podle metabolitu 3- hydro-isovalerové kyseliny nebo stanovením biotinu. [6]

4.13 Vitamín B₁₂

Tabulka 36- Orientační referenční mez vitamínu B₁₂ [6]

B ₁₂ , kobalamin-CN	
Sérum novorozenci	0,118-0,959 nmol/l
Sérum dospělí	0,162-0,694 nmol/l
Sérum těhotné ženy	<0,125 nmol/l

Pro diagnostiku anémií je hlavní určit plazmatickou hladinu vitamínu B₁₂, folátů a homocysteinu. Stanovují se hlavně imunochemickými metodami. [6]

4.14 Vitamín C

Tabulka 37- Orientační referenční mez vitamínu C [6]

C, askorbát	
Plazma	34-114 μmol/l
Leukocyty	20-53 μg/10 ⁸ leukocytů (1,14-3,00 fmol/leukocyt)

Stanovení askorbové a dehydroaskorbové kyseliny v biologických materiálech se vyvíjí a má mnoho modifikací. [6]

U vitamínu C je důležité, aby roztoky vzorků i standardní roztoky byly co nejdříve zpracovány, dále nesmí být analyzovány po 8 hodinách a je nutné držet analýzu kolem teploty 25° C. [42]

4.14.1 Extrakce a čištění vzorku

Důležité je zamezit účinku vzdušného kyslíku, jelikož by mohlo dojít k přeměně kyseliny askorbové na dehydroaskorbovou. V dnešní době se měří hladina tohoto vitamínu v plazmě nebo séru. [6]

4.14.2 Chemické metody

- Fotometrické postupy.
- Fluorimetrické stanovení závisící na výskytu ketoskupiny v kyselině dehydroaskorbové, kterou kondenzuje o-fenylendiamin. [6]

4.14.3 Chromatografické metody

Nejčastěji je využívána kapalinová chromatografie (LC/HPLC). U vysokoúčinné kapalinové chromatografie se ve stacionární fázi užívá slabý anex NH₂, v mobilní fázi se používají kolony, které jsou složeny ze směsi acetonitrilu s fosfátem, k potlačení oxidace se přidávají složky dithioreitolu nebo merkaptoetanolu. Používají se univerzální optické detektory k detekci kyseliny askorbové nebo velice citlivá elektrochemická detekce. [6]

5 VÝSLEDKY

Praktická část byla provedena podle standardních operačních postupů ve Fakultní nemocnici Motol po podepsání informovaného souhlasu pacientů.

5.1 Princip metody

K měření hladiny vitamínu A a E jsme použili vysokotlakou plynovou chromatografii s UV detekcí tzv. DAD detektor. Ventilem byl do kolony nastříkovan vzorek.

5.2 Postup

- Dostaly jsme vzorek s čárovým kódem, obalený alobalem (jelikož se vitamín A rozkládá působením světla).
- K měření jsme potřebovali stočený vzorek.
- Ze zkumavky jsme si napipetovaly 200 μ l séra do mikrozkušavky. K séru jsme přidaly 100 μ l vnitřního standardu a 100 μ l ethanolu.
- Směs jsme 2 minuty pořádně protřepávaly.
- Ke směsi jsme přidaly 500 μ l hexanu.
- Směs jsme 2 minuty třepaly a následně ji nechali stočit v centrifuze při 10 000 otáčkách za minutu po dobu pěti minut.
- Do nové zkumavky zabalené do alobalu jsme následně odebrali z mikrozkušavky 400 μ l supernatantu.
- Zkušavky jsme dali odpařit pod proudem vzduchu.
- Do zkumavky s odparkem jsme přidali 200 μ l mobilní fáze a směs protřepali.
- Do speciálních tmavých skleněných víalek jsme přepipetovali celý obsah zkumavky, vložily jsme dovnitř skleněné špičky a uzavřeli víčkem.
- Vyhodnocovali jsme pomocí počítačového programu.

- Na počítači jsme odečetli plochu píku vnitřního standardu a plochu píku vitamínu A/ vitamínu E. Z těchto dvou veličin jsme zjistili koncentraci stanovovaného analytu.
- Zapsali jsme si výsledek.
- Po skončení měření jsme museli nechat promýt kolonu roztokem methanol: voda v poměru 1:1, cca 30 minut, abychom vymyli všechny nečistoty z kolony.
- Nejdříve jsme si změřili kontroly, které jsme si vytáhli předpřipravené z mrazáku.

5.3 Výsledky kontrol a měření

Kontrola I.

Vitamín A- 1,87 $\mu\text{mol/l}$

Vitamín E- 26,6 $\mu\text{mol/l}$

Kontrola II.

Vitamín A- 2,84 $\mu\text{mol/l}$

Vitamín E-41, 5 $\mu\text{mol/l}$

Hodnoty se vešly do referenčního rozmezí a mohli jsme měřit vzorky pacientů.

Tabulka 38- Naměřené hodnoty vitamínu A a E, měřeno 2. 9. 2019

	Věk	Vitamín A ($\mu\text{mol/l}$)	Vitamín E ($\mu\text{mol/l}$)
Pacient 1	14 let	1,1	29,7
Pacient 2	16 let	1,7	13,9
Pacient 3	62 let	1,4	-
Pacient 4	4 roky	1,0	38,1
Pacient 5	11let	1,6	25,6
Pacient 6	4 roky	1,4	26,8
Pacient 7	2 roky	1,2	-

Tabulka 39- Referenční rozmezí [43]

	Vitamín A ($\mu\text{mol/l}$)	Vitamín E ($\mu\text{mol/l}$)
Do 6 týdnů	1,2-2,6	1,0-6,0
6 týdnů- 1 rok	1,6-3,9	2,0-8,0
1 rok- 15 let	1,0-2,8	10-24
15 let- 65 let	1,9-3,1	11,6-46,4

5.4 Kazuistika 1

Máme 17letou pacientku, která trpí cystickou fibrózou. Dlouhodobě jí byla podávána substituce vitamínem A. [44]

Tabulka 40- výsledky měření

Vitamín A před léčbou	Vitamín A po léčbě
1,74 $\mu\text{mol/l}$	1,56 $\mu\text{mol/l}$

Optimální hodnota vitamínu A pro daný věk je 1,9 – 3,1 $\mu\text{mol/l}$. [43]

Při první kontrole byla naměřena vyšší hladina vitamínu A než před zahájením léčby, ale ani jedna hodnota nezapadá do referenčního intervalu.

Při zkoumání bylo zjištěno, že ihned po odebrání nebyla zkumavka zabalena do neprůsvitného obalu. Zabalena byla až před zasláním do biochemické laboratoře, a to až následující den. Falešně nízká hladina byla stanovena rozkladem slunečního světla při skladování vzorku.

5.5 Kazuistika 2

Máme 78letou pacientku, která je sledována pro osteopénii. Je suplementována vitamínem D (konkrétně 3 kapky denně 1500 IU

Vigantolu/den) a dále vápníkem (konkrétně 1 g/ den). V přiložené tabulce můžeme pozorovat vývoj naměřených hodnot během cca roku a půl:

Tabulka 41- výsledky měření [43]

Datum	23. 9. 13	6. 1. 14	24. 4. 14	5. 8. 14	10. 2. 15
Vitamín D (nmol/l)	68,5	73,0	67,0	83,5	47,0

Optimální hodnota vitamínu D pro daný věk je >75 nmol/l. [43]

Z tohoto znázornění je zřejmé, že i když pacientka byla suplementována vitamínem D, tak u většiny měření má nízkou hodnotu tohoto vitamínu. Je to zapříčiněno hlavně počtem slunných dnů. Při konkrétnějším pohledu na data měření je vidět, že hodnota závisí i na ročním období. V době od září do ledna se hodnota v průběhu léčby sice zvýšila, ovšem poté opět klesla. Následně se na jaře a v létě zvedla, jelikož se zvýšil počet slunných dnů a konečně pacientka zapadla do referenčního rozmezí. Poté nastala zima a pacientka měla zase velmi nízkou naměřenou hladinu.

5.6 Kazuistika 3

Máme 67letou pacientku, která je sledována pro ischemickou chorobu srdeční (ICHS), dyslipidémii (DLP), vysoký krevní tlak (HT) a osteopénii. Je suplementována vitamínem D (konkrétně 4 kapky denně- 2 000 IU Vigantolu/den). V přiložené tabulce můžeme pozorovat vývoj naměřených hodnot během cca roku a půl:

Tabulka 42- výsledky měření [43]

Datum	5. 6. 13	16. 9. 13	18. 2. 14	9. 9. 14	18. 2. 15
Vitamín D (nmol/l)	50,0	72,6	47,2	70,0	20,7

Optimální hodnota vitamínu D pro daný věk je >75 nmol/l. [43]

Pacientka sice byla suplementována vitamínem D, ale nikdy se nedostala nad referenční mez. Opět je hlavním důvodem změna ročního období a nedostatek slunečního záření. Ze začátku se hodnota v důsledku jara zvedla, ovšem po zimě měla zase nižší hodnotu, a to se dále opakovalo.

5.7 Kazuistika 4

Máme 61letou pacientku, která je sledována pro DLP, refluxní esophagitis a hiátovou hernii. Užívá léky Helicid, Prestarium, Sortis 20 a Femoralex. V přiložené tabulce můžeme sledovat vývoj naměřených hodnot:

Tabulka 43- výsledky měření [43]

Datum	9. 2. 15	19. 3. 15
Vitamín D (nmol/l)	49,3	64,7

Optimální hodnota vitamínu D pro daný věk je >75 nmol/l. [43]

Pacientka sice neužívala přímo vitamín D, ale její hodnota se zvýšila. V kazuistice jsme se dočetli, že užívá Femoralex, kdy 1 tableta obsahuje 200IU vitamínu D. Proto má nižší hodnotu, ale už se blíží k referenční mezi.

6 DISKUZE

Jak již bylo v práci zmíněno každý z vitamínů má více možností, jak lze stanovit.

U měření vitamínu A bylo testováno sedm pacientů.

Pacienti ve věku 1-15 let (pacient 1 a 4) nezapadají do referenčního rozmezí a bylo by vhodné tento problém řešit dodáváním tohoto vitamínu. U ostatních pacientů (5, 6 a 7) je možno tvrdit, že je jejich hodnota v pořádku a není potřeba léčba. Ovšem to neznamena, že by se dále neměli kontrolovat.

U pacientů ve věku 15-65 let (2 a 3) je zřejmé, že ani jeden z pacientů nezapadá do referenčního rozmezí a byla by doporučena častější kontrola a následně i možná terapie.

Léky, které jsou vydávány na recept pro léčbu nedostatku tohoto vitamínu jsou např. tobolky s obsahem 30.000 jednotek vitamínu A. Jako doplňky se mohou využít např. tablety Walmark Vitamin A, tekutý vitamin A 30 ml. Dále se zevně dá použít oční mast ViA-POS na lepší zvlhčení oka nebo mast Infadolan, která se používá na popáleniny I. stupně, jako prevence opruzenin, na drobné popáleniny nebo při léčbě suché kůže. [44]

U měření vitamínu E bylo testováno pět pacientů.

Ani jeden z pacientů ve věku 1-15 let jasně nezapadá do referenčního rozmezí. Dva pacienti (5 a 6) mají lehce zvýšenou hladinu, pacient 1 je lehce nad nimi, pacient 4 má podstatně vyšší hladinu a měla by se hledat příčina.

U pacienta 5 bylo předešlé měření provedeno 2. 1. 2019, kdy byla pacientovi naměřena hodnota vitamínu E 27, 7 $\mu\text{mol/l}$, takže od minule se hodnota naměřená v séru snížila, ovšem hodnota je pořád vysoká a nezapadá do referenčního rozmezí, proto se doporučuje pokračovat v terapii.

U pacienta 6 bylo předešlé měření provedeno 12. 9. 2018, kdy byla pacientovi zjištěna hodnota vitamínu E 23, 0 $\mu\text{mol/l}$, takže od minule se hodnota naměřená v séru snížila a již zapadá do referenčního rozmezí.

Pacient 2 je v rozmezí a zapadá do intervalu.

Předešlé měření bylo provedeno 25. 2. 2019, kdy byla pacientovi naměřena hodnota vitamínu E 11, 8 mmol/l , takže se od minule hladina naměřená v séru zvýšila, avšak pořád zapadá do referenčních mezích a pacient má hladinu v pořádku.

Vitamín E se používá při prevenci aterosklerózy. Snižuje podíl LDL cholesterolu, a naopak je zvýšený podíl HDL cholesterolu. Vitamín E má prokázaný účinek na nervový systém, kdy solidní výsledky nacházíme u Parkinsonovy nebo Alzheimerovy choroby. Dále se tento vitamín využívá u kožních potíží např. u akné (kde se kombinuje ještě se selenem), kožních vředů. Lokálně se používá k léčbě spálenin způsobených sluncem. [45]

Tento vitamín je možno zakoupit v lékárně bez lékařského předpisu. Dá se užít buď lokálně nebo vnitřně. Lokálně se využívá ve formě krému jako Vitamin E krém 2% Dr. Müller. Vnitřně se používá v různé síle buď 100, 200 nebo 400 mg. Jako lék se využívají např. tobolky Vitamin E 400 Zentiva, jako doplněk stravy např. v kapslích Generica Vitamin E 400. Kvůli jeho antioxidačnímu účinku je využíván jako součást mnoho preparátů. Častokrát doplňuje další vitamíny (vitamín A a C), dále koenzym Q10, omega 3 mastné kyseliny, selen a další. [45]

Z naměřených hodnot se dá určit, že u pacientů, u kterých jsme měřili vitamín A, nám obecně vycházely hodnoty, které nezapadají do referenčního intervalu. U vitamínu E byly hodnoty především nad referenčním rozmezím.

Ovšem k jakémukoliv závěru, který by hodnotil celou populaci, je naměřených pacientů málo.

Vitamín D je jedním z nejčastěji stanovovaných vitamínů, protože jeho nedostatek je celosvětově velice rozšířený. Příčinou může být nízký počet slunných dní, protože většina populace pracuje do večerních hodin v uzavřených prostorech, kam nepronikají sluneční paprsky.

Denní dávka vitamínu D pro zdravého jedince činní asi půl hodiny na slunci, stačí pouze vystavení předloktí nebo obličeje. V naší zeměpisné šířce je účinnost slunečního záření dostačující pouze od května do září. I u nerizikových jedinců by mělo docházet k suplementaci vitamínu D od podzimu do jara. [46]

Mezi zdroje vitamínu D patří především působení ultrafialového záření na kůži. Množství vitamínu, získané tímto způsobem je závislé na několika faktorech: v první řadě na délce slunění, dále na znečištění ovzduší, pigmentaci kůže (čím má člověk tmavší kůži, tím má nižší syntézu tohoto vitamínu), ročním obdobím, oblačností, míře ochrany pro UV záření (na opalovacích krémech a oblečení člověka). [46]

Léky vázané na recept jsou např. ve formě tobolek nebo kapek. Mezi léky, které nejsou vázané na recept patří např. žvýkací tablety Calcichew D3 nebo tablety Caltrate Plus. Ke zvýšení hladiny lze využít i různé potravinové doplňky, je možno využít velké množství preparátů, které mohou být jako součást některého kombinovaného přípravku (např. s multivitaminy, vápníkem nebo rybím tukem) nebo samotného vitamínu D. tento vitamín lze nalézt ve formě želatinových kapslí nebo kapek. Pro děti jsou na trhu dostupné multivitaminové sirupy (Pikovit). [46]

Léčba vitamínem C probíhá intravenózně při léčbě hypovitaminózy. Používá se buď Vitamin C-Injektapas 7,5 g koncentrát pro infuzní roztok (je schválené dávkování do 7,5 g/den) nebo Acidum ascorbicum Biotika injekční roztok (zde je schválené dávkování 500-1000mg/den). Při intravenózní léčbě se ale doporučují vyšší dávky 1-1,5 g/ kg hmotnosti/ den. [47]

7 ZÁVĚR

Na závěr práce bych chtěla uvést několik podstatných faktů: vitamíny jsou důležité látky a jejich přijímání v potravě je klíčové. Vitamíny jsou zásadní pro fungování lidského těla, hlavní je správná strava bohatá na všechny vitamíny.

Doporučený denní příjem vitamínů je velice individuální. Liší se u kojenců, malých dětí, dospívajících, dospělých či u seniorů. Např. pro těhotné ženy je zásadní dostatek kyseliny listové, protože nedostatečné množství může mít negativní účinky na plod. Tělo sportovců potřebuje větší množství, protože vyčerpává své zásoby mnohem rychleji.

Při nedostatku vitamínů se doporučuje užívat doplňky stravy bohaté na jednotlivé typy vitamínů. Je nezbytné jíst dostatek ovoce a zeleniny, dále kvalitně připravené rostlinné a živočišné produkty.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

1,25 (OH) ₂ D ₃	1,25- dihydroxyvitamin D ₃
25(OH)D ₂	25 - hydroxyvitamin D ₂
25(OH)D ₃	25- hydroxyvitamin D ₃
ALT	alaninaminotransferáza
AMP	adenosinmonofosfát
AST	aspartátaminotransferáza
ATP	adenosintrifosfát
DDD	denní doporučená dávka
EIA	enzyme immunoassay
FAD	flavinadenindinukleotid
FID	plamenový ionizační detektor
FMN	flavinmononukleotid
GC	plynová chromatografie
GC-MS	plynová chromatografie s hmotnostním spektrometrem
HPLC	vysokoúčinná kapalinová chromatografie
HPTLC	vysokoúčinná tenkovrstvá chromatografie
LC	kapalinová chromatografie
LC-MS	kapalinová chromatografie s hmotnostním spektrofotometrem
NAD	nikotinamidadenindinukleotid
NADP	nikotinamidadenindinukleotidfosfát
NMN	nikotinamidmononukleotid
PABA	kyselina paraaminobenzoová
PLP	pyridoxalfosfát
RBP	protein vázající retinol
SPE	extrakce tuhou fází
TDP	thiamindifosfát

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] MANDŽUKOVÁ, Jarmila. *Léčivá síla vitamínů, minerálů a dalších látek: praktický domácí rádce*. Benešov: Start, 2005. ISBN 8086231364.

[2] HLÚBIK, Pavol a Libuše OPLTOVÁ. *Vitamíny*. Praha: Grada, 2004. ISBN 8024703734.

[3] Hendrychová, T.AND Malý, J. Vitamíny a vybrané aspekty jejich stability a biologické dostupnosti pro lékařskou praxi. *Prakt. Lékař.*, 2013, vol. 9, iss. 1, p. 23-27. ISSN online 1803-5329.

[4] HYNIE, Sixtus. *Speciální farmakologie*. Díl VI, Hormony a vitamíny. 2. přeprac. vyd. Praha: Karolinum, 2002. ISBN 80-246-0416-7.

[5] J. VÁVROVÁ a V. Spěváčková. Vitamíny a stopové prvky – možnosti a úskalí analýz v biologických materiálech. *Fons: informační bulletin*. Pardubice: Stapro, 18(4) 2008. ISSN 1211-7137. dostupné z: <http://www.bulletinfons.cz/obsahy/42008.asp>

[6] VÁVROVÁ, Jaroslava. *Vitamíny a stopové prvky 2007*. Pardubice: SEKK, 2007. ISBN 9788025411711.

[7] MURRAY, Robert K. *Harperova Biochemie*. 23. vyd., (4. české vyd.), v H & H 3. Jinočany: H & H, 2002. Lange medical book. ISBN 80-7319-013-3.

[8] Vitamín A. *Moje chemie* [online]. 2011 [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: https://www.mojechemie.cz/Soubor:Vitamín_a.png

[9] ŠVIHOVEC, Jan, Jan BULTAS, Pavel ANZENBACHER, Jaroslav CHLÁDEK, Jan PŘÍBORSKÝ, Jiří SLÍVA a Martin VOTAVA, ed. *Farmakologie*. Ilustroval Miroslav BARTÁK. Praha: Grada Publishing, 2018. ISBN 978-80-247-5558-8.

- [10] URSELL, Amanda. *Vitamíny a minerály*. V Bratislavě: NOXI, 2004. Přírodní léčba. ISBN 80-89179-00-2.
- [11] RACEK, Jaroslav. *Klinická biochemie*. 2., přeprac. vyd. Praha: Galén, c2006. ISBN 8072623249.
- [12] MAQBOOL, Muhammad Amir, Muhammad ASLAM, Waseem AKBAR a Zubair IQBAL. Biological importance of vitamins for human health: A review. *Journal of agriculture and basic science*. 2017, 2(3). ISSN online 2518-4210.
- [13] Fajfrová, J. AND Pavlík, V. Vitamíny, jejich funkce a využití. *Solen*, 2013, vol. 10, iss. 2, p. 81-84. ISSN online 1803-5310.
- [14] Slimáková, M. Jaké vitamíny dětem doporučit a kdy. *Solen*, 2015, vol. 11, iss. 1, p. 29-33. ISSN online 1803-5264.
- [15] LEDVINA, Miroslav, Alena STOKLASOVÁ a Jaroslav CERMAN. *Biochemie pro studující medicíny*. Vyd. 2. V Praze: Karolinum, 2009. ISBN 9788024614151
- [16] LINCOVÁ, Dagmar a Hassan FARGHALI. *Základní a aplikovaná farmakologie*. 2., dopl. a přeprac. vyd. Praha: Galén, c2007. ISBN 978-80-7262-373-0
- [17] Vitamín D. *Moje chemie* [online]. [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: https://www.mojechemie.cz/Soubor:Vitamín_d.png
- [18] JOPP, Andreas. *Vitamíny a stopové prvky pro zdraví: optimalizace látkové výměny: význam pro imunitní a nervový systém: osobní program minerálních látek*. Praha: Eminent, 2014. ISBN 978-80-7281-489-3.

[19] MARTÍNKOVÁ, Jiřina. *Farmakologie pro studenty zdravotnických oborů*. 2., zcela přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada, 2018. ISBN 978-80-247-4157-4.

[20] Vitamín E. *Moje chemie* [online]. [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: https://www.mojechemie.cz/Soubor:Vitamín_e.png

[21] Vitamín K. *Moje chemie* [online]. [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: https://www.mojechemie.cz/Soubor:Vitamín_k.png

[22] KLOUDA, Pavel. *Základy biochemie*. 3. vyd. Ostrava: Pavko, 2013. ISBN 9788086369167.

[23] Thiamin. *Moje chemie* [online]. [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: <https://www.mojechemie.cz/Soubor:Thiamin.png>

[24] Vitamín B2. *Wikipedia* [online]. [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Vitam%C3%ADn_B2#/media/Soubor:Riboflavin.svg

[25] Niacin. *Moje chemie* [online]. [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: <https://www.mojechemie.cz/Soubor:Niacin.png>

[26] VLČEK, Jiří, Daniela FIALOVÁ a Magda VYTRÍŠALOVÁ. *Klinická farmacie*. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3169-8.

[27] Kyselina listová. *Moje chemie* [online]. [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: https://www.mojechemie.cz/Soubor:Kyselina_listova-folova.png

[28] Kyselina panthotenová. *Moje chemie* [online]. [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: https://www.mojechemie.cz/Soubor:Kyselina_panthotenova.png

- [29] Pyridoxin. *Moje chemie* [online]. [cit. 2020-03-25]. Dostupné z:
<https://www.mojechemie.cz/Soubor:Pyridoxin.png>
- [30] Vitamín H. *Moje chemie* [online]. [cit. 2020-03-25]. Dostupné z:
https://www.mojechemie.cz/Soubor:Vitamín_h.png
- [31] Vitamín B12. *Wikipedia* [online]. [cit. 2020-03-25]. Dostupné z:
https://cs.wikipedia.org/wiki/Vitam%C3%ADn_B12#/media/Soubor:Cyanocobalamin.svg
- [32] PERLÍK, František. *Základy farmakologie. 2., přeprac. a dopl. vyd.* Praha: Galén, c2011. Základy (Galén). ISBN 978-80-7262-759-2.
- [33] Vitamín C. *Moje chemie* [online]. [cit. 2020-03-25]. Dostupné z:
https://www.mojechemie.cz/Soubor:Vitamín_c.png
- [34] ZÁRUBA, Kamil. *Analytická chemie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 9788070809501.
- [35] *Potraviny - Stanovení vitamínu A metodou vysokoúčinné kapalinové chromatografie: ČSN EN 12823-1. Část 1, Stanovení all-trans-retinolu a 13-cis-retinolu*. Praha: Český normalizační institut, 2002. Česká technická norma.
- [36] *Potraviny - Stanovení vitamínu D metodou vysokoúčinné kapalinové chromatografie - Stanovení cholekalciferolu (D3) a ergokalciferolu (D2): ČSN EN 12821*. Praha: Český normalizační institut, 2002. Česká technická norma.
- [37] STACHOVÁ, Ivana. *Vitamín D a jeho stanovení v biologickém materiálu (rešeršní práce)*. Hradec Králové, 2013. Bakalářská práce. Univerzita Karlova,

Farmaceutická fakulta v Hradci Králové, Katedra analytické chemie. Vedoucí práce Solich, Petr.

[38] *Potraviny - Stanovení vitamínu E metodou vysokoúčinné kapalinové chromatografie - Stanovení α , β , γ a δ tokoferolů: ČSN EN 12822*. Praha: Český normalizační institut, 2002. Česká technická norma

[39] *Potraviny - Stanovení vitamínu K1 metodou HPLC: ČSN EN 14148*. Praha: Český normalizační institut, 2004. Česká technická norma.

[40] *Potraviny - Stanovení vitamínu B1 metodou HPLC: ČSN EN 14122*. Praha: Český normalizační institut, 2004. Česká technická norma.

[41] *Potraviny - Stanovení vitamínu B2 metodou HPLC: ČSN EN 14152*. Praha: Český normalizační institut, 2004. Česká technická norma.

[42] *Potraviny - Stanovení vitamínu C metodou HPLC: ČSN EN 14130*. Praha: Český normalizační institut, 2004. Česká technická norma.

[43] *Kazuistiky a stručné kapitoly z klinické biochemie / Richard Průša a kolektiv*. 1. Praha: Ústav klinické biochemie a patobiochemie, UK, 2. lékařská fakulta: Fakultní nemocnice Motol, 2009. ISBN 978-80-87347-01-0. "

[44] Vitamín A: Pro dobré vidění, ochranu před sluncem i pro podporu imunity / Lékárnické kapky. *Vše o lécích, lékárnách a lékárnících / Lékárnické kapky* [online]. Lékárnické kapky [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: <https://www.lekarnickekapky.cz/leky/lekove-interakce/vitamin-a.html>

[45] Vitamín E neboli "vitamín plodnosti" / Lékárnické kapky. *Vše o lécích, lékárnách a lékárnících / Lékárnické kapky* [online]. Lékárnické kapky [cit. 2020-05-

21]. Dostupné z: <https://www.lekarnickekapky.cz/leky/lekove-interakce/vitamin-e-vitamin-plodnosti.html>

[46] Vitamín D / Lékárnické kapky. *Vše o léčích, lékárnách a lékárnících / Lékárnické kapky* [online]. Lékárnické kapky [cit. 2020-05-21]. Dostupné z: <https://www.lekarnickekapky.cz/leky/lekove-interakce/vitamin-d-staci-synteza-vlivem-slunecniho-zareni.html>

[47] Vitamin C - intravenózní léčba vysokými dávkami, Státní ústav pro kontrolu léčiv. *Státní ústav pro kontrolu léčiv* [online]. [cit.2020-05-21]. Dostupné z: <http://www.sukl.cz/vitamin-c-intravenozni-lecba-vysokymi-davkami>

9 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Chemický vzorec retinolu... ..	17
Obrázek 2 Chemický vzorec kalciferolu	22
Obrázek 3 Chemický vzorec tokoferolu	25
Obrázek 4 Chemický vzorec fylochinonu.....	29
Obrázek 5 Chemický vzorec thiaminu	33
Obrázek 6 Chemický vzorec riboflavinu	37
Obrázek 7 Chemický vzorec niacinu	40
Obrázek 8 Chemický vzorec kyseliny listové	44
Obrázek 9 Chemický vzorec kyseliny pantotenové	47
Obrázek 10 Chemický vzorec pyridoxinu	50
Obrázek 11 Chemický vzorec biotinu... ..	52
Obrázek 12 Chemický vzorec kyanokobaltaminu	55
Obrázek 13 Chemický vzorec vitamínu C	58

10 SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1 Vybrané potraviny s obsahem retinolu	19
Tabulka 2 DDD vitamínu A	20
Tabulka 3 Vybrané potraviny s obsahem kalciferolu	24
Tabulka 4 Vybrané potraviny s obsahem vitamínu E	27
Tabulka 5 DDD vitamínu E	28
Tabulka 6 Vybrané potraviny s obsahem fylochinonu	32
Tabulka 7 DDD vitamínu K	32
Tabulka 8 Vybrané potraviny s obsahem thiaminu	35
Tabulka 9 DDD vitamínu B ₁	35
Tabulka 10 Vybrané potraviny s obsahem riboflavinu	39
Tabulka 11 DDD vitamínu B ₂	39
Tabulka 12 Vybrané potraviny s obsahem kyseliny nikotinové	42
Tabulka 13 DDD vitamínu B ₃	43
Tabulka 14 Vybrané potraviny s obsahem kyseliny listové	45
Tabulka 15 DDD kyseliny listové	46
Tabulka 16 Vybrané potraviny s obsahem kyseliny pantotenové	48
Tabulka 17 DDD kyseliny pantotenové	49
Tabulka 18 Vybrané potraviny s obsahem pyridoxinu	51
Tabulka 19 DDD vitamínu B ₆	51
Tabulka 20 Vybrané potraviny s obsahem biotinu	52
Tabulka 21 DDD biotinu	52
Tabulka 22 Vybrané potraviny s obsahem kyanokobaltaminu	57
Tabulka 23 DDD vitamínu B ₁₂	57
Tabulka 24 Vybrané potraviny s obsahem vitamínu C	60
Tabulka 25 DDD vitamínu C	61
Tabulka 26 Měření saturace organismu vitamínů	67
Tabulka 27 Orientační referenční mez retinolu	67

Tabulka 28 Orientační referenční mez vitamínu D	69
Tabulka 29 Orientační referenční mez vitamínu E	71
Tabulka 30 Orientační referenční mez vitamínu K.....	72
Tabulka 31 Orientační referenční mez vitamínu B ₁	73
Tabulka 32 Orientační referenční mez vitamínu B ₂	74
Tabulka 33 Orientační referenční mez vitamínu B ₃	74
Tabulka 34 Orientační referenční mez vitamínu B ₆	75
Tabulka 35 Orientační referenční mez vitamínu B ₇	76
Tabulka 36 Orientační referenční mez vitamínu B ₁₂	76
Tabulka 37 Orientační referenční mez vitamínu C.....	76
Tabulka 38 Naměřené hodnoty vitamínu A a E.....	79
Tabulka 39 Referenční rozmezí	80
Tabulka 40 Výsledky měření kazuitiky 1	80
Tabulka 41 Výsledky měření kazuitiky 1.....	80
Tabulka 42 Výsledky měření kazuitiky 1	81
Tabulka 43 Výsledky měření kazuitiky 1	82