

UNIVERZITA KARLOVA

FARMACEUTICKÁ FAKULTA V HRADCI KRÁLOVÉ

KATEDRA BIOLOGICKÝCH A LÉKAŘSKÝCH VĚD



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**NUTRIČNÍ PŘÍJEM VITAMINŮ U ŽEN
V DOBĚ GRAVIDITY**

Karolína Dvořáková

Vedoucí diplomové práce: doc. PharmDr. Miloslav Hronek, Ph.D.

HRADEC KRÁLOVÉ, 2023

Poděkování

Ráda bych poděkovala všem, kteří mi pomáhali při zpracování této diplomové práce. Především děkuji vedoucímu diplomové práce panu doc. PharmDr. Miloslavu Hronkovi, Ph.D. za ochotu, vstřícnost, odborné konzultace a cenné rady při vedení mé diplomové práce. Poděkovat bych chtěla také Mgr. Simoně Najpaverové za veškerou pomoc, kterou mi poskytla v oblasti výzkumu.

„Prohlašuji, že tato práce je mým původním autorským dílem. Veškerá literatura a další zdroje, z nichž jsem při zpracování čerpala, jsou uvedeny v seznamu použité literatury a v práci jsou řádně citovány. Práce nebyla použita k získání jiného nebo stejného titulu.“

V Hradci Králové 4. 4. 2023

Karolína Dvořáková

OBSAH

1. ABSTRAKT.....	6
2. ABSTRACT	7
3. ZADÁNÍ – CÍL PRÁCE.....	8
4. ÚVOD	9
5. TEORETICKÁ ČÁST	10
5.1 TĚHOTENSTVÍ.....	10
5.1.1 Fyziologie těhotenství.....	10
5.1.1.1 První trimestr	12
5.1.1.2 Druhý trimestr.....	13
5.1.1.3 Třetí trimestr	13
5.2 VÝŽIVA V OBDOBÍ TĚHOTENSTVÍ	14
5.3 VITAMINY.....	15
5.3.1 Vitaminy rozpustné v tucích.....	15
5.3.1.1 Vitamin A	16
5.3.1.2 Karotenoidy	21
5.3.1.3 Vitamin D	24
5.3.1.4 Vitamin E.....	30
5.3.1.5 Vitamin K	35
5.4 PŘEHLED DOPORUČENÝCH DÁVEK LIPOFILNÍCH VITAMINŮ.....	36
5.5 PŘEHLED HRANIČNÍCH DÁVEK LIPOFILNÍCH VITAMINŮ.....	37
6. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	39
6.1 METODIKA HODNOCENÍ VÝŽIVY TĚHOTNÝCH ŽEN.....	39
6.1.1 Období gravidity	39
6.1.2 Pozorované ženy	40
6.1.3 Dotazníkové šetření	40
6.1.4 Hmotnosti potravin	41
6.1.5 Program na výživu NutriDan.....	42
6.1.6 Statistické vyhodnocení dat	43
6.1.7 Limity studie.....	44
6.2 VÝSLEDKY	45
6.2.1 Antropometrické parametry	45

6.2.2	Nutriční příjmy	46
6.2.2.1	Příjem vitamínu A.....	49
6.2.2.2	Příjem karotenoidů.....	51
6.2.2.3	Příjem vitamínu D.....	53
6.2.2.4	Příjem vitamínu E	56
7.	DISKUSE.....	58
8.	ZÁVĚR.....	65
9.	POUŽITÉ ZKRATKY	66
10.	SEZNAM TABULEK.....	67
11.	SEZNAM GRAFŮ	68
12.	SEZNAM PŘÍLOH	69
13.	POUŽITÁ LITERATURA.....	72

1. ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá problematikou nutričního příjmu lipofilních vitaminů u gravidních žen. Cílem práce je zanalyzovat příjem lipofilních vitaminů u vybrané skupiny českých těhotných žen v rámci tří pozorovaných období gravidity. Následně tyto hodnoty porovnat s doporučenými příjmy platnými v České republice a navrhnout případnou optimalizaci příjmu.

Od února 2021 do ledna 2022 byl hodnocen nutriční příjem u celkem 24 českých těhotných žen z Hradce Králové, ve věku 24–37 let, a to v rámci tří pozorovaných období gravidity. Těhotné ženy každý týden odevzdávaly vyplněné dotazníky, do kterých zaznamenávaly denní příjmy potravin a tekutin včetně jejich množství. Odevzdané dotazníky byly následně vyhodnocovány výživovým programem NutriDan a výsledky byly statisticky zpracovány programem Microsoft Excel. Získané hodnoty denních příjmů těhotných žen byly porovnány s doporučenými denními příjmy lipofilních vitaminů platnými v České republice.

Zásadním zjištěním studie je, že příjmy lipofilních vitaminů pozorované u gravidních žen, se mezi jednotlivými dny v týdnu ani mezi jednotlivými obdobími gravidity statisticky významně nelišily. Doporučenému dennímu příjmu se pozorované těhotné ženy nejvíce přiblížily v rámci příjmu karotenoidů a vitamínu E. Naopak nejméně bylo doporučených denních příjmů dosahováno u vitamínu A a vitamínu D.

České těhotné ženy by měly přijímat více lipofilních vitaminů ve stravě, zejména pak vitamínu D a s opatrností i vitamínu A, které mají tendenci být přijímány v nedostatečném množství. Díky vlastnosti lipofilních vitaminů kumulovat se ve tkáních, by z hlediska krátkodobého nedostatečného příjmu nemělo pozorovaným ženám hrozit riziko nežádoucích projevů. V rámci správného průběhu těhotenství a vývoje plodu je však na místě optimalizovat příjmy vitaminů.

Klíčová slova: těhotenství, výživa, lipofilní vitaminy, doporučený denní příjem.

2. ABSTRACT

The diploma thesis deals with the issue of nutritional intake of lipophilic vitamins in pregnant women. The objective of the thesis is to analyze the intake of lipophilic vitamins in a selected group of Czech pregnant women within the three observed periods of pregnancy. Subsequently to compare these values with the recommended intakes, which are valid in the Czech Republic, and propose a possible optimization of intake.

From February 2021 to January 2022 was evaluated the nutritional intake a total of 24 Czech pregnant women from Hradec Králové, at the age range 24–37 years, within the three observed periods of pregnancy. Pregnant women handed over filled in questionnaires every week, which recorded their daily intake of food and liquids, including their amount. Subsequently, the filled-in questionnaires were evaluated by the NutriDan nutrition program and the results were statistically processed by the Microsoft Excel program. The obtained values of daily intakes of pregnant women were compared with the recommended daily intakes of lipophilic vitamins, which are valid in the Czech Republic.

The crucial finding of the thesis is that the intakes of lipophilic vitamins in observed pregnant women are not statistically significantly different between individual days of the week or between individual periods of pregnancy. In the case of the recommended daily intake, came the observed pregnant women closest to them in the intake of carotenoids and vitamin E. Conversely, the lowest recommended daily intakes were achieved for vitamin A and vitamin D.

Czech pregnant women should take more lipophilic vitamins in their food, especially vitamin D, and with caution also vitamin A, which tends to be taken in insufficient amounts. Due to features of lipophilic vitamins accumulating in tissues, from the point of view of short-term insufficient intake, the observed women should not be at risk of undesirable manifestations. As part of the correct course of pregnancy and development of the fetus is appropriate to optimize intakes of vitamins.

Keywords: pregnancy, nutrition, lipophilic vitamins, recommended daily intake.

3. ZADÁNÍ – CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce je řešit problematiku nutričního příjmu lipofilních vitaminů u vybrané skupiny českých těhotných žen z Hradce Králové.

U shromážděných dat zanalyzovat, zda existuje statisticky významný rozdíl v příjmu lipofilních vitaminů mezi jednotlivými dny v týdnu a dále mezi jednotlivými pozorovanými obdobími gravidity. Následně porovnat denní příjmy těhotných žen s doporučenými denními příjmy platnými pro Českou republiku.

Na základě zjištěných skutečností navrhnout vhodná doporučení pro optimalizaci nutričního příjmu lipofilních vitaminů pro ženy v období těhotenství.

4. ÚVOD

Těhotenství představuje významné období pro organismus ženy, který je vystaven celé řadě změn s jediným cílem – přivést na svět nový život.

Mateřská děloha představuje první prostředí, kterému je vyvíjející se plod vystaven. Během intrauterinního života je plod obzvláště zranitelný, a je proto na místě, věnovat tomuto období značnou pozornost.

Existuje řada faktorů, pomocí kterých se můžeme podílet na zajištění optimálního průběhu těhotenství. Jednou z možností, která může významným způsobem přispět k zajištění správného průběhu těhotenství, eliminaci rizik a komplikací, přípravě těla na porod a kojení, podpoření správného vývoje plodu a postavení základních pilířů pro budoucí zdraví dítěte, je vhodné stravování.

Vhodné stravování představuje velmi široký pojem přesahující rámec této diplomové práce. Naše pozornost bude zaměřena na jednu z nedílných a významných složek stravy – lipofilní vitaminy.

Tělo ženy má v období těhotenství zvýšené nároky na příjem živin, které je vhodné naplňovat. Tato diplomové práce se zaměřuje na potřebu a přínos příjmu lipofilních vitaminů pro ženy v období těhotenství. Definuje doporučené denní příjmy a vymezuje bezpečné hranice, které by při denním příjmu neměly být překročeny, aby se předešlo riziku nežádoucích projevů. Rovněž poukazuje na odlišnosti požadovaného příjmu mezi těhotnými a netěhotnými ženami.

Teoretická část se zabývá tématem těhotenství a lipofilních vitaminů z hlediska jejich základní charakteristiky, zdrojů příjmů, funkce a významu se zaměřením na těhotenství, doporučených příjmů a nežádoucích projevů pramenících z nedostatečného nebo nadbytečného příjmu.

Experimentální část hodnotí nutriční příjmy lipofilních vitaminů pozorovaných těhotných žen za tři období gravidity a výsledky konfrontuje s poznatky uvedenými v části teoretické.

5. TEORETICKÁ ČÁST

Teoretická část diplomové práce zahrnuje dva tematické celky. První část se věnuje tématu těhotenství se zaměřením na fyziologické změny odehrávající se v těle těhotné ženy a popisuje jednotlivé fáze těhotenství z hlediska vývoje plodu. Druhá část se zabývá tématem lipofilních vitaminů, jejich rolí v lidském organismu včetně aktuálně platných doporučení příjmu pro těhotné i netěhotné ženy.

5.1 TĚHOTENSTVÍ

Těhotenství představuje období významných anatomických a fyziologických změn v těle těhotné ženy, s cílem zvládnout zvýšené fyzické a metabolické nároky organismu během tohoto období. Řada orgánových systémů prochází důležitými fyziologickými změnami a adaptacemi potřebnými k tomu, aby umožnily správný vývoj plodu a zajistily bezpečný porod (Tan a Tan, 2013).

5.1.1 Fyziologie těhotenství

Těhotenství zahrnuje období trvající přibližně 40 týdnů, které dělíme na první trimestr (dále jen „T1“), druhý trimestr (dále jen „T2“) a třetí trimestr (dále jen „T3“). Jednotlivé týdny se počítají od prvního dne poslední menstruace až do porodu (Pascual a Langaker, 2022).

Vysoké metabolické nároky těhotenství vyžadují specifické změny téměř všech orgánových systémů včetně kardiovaskulárního, hematologického, respiračního, gastrointestinálního, renálního a endokrinního. Níže popsané fyziologické změny jsou srovnávány se stavem před otěhotněním. Během poporodního období se mnoho z těchto změn vrací zpět do normálu (Kazma et al., 2020).

Změny v kardiovaskulárním systému zahrnují ku příkladu mírnou tachykardii a periferní edém, posun srdce do levé horní části hrudníku v důsledku zvedající se bránice nebo zvětšení svalové stěny levé komory, jako přizpůsobení se zvýšenému objemu krve. Dále zvýšení srdečního výdeje na začátku těhotenství, který dosahuje svého vrcholu počátkem T3. Zvýšené prokrvení dělohy a placenty s vrcholem

v T3. Kolísání tlaku krve a výrazná hypotenze (vleže, kolem období porodu) v důsledku komprese velkých cév gravidní dělohou (Kazma et al., 2020).

Hematologické změny zahrnují zvýšení objemu plazmy, s cílem vyhovět vyšším potřebám placenty a plodu. Nárůst je patrný již mezi 6.–8. týdnem těhotenství s vrcholem ve 32. týdnu. V T1 se zvyšuje objem plazmy přibližně o 15 %, který během následujících trimestrů dále narůstá. Průměrný nárůst objemu krve se pohybuje kolem 50 %, což slouží, mimo jiné, jako ochrana velkých objemových ztrát krve během porodu (Soma–Pillay et al., 2016).

Těhotenství je hyperkoagulačním stavem, což může rovněž přispívat ke snižování krevních ztrát při porodu. Těhotné ženy jsou však vystaveny zvýšenému riziku žilního tromboembolismu jak v těhotenství, tak v poporodním období (Kazma et al., 2020).

Změnami v respiračním systému jsou zvýšený dechový objem až o 50 % a dušnost, která je v těhotenství běžným projevem a v T3 se vyskytuje až u 70 % žen (Kazma et al., 2020).

Gastrointestinální změny se projevují pálením žáhy, nevolností a zvracením, které lze přičíst sníženému pH žaludeční sekrece a sníženému tonusu dolního jícnového svěrače v důsledku působení progesteronu. Nevolnost a zvracení jsou běžné u přibližně 80 % těhotných žen. Mohou se projevit již ve 2. týdnu a trvat až do T2, v některých případech až do porodu. Zvýšené hladiny progesteronu a estrogenu rovněž způsobují relaxaci hladkého svalstva v trávicím traktu, která často vede k zácpě a nadýmání (Kazma et al., 2020; Mockridge a Maclennan, 2022).

Renální systém zahrnuje změny jako je glomerulární hyperfiltrace ledvin, která se na konci T1 zvyšuje asi o 80 % a později klesá. Analýza moči v těhotenství může prokázat glykosurii, která vždy vyžaduje vyšetření na gestační diabetes mellitus (Soma–Pillay et al., 2016).

Endokrinní systém zahrnuje převážně metabolické změny nezbytné pro uspokojení požadavků rostoucího plodu a placenty. Do T3 se bazální metabolismus navyšuje o 20 %. V rámci T1 je podporována syntéza lipidů a zvyšuje se zásoba tuku. Jako optimální nárůst tělesné hmotnosti v těhotenství se uvádí hodnota 10–15 kg. Během T3 využívá těhotná žena uložený tuk k výrobě energie. Mastné kyseliny

a glycerol slouží jako výživové palivo pro ženu, zatímco glukóza a aminokyseliny jsou přednostně využívány plodem (Kazma et al., 2020).

Prsy se již během těhotenství připravují na laktaci. Ve 20. týdnu jsou mléčné žlázy, díky stimulaci prolaktinem, plně vyvinuté a připravené k produkci mléka, která je zatím inhibována vysokou hladinou estrogenu a progesteronu. V T3 a poté rychle po porodu jejich hladiny klesají, což umožňuje produkci mléka (Alex, Bhandary a McGuire, 2020).

Velmi důležitou roli během těhotenství sehraává placenta. Jedná se o dočasný orgán vznikající ve 4. týdnu těhotenství (Cyprian et al., 2019). Zpočátku byla vnímána jako ochranná bariéra na rozhraní matka-plod. V 60. letech 20. století však lékaři začali objevovat schopnost transportu látek přes placentu z matky na plod a naopak. Přestože se mateřská a fetální krev nikdy nepotkají, mnoho živin, odpadních produktů a dalších molekul může přes placentu procházet (Kazma et al., 2020).

Jednou z jejích významných úloh je umožnit živinám dostat se přes pupeční šňůru k vyvíjejícímu se plodu. Hlavní funkcí je zásobovat plod a zejména mozek plodu kyslíkem, živinami a protilátkami z krve a odvádět odpadní látky plodu zpět do krve těhotné ženy, aby se jich tělo mohlo zbavit (Burton a Fowden, 2015; Zalitis et al., 2022).

Mezi její další role patří také hormonální produkce. Placenta produkuje některé hormony, jako je estrogen a progesteron, vylučuje svou formu růstového hormonu a syntetizuje hormon uvolňující kortikotropin, které jsou potřebné během těhotenství. Zpočátku vytvářejí energetické rezervy a poté je uvolňují, aby podpořily růst plodu (Burton a Fowden, 2015; Kazma et al., 2020).

5.1.1.1 První trimestr

T1 zahrnuje časové období mezi 1.–13. týdnem těhotenství, během kterého se oplodněné vajíčko postupně mění na plod o velikosti okolo 7 cm a hmotnosti přibližně 23 g (Pascual a Langaker, 2022).

1. týden těhotenství se začíná počítat od prvního dne poslední menstruace, tedy ještě před početím. Ke konci 2. týdne splyne spermie se zralým vajíčkem a dochází k oplodnění (Pascual a Langaker, 2022). V děloze, vlivem progesteronu, roste nová bohatě prokrvená sliznice, v níž se vajíčko uhnízdí a nastává období, které

označujeme jako embryogeneze. Od 4. týdne začíná vývoj placenty, pupečníku a ochranných blán a embryo tak může čerpat živiny z těla těhotné ženy (Wilhelmová et al., 2021).

V dalších týdnech se začínají formovat základy pro zrak a sluch. Na počátku je rovněž vývoj srdce, ledvin, trávicí, kosterní a svalové soustavy. Během 6. týdne je možné již identifikovat základ tepajícího srdce embrya s vlastním krevním oběhem. V dalších týdnech vznikají základy všech orgánů, včetně mozku a míchy, formuje se zrak, sluch i čich (Mockridge a Maclennan, 2022; Wilhelmová et al., 2021).

V 9. týdnu těhotenství období embryogeneze končí a začíná období fetální. Od 10. gestačního týdne již nemluvíme o embryu, ale začínáme hovořit o plodu. Koncem 12. týdne se v ledvinách začíná produkovat a vylučovat moč, čímž se podpoří tvorba plodové vody (Kazma et al., 2020).

5.1.1.2 Druhý trimestr

Období T2 zahrnuje 14.–27. týden těhotenství. Ve 14. týdnu začíná být u plodu patrné pohlaví. Oběhový systém je poměrně dobře vyvinutý již kolem 15. týdne těhotenství. Plod je schopen slyšet první zvuky, kterými jsou hlas těhotné ženy a tlukot jejího srdce (Wilhelmová et al., 2021). První pohyby plodu, které je již možné pocítit, lze zaznamenat v 16. týdnu. Kostí se postupně zpevňují, dochází k ukládání tuku a pokračuje vývoj mozku. Střeva, ledviny a vylučovací systém pracují, plod se poprvé pokouší nadechnout (Pascual a Langaker, 2022). V 18. týdnu se rovněž vytváří specifický otisk prstu. Začátkem 20. týdne má mozek již všechny nervové buňky. Týden 21. představuje dovršení organogeneze. Do konce těhotenství se orgány plodu dále zdokonalují a začínají plnit svoji funkci. 24. týden je hranicí, od které je plod již schopen přežít, pokud by došlo k předčasnému porodu, jelikož všechny důležité orgánové systémy jsou vyvinuty (Wilhelmová et al., 2021).

5.1.1.3 Třetí trimestr

T3 je poslední fází těhotenství a zahrnuje 28.–40. týden včetně porodu. Dynamika růstu plodu je v tomto období nejvyšší (Zielińska et al., 2017). Ve 28. týdnu začíná rozhodující fáze vývoje mozkové kůry. Okolo 30. týdne vrcholí pohybová aktivita plodu. Ve 31. týdnu se v plicích tvoří surfaktant, jedná se o bílkovinu, která pomáhá

rozvoji plic po porodu. K ustálení polohy plodu v děloze dochází mezi 33.–36. týdnem těhotenství. Od 37. týdne je zakončen veškerý důležitý vývoj plodu, který od této fáze pouze přibývá na tělesné hmotnosti. Zralý plod ve 40. týdnu těhotenství dosahuje délky až 51 cm a váží přibližně 3,5 kg (Kazma et al., 2020; Pascual a Langaker, 2022).

Porod je zakončením T3 a zahrnuje tři porodní doby. Během první a současně nejdelší doby porodní, také označované jako otevírací, začíná těhotná žena pociťovat pravidelné kontrakce, rodidla se otevírají a zpravidla odtéká plodová voda (případně dříve). Tato fáze končí v momentě otevření porodních cest na 10–12 cm. Druhá doba porodní zahrnuje vlastní porod, tedy vědomé vytlačování dítěte z dělohy plně otevřenými porodními cestami, za doprovodu intenzivních kontrakcí. Druhá fáze končí narozením dítěte. Třetí doba porodní je nejkratší a zahrnuje bezbolestné kontrakce podporující vypuzení placenty a plodových obalů (Kovář, 2019; Wilhelmová et al., 2021).

Porod před 37. týdnem těhotenství se označuje jako předčasný (Rumbold et al., 2015).

5.2 VÝŽIVA V OBDOBÍ TĚHOTENSTVÍ

Výživa je důležitou součástí zdraví a vývoje (WHO, 2016). V těhotenství je vhodná strava rozhodující nejen pro zdraví těhotné ženy, bezpečnější těhotenství a porod, ale také pro správný vývoj plodu a zdraví dítěte i v pozdějším období života (Zieliňská et al., 2017).

Výživová doporučení pro těhotné a netěhotné ženy se liší, vzhledem ke zvýšeným nutričním požadavkům organismu během těhotenství. Cílem je podpořit veškeré změny, které se v průběhu těhotenství v těle ženy odehrávají a připravit tělo na porod a kojení. Požadovaného nutričního příjmu lze dosáhnout pestrou a vyváženou stravou nebo vhodnou suplementací (tj. podávání farmakologických přípravků ve formě kapslí, tablet nebo injekcí) (FAO/WHO, 2001).

Nevhodné stravování může naopak představovat riziko vzniku patologických změn v těle těhotné ženy, které mohou mít celoživotní následky pro budoucího potomka (Hronek, 2006; Jouanne et al., 2021).

5.3 VITAMINY

Vitaminy jsou po chemické stránce velmi různorodou skupinou látek, kterou společně s minerálními látkami řadíme mezi tzv. mikroživiny. Tyto mikroživiny tělo potřebuje pouze ve velmi malých množstvích, ale jejich role je pro správnou funkci organismu zcela zásadní (Fajfrová, 2011; WHO, 2016).

Vitaminy se v organismu podílejí na celé řadě významných procesů, především na úrovni buněčné, biochemické a metabolické. Hrají důležitou roli z hlediska správného růstu, vývoje a funkcí řady orgánů i celého organismu (Fajfrová, 2011).

Jelikož jsou vitaminy látkami převážně esenciálními, které si náš organismus nedokáže sám vytvořit, zůstává jejich významným zdrojem vyvážená strava (Hronek, 2006). Nedostatečný příjem vitaminů může vést ke stavům jako je hypovitaminóza (tj. onemocnění zapříčiněné částečným nedostatkem vitaminu v organismu) nebo avitaminóza (tj. onemocnění zapříčiněné úplným nedostatkem vitaminu v organismu). Naopak nadbytečný příjem může vyústit v hypervitaminózu (tj. onemocnění vznikající v důsledku přílišného množství vitaminu v organismu) (Fajfrová, 2011; Griffiths, 2020; Sinha 2003).

Významným kritériem, podle kterého můžeme vitaminy dělit, je dle jejich rozpustnosti. Rozlišujeme dvě skupiny vitaminů – vitaminy rozpustné v tucích, které označujeme jako lipofilní a vitaminy rozpustné ve vodě, které označujeme jako hydrofilní (Morris a Mohiuddin, 2022). V rámci této diplomové práce se budeme zabývat pouze lipofilní skupinou vitaminů.

5.3.1 Vitaminy rozpustné v tucích

Společným znakem této skupiny vitaminů je jejich rozpustnost v tucích neboli lipofilita. Aby mohly být lipofilní vitaminy správně vstřebány a využity organismem, je nutné začlenit do jídelníčku potraviny s obsahem tuků (Hronek, 2004). Ideální volbou jsou zdravé tuky obsažené v avokádu, olivovém oleji, rybách, ořechách, semínkách, vejcích nebo tmavé čokoládě (Skála a Nevečeřalová, 2022).

Vstřebávání může být narušeno při kriticky nízkém obsahu tuků v potravě (tj. méně než 5,0–10,0 g/den), nebo u stavů, které trávení a vstřebávání tuků ovlivňují

(např. onemocnění slinivky břišní, jater, časté gastroenteritidy apod.) (Batos Maia et al., 2019).

Rozpustnost v tucích umožňuje těmto vitaminům se v těle snadno akumulovat (zejména v tukové tkáni a játrech). To může na jednu stranu představovat výhodu, protože dočasný nedostatek v příjmu není spojen s klinickými příznaky, na druhou stranu může hrozit riziko toxicity při jejich nadužívání (Carazo et al., 2021).

Mezi lipofilní vitaminy řadíme vitamin A, D, E a K. Pozornost bude věnována i prekurzorům vitaminu A – karotenoidům (Morris a Mohiuddin, 2022). Jednotlivé látky jsou detailněji popsány v následujících podkapitolách z hlediska jejich základní charakteristiky, zdrojů příjmu, významu pro lidský organismus se zaměřením na jejich roli v těhotenství, doporučeného příjmu, vymezení nedostatečného a nadbytečného příjmu včetně projevů.

Doporučené denní dávky (dále jen „DDD“) všech uvedených vitaminů vychází z publikace Společnosti pro výživu v podobě tzv. dávek DACH (doporučení převzatá pro ČR, vycházející z doporučených příjmů živin v Německu, Rakousku a Švýcarsku, dále jen „DACH“), dále Světové zdravotnické organizace (World Health Organization, dále jen „WHO“), Organizace pro výživu a zemědělství Spojených národů (Food and Agriculture Organization of the United Nations, dále jen „FAO“), Evropského úřadu pro bezpečnost potravin (European Food Safety Agency, dále jen „EFSA“) a Univerzity spojených národů (The United Nations University, dále jen „UNU“).

Je nutné brát v potaz, že veškerá doporučení jsou obecně platná pro zdravou populaci a nepředstavují individuální doporučení na míru jednotlivce, jelikož vychází ze zpracování skupinových dat, nikoliv individuálních (EFSA, 2019; Pilz et al., 2018).

5.3.1.1 Vitamin A

Základní charakteristika

Vitamin A je označení pro skupinu sloučenin, které se vyznačují podobnou strukturou a podobnými fyziologickými funkcemi v organismu (Carazo et al., 2021).

Lidské tělo není schopné si vitamin A samo syntetizovat, a proto je nezbytný jeho příjem potravou. Do organismu lze vitamin A dodávat jak z živočišných zdrojů ve formě retinoidů, tak z rostlinných zdrojů ve formě karotenoidů, přičemž absorpce

z živočišných zdrojů je podstatně vyšší, než ze zdrojů rostlinných (Carazo et al., 2021; Hronek, 2004)

Retinoidy jsou konkrétní formy vitamínu A, mezi které řadíme retinol a jeho blízké deriváty. Karotenoidy jsou prekurzory vitamínu A, ze kterých se v těle retinol tvoří (Hronek, 2004). V rámci této podkapitoly se budeme zabývat retinoidy, které budeme souhrnně označovat jako vitamin A. Téma karotenoidů je detailněji probráno v podkapitole 5.3.1.2.

Zdroje příjmu

Jedním z nejbohatších zdrojů vitamínu A jsou oleje z rybích jater (např. olej z tresčích nebo žraločích jater obsahuje až 75 mg vitamínu A na 100 g oleje). Rovněž játra hospodářských zvířat patří mezi jedny z nejvýznamnějších zdrojů tohoto vitamínu (Carazo et al., 2021).

Ostatní zdroje jako jsou vejce, mléko a mléčné výrobky (např. máslo, jogurty a sýry), maso a masné výrobky obsahují poměrně malá množství vitamínu A. V tomto případě je vhodné zajistit dostatečný příjem karotenoidů v podobě ovoce a zeleniny (Společnost pro výživu, 2019).

Význam v graviditě

Během T1 postupně klesá koncentrace retinolu v plazmě a normálních hodnot dosahuje opět před porodem. Retinoidy cirkulující v těle těhotné ženy proto prostupují přes placentu k plodu právě v rámci T1, kdy je jejich koncentrace nejvyšší. Později si je plod dokáže syntetizovat sám (Carazo et al., 2021).

V těhotenství dochází ke zvýšení nutričních požadavků na vitamin A ze strany matky a jejího dítěte zejména v T2 a T3, kvůli zrychlenému vývoji plodu v této fázi (např. vývoj a zrání plic) (Společnost pro výživu, 2019).

Vitamin A hraje klíčovou roli pro správné fungování mnoha fyziologických funkcí (Carazo et al., 2021). Široká škála procesů, na kterých se vitamin A podílí jak v těle těhotné ženy, tak vyvíjejícího se plodu zahrnuje: buněčný růst a diferenciaci, vývoj rohovky a spojivky, fungování imunitního systému a posílení obranyschopnosti, růst a zrání fetálních orgánů, tvorbu centrálního nervového systému a vývoj kostí (WHO, 2011). Působí jako kofaktor mnoha enzymatických procesů (Carazo et al., 2021).

Má ochranný účinek na kůži a sliznici, přispívá k růstu vlasů, zubů a vývoji reprodukčních orgánů. Má vliv na krvetvorbu, moduluje metabolismus železa a zvyšuje koncentraci hemoglobinu (Bastos Maia et al., 2019).

Doporučený denní příjem

Adekvátní příjem vitamínu A má zásadní význam pro zdraví těhotné ženy a správný vývoj plodu (Bastos Maia et al., 2019). Nedostatek, stejně jako nadbytek, může představovat vážný zdravotní problém (Carazo et al., 2021).

Tabulka č. 1 uvádí DDD pro netěhotné ženy v reprodukčním věku (15–49 let) a DDD pro ženy v období gravidity. V tabulce č. 2 jsou shrnuty maximální bezpečné dávky pro těhotné ženy, tedy takové, u kterých se neočekává riziko nepříznivých zdravotních účinků. Maximální dávky nepředstavují doporučenou úroveň příjmu a při navýšení příjmu nad tuto hranici se zvyšuje riziko nežádoucích účinků (EFSA, 2019).

Tabulka č. 1 Doporučené denní dávky vitamínu A

DDD vitamínu A (mg/den)	DACH	FAO/WHO	FAO/WHO/UNU	EFSA
Netěhotné ženy	0,9 (15–18let)	0,27 (průměrná potřeba)	0,8	0,65
	0,8 (19–49let)	0,5 (doporučená dávka)		
Těhotné ženy	1,1 (od 4.měsíce těhotenství)	0,37 (průměrná potřeba) 0,8 (doporučená dávka, od T3)	1,0	0,7

Vysvětlivky: **DACH** – doporučené příjmy živin vydávané Společnostmi pro výživu v Německu, Rakousku a Švýcarsku, **DDD** – doporučená denní dávka, **EFSA** – Evropský úřad pro bezpečnost potravin (European Food Safety Agency), **FAO** – Organizace pro výživu a zemědělství Spojených národů (Food and Agriculture Organization of the United Nations), **T3** – třetí trimestr těhotenství, **UNU** – Univerzita spojených národů (The United Nations University) **WHO** – Světová zdravotnická organizace (World Health Organization)

Zdroje: EFSA (2019), FAO/WHO (2004), FAO/WHO/UNU (1981), Společnost pro výživu (2019)

Tabulka č. 2 Maximální bezpečné dávky vitamínu A

Maximální dávky vitamínu A (mg/den)	DACH	WHO	FAO/WHO/UNU	EFSA
Těhotné ženy	1,5 (rizikové ženy) 3,0 (ženy bez rizika)	3,0 (od 60.dne)	neuvedeno	3,0

Vysvětlivky: **DACH** – doporučené příjmy živin vydávané Společnostmi pro výživu v Německu, Rakousku a Švýcarsku, **EFSA** – Evropský úřad pro bezpečnost potravin (European Food Safety Agency), **FAO** – Organizace pro výživu a zemědělství Spojených národů (Food and Agriculture Organization of the United Nations), **UNU** – Univerzita spojených národů (The United Nations University), **WHO** – Světová zdravotnická organizace (World Health Organization)

Zdroje: EFSA (2019), FAO/WHO/UNU (1981), Společnost pro výživu (2019), WHO (2011)

Dle Společnosti pro výživu by těhotné ženy měly přijímat zhruba o jednu třetinu více vitamínu A než ženy netěhotné. Jako bezpečnou horní hranici příjmu pro těhotné ženy uvádí 3,0 mg/den, přičemž u žen se zvýšeným rizikem osteoporózy a fraktur kostí se nedoporučuje přijímat víc než 1,5 mg/den. FAO/WHO poskytuje informace jak o průměrné potřebě, tak o DDD vitamínu A. Rovněž zmiňuje existenci zvýšené potřeby vitamínu A během těhotenství, která má být omezena na T3. Dle WHO je maximální dávka 3,0 mg/den považována za bezpečnou až po prvních 60 dnech těhotenství.

Nedostatečný příjem

Dle WHO je nedostatek definován jako tkáňová koncentrace dostatečně nízká na to, aby měla nepříznivé zdravotní následky (FAO/WHO, 2004). Takového stavu je u vitamínu A dosaženo při poklesu plazmatické hladiny retinolu pod 0,52 μmol nebo při poklesu jaterní koncentrace pod 5,0–20,0 $\mu\text{g/g}$ (Carazo et al., 2021). EFSA uvádí jako minimální požadavek příjmu vitamínu A k udržení normální zrakové funkce 0,3 mg u dospělých, které však nemusí pokrýt další funkce závislé na vitamínu A (EFSA, 2015).

Příčinou nedostatku může být buďto nedostatečný příjem potravou, nebo malabsorpce lipidů při chronických onemocněních (např. cirhózy, chronické průjmy, Crohnova choroba, celiakie, pankreatické insuficience, insuficience žlučových cest a další) (Carazo et al., 2021). Nedostatek se může objevit také při častých infekčních

onemocněných. V těhotenství je nedostatek vitamínu A nejčastější v T3, v důsledku zvýšeného objemu krve a zrychleného vývoje plodu (WHO, 2011).

Jedním z prvních příznaků nedostatku vitamínu A je šeroslepost, která může v extrémních případech vést až k rozvoji slepoty (Společnost pro výživu, 2019). Dlouhodobý nedostatek je spojen s diabetem mellitem a gestačním diabetem, s narušením spermatogeneze, s negativním vlivem na funkci a strukturu ledvin dítěte, nenormálním vývojem vnitřního ucha a rizikem ztráty sluchu u potomků, se změnami bronchorespiračního epitelu v dýchacím systému a zvýšenou náchylností k infekcím (Bastos Maia et al., 2019).

Jelikož vitamin A zasahuje do metabolismu železa, má jeho nedostatek přímý dopad na poruchy syntézy a metabolismu hemu vedoucí k anémii (Carazo et al., 2021).

V rozvinutých zemích je nedostatek vitamínu A spíše výjimkou. Značně rozšířený je převážně v zemích rozvojových (zejména v subsaharské Africe a jižní Asii), kde představuje hlavní příčinu slepoty a dětské úmrtnosti (Carazo et al., 2021; Společnost pro výživu, 2019).

V rozvinutých zemích se rutinní suplementace během těhotenství nedoporučuje (Bastos Maia et al., 2019). V oblastech, kde je nedostatek vitamínu A závažným problémem veřejného zdraví, se suplementace v těhotenství doporučuje pouze v rámci prevence šerosleposti (WHO, 2011).

Nadbytečný příjem

Ačkoli se věřilo, že placenta chrání plod před vysokým příjmem vitamínu A, současné výzkumy uvádí, že nadměrná suplementace může vést k teratogenním účinkům na plod (Carazo et al., 2021).

Toxicita obecně vyplývá z nadměrné suplementace, ale může se objevit i po zvýšeném příjmu potravin bohatých na vitamin A (např. konzumace jater je během G1 zcela kontraindikována). Těhotné ženy by měly užívání doplňků stravy vždy konzultovat s odborníky (Carazo et al., 2021; Společnost pro výživu, 2019).

Vitamin A se může stát toxickým pro matku a její plod, pokud úroveň příjmu překročí 3,0 mg retinolu/den ve formě doplňků stravy, 4,5 mg retinolu/den ze stravy, nebo 7,5 mg retinolu týdně (WHO, 2011).

Typ malformace v důsledku nadměrného příjmu závisí na hladině vitamínu A a fázi těhotenství, ve které je podáván. Na začátku T1 souvisí se spontánním potratem a s malformacemi centrálního nervového a kardiovaskulárního systému (Bastos Maia et al., 2019). Pro těhotnou ženu může nadbytečný příjem představovat riziko v podobě snížení kostní denzity a zvýšení fraktur kostí (Společnost pro výživu, 2019).

Akutní toxicita vitamínu A se obvykle objevuje při příjmu více než 500,0 mg/den na dospělého a zahrnuje příznaky jako nevolnost, zvracení, únava (Carazo et al., 2021; WHO, 2011). Chronická toxicita se může objevit po dlouhodobém příjmu (několik měsíců) 10,0 mg/den vitamínu A na dospělého (Carazo et al., 2021). Vyznačuje se závratí, bolestmi hlavy, rozmazaným viděním, svědící a olupující se suchou kůží, sníženou svalovou koordinací, ztrátou hmotnosti a vlasů (WHO, 2011).

5.3.1.2 Karotenoidy

Základní charakteristika

Karotenoidy jsou organické pigmenty syntetizované rostlinami a některými mikroorganismy (Zielińska et al., 2017). Dělíme je na karoteny (např. α -karoten, β -karoten, γ -karoten, lykopen) a jejich oxidační produkty xanthophyly (např. lutein, β -kryptoxanthin, kanthaxathin, zeaxanthin) (Hammond a Renzi, 2013).

Některé z nich jsou tzv. prekuzory vitamínu A neboli provitaminy A, které mohou být v organismu metabolizovány na biologicky aktivní formy vitamínu A (zejména β -karoten, α -karoten a β -kryptoxanthin), ostatní jsou z organismu vyloučeny v nezměněné formě (Carazo et al., 2021). Na rozdíl od vitamínu A však absorpce karotenoidů není závislá na příjmu tuku v potravě (Společnost pro výživu, 2019).

Zdroje příjmu

Zdrojem karotenoidů jsou převážně potraviny rostlinného původu jako je ovoce a zelenina (Hronek, 2004). Existuje silný vztah mezi stupněm zralosti a obsahem karotenoidů v ovoci, přičemž nejvyšší obsah karotenoidů je v plně zralém ovoci (Bastos Maia et al., 2019).

Existuje více než 50 karotenoidů provitamínu A, ale pouze β -karoten a β -kryptoxanthin jsou přítomny ve významném množství v lidské stravě (Bastos Maia et al., 2019).

β -karoten je přijímán prostřednictvím červeného, oranžového a žlutého necitrusového ovoce (např. mango, meruňky, papája, tomel, rakytník), červené a žluté zeleniny (např. mrkev, dýně, tykev, sladké brambory, chilli papričky, červené papriky, rajčatové produkty) a prostřednictvím zelené listové zeleniny (např. špenát, kapusta, zelené fazole, brokolice, polníček) (Bastos Maia et al., 2019; Společnost pro výživu, 2019).

Zdrojem β -kryptoxanthinu jsou nejčastěji citrusy a citrusové šťávy (např. mandarinky, mineoly, pomeranče) (Bastos Maia et al., 2019).

Mezi další zdroje patří také léčivé byliny, obiloviny a specifické rostlinné oleje (např. červený palmový olej) i řada mikroskopických organismů, včetně kvasinek, plísní a řas (Carazo et al., 2021). Významným zdrojem karotenoidů mohou být také doplňky stravy. V těhotenství by však hlavním zdrojem příjmu měla být zejména strava bohatá na ovoce a zeleninu (Zielińska et al., 2017).

Význam v graviditě

Význam karotenoidů (bez ohledu na jejich roli provitaminů A) nejen během těhotenství spočívá v jejich antioxidačních, protizánětlivých, imunomodulačních a neuroprotektivních vlastnostech (Zielińska et al., 2017).

V těhotenství dochází ke zvýšené produkci škodlivých reaktivních forem kyslíku (neboli volných radikálů, dále jen „ROS“). Ke konci T1 se placenta plně napojuje na mateřskou cirkulaci, což vede k trojnásobnému zvýšení koncentrace kyslíku a hladin ROS. Nesprávná tvorba placenty, nedostatečná antioxidační obrana i zvýšená produkce ROS mohou vést k oxidačnímu stresu, který způsobuje poškození buněk a tkání a může vést k mnoha těhotenským komplikacím. Oxidační stres může zvýšit riziko spontánního potratu a dalších patologických stavů těhotenství jako je preeklampsie, diabetes mellitus, těhotenstvím indukovaná hypertenze nebo předčasný porod (Zielińska et al., 2017).

Karotenoidy jsou jedny z nejúčinnějších antioxidantů (zejména β -karoten, lykopen a lutein), které díky svému antioxidačnímu působení snižují rizika výše zmíněných patologií. Nicméně tyto látky se vyznačují i řadou dalších významných funkcí. Například lutein a zeaxanthin hrají klíčovou roli pro správný vývoj zraku, nervové soustavy a kognitivních funkcí mozku (Zielińska et al., 2017). Jejich příjem je

často doporučován za účelem snížení rizika očních onemocnění a zlepšení zrakových funkcí (Hammond a Renzi, 2013).

Doporučený denní příjem

Neexistují žádná formální doporučení pro příjem karotenoidů, jelikož nejsou považovány za základní živiny (Hammond a Renzi, 2013). Pokud bychom chtěli vycházet z doporučení pro příjem vitamínu A, pak musíme vzít v potaz, že karotenoidy provitaminu A mají nižší biologickou dostupnost než retinoidy. K jednotnému posouzení příjmu se tudíž provitaminy A převádějí na ekvivalenty retinolu (dále jen „RE“), přičemž platí následující vztah: $1,0 \mu\text{g RE} = 1,0 \mu\text{g retinolu} = 6,0 \mu\text{g } \beta\text{-karotenu} = 12,0 \mu\text{g jiných karotenoidů s aktivitou provitaminu A}$ (EFSA, 2019). Jinými slovy pro syntézu $1,0 \mu\text{g}$ vitamínu A je zapotřebí $6,0 \mu\text{g } \beta\text{-karotenu}$ nebo $12,0 \mu\text{g}$ jiných karotenoidů s aktivitou provitaminu A (Společnost pro výživu, 2019).

Rovněž dle Společnosti pro výživu nejsou představy o výši příjmu zcela jasné. Jako odhadovanou potřebu uvádí $2,0\text{--}4,0 \text{ mg/den}$, přičemž dle EFSA je příjem i $15,0 \text{ mg } \beta\text{-karotenu}$ za den stále považován za bezpečný (Společnost pro výživu, 2019).

Existují důkazy, že $6,0 \text{ mg}$ luteinu denně může být optimální pro zdraví očí u dospělých a současně neexistují žádné důkazy o toxicitě při příjmu trojnásobku této dávky. Pro těhotné ženy žádná doporučení pro příjem luteinu neexistují (Zielińska et al., 2017).

Nedostatečný příjem

Karotenoidy samy o sobě nejsou spojeny se stavy nedostatku. Nicméně nižší plazmatické koncentrace α a β -karotenu byly zjištěny u žen s diabetem mellitem 1. typu, preeklampií a vyšším rizikem předčasného porodu (Hammond a Renzi, 2013).

Za rizikový faktor snižující koncentraci karotenoidů (zejména β -karotenu) v pupečnickové krvi je považováno kouření v těhotenství (Zielińska et al., 2017).

Nadbytečný příjem

Karotenoidy jsou obecně považovány za netoxické i při užívání vyšších dávek ve formě doplňků stravy (Hammond a Renzi, 2013).

Provitaminy A nevyvolávají žádné vedlejší účinky, protože jejich absorpce a přeměna na vitamin A ve sliznici střeva se děje kontrolovaně a jen v omezené míře. Většina doplňků stravy tudíž obsahuje právě β -karoten namísto retinolu (Bastos Maia et al., 2019). U těhotných žen jsou doplňky stravy s β -karotenem rovněž preferovány před doplňky s obsahem vitaminu A, protože není známo, že by vysoký příjem β -karotenu způsoboval vrozené vady (WHO, 2011).

Pokud je příjem β -karotenu vysoký (tzn. 20,0–30,0 mg/den), dochází k jeho ukládání do tukových tkání (Carazo et al. 2021). Důsledkem je vznik tzv. karotenémie neboli karotenodermie, při které dochází k neškodnému a reverzibilnímu nažloutlému zbarvení kůže, které je patrné zejména na dlaních, ploskách nohou, kotnících, hýždích, břiše, bradě a v oblasti uší (Hronek, 2004; LactMed, 2022). S tímto neškodným projevem se můžeme setkat i při suplementaci luteinem (Zielińska et al., 2017).

Nicméně existuje několik výjimek. U silných kuřáků vysoký příjem β -karotenu naopak zvyšuje riziko nádorových onemocnění jako je rakovina plic a žaludku. Reverzibilní forma retinopatie je zase spojována s vysokými dávkami kanthaxanthinu (Hammond a Renzi, 2013).

5.3.1.3 Vitamin D

Základní charakteristika

Vitamin D je označení pro dvě vitaminové formy, které souhrnně nazýváme kalciferol – vitamin D2 (tzv. ergokalciferol) a vitamin D3 (tzv. cholekalciferol) (Společnost pro výživu, 2019). Vzhledem k tomu, že vitamin D2 a D3 mají podobný metabolismus, v následujícím textu budeme pro obě formy používat souhrnné označení vitamin D (Pilz et al., 2018).

Aby byl vitamin D biologicky aktivní, musí být přeměněn na aktivní formu prostřednictvím enzymů (Cyprian et al., 2019). V prvním kroku vzniká hlavní cirkulující forma vitaminu D (25-hydroxyderivát vitaminu D), z níž se v dalším kroku tvoří biologicky aktivní forma buďto vitaminu D2 (1,25-dihydroxyergokalciferol neboli kalcidiol) nebo vitaminu D3 (1,25-dihydroxycholekalciferol neboli kalcitriol) (Agarwal et al., 2018; Hronek 2004).

Zdroje příjmu

Vitamin D můžeme získávat z různých zdrojů, dle toho, o kterou z jeho forem se jedná (Agarwal et al., 2018). Vitamin D3 je převážně syntetizován v kůži po vystavení slunečnímu záření (UV-B záření) nebo je přijímán z živočišných zdrojů jako jsou oleje z rybích jater, které je považovány za bohatý zdroj tohoto vitamínu (Pilz et al., 2018). Dále z tučných ryb (např. makrela, sledi), vaječných žloutků nebo jater (Společnost pro výživu, 2019). Vitamin D2 se získává převážně z rostlinných zdrojů, hub a kvasnic (Agarwal et al., 2018).

Sluneční záření představuje nejdůležitější zdroj vitamínu D (WHO, 2020). Téměř 80 % jeho dodávky pochází z produkce v kůži, zatímco pouze 20 % pochází z příjmu potravou. Obě formy vitamínu jsou dostupné také z doplňků stravy nebo potravin obohacených vitamínem D (např. mléčné výrobky) (Pilz et al., 2018).

Význam v graviditě

Vzhledem ke skutečnosti, že receptory vitamínu D nalezneme v mnoha buňkách a orgánech lidského těla, vypovídá to o nemalém významu tohoto vitamínu pro organismus. V těhotenství hraje významnou roli ve všech jeho fázích od početí až po porod včetně budoucího zdraví potomků (Cyprian et al., 2019).

Role vitamínu D začíná již v období před početím, kdy podporuje jak ženskou, tak mužskou plodnost. Aby mohl být budoucí plod organismem ženy přijat, je třeba nastavit imunitní toleranci těhotné ženy a umožnit tak vznik vhodného prostředí pro růst a vývoj (Cyprian et al., 2019). Existují důkazy, že imunoregulační a protizánětlivé vlastnosti vitamínu D mohou hrát roli v nastavení imunitní tolerance a zabránit tak odmítnutí plodu a dalším těhotenským komplikacím jako je například preeklampsie (Curtis et al., 2018).

Významnou měrou ovlivňuje vitamin D i vývoj a funkci placenty, která má v těhotenství zásadní roli (Agarwal et al., 2018). Skrze placentu prochází cirkulující forma vitamínu D k plodu, který je schopen její přeměny na formu biologicky aktivní (Pilz et al., 2018). Plod je na hladině vitamínu D v těle těhotné ženy zcela závislý a získaná zásoba tvoří hlavní zdroj tohoto vitamínu pro kojence v prvních měsících života (WHO, 2020).

Jednou z nejvýznamnějších rolí vitamínu D zůstává jeho vliv na udržení optimální hladiny vápníku a fosfátu v krvi (Cyprian et al., 2019). V těhotenství vitamin D podporuje zvýšený transport vápníku přes placentu včetně jeho vstřebávání, což je nezbytné pro fungování všech buněk těla, ale zejména pro mineralizaci a zdraví kostí, vývoj muskuloskeletárního systému a růst plodu (Agarwal et al., 2018; WHO, 2020). Tím vitamin D přispívá k optimální porodní hmotnosti, zabraňuje poruchám metabolismu kostí a minerálů a je účinný při prevenci i léčbě křivice a osteomalacie (Pilz et al., 2018).

Prenatální stav vitamínu D se rovněž podílí na neuropsychologickém, kognitivním a raném vývoji mozku (Cyprian et al., 2019). Udržuje v mozku potřebnou hladinu antioxidantu glutationu, čímž chrání mozek před oxidačním poškozením a působí tak neuroprotektivně. Potenciálně přispívá k prevenci diabetu mellitu a kardiovaskulárních onemocnění, podílí se na regulaci krevního tlaku, má ochranný účinek před rozvojem dětských alergií, ekzémů a astmatu (Agarwal et al., 2018).

Doporučený denní příjem

Za minimální doporučenou koncentraci vitamínu D v séru je považováno 30,0 nmol/l (Agarwal et al., 2018). Jako optimální je uváděna koncentrace alespoň 50,0 nmol/l (Společnost pro výživu, 2019). Koncentrace vitamínu D před otěhotněním vyšší než 75,0 nmol/l je spojována s větší pravděpodobností početí, menší ztrátou těhotenství a zvýšeným počtem živě narozených dětí (Cyprian et al., 2019).

Optimální koncentrace vitamínu D v séru je možné dosáhnout pouze na základě dostatečné expozice slunečnímu záření bez nutnosti další suplementace (Společnost pro výživu, 2019). Potřeba času stráveného na slunci však není přesně známa, jelikož závisí na mnoha proměnných, jako je denní doba, zeměpisná poloha, roční období, pigmentace kůže (jedinci se světlou pigmentací absorbují více slunečního záření a vytváří tak více vitamínu D, než jedinci s tmavou pigmentací) nebo používání opalovacích krémů (chrání kůži, ale současně snižují absorpci slunečního záření) (Pilz et al., 2018; WHO, 2020). Dle FAO/WHO může denní potřebu vitamínu D v těle zajistit přibližně 30 minut slunečního záření (FAO/WHO, 2004).

U vitamínu D, se spíše než v podobě μg , setkáme s vyjádřením v mezinárodních jednotkách (dále jen „IU“), přičemž platí vztah, že $1 \mu\text{g} = 40 \text{ IU}$ (Pilz et al., 2018).

Dospělí člověk přijme potravou obvykle 2,0–4,0 µg vitamínu D za den, což nestačí k dosažení optimální hladiny v organismu a je nutné zajistit další příjem, ideálně slunečním zářením nebo vhodnou suplementací (Společnost pro výživu, 2019).

Následující doporučení jsou založena na předpokladu minimální nebo žádné expozice slunečnímu záření, platí tedy pouze pro příjem prostřednictvím potravy nebo doplňků stravy. Doporučený denní příjem vitamínu D vyjadřuje tabulka č. 3.

Tabulka č. 3 Doporučené denní dávky vitamínu D

DDD vitamínu D (µg/den)	DACH	FAO/WHO	FAO/WHO/UNU	EFSA
Netěhotné ženy	20,0 (15–49 let, potravou a doplňky stravy)	*5,0 (15–49 let, potravou)	7,5	15,0
Těhotné ženy	20,0 (potravou a doplňky stravy)	*5,0 (potravou)	12,5	15,0

Vysvětlivky: *nestačí pro zajištění optimální hladiny v organismu, **DACH** – doporučené příjmy živin vydávané Společnostmi pro výživu v Německu, Rakousku a Švýcarsku, **DDD** – doporučená denní dávka, **EFSA** – Evropský úřad pro bezpečnost potravin (European Food Safety Agency), **FAO** – Organizace pro výživu a zemědělství Spojených národů (Food and Agriculture Organization of the United Nations), **5,0 µg** odpovídá 200 IU, **7,5 µg** odpovídá 300 IU, **12,5 µg** odpovídá 500 IU, **15,0 µg** odpovídá 600 IU, **20,0 µg** odpovídá 800 IU, **UNU** – Univerzita spojených národů (The United Nations University), **WHO** – Světová zdravotnická organizace (World Health Organization)

Zdroje: EFSA (2019), FAO/WHO (2004), FAO/WHO/UNU (1981), Společnost pro výživu (2019)

Společnost pro výživu uvádí doporučený denní příjem vitamínu D z potravy a doplňků stravy, potřebný pro dosažení hladiny 50,0 nmol/l při absenci slunečního záření. FAO/WHO uvádí doporučený příjem z potravy, který (v případě jediného zdroje příjmu vitamínu D) nedokáže zajistit optimální koncentraci v séru a je vhodné jej doplnit o sluneční záření nebo doplňky stravy (jejichž doporučená množství dále nespecifikuje), zejména u těhotných žen s podezřením na nedostatek vitamínu D. FAO/WHO/UNU stejně jako EFSA nekonkretizují, zda je doporučení vztaženo pouze na příjem potravou, nebo zda zahrnuje i doplňky stravy.

Suplementace vitamínem D v běžně používaných dávkách během těhotenství je obecně považována za bezpečnou. Jako běžné dávky v těhotenství se uvádí suplementace mezi 10,0–50,0 µg/den (400 – 2 000 IU), dávky nad tuto hranici již nepřinášejí žádné benefity. Průměrný příjem vitamínu D z potravy není obvykle vyšší než 5,0 µg/den (200 IU). Těhotným ženám a ženám plánujícím těhotenství se doporučuje denní příjem vitamínu D mezi 37,0–50,0 µg/den (1 500 – 2 000 IU) pro zajištění koncentrace 75,0 nmol/l nebo 20,0–25,0 µg/den (800 – 1 000 IU) pro zajištění 50,0 nmol/l (Pilz et al., 2018).

Maximální dávky vitamínu D za den, které jsou pro těhotné ženy stále považovány za bezpečné, vyjadřuje tabulka č. 4. Doporučení jsou platná pro těhotné ženy bez zvýšeného rizika nedostatku vitamínu D. U osob starších 19 let s rizikem nedostatku vitamínu D, může být bezpečná horní hranice posunuta až na 250,0 µg/den (10 000 IU) (Curtis et al., 2018).

Tabulka č. 4 Maximální bezpečné dávky vitamínu D

Maximální dávky vitamínu D (µg/den)	DACH	FAO/WHO	FAO/WHO/UNU	EFSA
Těhotné ženy	100,0 (potravinou nebo doplňky stravy, ženy bez nedostatku)	50,0 (potravinou nebo doplňky stravy, ženy bez nedostatku)	neuveďeno	100,0 (potravinou nebo doplňky stravy, ženy bez nedostatku)

Vysvětlivky: **DACH** – doporučené příjmy živin vydávané Společnostmi pro výživu v Německu, Rakousku a Švýcarsku, **EFSA** – Evropský úřad pro bezpečnost potravin (European Food Safety Agency), **FAO** – Organizace pro výživu a zemědělství Spojených národů (Food and Agriculture Organization of the United Nations), **50,0 µg** odpovídá 2 000 IU, **100,0 µg** odpovídá 4 000 IU, **UNU** – Univerzita spojených národů (The United Nations University), **WHO** – Světová zdravotnická organizace (World Health Organization)

Zdroje: EFSA (2019), FAO/WHO (2004), FAO/WHO/UNU (1981), Společnost pro výživu (2019)

Nedostatečný příjem

Nedostatek vitamínu D je považován za celosvětový problém veřejného zdraví, protože velká část populace včetně těhotných žen nespĺňuje výživová doporučení pro vitamín D (Pilz et al., 2018).

Za nedostatek se považují sérové hladiny vitamínu D pod 30,0 nmol/l, které jsou spojeny s rizikem řady nepříznivých důsledků jak skeletárního, tak mimoskeletárního charakteru (např. kardiovaskulární, metabolická, autoimunitní, neurologická onemocnění apod.) (Pilz et al., 2018).

Existuje řada faktorů, které zvyšují riziko nedostatku tohoto vitamínu v organismu (Pilz et al., 2018). Jednou z hlavních příčin je nedostatek slunečního záření a tím pádem snížená syntéza vitamínu D v kůži (Agarwal et al., 2018). Mezi významný rizikový faktor patří také obezita. Nadměrné množství tukové tkáně snižuje uvolňování endogenně syntetizovaného vitamínu D do oběhu až o 57 % oproti neobézním jedincům. Dalším rizikovým faktorem je nízký příjem potravinou (Cyprian et al., 2019; Kiely a Wagner, 2020).

Nedostatek vitamínu D u těhotné ženy může souviset se sníženou plodností, s narušením imunologické tolerance vůči embryu, zvýšeným rizikem potratů, abnormálním vývojem placenty, zvýšeným rizikem hypertenzních poruch jako je preeklampsie, snížením síly kontrakcí a následným prodlouženým porodem, s gestačním diabetem mellitem, s rizikem poporodní deprese nebo s úbytkem kostní hmoty, který vede k rozvoji osteopenie a osteomalacie u dospělých a zvyšuje tak náchylnost ke zlomeninám (Agarwal et al., 2018).

U plodu může mít nedostatek vitamínu D vliv na budoucí respirační infekce, špatný růst a vývoj kostí a tím pádem zvýšené riziko nízké porodní hmotnosti a další nepříznivé vlivy na pohybový aparát jako je novorozenecká hypokalcémie (Agarwal et al., 2018). Novorozenecká hypokalcémie bývá s největší pravděpodobností způsobena nedostatkem vitamínu D během těhotenství a může mít za následek měknutí kostí, deformaci skeletu, rozvoj křivice a osteomalacie (Curtis et al., 2018). Změny v morfologii mozku mohou být rizikovým faktorem pro poruchy pozornosti označované jako ADHD. Narušení imunitního systému může vést k riziku rozvoje autoimunitních poruch (např. autismus) (Cyprian et al., 2019).

Vzhledem k významu vitamínu D se již v období před početím doporučuje screening jeho hladin v organismu. Řešením pro snížení komplikací kvůli nedostatku tohoto vitamínu je vhodná suplementace (Cyprian et al., 2019).

Nadbytečný příjem

Za nadbytek vitamínu D, který se již může projevit nepříznivě u těhotné ženy a plodu, je považována koncentrace v séru nad 400,0 nmol/l (Společnost pro výživu, 2019). Institut medicíny uvádí koncentraci dokonce již nad 125,0 nmol/l. To znamená, že pro zamezení nežádoucích projevů bychom se v těhotenství měli vyvarovat příjmu převyšujícímu 50,0–100,0 µg/den (2 000 – 4 000 IU) u jedinců bez zvýšeného rizika nedostatku vitamínu D (Curtis et al., 2018).

Nadbytek vitamínu D v organismu vede ke zvýšenému vyplavování vápníku z kostí. To způsobí zvýšenou koncentraci tohoto minerálu v krvi a séru, který se následně začne ukládat do různých orgánů jako jsou cévy, srdce, plíce nebo ledviny a vyvolá tzv. hyperkalcemický syndrom. Tento stav se vyznačuje sníženým napětím ve svalech, zvýšeným vylučováním vápníku močí, nadměrnou žíznivostí, nevolností a zvracením. V pokročilém stádiu může docházet ke tvorbě ledvinových kamenů a k ledvinové nedostatečnosti (Společnost pro výživu, 2019).

Vysoké hladiny vitamínu D jsou způsobeny spíše nadměrnou suplementací než potravou (Curtis et al., 2018). Riziko nadbytečného příjmu vitamínu D se nikdy nevztahuje na sluneční záření, kterým se lidský organismus nemůže předávkovat (Společnost pro výživu, 2019).

5.3.1.4 Vitamin E

Základní charakteristika

Vitamin E představuje skupinu osmi sloučenin, čtyři z nich označujeme jako tokoferoly (α -, β -, γ -, δ -) a čtyři jako tokotrienoly (α -, β -, γ -, δ -). V krvi a tkáních převládá α -tokoferol, který je současně biologicky nejaktivnější a nejúčinnější formou vitamínu E (Rumbold et al., 2015).

Zdroje příjmu

Vitamin E je přirozeně přítomen v rostlinné stravě, která představuje jeho hlavní zdroj (FAO/WHO, 2004). Z nutričního hlediska je nejdůležitější formou α -tokoferol, který je obsažen převážně ve slunečnicovém a řepkovém oleji a v oleji z pšeničných a kukuřičných klíčků (Společnost pro výživu, 2019). V oleji z pšeničných

klíčků je zastoupen i β -tokoferol a v sójovém oleji γ -tokoferol a δ -tokoferol (Rumbold et al., 2015).

Dále jsou tokoferoly obsaženy v živočišných tucích, mase a zelenině, které se na celkové dodávce vitamínu E podílejí asi z 10 %. Ovoce, ořechy, obiloviny, cereálie a mléčné výrobky přispívají asi ze 4 %. Vejce, ryby a luštěny přispívají méně než 2 % (FAO/WHO, 2004). Vitaminové doplňky obsahují syntetické formy vitamínu E, které však mají menší biologickou aktivitu než jejich přirozeně se vyskytující protějšky. Výrobci vitamínu E často přidávají také do potravin, za účelem předcházení jeho nedostatku (Rumbold et al., 2015).

Význam v graviditě

Vitamin E nalezneme ve všech tkáních lidského těla (Společnost pro výživu, 2019). V těhotenství je nezbytný pro embryonální vývoj zejména během neurogeneze, která zahrnuje například tvorbu neurální ploténky a neurální trubice. Role vitamínu E spočívá v jeho antioxidačním působení, které vykazují všechny jeho formy, nicméně funkci v lidském organismu plní pouze α -tokoferol (Traber, 2021).

Vitamin E se nachází především v buněčných membránách, kde chrání polyenové mastné kyseliny (dále jen „PUFA“) před jejich oxidačním poškozením neboli peroxidací, způsobenou ROS. Pokud množství ROS překročí kapacitu antioxidačního obranného systému, nastává oxidační stres, který může vést k poškození buněk a stát se tak rizikovým faktorem řady onemocnění (FAO/WHO, 2004).

Oxidační stres je spojován s rozvojem kardiovaskulárních onemocnění, rakoviny, chronického zánětu a neurologických poruch. V těhotenství se podílí na rozvoji preeklampsie, omezení intrauterinního růstu, předčasném porodu a komplikacích předčasně narozených dětí jako je chronického onemocnění plic a další (Rumbold et al., 2015).

Embryonální prostředí je rovněž pod značným oxidačním stresem. Abnormality a úmrtnost pozorované u embryí jsou většinou výsledkem zvýšené peroxidace. Zvláště náchylný k peroxidaci lipidů je mozek, kvůli vysokého obsahu PUFA. Na druhou stranu mozek vykazuje výraznou odolnost vůči vyčerpání vitamínu E, jako ochranu před poškozením (FAO/WHO, 2004; Traber, 2021).

Vitamin E se tedy podílí na neutralizaci přebytečných ROS, ochraně buněk a předcházení oxidačnímu stresu. V této funkci je podporován β -karotenem nebo vitamínem C, které rovněž vykazují antioxidační aktivitu. Vitamin C navíc podporuje přeměnu zoxidovaného vitamínu E zpět na užitečnou formu a pomáhá tak při obnově zásob vitamínu E (Rumbold et al., 2015).

Navzdory důležitým antioxidačním vlastnostem se však rutinní suplementace vitamínem E během těhotenství obecně nedoporučuje. Je tomu tak proto, že užívání vitamínu E nepomáhá předcházet problémům v těhotenství a neexistují žádné přesvědčivé důkazy, že by suplementace měla za následek významné výhody (Rumbold et al., 2015).

Doporučený denní příjem

Za optimální plazmatické koncentrace α -tokoferolu jsou považovány hodnoty minimálně 25,0–30,0 $\mu\text{mol/l}$. Těchto hodnot je možné dosáhnout pouhým příjmem z potravin, které obsahují dostatek vitamínu E, bez potřeby další suplementace (FAO/WHO, 2004).

Koncentrace vitamínu E v plazmě se s narůstajícím příjmem liší jen nepatrně. Při průměrném příjmu tuků je 12 mg vitamínu E absorbováno z 54 %, 24 mg z 30 %, 200 mg z 10 % a absorpce dále klesá při zažívacích obtížích (Společnost pro výživu, 2019).

K posouzení adekvátnosti příjmu vitamínu E se využívá jeho schopnosti chránit PUFA před oxidací. Uvádí se, že 0,4 mg vitamínu E ochrání 1,0 g kyseliny linolové (převážně zastoupená ve stravě), přičemž platí poměr 0,3 : 2 : 3 : 4, kdy na ochranu 1,0 g monoenoové (PUFA s jednou dvojnou vazbou) : dienové (PUFA se dvěma dvojnými vazbami) : trienové (PUFA se třemi dvojnými vazbami) : tetraenové kyseliny (PUFA se třemi dvojnými vazbami) je třeba 0,06 ; 0,4 ; 0,6 a 0,8 mg tokoferolu apod. (Společnost pro výživu, 2019).

Tabulka č. 5 uvádí DDD vitamínu E pro netěhotné a těhotné ženy. Maximální bezpečnou hranici příjmu vitamínu E, která pravděpodobně nepředstavuje žádné riziko nepříznivých zdravotních projevů u těhotných žen vyjadřuje tabulka č. 6.

Tabulka č. 5 Doporučené denní dávky vitamínu E

DDD vitamínu E (mg/den)	DACH	FAO/WHO	FAO/WHO/UNU	EFSA
Netěhotné ženy	4,0 (15–49 let, základní potřeba) 12,0 (15–49 let, doporučená dávka)	neuveďeno	8,0	11,0
Těhotné ženy	4,0 (základní potřeba) 13,0 (doporučená dávka)	neuveďeno	10,0	11,0

Vysvětlivky: **DACH** – doporučené příjmy živin vydávané Společnostmi pro výživu v Německu, Rakousku a Švýcarsku, **DDD** – doporučená denní dávka, **EFSA** – Evropský úřad pro bezpečnost potravin (European Food Safety Agency), **FAO** – Organizace pro výživu a zemědělství Spojených národů (Food and Agriculture Organization of the United Nations), **UNU** – Univerzita spojených národů (The United Nations University), **WHO** – Světová zdravotnická organizace (World Health Organization)

Zdroje: EFSA (2019), FAO/WHO (2004), FAO/WHO/UNU (1981), Společnost pro výživu (2019)

Tabulka č. 6 Maximální bezpečné dávky vitamínu E

Maximální dávky vitamínu E (mg/den)	DACH	FAO/WHO	FAO/WHO/UNU	EFSA
Těhotné ženy	300,0	neuveďeno	neuveďeno	300,0

Vysvětlivky: **DACH** – doporučené příjmy živin vydávané Společnostmi pro výživu v Německu, Rakousku a Švýcarsku, **EFSA** – Evropský úřad pro bezpečnost potravin (European Food Safety Agency), **FAO** – Organizace pro výživu a zemědělství Spojených národů (Food and Agriculture Organization of the United Nations), **UNU** – Univerzita spojených národů (The United Nations University), **WHO** – Světová zdravotnická organizace (World Health Organization)

Zdroje: EFSA (2019), FAO/WHO (2004), FAO/WHO/UNU (1981), Společnost pro výživu (2019)

Nedostatečný příjem

Za nedostatečný příjem vitamínu E jsou považovány koncentrace α -tokoferolu v oběhu pod 12,0 $\mu\text{mol/l}$ (Traber, 2021). Na nedostatku se může podílet

špatné stravování, příjem volného železa snižující jeho vstřebávání (např. v doplňcích stravy) nebo příliš mnoho PUFA ve stravě (Rumbold et al., 2015).

Existují značné důkazy, že nízké hladiny vitamínu E v kombinaci s nadbytkem PUFA mohou vést k široké škále klinických příznaků. PUFA jsou velmi náchylné k oxidaci a jejich zvýšený příjem bez současného navýšení příjmu vitamínu E může vést ke snížení plazmatických koncentrací vitamínu E, převaze peroxidace PUFA nad antioxidantní ochranou vitamínu E a následnému oxidačnímu stresu a poškození organismu. Nicméně vzhledem k této skutečnosti se potraviny s vysokým obsahem PUFA obohacují o vitamin E a nedostatek tohoto vitamínu je u zdravých dospělých pozorován jen zřídka (FAO/WHO, 2004).

I při extrémně nízkých hladinách vitamínu E, může trvat několik let, než se projeví klinické příznaky nedostatku. Mohou se vzácně vyskytovat u kojenců a dospělých se syndromem malabsorpce tuků nebo s onemocněním jater, u jedinců s genetickými abnormalitami v transportu nebo vazebných proteinech, případně u předčasně narozených dětí (FAO/WHO, 2004).

Mezi klinické příznaky v důsledku peroxidace lipidů patří zvýšená hemolýza erytrocytů a zvýšené riziko kardiovaskulárních onemocnění, jaterní onemocnění, poruchy membrán, svalstva a nervového systému (Společnost pro výživu, 2019). Při dlouhodobém nedostatku (v řádu let) může nastat narušení vývoje centrálního a periferního nervového systému (větší množství buněk citlivých na peroxidaci lipidů), což může mít za následek degeneraci sensorických neuronů, odumírání periferních nervů a kognitivní pokles (nástup demence u pacientů s Alzheimerovou chorobou) (Traber, 2021).

U těhotných žen s nedostatečnými koncentracemi α -tokoferolu v plazmě může nedostatek vitamínu E vést ke komplikacím, jako je preeklampsie nebo vyšší pravděpodobnost potratu během časného těhotenství (Traber, 2021).

Embryonální projevy deficitu vitamínu E závisí na tom, které vývojové stádium je zvýšené peroxidaci lipidů vystaveno (Traber, 2021). Novorozenci, zvláště předčasně narození, jsou zranitelní vůči oxidativnímu stresu kvůli nízkým zásobám vitamínu E v těle (FAO/WHO, 2004). Transport tokoferolu z placenty k plodu je omezený a způsobuje, že novorozenci mají pouze nepatrné zásoby tokoferolu (později získá z mateřského mléka a dětské výživy) (Společnost pro výživu, 2019).

Jedinou formou, u které bylo prokázáno, že dokáže zvrátit klinické příznaky nedostatku vitamínu E je α -tokoferol (Traber, 2021).

Nadbytečný příjem

Vitamin E vykazuje velmi nízkou toxicitu a množství 100,0–200,0 mg syntetického α -tokoferolu je široce užíváno ve formě doplňků stravy (FAO/WHO, 2004). Nepříznivé účinky jsou spojovány spíše s nadměrným podáváním doplňků stravy než v souvislosti s příjmem z potravy, a to pouze ve velmi vysokých dávkách (např. nad 1 000,0 mg/den) (FAO/WHO, 2004).

Nadměrná suplementace může navodit nežádoucí stavy jako je únava, bolesti břicha, imunosuprese, dermatitida, změněná funkce štítné žlázy a další. Vitamin E rovněž zesiluje antikoagulační účinky. Vzhledem k tomu, že novorozenci mají při narození relativní nedostatek vitamínu K, může suplementace vitamínem E během těhotenství nepříznivě ovlivnit riziko krvácení právě kvůli nedostatku vitamínu K (Rumbold et al., 2015).

5.3.1.5 Vitamin K

Vitamin K nebyl předmětem této diplomové práce, a tudíž mu nebude věnována další pozornost.

5.4 PŘEHLED DOPORUČENÝCH DÁVEK LIPOFILNÍCH VITAMINŮ

V tabulce č. 7 jsou shrnuty DDD lipofilních vitaminů včetně karotenoidů pro těhotné ženy, platné pro Českou republiku. Podrobnější informace o jednotlivých DDD byly probrány v příslušných podkapitolách 5.3.1.1 až 5.3.1.4.

Tabulka č. 7 Doporučené denní dávky lipofilních vitaminů pro těhotné ženy

DDD	DACH	FAO/WHO	FAO/WHO/UNU	EFSA
Vitamin A (mg/den)	1,1 (od 4.měsíce těhotenství)	0,8 (od T3)	1,0	0,7
Karotenoidy (mg/den)	2,0–4,0	neuveдено	neuveдено	15,0
Vitamin D (µg/den)	20,0 = 800 IU (potravou nebo doplňky stravy)	*5,0 = 200 IU (potravou)	12,5 = 500 IU	15,0 = 600 IU
Vitamin E (mg/den)	13,0	neuveдено	10,0	11,0

Vysvětlivky: *nestačí pro zajištění optimální hladiny v organismu, **DACH** – doporučené příjmy živin vydávané Společnostmi pro výživu v Německu, Rakousku a Švýcarsku, **DDD** – doporučená denní dávka, **EFSA** – Evropský úřad pro bezpečnost potravin (European Food Safety Agency), **FAO** – Organizace pro výživu a zemědělství Spojených národů (Food and Agriculture Organization of the United Nations), **IU** – mezinárodní jednotky, **T3** – třetí trimestr těhotenství, **UNU** – Univerzita spojených národů (The United Nations University), **WHO** – Světová zdravotnická organizace (World Health Organization)

Zdroje: EFSA (2019), FAO/WHO (2004), FAO/WHO/UNU (1981), Společnost pro výživu (2019)

5.5 PŘEHLED HRANIČNÍCH DÁVEK LIPOFILNÍCH VITAMINŮ

Tabulky č. 8 a 9 obsahují shrnutí hraničních denních dávek lipofilních vitaminů včetně karotenoidů pro těhotné ženy, jejichž denní příjem je stále považován za bezpečný a neměl by nést riziko projevu nežádoucích účinků. Je třeba brát v potaz, že se nejedná o doporučené denní příjmy. Podrobnější informace o jednotlivých hodnotách byly avizovány v příslušných podkapitolách 5.3.1.1 až 5.3.1.4 a jsou platné pro Českou republiku.

Tabulka č. 8 vyjadřuje bezpečné horní hranice příjmu. Denní příjem přesahující tuto hranici již může být spojen s nežádoucími projevy.

Tabulka č. 8 Bezpečné horní hranice příjmu lipofilních vitaminů pro těhotné ženy

Horní hranice příjmu	DACH	FAO/WHO	FAO/WHO/UNU	EFSA	jiné
Vitamin A (mg/den)	1,5 (rizikové ženy) 3,0 (ženy bez rizika)	3,0 (od 60.dne)	neuveďeno	3,0	–
Karotenoidy (mg/den)	neuveďeno	neuveďeno	neuveďeno	neuveďeno	20,0
Vitamin D (µg/den)	100,0 = 4 000 IU (potravinou nebo doplňky stravy)	50,0 = 2 000 IU (potravinou nebo doplňky stravy)	neuveďeno	100,0 = 4 000 IU (potravinou nebo doplňky stravy)	–
Vitamin E (mg/den)	300,0	neuveďeno	neuveďeno	300,0	–

Vysvětlivky: **DACH** – doporučené příjmy živin vydávané Společnostmi pro výživu v Německu, Rakousku a Švýcarsku, **EFSA** – Evropský úřad pro bezpečnost potravin (European Food Safety Agency), **FAO** – Organizace pro výživu a zemědělství Spojených národů (Food and Agriculture Organization of the United Nations), **IU** – mezinárodní jednotky, **UNU** – Univerzita spojených národů (The United Nations University), **WHO** – Světová zdravotnická organizace (World Health Organization)

Zdroje: Carazo et al. (2021), EFSA (2019), FAO/WHO (2004), FAO/WHO/UNU (1981), Společnost pro výživu (2019)

V tabulce č. 9 jsou u vitaminů D a E, pro nedostatek informací o bezpečných dolních hranicích příjmu, použity odhadované hodnoty. Odhad vychází z minimálních plazmatických hladin těchto vitaminů v krvi, kdy pokles pod tuto hodnotu může být spojen s riziky projevu nedostatku (popsány v podkapitolách 5.3.1.3 až 5.3.1.4.).

Pokud je u vitaminu D dosaženo optimální plazmatické hladiny 50,0 nmol/l při příjmu DDD 20,0 µg/den (800 IU), potom by pro dosažení minimální doporučené plazmatické hladiny 30,0 nmol/l byl potřeba příjem 12,0 µg/den (480 IU) (Společnost pro výživu, 2019).

U vitaminu E je optimální plazmatické hladiny 25,0–30,0 µmol/l dosaženo při příjmu 10,0–13,0 mg/den, pro dosažení minimální doporučené plazmatické hladiny 12,0 µmol/l by bylo třeba přijímat 4,8–6,2 mg/den (Společnost pro výživu, 2019; Traber, 2021).

Tabulka č. 9 Bezpečné dolní hranice příjmu lipofilních vitaminů pro těhotné ženy

Dolní hranice příjmu	DACH, FAO/WHO, FAO/WHO/UNU	EFSA	odhad
Vitamin A (mg/den)	neuveďeno	0,3	–
Karotenoidy (mg/den)	neuveďeno	neuveďeno	–
Vitamin D (µg/den)	neuveďeno	neuveďeno	12,0 = 480 IU
Vitamin E (mg/den)	neuveďeno	neuveďeno	4,8–6,2

Vysvětlivky: **DACH** – doporučené příjmy živin vydávané Společnostmi pro výživu v Německu, Rakousku a Švýcarsku, **EFSA** – Evropský úřad pro bezpečnost potravin (European Food Safety Agency), **FAO** – Organizace pro výživu a zemědělství Spojených národů (Food and Agriculture Organization of the United Nations), **IU** – mezinárodní jednotky, **UNU** – Univerzita spojených národů (The United Nations University), **WHO** – Světová zdravotnická organizace (World Health Organization)

Zdroje: EFSA (2019), FAO/WHO (2004), FAO/WHO/UNU (1981), Společnost pro výživu (2019)

6. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Experimentální část diplomové práce zahrnuje dva tematické celky. První část se věnuje objasnění metod, které se v průběhu studie používaly. Druhá část obsahuje výsledky příjmu lipofilních vitaminů pozorovaných žen v období těhotenství, včetně jejich interpretace a konfrontace s poznatky z teoretické části diplomové práce.

6.1 METODIKA HODNOCENÍ VÝŽIVY TĚHOTNÝCH ŽEN

Experimentální část je zaměřena na vyhodnocení studie nutričních příjmů vybraných lipofilních vitaminů u 24 českých těhotných žen za časové období od února 2021 do ledna 2022. Jedná se o studii monocentrickou, která se uskutečnila pod vedením pana doc. PharmDr. Miloslava Hronka, Ph.D. v rámci Katedry biologických a lékařských věd Farmaceutické fakulty v Hradci Králové Univerzity Karlovy. Tato studie byla schválena etickou komisí Fakultní nemocnice Hradec Králové a probíhala s informovaným souhlasem každé z pozorovaných těhotných žen.

Cílem studie bylo stanovení denních příjmů vybraných vitaminů na základě dotazníkového šetření, interpretace získaných výsledků, posouzení odlišností mezi jednotlivými dny v týdnu a mezi jednotlivými obdobími gravidity. Získané výsledky byly následně porovnány s doporučeními, která jsou platná v České republice.

Pro účely zpracování dat o výživě byl použit program NutriDan a pro následné statistické vyhodnocení dat bylo využito programu Microsoft Excel.

6.1.1 Období gravidity

Dotazníkové šetření probíhalo v rámci tří období gravidity. Za první pozorované období gravidity (dále jen „G1“) odevzdávaly ženy své dotazníky mezi 17.–27. týdnem těhotenství. Za druhé období gravidity (dále jen „G2“) to bylo mezi 28.–35. týdnem těhotenství a za třetí období gravidity (dále jen „G3“) se jednalo o období od 36. týdne těhotenství až do porodu.

Vzhledem ke komplikacím v souvislosti s pandemií Covid 19, nebylo možné sledovat tytéž ženy po celou dobu jejich těhotenství. Z toho důvodu jsou hodnoceny v rámci jednotlivých období gravidity různé ženy.

6.1.2 Pozorované ženy

V rámci naší studie bylo hodnoceno 24 těhotných žen z Hradce Králové. Jednalo se o zdravé ženy, různého tělesného složení, ve věku mezi 24–37 lety. Průměrný věk žen v G1 činil $31,6 \pm 3,5$ let, v G2 $31,3 \pm 5,2$ let a v G3 $30,9 \pm 3,8$ let. Průměrný věk všech žen, za celé pozorované období, činil $31,3 \pm 3,9$ let.

Každá z těchto žen nejprve podstoupila vstupní vyšetření za účelem seznámení s průběhem studie, změření tělesné výšky a hmotnosti a změření procentuálního zastoupení tělesného tuku. Dle domluvy pak ženy docházely na pravidelné prohlídky, které spočívaly v odevzdávání vyplněných dotazníků, konzultaci předešlých výsledků, změření aktuální tělesné hmotnosti a procentuálního tělesného tuku. Všechny naměřené hodnoty byly dále zpracovány a hodnoceny v rámci programu NutriDan.

6.1.3 Dotazníkové šetření

Výzkum nutričních příjmů probíhal v rámci tří pozorovaných období gravidity, na základě odevzdaných dotazníků od těhotných žen.

Každý dotazník obsahoval čtyři typy údajů:

- informace o těhotné ženě,
- záznam činností pro jednotlivé dny v týdnu,
- záznam potravin pro jednotlivé dny v týdnu,
- tabulky s příklady činností a potravin.

Pro lepší představu žen byl ke každému dotazníku připojen vzorový předvyplněný dotazník. Ukázka nevyplněného vzorového dotazníku (viz příloha č. 1).

Na úvodní straně dotazníku jsou uvedeny informace o těhotné ženě, záznam činností a potravin pro první vyplňovaný den a dále tabulky s příklady. V informacích o těhotných ženách se vyplňovaly následující údaje – jméno, příjmení, rodné číslo, o kolikáté těhotenství se jedná, týden těhotenství, výška, váha před otěhotněním, váha současná, léčba a užívané suplementy.

Tabulka s příklady činností obsahovala některé denní aktivity (např. spánek, cvičení, domácí práce apod., nebylo předmětem diplomové práce), druhá tabulka obsahovala příklady potravin včetně jejich běžných množství pro představu žen (např. 1 lžička cukru = 6 gramů apod.).

Do záznamu činností se vyplňovaly denní aktivity včetně délky jejich trvání, vyjádřeno v minutách nebo hodinách, pro každý den v týdnu zvlášť. V záznamu potravin uváděly ženy jednotlivé konzumované potraviny včetně jejich množství rovněž pro každý den v týdnu zvlášť. Záznam potravin byl rozdělen na jednotlivá denní jídla, tedy snídani, dopolední svačinu, oběd, odpolední svačinu a večeři. Ženy zde uváděly jídla, potraviny i tekutiny vyjádřené formou porcí, kusů, gramů nebo mililitrů.

Každý dotazník obsahoval záznam pro celý jeden týden, tedy od pondělí do neděle, včetně příslušného data. Posledním vyplněným dnem, byl vždy den před pravidelnou prohlídkou na katedře.

6.1.4 Hmotnosti potravin

Všechny těhotné ženy byly řádně poučeny o významu co možná nejvíce přesných a pravdivých zápisů potravin, jídel a tekutin. Nicméně, i navzdory této informovanosti jsem se při zpracovávání dotazníků občas setkávala s nedostatečným zápisem. Ať už se jednalo o zápis složení daného jídla nebo jeho množství. Pro tyto situace byly na katedře k dispozici tabulky, které uváděly řadu potravin a jídel včetně jejich běžné gramáže.

Pokud se některou z potravin nepodařilo dohledat ve výše zmíněných tabulkách, získávala jsem informace buď pomocí aplikace Kalorické tabulky, která rovněž poskytovala určitou představu o gramáži, nebo jsem hmotnost dohledávala na internetu.

Poněkud složitější situace nastávala v momentě, kdy nebylo uvedeno přesné složení (např. obložená bageta). V tomto případě bylo třeba odhadnout přibližné složení včetně gramáže podle výše zmíněných zdrojů. Tyto situace však nastávaly zcela ojediněle.

6.1.5 Program na výživu NutriDan

Vyplněné a odevzdané dotazníky byly následně zadány do programu na výživu NutriDan k dalšímu zpracování.

Před zadáváním vlastního jídelníčku byla nejprve těhotné ženě založena karta pro daný vyplňovaný den včetně data. Karta obsahovala jméno, příjmení a rodné číslo. Pod takto vytvořenou kartou byl následně veden jídelníček pro daný den. Tímto způsobem se postupovalo pro každý den zvlášť.

V dalším kroku byly informace doplněny o aktuální tělesnou hmotnost, výšku, procentuální zastoupení tělesného tuku a klidový energetický výdej v kJ. Věk těhotné ženy a body mass index (dále jen „BMI“) byly programem NutriDan vypočítány automaticky. Dále bylo zvoleno, zda se jedná o těhotnou nebo kojící ženu a míra její fyzické aktivity. Následovalo zadávání vlastního jídelníčku.

Program NutriDan obsahuje široký sortiment pokrmů s informacemi o jejich nutričních hodnotách, přičemž umožňuje výběr ze dvou typů těchto pokrmů. Prvním typem je výběr konkrétní potraviny nebo tekutiny. Jedná se o přesnější formu zápisu, která je uváděna ve formě gramů (např. houska, voda pitná apod.). Druhým typem je výběr z celých jídel (např. lívance, knedlíky švestkové bramborové apod.), která obsahují přesná složení a jsou uváděna v porcích. Pokud žena zkonsumovala menší nebo větší množství, než byla uvedená porce v programu NutriDan, bylo třeba tuto porci přepočítat na skutečný příjem těhotné ženy (např. 0,8 porce apod.). Zápis celých jídel se volil pouze v situacích, kdy nebylo uvedeno přesné složení pokrmu dotazovaných žen. Přednostně byl volen zápis konkrétních potravin.

Pokud nastala situace, že program NutriDan některý z pokrmů neobsahoval (např. kuskus, bazalkové pesto aj.), bylo třeba vybrat alternativní potravinu, která se co možná nejvíce podobala složením a nutriční hodnotou konzumovanému pokrmu. Případně bylo třeba rozepsat složení daného pokrmu.

Jako příklad zápisu alternativní potraviny lze uvést brownies, které se v programu NutriDan nahrazovalo potravinou „sušenky různé s čokoládou“. Příkladem, který vyžadoval rozepisování, bylo bazalkové pesto, které se sestavovalo z následujících potravin: sůl, česnek, olivový olej, bazalka, sýr, ořechy. K těmto účelům bylo rovněž možno využít tabulky (viz podkapitola 6.1.4 Hmotnosti potravin), které

podobné příklady obsahovaly a zajišťovaly tak, že daný pokrm bude zapisován stále stejným způsobem. Tabulky mohly být rovněž doplňovány ze strany diplomantů.

Výstupními informacemi programu NutriDan byly energetické příjmy těhotných žen a příjmy jednotlivých nutrientů pro každý den v týdnu zvlášť. Tato data byla dále zpracována v programu Microsoft Excel.

6.1.6 Statistické vyhodnocení dat

Program na výživu NutriDan vyhodnotil příjmy jednotlivých lipofilních vitaminů pro každý den v týdnu zvlášť. Tato výchozí data byla následně statisticky vyhodnocena za použití programu Microsoft Excel.

V první řadě byly zkoumané parametry podrobeny testům normality, které vyhodnotily, zda hodnoty vykazují normální, tzv. parametrické, nebo nenormální, tzv. neparametrické rozdělení. Tedy zda budeme data následně vyjadřovat v podobě aritmetického průměru a směrodatné odchylky pro parametrické rozdělení, nebo mediánu a 25% a 75% percentilu pro neparametrické rozdělení. K těmto účelům byl použit Shapiro–Wilkův test, který prokázal jak parametrické, tak převážně i neparametrické rozdělení. Pro interpretaci dat byl tudíž v deskriptivní statistice zvolen medián (25% percentil; 75% percentil) s touto formou zápisu. Pouze věk byl vyjádřen jako aritmetický průměr \pm směrodatná odchylka.

Následně byla data podrobena Kruskal–Wallisovu testu, který zhodnotil, zda mezi daty existuje statisticky významný rozdíl či nikoliv. Jinými slovy, zda se příjmy vitaminů mezi sebou statisticky významně liší nebo neliší. Hodnocen byl každý vitamin pro jednotlivé dny v týdnu a pro jednotlivé období gravidity zvlášť. Test byl posuzován prostřednictvím p -hodnoty, která byla srovnávána s p -hodnotou o zvolené hladině významnosti 0,05. Pokud byla vypočítaná p -hodnota vyšší než 0,05, nebylo možné zamítnout nulovou hypotézu a došly jsem k závěru, že mezi daty neexistuje statisticky významný rozdíl. V opačném případě, pokud vyšla vypočítaná p -hodnota nižší než 0,05, byla nulová hypotéza zamítnuta a závěrem byla existence statisticky významného rozdílu mezi daty. V našem případě jsme prokázali, že příjem žádného z vitaminů nevykazoval statisticky významnou odlišnost ani mezi jednotlivými dny v týdnu, ani mezi jednotlivými obdobími gravidity.

Posledním hodnocením bylo porovnání zjištěných příjmů lipofilních vitaminů s doporučenými příjmy.

6.1.7 Limity studie

Jak z předchozích podkapitol vyplývá, tato studie je limitována několika faktory, které bych pro přehlednost ráda shrnula. Je vhodné upozornit na skutečnost, že i přes veškeré snahy o co nejpřesnější zpracování, se s určitou mírou limitace přirozeně setkáváme u všech klinických studií, a ačkoliv se může podílet na částečném zkreslení výsledků, je akceptovatelná.

Prvním limitním faktorem je časové rozmezí studie. Sběr dat probíhal pouze po dobu přibližně 1 roku (od února 2021 do ledna 2022). Při zpracování výsledků tedy vycházíme z dat, které se podařilo získat v rámci zmíněného časového rozmezí.

Další limitací je počet pozorovaných subjektů, v našem případě reprezentovaný 24 těhotnými ženami z Hradce Králové, které se studie účastnily. Vzhledem ke skutečnosti, že každá z žen má jiné tělesné složení, vyžaduje také každý organismus individuální přístup, a to i v rámci nutričních příjmu. Doporučení diplomové práce jsou pouze obecně platnými radami a musíme brát v potaz existenci individuálních požadavků organismu na příjem vitaminů u jednotlivce.

Dále je třeba zmínit hodnocení různých žen v rámci G1, G2 a G3. Kvůli této limitaci, nebylo možné porovnávat určité antropometrické parametry, jako je například nárůst tělesné hmotnosti s postupujícím těhotenstvím. Nicméně na hodnocení příjmu nutrientů to nemělo vliv, a nijak to neomezilo výsledky naší studie.

Dalším omezením je nepřesný zápis složení a hmotnosti pokrmů do dotazníků, které musely být doplněny odhadovaným složením nebo gramáží dle tabulek (viz podkapitola 6.1.4 Hmotnosti potravin). Tyto tabulky představovaly pouhý odhad a obsahovaly pouze omezený počet příkladů potravin.

Poslední limitaci představoval program NutriDan. Přestože obsahoval široký výběr potravin a pokrmů byl jeho sortiment omezený. V některých případech tedy bylo nutné potraviny nahrazovat a zápis tak nebyl zcela přesný. Program NutriDan byl volen převážně z toho důvodu, že jej využívaly i předchozí studie a bylo tak možné jejich srovnávání.

6.2 VÝSLEDKY

Výsledky statisticky vyhodnocených dat jsou detailněji interpretovány v následujících podkapitolách, které byly, pro lepší přehlednost, rozděleny na antropometrické parametry a nutriční příjmy.

6.2.1 Antropometrické parametry

Antropometrické parametry jsou údaje, které se týkají tělesného složení. V našem případě byla hodnocena tělesná výška, tělesná hmotnost, BMI a procentuální zastoupení tělesného tuku u těhotných žen v rámci G1, G2 a G3. Kromě tělesné výšky, která byla měřena pouze při vstupní kontrole, byly všechny ostatní parametry měřeny opakovaně, při každé z pravidelných prohlídek.

Antropometrické parametry pro jednotlivá období gravidity znázorňuje tabulka č. 10. Jak již bylo zmíněno, v podkapitole 6.1.1 Období gravidity, v našem výzkumu byly v rámci G1, G2 a G3 pozorovány jiné ženy. Z toho důvodu nejsou některé antropometrické parametry vzhledem k postupujícímu těhotenství rostoucí, jak by se dalo předpokládat. Konkrétně se jedná o tělesnou hmotnost a procentuální tělesný tuk – medián tělesné hmotnosti a procentuálního tělesného tuku těhotných žen v G3 je nižší než žen v G2.

Tabulka č. 10 Antropometrické parametry těhotných žen

	Tělesná výška (cm)	Tělesná hmotnost (kg)	BMI (kg/m ²)	Tělesný tuk (%)
G1	164,0 (162,0; 165,0)	69,4 (66,0; 73,3)	26,0 (23,9; 26,8)	29,2 (28,5; 36,5)
G2	167,0 (163,5; 169,0)	76,2 (69,7; 84,2)	28,5 (24,6; 33,1)	33,8 (30,7; 38,6)
G3	165,0 (161,0; 169,0)	74,2 (69,9; 84,4)	28,8 (27,5; 30,9)	28,8 (27,5; 30,9)

Parametry vyjádřeny jako medián (25% percentil; 75% percentil)

Vysvětlivky: *BMI* – body mass index (index tělesné hmotnosti, podíl tělesné váhy v kilogramech a výšky v metrech na druhou), **G1** – první období gravidity (pozorované mezi 17.–27. týdnem těhotenství), **G2** – druhé období gravidity (pozorované mezi 28.–35. týdnem těhotenství), **G3** – třetí období gravidity (pozorované mezi 36. týdnem těhotenství a porodem)

6.2.2 Nutriční příjmy

V rámci této podkapitoly jsou hodnoceny nutriční příjmy pozorovaných lipofilních vitaminů. Nejdříve jsou shrnuty všechny příjmy dohromady, kdy hodnotíme příjmy těhotných žen pro jednotlivé dny v týdnu zvlášť a následně významnost rozdílů mezi těmito příjmy. Následující podkapitoly se již věnují každému z vitaminů samostatně, včetně porovnání zjištěných příjmů s doporučeními avizovanými v teoretické části diplomové práce. Doporučení jsou platná pro české těhotné ženy a vychází z publikace Společnosti pro výživu, WHO, FAO, EFSA, UNU a dalších.

Tabulky č. 11, 12 a 13 vyobrazují příjmy lipofilních vitaminů v rámci jednotlivých období gravidity pro pondělí až neděli. Vitaminové příjmy jsou vyjádřeny formou mediánu (25% percentilu; 75% percentilu). Součástí tabulek je rovněž *p*-hodnota na hladině významnosti 0,05, prostřednictvím které bylo hodnoceno, zda se příjmy mezi jednotlivými dny v týdnu od sebe statisticky významně liší nebo neliší (viz podkapitola 6.1.6 Statistické vyhodnocení dat).

Tabulka č. 11 uvádí přehled příjmů lipofilních vitaminů pro pondělí až neděli za období G1. Tabulka č. 12 interpretuje rovněž týdenní příjmy vitaminů tentokrát pro období G2 a tabulka č. 13 vyjadřuje týdenní příjmy za období G3.

Na základě *p*-hodnoty jsme u všech tří pozorovaných období gravidity došli ke stejnému závěru, a sice, že neexistuje statisticky významný rozdíl v nutričních příjmech lipofilních vitaminů mezi jednotlivými dny v týdnu. Z toho důvodu jsou příjmy jednotlivých vitaminů v následujících podkapitolách vyjadřovány jako mediány z celého týdne.

Tabulka č. 11 Příjmy lipofilních vitaminů pro jednotlivé dny v týdnu za období G1

G1	Vitamin A (mg/den)	Karotenoidy (mg/den)	Vitamin D (µg/den)	Vitamin E (mg/den)
Pondělí	0,38 (0,26; 0,49)	2,26 (0,92; 3,01)	0,62 (0,38; 0,96)	10,79 (8,68; 15,76)
Úterý	0,36 (0,23; 0,61)	2,24 (0,91; 6,52)	0,52 (0,28; 1,53)	9,26 (8,90; 14,42)
Středa	0,56 (0,40; 0,59)	2,10 (1,46; 3,75)	1,24 (0,77; 1,77)	9,71 (8,64; 16,45)
Čtvrtek	0,31 (0,19; 0,47)	2,28 (0,89; 3,25)	0,94 (0,73; 1,07)	10,46 (7,34; 14,89)
Pátek	0,51 (0,38; 0,64)	1,66 (0,93; 3,34)	2,44 (1,05; 7,14)	11,65 (10,01; 16,44)
Sobota	0,43 (0,32; 0,46)	2,25 (1,16; 4,35)	1,63 (1,02; 2,84)	11,41 (9,08; 15,34)
Neděle	0,65 (0,21; 0,74)	3,13 (1,73; 3,35)	2,00 (0,57; 2,41)	9,15 (8,20; 11,19)
p-hodnota	0,949	0,990	0,983	0,829

Parametry vyjádřeny jako medián (25% percentil; 75% percentil)

Vysvětlivky: G1 – první období gravidity (pozorované mezi 17.–27. týdnem těhotenství)

Tabulka č. 12 Příjmy lipofilních vitaminů pro jednotlivé dny v týdnu za období G2

G2	Vitamin A (mg/den)	Karotenoidy (mg/den)	Vitamin D (µg/den)	Vitamin E (mg/den)
Pondělí	0,38 (0,27; 0,41)	2,74 (1,15; 6,35)	1,46 (0,85; 2,80)	9,67 (7,11; 15,35)
Úterý	0,37 (0,36; 0,47)	3,91 (1,33; 6,50)	2,35 (1,79; 14,38)	12,21 (8,02; 14,07)
Středa	0,56 (0,51; 0,71)	3,76 (2,86; 4,87)	1,83 (1,59; 4,93)	11,56 (7,95; 18,66)
Čtvrtek	0,49 (0,41; 0,60)	4,53 (2,23; 7,23)	0,98 (0,87; 1,24)	5,64 (4,59; 6,22)
Pátek	0,40 (0,31; 0,52)	2,08 (0,85; 3,63)	0,76 (0,53; 1,34)	10,10 (7,93; 11,85)
Sobota	0,60 (0,51; 0,68)	2,20 (0,92; 3,34)	2,49 (1,63; 3,56)	9,65 (8,46; 14,27)
Neděle	0,34 (0,27; 0,58)	3,07 (2,47; 3,54)	1,29 (0,62; 2,58)	9,15 (6,77; 12,39)
p-hodnota	0,817	0,988	0,938	0,595

Parametry vyjádřeny jako medián (25% percentil; 75% percentil)

Vysvětlivky: G2 – druhé období gravidity (pozorované mezi 28.–35. týdnem těhotenství)

Tabulka č. 13 Příjmy lipofilních vitaminů pro jednotlivé dny v týdnu za období G3

G3	Vitamin A (mg/den)	Karotenoidy (mg/den)	Vitamin D (μg/den)	Vitamin E (mg/den)
Pondělí	0,32 (0,24; 0,39)	1,84 (0,81; 2,09)	1,26 (0,43; 1,53)	10,82 (5,84; 16,17)
Úterý	0,33 (0,26; 0,48)	1,65 (1,32; 1,78)	0,78 (0,66; 4,91)	10,83 (7,77; 16,11)
Středa	0,39 (0,39; 0,53)	1,75 (1,32; 4,30)	1,74 (1,08; 2,31)	7,66 (5,99; 21,14)
Čtvrtek	0,31 (0,27; 0,40)	3,17 (2,33; 4,40)	0,82 (0,72; 1,68)	8,41 (5,52; 15,60)
Pátek	0,39 (0,20; 0,55)	2,39 (1,18; 4,28)	1,64 (1,03; 2,39)	6,61 (5,51; 8,22)
Sobota	0,46 (0,42; 0,77)	2,38 (1,55; 4,24)	1,21 (0,83; 1,84)	9,93 (8,37; 12,63)
Neděle	0,37 (0,35; 0,44)	2,45 (1,32; 4,25)	1,32 (0,82; 2,52)	12,42 (9,19; 14,12)
p-hodnota	0,940	0,998	0,979	0,852

Parametry vyjádřeny jako medián (25% percentil; 75% percentil)

Vysvětlivky: G3 – třetí období gravidity (pozorované mezi 36. týdnem těhotenství a porodem)

6.2.2.1 Příjem vitaminu A

Denní příjmy vitaminu A za období G1, G2 a G3 znázorňuje tabulka č. 14. Tabulka obsahuje také DDD pro jednotlivá období gravidity a horní a dolní hranici bezpečného denního příjmu. Součástí tabulky je rovněž *p*-hodnota na hladině významnosti 0,05, z níž vyplývá, že příjmy těhotných žen v G1, G2 a G3 se od sebe statisticky významně neliší.

Dle doporučení Společnosti pro výživu, WHO, FAO, EFSA a UNU v období T1 zatím neexistuje zvýšená potřeba příjmu vitamínu A. Ta nastává, dle Společnosti pro výživu, od 4. měsíce těhotenství a dle FAO/WHO až od T3.

Jak je z tabulky patrné, denní příjmy těhotných žen v období G1 a G2 byly velmi podobné a medián denního příjmu dosáhl stejné hodnoty. V období G3 však můžeme zaznamenat příjmový pokles. Na základě analyzovaných dat lze (až na pár výjimek) konstatovat, že ani v jednom z pozorovaných období gravidity nedosáhl žádný z denních příjmů těhotných žen DDD. Ačkoliv se některé z denních příjmů těhotných žen pohybovaly dokonce pod dolní bezpečnou hranicí příjmu, většina hodnot byla nad touto hranicí. Z tohoto pohledu by těhotenství pozorovaných žen nemělo být provázeno žádnými projevy nedostatku vitamínu A.

Tabulka č. 14 Denní příjmy vitamínu A v graviditě

Vitamin A	G1	G2	G3	p-hodnota
Vitamin A (mg/den)	0,43 (0,26; 0,60)	0,43 (0,35; 0,59)	0,38 (0,28; 0,49)	0,796
DDD vitamínu A (mg/den) (od 4. měsíce těhotenství)	0,7–1,1	0,7–1,1	0,7–1,1	–
Horní hranice příjmu (mg/den)	1,5–3,0	1,5–3,0	1,5–3,0	–
Dolní hranice příjmu (mg/den)	0,3	0,3	0,3	–

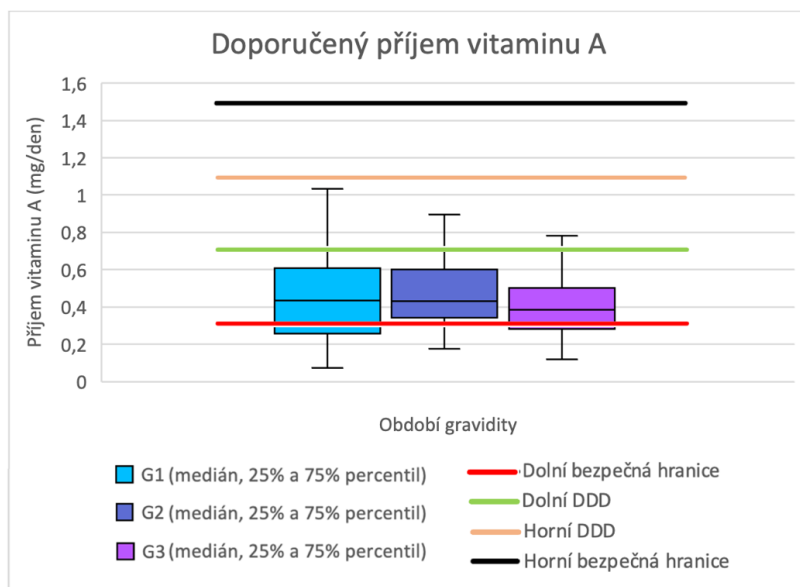
Hodnoty příjmu těhotných žen vyjádřeny jako medián (25% percentil; 75% percentil)

Vysvětlivky: DDD – doporučená denní dávka, **G1** – první období gravidity (pozorované mezi 17.–27. týdnem těhotenství), **G2** – druhé období gravidity (pozorované mezi 28.–35. týdnem těhotenství), **G3** – třetí období gravidity (pozorované mezi 36. týdnem těhotenství a porodem)

Graf č. 1 vyobrazuje mediány včetně 25% a 75% percentilů denních příjmů vitamínu A pozorovaných těhotných žen vůči horní bezpečné hranici, DDD a dolní

bezpečné hranici denního příjmu. Vzhledem k rozsahu DDD od 0,7–1,1 mg/den jsou v grafu vyobrazeny obě hodnoty.

Graf č. 1 Příjem vitamínu A vzhledem k doporučeným denním dávkám



Vysvětlivky: DDD – doporučená denní dávka, **G1** – první období gravidity (pozorované mezi 17.–27. týdnem těhotenství), **G2** – druhé období gravidity (pozorované mezi 28.–35. týdnem těhotenství), **G3** – třetí období gravidity (pozorované mezi 36. týdnem těhotenství a porodem)

6.2.2.2 Příjem karotenoidů

Denní příjmy karotenoidů pro jednotlivá období gravidity jsou vyobrazeny v tabulce č. 15. Tabulka dále obsahuje informace o DDD a horní bezpečné hranici příjmu. Dolní bezpečná hranice pro příjem karotenoidů není známa, jelikož pro lidský organismus není příjem karotenoidů spojován s projevy nedostatku (Hammond a Renzi, 2013). Na základě *p*-hodnoty na hladině významnosti 0,05 neexistuje statisticky významný rozdíl v příjmu mezi jednotlivými obdobími gravidity.

V případě karotenoidů můžeme pozorovat, že nejvyššího denního příjmu bylo dosaženo v G2. Dle Společnosti pro výživu a EFSA by se DDD pro celé těhotenství měla pohybovat mezi 2,0–15,0 mg/den. Na základě analyzovaných dat lze konstatovat, že této hodnoty dosahuje většina pozorovaných těhotných žen v G1 i G2. V G3 rovněž část žen splňuje DDD, avšak medián příjmu DDD nedosahuje. Přestože se některé příjmy pohybují pod hranicí DDD, nepředstavují žádná rizika pro těhotnou ženu

ani plod. Ačkoliv se nejedná o optimální stav pro organismus, není tento nedostatečný příjem spojen s žádnými nežádoucími projevy.

Tabulka č. 15 Denní příjmy karotenoidů v graviditě

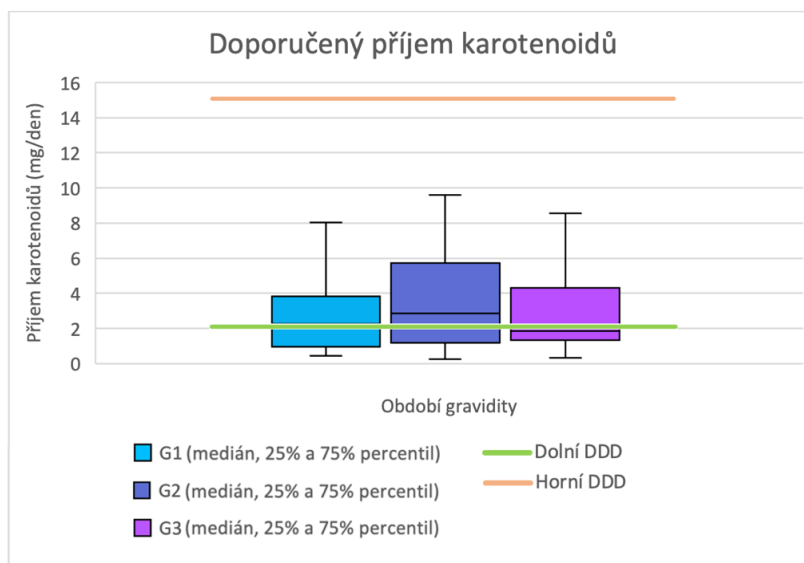
Karotenoidy	G1	G2	G3	p-hodnota
Karotenoidy (mg/den)	2,26 (0,97; 3,78)	2,87 (1,22; 5,49)	1,84 (1,34; 4,26)	0,799
DDD karotenoidů (mg/den)	2,0–15,0	2,0–15,0	2,0–15,0	–
Horní hranice příjmu (mg/den)	20,0	20,0	20,0	–
Dolní hranice příjmu (mg/den)	neuveдено	neuveдено	neuveдено	–

Hodnoty příjmu těhotných žen vyjádřeny jako medián (25% percentil; 75% percentil)

Vysvětlivky: DDD – doporučená denní dávka, **G1** – první období gravidity (pozorované mezi 17.–27. týdnem těhotenství), **G2** – druhé období gravidity (pozorované mezi 28.–35. týdnem těhotenství), **G3** – třetí období gravidity (pozorované mezi 36. týdnem těhotenství a porodem)

Graf č. 2 vyobrazuje mediány včetně 25% a 75% percentilů denních příjmů karotenoidů pozorovaných těhotných žen vůči DDD v těhotenství. Vzhledem k rozsahu DDD od 2,0–15,0 mg/den jsou v grafu vyobrazeny obě hodnoty. Pro lepší přehlednost grafu nebyla zobrazena hodnota horní bezpečné hranice příjmu.

Graf č. 2 Příjem karotenoidů vzhledem k doporučeným denním dávkám



Vysvětlivky: DDD – doporučená denní dávka, G1 – první období gravidity (pozorované mezi 17.–27. týdnem těhotenství), G2 – druhé období gravidity (pozorované mezi 28.–35. týdnem těhotenství), G3 – třetí období gravidity (pozorované mezi 36. týdnem těhotenství a porodem)

6.2.2.3 Příjem vitamínu D

Tabulka č. 16 znázorňuje denní příjmy vitamínu D, DDD, horní a dolní bezpečné hranice denního příjmu za období G1, G2 a G3. Dle p -hodnoty na hladině významnosti 0,05 se příjmy mezi jednotlivými obdobími gravidity statisticky významně neliší.

Dle Společnosti pro výživu se průměrný denní příjem vitamínu D potravou pohybuje mezi 2,0–4,0 $\mu\text{g}/\text{den}$, přičemž doporučený příjem vitamínu D potravou je dle FAO/WHO 5,0 $\mu\text{g}/\text{den}$. Tato hodnota však nedokáže zajistit optimální hladinu vitamínu D v krvi, které je dosaženo až při celkovém příjmu alespoň 12,0 $\mu\text{g}/\text{den}$ (odhad vypočítaný na základě minimální doporučené hladiny vitamínu D v krvi), a to skrze potravu, sluneční záření nebo suplementaci (Společnost pro výživu, 2019).

Na analyzovaná data lze pohlížet ze dvou úhlů pohledu – z hlediska příjmu vitamínu D potravou a z hlediska celkového příjmu. Pokud budeme hodnotit příjem potravou lze konstatovat, že žádné z pozorovaných těhotných žen (až na pár výjimek) se nepodařilo dosáhnout DDD vitamínu D z potravy a většina těchto žen nedosáhla ani hodnoty průměrného příjmu vitamínu D potravou. Z tohoto úhlu pohledu by pozorovaným ženám mohlo hrozit riziko nežádoucích projevů z nedostatku vitamínu D.

Z pohledu celkového příjmu vitamínu D lze, na základě analyzovaných dat, dojít k závěru, že žádné z pozorovaných těhotných žen se nepodařilo dosáhnout DDD a ani dolní bezpečné hranice denního příjmu. Nicméně hodnocení příjmu vitamínu D vychází pouze ze znalosti příjmu z potravy případně suplementů (pokud byly ze strany těhotných žen uvedeny). Vitamin D může být přijímán rovněž ze slunečního záření, které je schopné pokrýt optimální hladinu vitamínu D v organismu (Společnost pro výživu, 2019).

Tabulka č. 16 Denní příjmy vitamínu D v graviditě

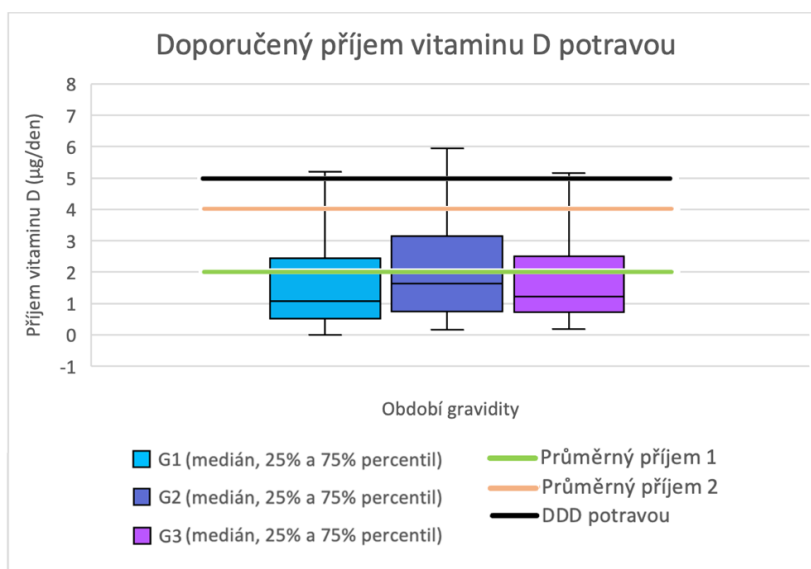
Vitamin D	G1	G2	G3	p-hodnota
Vitamin D (µg/den)	1,07 (0,55; 2,44)	1,65 (0,77; 3,05)	1,21 (0,73; 2,42)	0,727
DDD vitamínu D (µg/den)	*5,0–20,0 (200–800 IU)	*5,0–20,0 (200–800 IU)	*5,0–20,0 (200–800 IU)	–
Horní hranice příjmu (µg/den)	50,0–100,0 (2 000–4 000 IU)	50,0–100,0 (2 000–4 000 IU)	50,0–100,0 (2 000–4 000 IU)	–
Dolní hranice příjmu (µg/den)	**12,0 (480 IU)	**12,0 (480 IU)	**12,0 (480 IU)	–

Hodnoty příjmu těhotných žen vyjádřeny jako medián (25% percentil; 75% percentil)

Vysvětlivky: *5,0 µg/den – doporučený příjem potravou (nestačí pro zajištění optimální hladiny vitamínu D v organismu), **odhadovaná hodnota, **DDD** – doporučená denní dávka, **G1** – první období gravidity (pozorované mezi 17.–27. týdnem těhotenství), **G2** – druhé období gravidity (pozorované mezi 28.–35. týdnem těhotenství), **G3** – třetí období gravidity (pozorované mezi 36. týdnem těhotenství a porodem), **IU** – mezinárodní jednotky

Graf č. 3 vyobrazuje mediány včetně 25% a 75% percentilů denních příjmů vitamínu D z potravy vůči průměrným denním příjmům a DDD vitamínu D potravou. Vzhledem k rozsahu průměrného příjmu od 2,0–4,0 µg/den jsou v grafu vyobrazeny obě hodnoty.

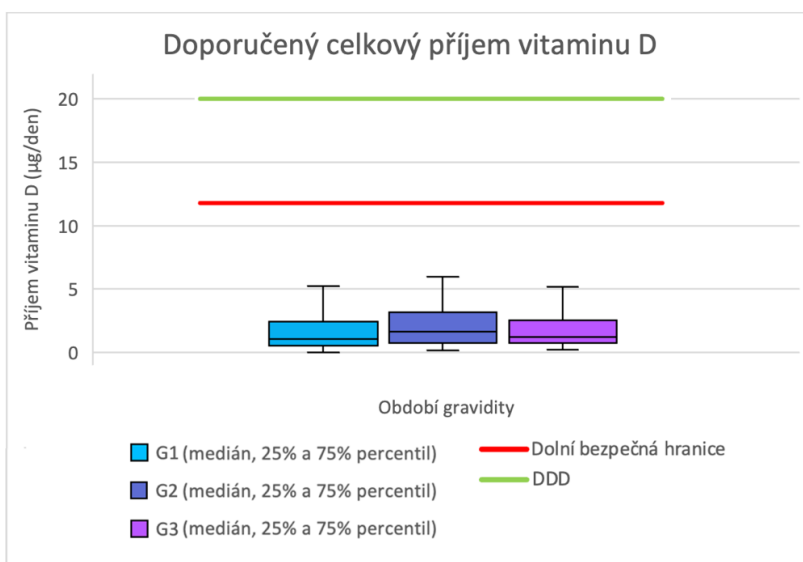
Graf č. 3 Příjem vitamínu D potravou vzhledem k doporučeným denním dávkám



Vysvětlivky: DDD – doporučená denní dávka, G1 – první období gravidity (pozorované mezi 17.–27. týdnem těhotenství), G2 – druhé období gravidity (pozorované mezi 28.–35. týdnem těhotenství), G3 – třetí období gravidity (pozorované mezi 36. týdnem těhotenství a porodem)

Graf č. 4 vyobrazuje mediány včetně 25% a 75% percentilů denních příjmů vitamínu D potravou vůči DDD a dolní bezpečné hranici celkového denního příjmu. Pro lepší přehlednost grafu nebyla zobrazena hodnota horní bezpečné hranice příjmu.

Graf č. 4 Doporučený celkový příjem vitamínu D



Vysvětlivky: DDD – doporučená denní dávka, G1 – první období gravidity (pozorované mezi 17.–27. týdnem těhotenství), G2 – druhé období gravidity (pozorované mezi 28.–35. týdnem těhotenství), G3 – třetí období gravidity (pozorované mezi 36. týdnem těhotenství a porodem)

6.2.2.4 Příjem vitamínu E

Tabulka č. 17 znázorňuje denní příjmy vitamínu E včetně DDD, horní a dolní hranice bezpečného denního příjmu pro G1, G2 a G3. Součástí tabulky je opět *p*-hodnota na hladině významnosti 0,05, z níž vyplývá, že příjmy těhotných žen v G1, G2 a G3 nevykazují statisticky významný rozdíl.

Dle FAO, WHO a Společnosti pro výživu by se DDD vitamínu E měla pohybovat mezi 10,0–13,0 mg/den. Na základě analyzovaných dat lze konstatovat, že většina denních příjmů dosahovala hodnoty DDD. Některé příjmy DDD dokonce překračovaly, ale žádný z nich nebyl vyšší než horní bezpečná hranice příjmu. Téměř žádný z příjmů (až na pár výjimek) nebyl nižší než dolní bezpečná hranice 6,2 mg/den (odhad vypočítaný na základě minimální doporučené hladiny vitamínu E v krvi), a tudíž by těhotenství nemělo být provázeno žádnými projevy nedostatku vitamínu E.

Tabulka č. 17 Denní příjmy vitamínu E v graviditě

Vitamin E	G1	G2	G3	<i>p</i> -hodnota
Vitamin E (mg/den)	10,37 (8,56; 15,28)	9,10 (6,46; 13,03)	9,88 (5,92; 15,46)	0,320
DDD vitamínu E (mg/den)	10,0–13,0	10,0–13,0	10,0–13,0	–
Horní hranice příjmu (mg /den)	300,0	300,0	300,0	–
Dolní hranice příjmu (mg /den)	*4,8–6,2	*4,8–6,2	*4,8–6,2	–

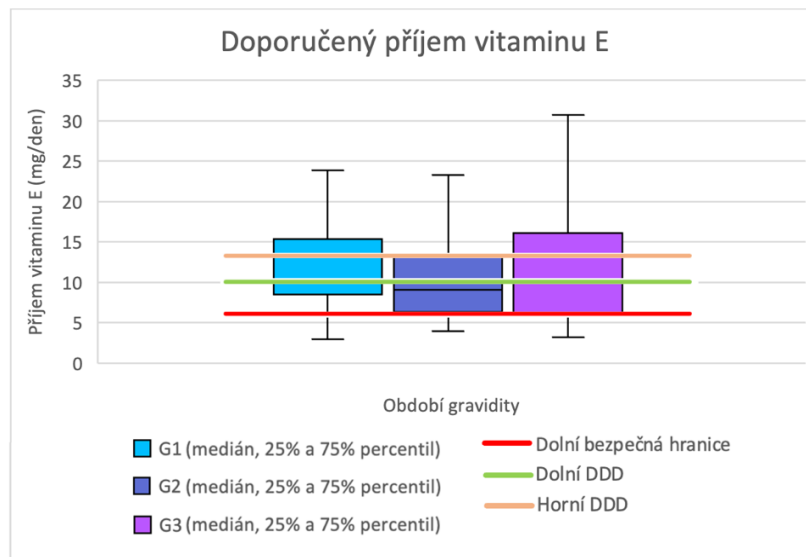
Hodnoty příjmu těhotných žen vyjádřeny jako medián (25% percentil; 75% percentil)

Vysvětlivky: *odhadovaná hodnota, **DDD** – doporučená denní dávka, **G1** – první období gravidity (pozorované mezi 17.–27. týdnem těhotenství), **G2** – druhé období gravidity (pozorované mezi 28.–35. týdnem těhotenství), **G3** – třetí období gravidity (pozorované mezi 36. týdnem těhotenství a porodem)

Graf č. 5 vyobrazuje mediány včetně 25% a 75% percentilů denních příjmů vitamínu E pozorovaných těhotných žen vůči DDD a dolní bezpečné hranici denního

příjmu. Vzhledem k rozsahu DDD od 10,0–13,0 mg/den jsou v grafu vyobrazeny obě hodnoty. Pro lepší přehlednost grafu není zobrazena horní bezpečná hranice příjmu.

Graf č. 5 Příjem vitamínu E vzhledem k doporučeným denním dávkám



Vysvětlivky: DDD – doporučená denní dávka, **G1** – první období gravidity (pozorované mezi 17.–27. týdnem těhotenství), **G2** – druhé období gravidity (pozorované mezi 28.–35. týdnem těhotenství), **G3** – třetí období gravidity (pozorované mezi 36. týdnem těhotenství a porodem)

7. DISKUSE

Cílem diplomové práce bylo vyhodnocení studie nutričních příjmů vybraných lipofilních vitaminů u 24 českých těhotných žen z Hradce Králové, v časovém rozmezí od února 2021 do ledna 2022. Dále stanovení denních příjmů vybraných vitaminů na základě dotazníkového šetření, interpretace získaných výsledků, posouzení odlišností mezi jednotlivými dny v týdnu a mezi jednotlivými pozorovanými obdobími gravidity a následná konfrontace získaných výsledků s odbornými poznatky teoretické části diplomové práce a porovnání s doporučeními platnými pro Českou republiku.

Hodnocení nutričních příjmů probíhalo formou odevzdaných dotazníků v rámci tří pozorovaných období gravidity – G1 (těhotné ženy odevzdávaly dotazníky mezi 17.–27. týdnem těhotenství), G2 (těhotné ženy odevzdávaly dotazníky mezi 28.–35. týdnem těhotenství) a G3 (těhotné ženy odevzdávaly dotazníky mezi 36. týdnem těhotenství a porodem).

Dotazníky obsahovaly podrobné denní záznamy příjmů potravin a tekutin vždy za celý jeden týden. Takto odevzdané dotazníky byly následně převedeny do programu na výživu NutriDan, který vypočítal denní příjmy vybraných makro a mikronutrientů.

Data byla následně převedena do programu Microsoft Excel pro účely statistického vyhodnocení sledovaných parametrů. Na základě získaných výsledků byly denní příjmy vybraných lipofilních vitaminů zhodnoceny a porovnány s doporučeními platnými pro Českou republiku. Doporučení vycházela především z publikace Společnosti pro výživu, EFSA, FAO, WHO a UNU.

Jak již bylo zmíněno v podkapitole 6.1.7, diplomová práce byla zatížena řadou limitujících faktorů. Jednalo se především o časové rozmezí studie od února 2021 do ledna 2022, dále o počet pozorovaných subjektů reprezentovaný 24 českými těhotnými ženami z Hradce Králové, hodnocení odlišných žen v rámci G1, G2 a G3, nepřesný zápis složení a hmotnosti pokrmů do dotazníků ze strany těhotných žen, omezený sortiment pokrmů v programu NutriDan a nemožnost stanovení doporučení na míru jednotlivce, kvůli individuálním potřebám každého organismu.

Věk těhotných žen se v průběhu výzkumu pohyboval mezi 24–37 lety. Průměrný věk žen v G1 byl $31,6 \pm 3,5$ let, v G2 $31,3 \pm 5,2$ let, v G3 $30,9 \pm 3,8$ let a za celé pozorované období činil průměrně $31,3 \pm 3,9$ let. Medián tělesné výšky v G1 činil

164,0 m, v G2 167,0 m a v G3 165,0 m. Medián tělesné hmotnosti činil v G1 69,4 kg, v G2 76,2 kg a v G3 74,2 kg. Medián BMI dosahoval v období G1 hodnoty 26,0 kg/m², v období G2 hodnoty 28,5 kg/m² a v období G3 hodnoty 28,8 kg/m². Medián tělesného tuku byl 29,2 % v G1, 33,8 % v G2 a 28,8 % v G3. Změny tělesné hmotnosti, tělesného tuku a BMI mezi jednotlivými pozorovanými obdobími gravidity nebudou hodnoceny, jelikož neodráží vývoj napříč těhotenstvím totožných maminek.

Hlavním zjištěním studie nutričních příjmů lipofilních vitaminů u pozorovaných těhotných žen je, že neexistuje statisticky významný rozdíl v příjmech mezi jednotlivými dny v týdnu ani mezi jednotlivými pozorovanými obdobími gravidity.

Jelikož těhotenství představuje období významných změn v těle ženy, má organismus během tohoto období zvýšené nároky na výši nutričních příjmů (FAO/WHO, 2001; Tan a Tan, 2013).

Lipofilní vitaminy představují skupinu mikronutrientů, jejichž příjem má v těhotenství nezastupitelnou roli (WHO, 2016). Díky rozpustnosti v tucích mají tyto vitaminy tendenci kumulovat se ve tkáních (zejména v játrech a tukové tkáni) a nižší příjmy nejsou ihned spojeny s klinickými příznaky (Carazo et al., 2021).

Mezi lipofilní vitaminy řadíme vitamin A, vitamin D, vitamin E a vitamin K (Morris a Mohiuddin, 2022). Vitamin K nebyl předmětem této diplomové práce, pozornost byla naopak věnována karotenoidům. Je vhodné poznamenat, že doporučení uvedená v této diplomové práci jsou obecnými radami pro zdravou populaci a neodrážejí individuální potřeby jednotlivce.

Vitamin A hraje klíčovou roli pro správné fungování mnoha fyziologických funkcí v organismu včetně růstu, vývoje a zrání orgánů plodu (Carazo et al., 2021).

V těhotenství existují zvýšené požadavky na příjem vitaminu A, a to zejména v T2 (přibližně od 4. měsíce těhotenství) a v T3 (Společnost pro výživu, 2019). Především v T3 je nedostatek vitaminu A nejčastější, kvůli klesající koncentraci retinolu v plazmě, zvýšenému objemu krve a zrychlenému vývoji plodu (WHO, 2011). U pozorovaných těhotných žen tedy existuje zvýšená potřeba příjmu vitaminu A pro celé období G1 – G3. Hodnota DDD se dle Společnosti pro výživu, WHO, FAO, EFSA a UNU pohybuje mezi 0,7–1,1 mg vitaminu A za den.

Na základě analýzy dat bylo zjištěno, že denní příjmy vitaminu A pozorovaných těhotných žen byly v rámci G1 a G2 velmi podobné. Medián příjmu za období G1

i za období G2 dosahoval hodnoty 0,43 mg/den a nesplnil tak DDD o 38,6 %. Denní příjem v období G3 byl nejnižší – což není, vzhledem ke klesající hladině vitamínu A s postupujícím těhotenstvím, žádoucí. Medián dosahoval hodnoty 0,38 mg/den a nesplnil DDD o 45,7 %. Až na pár výjimek, žádný z denních příjmů vitamínu A, napříč všemi pozorovanými obdobími gravidity, nedosáhl hodnoty DDD. Většina denních příjmů se však nedostala pod dolní bezpečnou hranici příjmu, stanovenou dle EFSA na 0,3 mg vitamínu A za den. Těhotenství pozorovaných žen by tak nemělo být provázeno projevy nedostatku vitamínu A.

V rámci optimalizace příjmu by těhotné ženy měly navýšit příjem vitamínu A na hodnotu alespoň 0,7 mg/den, a to především s postupujícím těhotenstvím, kdy se hladinu vitamínu A v organismu snižuje (ideálně od 4. měsíce těhotenství). Optimálním zdrojem příjmu vitamínu A je pestrá a vyvážená strava se zastoupením potravin jako jsou vejce, mléčné a masné výrobky. Vyvarovat by se těhotné ženy měly především potravinám s vysokým obsahem vitamínu A jako jsou játra, a to zejména v T1. Suplementace vitamínem A se nedoporučuje, jelikož bývá častým důvodem nadužívání tohoto vitamínu a jeho následné toxicity, jelikož si tělo neumí korigovat jeho potřebnou hladinu (Carazo et al., 2021; Společnost pro výživu, 2019). V případě suplementace jsou vhodnější karotenoidové prekurzory vitamínu A (např. β -karoten), které jsou z hlediska množství příjmu bezpečnější (Bastos Maia et al., 2019).

Význam karotenoidů spočívá především v jejich antioxidačních vlastnostech. V těhotenství dochází k až trojnásobnému navýšení koncentrace kyslíku a jeho škodlivých forem ROS. Výsledkem je oxidační stres, který může vést k řadě patologických stavů v těhotenství. Děje se tak zejména ke konci T1, kdy se placenta plně napojuje na mateřskou cirkulaci. Karotenoidy díky svému antioxidačnímu působení tato rizika snižují (Zielińska et al., 2017).

V těhotenství existuje zvýšená potřeba příjmu karotenoidů, nicméně představy o výši tohoto příjmu nejsou zcela jasné. Jako odhadovaná potřeba se dle Společnosti pro výživu uvádí 2,0–4,0 mg/den, dle EFSA až 15,0 mg/den.

Některé karotenoidy (zejména β -karoten) jsou tzv. provitaminy A, které organismus metabolizuje na vitamin A (Carazo et al., 2021). Jejich hlavní výhoda spočívá v tom, že nevyvolávají žádné vedlejší účinky, protože jejich přeměna na vitamin

A se děje kontrolovaně organismem (Bastos Maia et al., 2019). Příjem karotenoidů tak může být bezpečnější alternativou k doplnění nedostatečného příjmu vitamínu A.

Na základě analýzy dat bylo zjištěno, že denní příjmy karotenoidů pozorovaných těhotných žen dosahovaly DDD převážně v období G1 a G2, částečně i v rámci G3. Medián příjmu za období G1 dosahoval hodnoty 2,26 mg/den, za období G2 2,87 mg/den a za období G3 1,84 mg/den. V období G3 tak medián příjmu nedosahoval DDD o 8,0 %. Dolní bezpečná hranice příjmu není v případě karotenoidů stanovena, jelikož nejsou spojeny s projevy nedostatku. Ačkoliv některé příjmy nedosáhly DDD, nepředstavují pro organismus těhotné ženy či plodu riziko nežádoucích projevů. Nejedná však o optimální stav pro organismus a vzhledem k významnému antioxidačnímu působení karotenoidů, absenci závažných projevů i při nadbytečném příjmu a regulovanému doplnění optimální hladiny vitamínu A do organismu, je vhodné příjem karotenoidů v těhotenství optimalizovat.

Vhodným doporučením pro těhotné ženy je navýšit příjem karotenoidů již od počátku těhotenství na hodnotu mezi 2,0–15,0 mg/den, přičemž hlavním zdrojem příjmu by měla být strava bohatá na ovoce a zeleninu (Zielińska et al., 2017). Karotenoidy můžeme doplnit rovněž ve formě suplementů, které v případě provitaminů A představují bezpečnější alternativu příjmu vůči doplňkům stravy s obsahem vitamínu A.

Je namístě zmínit také rizikový faktor v podobě kouření v těhotenství, kterému by se těhotné ženy měly vyvarovat nejen z důvodu snižující koncentrace karotenoidů v pupečnickové krvi (Zielińska et al., 2017).

Vitamin D hraje významnou roli ve všech fázích těhotenství až po ovlivnění budoucího zdraví potomků (Cyprian et al., 2019). Plod je na hladině vitamínu D v těle těhotné ženy zcela závislý (WHO, 2020).

Vzhledem k velkému významu vitamínu D je navýšení příjmu doporučováno již od počátku těhotenství, resp. od snahy o početí. Průměrný příjem vitamínu D z potravy se pohybuje mezi 2,0–4,0 µg vitamínu D za den (80–160 IU). Doporučený příjem vitamínu D z potravy je pro těhotné ženy stanoven na 5,0 µg/den (200 IU). Tato dávka však nedokáže zajistit optimální hladinu vitamínu D v organismu a je nutný další příjem v podobě slunečního záření nebo vhodné suplementace (Společnost pro výživu, 2019).

Těhotným ženám a ženám plánujícím těhotenství se doporučuje celkový denní příjem vitamínu D 20,0–25,0 µg/den (800 – 1 000 IU) pro zajištění optimální koncentrace v krvi 50,0 nmol/l až po 37,0–50,0 µg/den (1 500 – 2 000 IU) pro zajištění koncentrace 75,0 nmol/l, spojované s větší pravděpodobností početí či menšími těhotenskými riziky (Cyprian et al., 2019; Pilz et al., 2018).

Na základě analýzy dat bylo zjištěno, že téměř žádný z denních příjmů pozorovaných těhotných žen dosáhl DDD vitamínu D z potravy a většina těchto příjmů nedosáhla ani hodnoty průměrného příjmu vitamínu D z potravy. Medián příjmu za období G1 dosahoval hodnoty 1,07 µg/den a nesplnil tak DDD pro příjem potravou o 78,6 %, za období G2 dosahoval hodnoty 1,65 µg/den a nesplnil tak DDD pro příjem potravou o 67,2 % a za období G3 dosahoval hodnoty 1,21 µg/den a nesplnil tak DDD pro příjem potravou o 75,8 %.

Vzhledem k DDD celkovému příjmu vitamínu D se rovněž žádné z pozorovaných těhotných žen nepodařilo dosáhnout DDD a ani dolní bezpečné hranice denního příjmu, odhadované dle minimální doporučené hladiny vitamínu D v krvi na 12,0 µg/den. Pokud bychom vycházeli pouze z příjmu potravou, mohl by takto nízký příjem představovat riziko skeletárních i mimoskeletárních nežádoucích důsledků pro organismus těhotné ženy či plodu. Typickým důsledkem nedostatečného příjmu v těhotenství je novorozenecká hypokalcémie (Curtis et al., 2018).

Nicméně objektivně posoudit, zda bylo či nebylo dosaženo dolní bezpečné hranice celkového příjmu vitamínu D není možné, vzhledem k chybějícím informacím o celkovém příjmu vitamínu D. Hodnocení vychází pouze ze znalosti příjmu z potravy (představuje pouze 20% zdroje příjmu vitamínu D), případně suplementů (pokud byly ze strany těhotných žen uvedeny) a nebere v potaz příjem ze slunečního záření, který představuje nejdůležitější zdroj dodávky vitamínu D do organismu (až 80%), schopný pokrýt optimální hladinu vitamínu D v organismu bez nutnosti další suplementace. (Společnost pro výživu, 2019).

V rámci optimalizace příjmu vitamínu D v těhotenství je vhodné navýšení příjmu tohoto vitamínu již od počátku těhotenství, resp. od plánování početí – potravou na alespoň 5,0 µg/den (200 IU) ideálně v podobě tučných ryb, vajec aj., a expozicí slunečnímu záření (odhad pro pokrytí optimální hladiny je 30 minut denně) (FAO/WHO, 2004). Při nedostatečném pobytu na slunci nebo v zimních měsících je

vhodné příjem vitamínu D doplnit vhodnou suplementací, která by se měla pro těhotné ženy pohybovat mezi 10,0–50,0 µg/den (400 – 2 000 IU). Cílem je dosáhnout optimální hladiny vitamínu D v organismu 50,0 nmol/l při celkovém příjmu 20,0 µg/den (800 IU) případně až 75,0 nmol/l při celkovém příjmu až 50,0 µg/den (2 000 IU) (Pilz et al., 2018).

Vitamin E zastává během těhotenství velmi významnou roli, je nezbytný pro embryonální vývoj, a to zejména během neurogeneze (Traber, 2021). Obdobně jako karotenoidy je i vitamin E významným antioxidantem, jeho rolí je ochrana buněk a PUFA před oxidačním poškozením způsobeným ROS, neutralizace přebytečných ROS a ochrana embryonálního prostředí, které je rovněž pod velkým oxidačním stresem (FAO/WHO, 2004; Trabér, 2021).

Za doporučený příjem vitamínu E jsou dle FAO, WHO a Společnosti pro výživu považovány hodnoty mezi 10,0–13,0 mg/den, kterých je možné dosáhnout pouhým příjmem z potravy. Pestrá a vyvážená strava obsahuje dostatek vitamínu E, bez potřeby další suplementace (FAO/WHO, 2004). Optimální příjem vitamínu E souvisí s jeho schopností chránit PUFA před oxidací. Uvádí se, že 0,4 mg vitamínu E ochrání 1,0 g kyseliny linolové (Společnost pro výživu, 2019). Při navýšení příjmu PUFA by se tedy měl i adekvátně navýšit příjem vitamínu E – vzhledem k této skutečnosti se potraviny s vysokým obsahem PUFA i doplňky stravy s obsahem PUFA obohacují o vitamin E a nedostatek tohoto vitamínu je pozorován zřídka (Rumbold et al., 2015)

Na základě analýzy dat bylo zjištěno, že většina denních příjmů vitamínu E pozorovaných těhotných žen dosahovala DDD. Medián příjmu za období G1 dosahoval hodnoty 10,37 mg/den a splnil tak DDD, medián příjmu za období G2 dosahoval hodnoty 9,10 mg/den a nedosáhl DDD pouze o 9,0 % a medián příjmu za období G3 dosahoval hodnoty 9,88 mg/den a nedosáhl DDD o pouhých 1,2 %. Téměř žádný z denních příjmů nebyl nižší než dolní bezpečná hranice odhadovaná dle minimální doporučené hladiny vitamínu E v krvi na 6,2 mg/den, a tudíž by těhotenství pozorovaných žen nemělo být provázeno žádnými projevy nedostatku vitamínu E.

V rámci optimalizace příjmu vitamínu E v těhotenství by ženy měly již od počátku těhotenství udržovat příjem tohoto vitamínu mezi 10,0–13,0 mg/den, ideálně formou pestré a vyvážené stravy a začlenit do jídelníčku potraviny jako je slunečnicový a řepkový olej, které jsou bohatými zdroji tohoto vitamínu. Dále pak živočišné tuky,

maso, zeleninu, ovoce, ořechy, obiloviny, cereálie a mléčné výrobky (Společnost pro výživu, 2019). A dodržovat časový odstup (v řádu hodin) mezi příjmem vitamínu E a volným železem, které snižuje vstřebávání tohoto vitamínu (Rumbold et al., 2015).

Rutinní suplementace vitamínem E se během těhotenství obecně nedoporučuje, jelikož nepomáhá předcházet problémům v těhotenství a neexistují žádné přesvědčivé důkazy, že by tato suplementace měla za následek významné výhody (Rumbold et al., 2015).

Ze všech pozorovaných vitamínů se těhotné ženy svými denními příjmy nejvíce blížily DDD u karotenoidů a vitamínu E. Naopak nejméně se pozorovaným těhotným ženám dařilo dosáhnout DDD u vitamínu A a vitamínu D. Na základě pozorování se podařilo prokázat některé předpoklady avizované v teoretické části diplomové práce, a sice, že nedostatečný příjem vitamínu D je problémem veřejného zdraví týkající se i těhotných žen, které požadavky na výživová doporučení pro příjem vitamínu D nesplňují, a dále, že příjem vitamínu E bývá dostatečně pokryt ze stravy a jeho nedostatek je pozorován jen zřídka (FAO/WHO, 2004; Pilz et al., 2018).

Na závěr by se dalo shrnout, že díky vlastnosti lipofilních vitamínů se v těle kumulovat, není jejich nedostatečný příjem ihned spojen s nežádoucími projevy. Z dlouhodobého hlediska, již však mohou určitá rizika existovat. Kromě vitamínu D (jehož příjem nedokážeme objektivně posoudit, jelikož neznáme všechny zdroje jeho příjmu), nebyl žádný z denních příjmů vyšší než horní bezpečná hranice a jen ojedinělé případy byly nižší než dolní bezpečná hranice příjmu. Ačkoliv by se denní příjmy pozorovaných těhotných žen daly optimalizovat, nemělo by být z krátkodobého hlediska jejich těhotenství provázeno projevy z nedostatečného ani nadbytečného příjmu pozorovaných vitamínů. Tento závěr však pramení pouze ze znalosti nutričního příjmu během pozorovaných období gravidity, bez znalosti dlouhodobých denních příjmů. Vzhledem k tomu, že stravování českých těhotných žen není zcela ideální, představuje problematiku, které je vhodné věnovat další pozornost.

8. ZÁVĚR

Ve studii bylo zjištěno, že neexistuje statisticky významný rozdíl v příjmech mezi jednotlivými dny v týdnu ani mezi jednotlivým pozorovanými obdobími gravidity G1 (pozorované mezi 17.–27. týdnem těhotenství), G2 (pozorované mezi 28.–35. týdnem těhotenství) a G3 (pozorované mezi 36. týdnem těhotenství a porodem).

Mediány příjmu vitamínu A pozorovaných těhotných žen dosahovaly hodnot 0,43 mg/den v G1 odpovídající 61,4 % dolní hodnoty DDD, 0,43 mg/den v G2 odpovídající 61,4 % dolní hodnoty DDD a 0,38 mg/den v G3 odpovídající 54,3 % dolní hodnoty DDD. V období G1 a G2 tak příjem nedosáhl DDD o 38,6 % a v G3 o 45,7 %.

Mediány příjmu karotenoidů pozorovaných těhotných žen dosahovaly hodnot 2,26 mg/den v G1 odpovídající 113,0 % dolní hodnoty DDD a 15,1 % horní hodnoty DDD, 2,87 mg/den v G2 odpovídající 143,5 % dolní hodnoty DDD a 19,1 % horní hodnoty DDD, 1,84 mg/den v G3 odpovídající 92,0 % dolní hodnoty DDD. V období G3 tak příjem nedosáhl DDD o 8,0 %.

Mediány příjmu vitamínu D pozorovaných těhotných žen dosahovaly hodnot 1,07 µg/den v G1 odpovídající 21,4 % DDD pro příjem potravou, 1,65 µg/den v G2 odpovídající 33,0 % DDD pro příjem potravou a 1,21 µg/den v G3 odpovídající 24,2 % DDD pro příjem potravou. V období G1 tak příjem nedosáhl DDD potravou o 78,6 %, v G2 o 67,0 % a v G3 o 75,8 %. Zda příjmy byly či nebyly nižší, než dolní bezpečná hranice celkového příjmu vitamínu D v těhotenství nemůžeme objektivně posoudit.

Mediány příjmu vitamínu E pozorovaných těhotných žen dosahovaly hodnot 10,37 mg/den v G1 odpovídající 103,7 % dolní hodnoty DDD a 79,8% horní hodnoty DDD, 9,10 mg/den v G2 odpovídající 91,0 % dolní hodnoty DDD a 9,88 mg/den v G3 odpovídající 98,8 % dolní hodnoty DDD. V období G2 tak příjem nedosáhl DDD o 9,0 % a v G3 o pouhých 1,2 %.

9. POUŽITÉ ZKRATKY

zkratka	význam zkratky	český význam
BMI	<i>Body Mass Index</i>	Index tělesné hmotnosti; [kg·m ⁻²] (podíl váhy a výšky na druhou)
DACH	<i>Deutschland, Austria, Confœderatio Helvetica (Switzerland)</i>	Doporučený příjem živin převzatý pro Českou republiku, vydávaný Společnostmi pro výživu v Německu, Rakousku a Švýcarsku
DDD	-	Doporučená denní dávka
EFSA	<i>European Food Safety Agency</i>	Evropský úřad pro bezpečnost potravin
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>	Organizace pro výživu a zemědělství Spojených národů
G1	<i>Gravidity</i>	První pozorované období gravidity (od 17. do 27. týdne těhotenství)
G2	<i>Gravidity</i>	Druhé pozorované období gravidity (od 28. do 35. týdne těhotenství)
G3	<i>Gravidity</i>	Třetí pozorované období gravidity (od 36. týdne těhotenství do porodu)
IU	<i>International Unit</i>	Mezinárodní jednotka pro vyjádření množství
PUFA	<i>Polyunsaturated fatty acids</i>	Polyenové neboli polynenasycené mastné kyseliny
RE	<i>Retinol equivalent</i>	Ekvivalenty retinolu
ROS	<i>Reactive Oxygen Species</i>	Reaktivní formy kyslíku
T1	<i>Trimester</i>	První trimestr těhotenství (od 1. do 13. týdne těhotenství)
T2	<i>Trimester</i>	Druhý trimestr těhotenství (od 14. do 27. týdne těhotenství)
T3	<i>Trimester</i>	Třetí trimestr těhotenství (od 28. týdne těhotenství do porodu)
UNU	<i>The United Nations University</i>	Univerzita spojených národů
WHO	<i>World Health Organization</i>	Světová zdravotnická organizace

10. SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1 Doporučené denní dávky vitamínu A	18
Tabulka č. 2 Maximální bezpečné dávky vitamínu A	19
Tabulka č. 3 Doporučené denní dávky vitamínu D	27
Tabulka č. 4 Maximální bezpečné dávky vitamínu D	28
Tabulka č. 5 Doporučené denní dávky vitamínu E.....	33
Tabulka č. 6 Maximální bezpečné dávky vitamínu E	33
Tabulka č. 7 Doporučené denní dávky lipofilních vitamínů pro těhotné ženy	36
Tabulka č. 8 Bezpečné horní hranice příjmu lipofilních vitamínů pro těhotné ženy.....	37
Tabulka č. 9 Bezpečné dolní hranice příjmu lipofilních vitamínů pro těhotné ženy	38
Tabulka č. 10 Antropometrické parametry těhotných žen	45
Tabulka č. 11 Příjmy lipofilních vitamínů pro jednotlivé dny v týdnu za období G1	47
Tabulka č. 12 Příjmy lipofilních vitamínů pro jednotlivé dny v týdnu za období G2	48
Tabulka č. 13 Příjmy lipofilních vitamínů pro jednotlivé dny v týdnu za období G3	49
Tabulka č. 14 Denní příjmy vitamínu A v graviditě	50
Tabulka č. 15 Denní příjmy karotenoidů v graviditě.....	52
Tabulka č. 16 Denní příjmy vitamínu D v graviditě	54
Tabulka č. 17 Denní příjmy vitamínu E v graviditě	56

11. SEZNAM GRAFŮ

Graf č. 1 Příjem vitamínu A vzhledem k doporučeným denním dávkám	51
Graf č. 2 Příjem karotenoidů vzhledem k doporučeným denním dávkám.....	53
Graf č. 3 Příjem vitamínu D potravou vzhledem k doporučeným denním dávkám	55
Graf č. 4 Doporučený celkový příjem vitamínu D	55
Graf č. 5 Příjem vitamínu E vzhledem k doporučeným denním dávkám	57

12. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1 Nevyplněný vzorový dotazník	70
--	----

Den v týdnu:	Datum:	Den v týdnu:	Datum:
Potravina, jídlo, tekutiny	Množství (porce, ks, g, ml)	Potravina, jídlo, tekutiny	Množství (porce, ks, g, ml)
Sn		Sn	
Sv		Sv	
Ob		Ob	
Sv		Sv	
Ve		Ve	

Sn – snídaně O – oběd
Sv – svačina Ve – večere

Sn – snídaně O – oběd
Sv – svačina Ve – večere

13. POUŽITÁ LITERATURA

AGARWAL, Shreya, Oormila KOVILAM a Devendra K AGRAWAL. Vitamin D and its impact on maternal-fetal outcomes in pregnancy: A critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. 2018 [cit. 2022-10-21]. Dostupné z: <https://1url.cz/Grh8o>

ALEX, Ashley, Eva BHANDARY a Kandace P MCGUIRE. *Diseases of the Breast during Pregnancy and Lactation: Anatomy and Physiology of the Breast during Pregnancy and Lactation* [online]. 2020 [cit. 2023-01-14]. ISBN 978-3-030-41596-9. Dostupné z: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-41596-9_1#citeas

BASTOS MAIA, Sabina et al. Vitamin A and Pregnancy: A Narrative Review. *Nutrients* [online]. 2019 [cit. 2022-10-03]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6470929/>

BURTON, Graham J. a Abigail L. FOWDEN. The placenta: a multifaceted, transient organ. *The Royal Society Publishing* [online]. 2015 [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4305167/>

CARAZO, Alejandro et al. Vitamin A Update: Forms, Sources, Kinetics, Detection, Function, Deficiency, Therapeutic Use and Toxicity. *Nutrients* [online]. 2021 [cit. 2022-10-03]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8157347/>

CURTIS, Elizabeth M et al. Maternal vitamin D supplementation during pregnancy. *British Medical Bulletin* [online]. 2018 [cit. 2022-10-23]. Dostupné z: <https://academic.oup.com/bmb/article/126/1/57/4976607?login=false>

CYPRIAN, Farhan et al. Immunomodulatory Effects of Vitamin D in Pregnancy and Beyond. *Frontiers in Immunology* [online]. 2019 [cit. 2022-10-21]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6883724/>

EFSA. DRV Finder. *EFSA Dietary Reference Values for the EU* [online]. 2019 [cit. 2022-10-03]. Dostupné z: <https://multimedia.efsa.europa.eu/drvs/index.htm>

EFSA. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for vitamin A. *EFSA Journal* [online]. 2015 [cit. 2022-10-09]. Dostupné z: <https://1url.cz/FrY6v>

FAJFROVÁ, Jana. Vitaminy a jejich funkce v organismu. *Interní medicína pro praxi* [online]. 2011 [cit. 2022-10-02]. Dostupné z: <https://1url.cz/hrY6X>

FAO/WHO. *Human Vitamin and Mineral Requirements* [online]. 2001, 286 [cit. 2022-10-01]. Dostupné z: <https://www.fao.org/3/y2809e/y2809e.pdf>

FAO/WHO. *Vitamin and mineral requirements in human nutrition* [online]. 2nd ed. Geneva, Switzerland, 2004 [cit. 2022-10-08]. ISBN 92 4 154612 3. Dostupné z: <https://1url.cz/jrh8L>

FAO/WHO/UNU. *DIET AND THE PREGNANT AND LACTATING WOMAN* [online]. Rome, 1981 [cit. 2022-10-08]. Dostupné z: <https://1url.cz/ErY6O>

GRIFFITHS, Jeffrey K. Vitamin Deficiencies. *Hunter's Tropical Medicine and Emerging Infectious Diseases* [online]. Nizozemsko: Elsevier, 2020 [cit. 2022-10-02]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323555128001447>

HAMMOND JR, Billy R a Lisa M RENZI. Carotenoids. *Advances in Nutrition* [online]. 2013 [cit. 2022-10-14]. Dostupné z: <https://1url.cz/FrY65>

HRONEK, Miloslav. Význam vitaminů a jejich použití v době gravidity a laktace. *Praktické lékařství* [online]. 2006 [cit. 2022-10-01]. Dostupné z: <https://www.praktickelekarenstvi.cz/pdfs/lek/2006/02/13.pdf>

HRONEK, Miloslav. *Výživa ženy v obdobích těhotenství a kojení*. Praha: Maxdorf, 2004. ISBN 80-7345-013-5.

JOUANNE, Marie et al. Nutrient Requirements during Pregnancy and Lactation. *Nutrients*[online]. 2021 [cit. 2022-10-01]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7926714/>

KAZMA, Jamil M et al. Anatomical and physiological alterations of pregnancy. *HHS Author Manuscripts* [online]. 2020 [cit. 2023-01-07]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7416543/>

KIELY, M E, C L WAGNER a D E ROTH. Vitamin D in pregnancy: Where we are and where we should go. *Elsevier* [online]. 2020 [cit. 2022-10-23]. Dostupné z: <https://1url.cz/5rh8q>

KOVÁŘ, Petr. Porod. *Gynprenatal* [online]. Havířov, 2019 [cit. 2023-01-21]. Dostupné z: <https://www.gynprenatal.cz/porod>

MOCKRIDGE, Andrew a Kirsty MACLENNAN. Physiology of pregnancy. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine* [online]. Nizozemsko: Elsevier, 2022 [cit. 2023-01-21]. Dostupné z: <https://1url.cz/orY60>

MORRIS, Alyssa L. a Shamim S. MOHIUDDIN. Biochemistry, Nutrients. *StatPearls* [online]. 2022 [cit. 2022-10-02]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554545/>

National Institute of Child Health and Human Development. Beta-Carotene. *LactMed* [online]. 2022 [cit. 2022-10-15]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK501906/>

PASCUAL, Zoey N. a Michelle D. LANGAKER. Physiology, Pregnancy. *StatPearls Publishing*[online]. Spojené státy americké, 2022 [cit. 2023-01-21]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559304/>

PILZ, Stefan et al. The Role of Vitamin D in Fertility and during Pregnancy and Lactation: A Review of Clinical Data. *International Journal of Environmental Research and Public Health*[online]. 2018 [cit. 2022-10-03]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6210343/>

RUMBOLD, Alice et al. Vitamin E supplementation in pregnancy. *Cochrane Library* [online]. 2015 [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8406700/>

SINHA, K.K. The Problem of Malnutrition. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* [online]. Nizozemsko: Elsevier, 2003 [cit. 2022-10-02]. Dostupné z: <https://1url.cz/rrcza>

SKÁLA, Jiří a Nikola NEVEČEŘALOVÁ. Zdravé tuky vám pomůžou i zhubnout. Které a jak na to. *Keto Diet* [online]. 2022 [cit. 2022-10-03]. Dostupné z: <https://1url.cz/nrhXC>

SOMA-PILLAY, Priya et al. Physiological changes in pregnancy. *Cardiovascular Journal of Africa*[online]. Spojené státy americké, 2016 [cit. 2023-01-21]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4928162/>

Společnost pro výživu. *Referenční hodnoty pro příjem živin* [online]. 2.vydání. Praha: Výživaservis, 2018 [cit. 2022-10-07]. ISBN 978-80-906659-3-4. Dostupné z: <https://www.vyzivaspol.cz/referencni-hodnoty-pro-prijem-zivin-dach-2019/>

TAN, Eng Kien a Eng Loy TAN. Alterations in physiology and anatomy during pregnancy. *Elsevier*[online]. 2013 [cit. 2023-01-07]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S152169341300103X?via%3Dihub>

TRABER, Maret G. Vitamin E: necessary nutrient for neural development and cognitive function. *Proceedings of the Nutrition Society* [online]. 2021 [cit. 2022-11-13]. Dostupné z: <https://1url.cz/Mrh8B>

WHO. *Guideline: Vitamin A supplementation in pregnant women* [online]. Geneva, Switzerland, 2011 [cit. 2022-10-08]. ISBN 978 92 4 150178 1. Dostupné z: <https://1url.cz/1rh6A>

WHO. Micronutrients. *World Health Organization* [online]. Geneva, Switzerland, 2022 [cit. 2022-10-02]. Dostupné z: <https://1url.cz/5rY6g>

WHO. Nutrition. *World Health Organization* [online]. Geneva, Switzerland, 2022 [cit. 2022-10-01]. Dostupné z: https://www.who.int/health-topics/nutrition#tab=tab_1

WHO. *WHO antenatal care recommendations for a positive pregnancy experience Nutritional interventions update: Vitamin D supplements during pregnancy* [online]. Geneva, Switzerland, 2020 [cit. 2022-10-21]. ISBN 978-92-4-000812-0. Dostupné z: <https://1url.cz/Ur8N>

WILHELMOVÁ, Radka et al. Vybrané kapitoly Porodní asistence I a II: Vznik a vývoj těhotenství. *MUNI* [online]. Brno, 2021 [cit. 2023-01-21]. Dostupné z: <https://1url.cz/1rS6R>

ZALITIS, Dianne a et al. About the placenta. *Pregnancy, Birth and Baby* [online]. Sydney: Australian Government, 2022 [cit. 2023-01-14]. Dostupné z: <https://www.pregnancybirthbaby.org.au/about-the-placenta>

ZIELIŃSKA, Monika A et al. Health Effects of Carotenoids during Pregnancy and Lactation. *Nutrients* [online]. 2017 [cit. 2022-10-01]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5579631/>