

UNIVERZITA KARLOVA

3. LÉKAŘSKÁ FAKULTA



Dizertační práce

**Nutriční, metabolické a endokrinní konsekvence
rostlinných diet u dětí a dospívajících**

**Nutrition, metabolic and endocrine consequence of plant-based
diet in children and adolescents**

MUDr. Martin Světnička

Školitel: MUDr. Eva El-Lababidi, Ph.D.

Školitel konzultant: doc. MUDr. Jan Gojda, Ph.D.

Praha 2024

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem řádně uvedl a citoval všechny použité prameny a literaturu. Současně prohlašuji, že práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu. Finanční prostředky byly čerpány výhradně z: COOPERATIO METD a PEDI Karlova Univerzita a AZV projektu číslo: NU21-09-00362.

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

V Praze, 16. 7. 2024

Martin Světnička

Podpis

Identifikační záznam:

SVĚTNIČKA, Martin. *Nutriční, metabolické a endokrinní konsekvence rostlinných diet u dětí a dospívajících. [Nutritional, metabolic and endocrine consequence of plant-based diet in children and adolescent.]*. Praha, 2024. Počet stran 105, počet příloh 4. Dizertační práce. Univerzita Karlova, 3. lékařská fakulta, Klinika dětí a dorostu 3. LF UK 2023. EL-LABABIDI, Eva.

Klíčová slova: Veganství, vegetariánství, rostlinné stravování, děti, výživa, deficit, jód, vitamin B12.

Keywords: Vegan, vegetarian, plant-based diet, children, nutrition, deficiency, iodine, vitamin B12.

Poděkování

Úvodem bych především rád poděkoval své školitelce MUDr. Evě El-Lababidi, Ph.D., z Kliniky dětí a dorostu Fakultní nemocnice Královské Vinohrady a 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy za precizní vedení celého mého postgraduálního studia a dizertační práce. Vážím si jejího pečlivého přístupu v přípravě metodologie, klinického vyšetřování i analýzy výsledků, ale především si vážím její podpory a aktivního vedení při prezentaci výzkumného záměru a průběžných výsledků. Po celou dobu mi byla trpělivým průvodcem celého postgraduálního studia a předávala mi cenné poznatky, které získala během své vědecké i klinické praxe. Zároveň mě motivovala k provádění všech kroků potřebných k včasnému dokončení mého postgraduálního studia. Díky její osobnosti jsem se mohl zapojit i do řady zajímavých projektů a stát se členem Mezirezortní komise pro řešení jódového deficitu složené při Státním zdravotnickém ústavu.

Dále bych rád poděkoval svému školiteli konzultantovi doc. MUDr. Janu Gojdovi, Ph.D., bez jehož nápadu a schopnosti zajistit finanční prostředky by tento projekt nemohl nikdy vzniknout a ani být dokončen. Děkuji především za profesionální vedení, trpělivost a možnost zapojit se i do navazujících projektů. Díky panu docentovi jsem se mohl seznámit s vždy profesionální nutriční terapeutkou Mgr. Marinou Henikovou, již patří díky především za analýzu jídelních zvyklostí u cílových nutrientů. Dále jsem mohl navázat spolupráci s MUDr. Eliškou Selinger, jež je sama jistě velmi inspirativní, aktivní a velmi zapálená do práce nejen s vegany, ale také s daty, a právě jí patří veliké díky za statistickou analýzu dat pro dizertační práci, ale také výstupy, které jsme prezentovali v průběhu mého studia.

Vyšetřování pacientů, tedy klinická část studie, probíhala na Klinice dětí a dorostu Fakultní nemocnice Královské Vinohrady a 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy. Především antropometrické vyšetření – měření a vážení pacientů a následné krevní odběry prováděl kvalifikovaný personál z ambulantního sektoru. Za organizaci a osobitý přístup k účastníkům studie bych rád jmenovitě poděkoval zejména Bc. Vladimíře Krákorové. Následný biobanking a práce se vzorky probíhaly na Oddělení klinického výzkumu Interní kliniky Fakultní nemocnice Královské Vinohrady a 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy, zde bych rád jmenovitě poděkoval technické asistentce Janě Potočkové za perfektní vedení celé agendy.

Velké poděkování patří i všem spolupracujícím praktickým lékařům pro děti a dorost nejen z Prahy, ale i z ostatních měst. Dále pak patří obrovský dík všem rodičům a jejich dětem, kteří se naší průřezové studie zúčastnili a nadále s námi spolupracují na dalších navazujících projektech.

V neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině a přátelům za velikou podporu v nikdy nekončícím procesu vzdělávání.

Obsah

Poděkování.....	5
1. Úvod	10
2. Přehled problematiky.....	13
2.1. Příjem a metabolismus vitamínu B12	13
2.1.1. Úvod	13
2.1.2. Význam pro organizmus.....	14
2.1.3. Laboratorní diagnostika	15
2.1.4. Specifika pro rostlinné stravování	15
2.1.5. Deficit	16
2.2. Příjem a metabolismus jódu	16
2.2.1. Úvod	16
2.2.2. Význam v organizmu.....	17
2.2.3. Laboratorní diagnostika	18
2.2.4. Specifika pro rostlinné stravování	19
2.2.5. Deficit	21
2.3. Energetický příjem	22
2.4. Bílkoviny.....	23
2.5. Vitamin D.....	24
2.6. Vápník	25
2.7. Železo	26
2.8. Polynenasycené mastné kyseliny	27
2.9. Ostatní parametry	28
3. Cíle řešení, hypotézy	29
4. Metodologie.....	31
4.1. Úvod.....	31
4.2. Autorizace a etická komise.....	32
4.3. Metody	32
4.3.1. Antropometrické vyšetření a klinické vyšetření.....	32
4.3.2. Dotazníkové šetření	33
4.3.3. Laboratorní diagnostika	33
4.3.4. Hodnocení nutričního příjmu.....	34
4.3.5. Statistika	35

5.	Výsledky.....	36
5.1.	Charakteristika vzorku včetně základní antropometrie.....	36
5.2.	Vitamin B12.....	38
5.2.1.	Nutriční příjem vitamínu B12.....	38
5.2.2.	Laboratorní analýza.....	39
5.3.	Jód.....	42
5.3.1.	Nutriční příjem jódu.....	42
5.3.2.	Laboratorní analýza.....	43
5.4.	Bílkoviny.....	47
5.4.1.	Laboratorní analýza.....	47
5.5.	Kalcium fosfátový metabolismus včetně vitamínu D.....	47
5.5.1.	Suplementace.....	47
5.5.2.	Laboratorní analýza.....	47
5.6.	Železo.....	48
5.6.1.	Suplementace.....	48
5.6.2.	Laboratorní analýza.....	48
5.7.	Lipidy a kyselina močová.....	49
5.7.1.	Laboratorní analýza.....	49
6.	Diskuse.....	58
6.1.	Vitamin B12.....	58
6.2.	Jód.....	60
6.3.	Bílkoviny.....	62
6.4.	Kalcium fosfátový metabolismus včetně vitamínu D.....	63
6.5.	Železo.....	63
6.6.	Lipidy a kyselina močová.....	64
6.7.	Antropometrie.....	65
6.8.	Limitace.....	65
7.	Výstupy pro praxi.....	67
8.	Závěr.....	72
9.	Souhrn.....	75
10.	Summary.....	80
11.	Seznam použitých zkratk.....	84
12.	Reference.....	86

13. Publikace a prezentace výstupů řešení dizertace	99
14. Přílohy	104
15. Dedikace	105

1. Úvod

Strava je od pradávna neoddelitelnou součástí lidského života. Vnímání její zdravotní role se v průběhu let výrazně proměňovalo a dnešní moderní medicína ji považuje za klíčový faktor, který může výrazně ovlivnit průběh a vznik řady civilizačních onemocnění. Předkládaná dizertační práce se zabývá výživou z pohledu takzvané nutriční epidemiologie, disciplíny, která studuje vztah mezi dietními faktory a zdravotním stavem. Kombinuje tak principy epidemiologie s výzkumem výživy. Hlavním cílem práce je identifikovat spojitosti mezi konkrétními výživovými směry a zdravotním stavem vybrané populace.

Rostlinné stravování je druh alternativní výživy, kdy lidé záměrně vynechávají ze svého jídelníčku některé ze složek živočišného původu, a dále se dělí na několik podtypů. Mezi ně patří vegetariáni (VG) nekonzumující maso, které lze rozdělit na laktovegetariány (konzumují pouze mléčné produkty, ale vynechávají vejce), ovovegetariány (konzumují pouze vejce, ale vynechávají mléčné produkty) nebo laktoovovegetariány, skupinu nejvíce zastoupenou (konzumují vejce i mléko). Nejstriktnější skupinou jsou vegani (VN), kteří nekonzumují žádnou potravinu živočišného původu, ze svého jídelníčku tedy vynechávají maso, ryby, mléko a mléčné produkty a vejce.

Všechny výše zmíněné výživové směry nabývají v posledních desítkách let výrazně na popularitě. Podle nejnovějších studií právě popularita toho nejpřísnějšího výživového směru, veganství, roste nejvíce. Množství veganů ve Spojených státech amerických stoupl z 0,2 % v roce 2017 na 6 % v roce 2022 (Šimčíkas 2018). Dle agentury IPSOS, která provedla průzkum trhu v roce 2019, se v České republice hlásí k veganství 1 % populace a až 3 % k vegetariánství. Čísla dosahují 10 % u mladé produktivní populace ve věku 18 až 35 let, u které se dá předpokládat, že povede i své potomky obdobným směrem (IPSOS 2019). Nejnovější průzkumy poukazují na fakt, že rozhodnutí omezit nebo vynechat živočišné produkty je motivováno snahou o etický a ekologičtější přístup k životu. Faktem je, že vegani mají nejnižší uhlíkovou stopu ze všech výživových skupin (Scarborough et al. 2014). Některé studie zároveň prokazují, že lidé konzumující rostlinnou stravu mají nižší riziko některých chronických civilizačních onemocnění, kterými jsou například diabetes mellitus 2. typu, kardiovaskulární onemocnění a některé typy zhoubných nádorových

onemocnění (Desmond et al. 2018; Appleby et al. 2002; Appleby a Key 2016). Nejnovější metaanalýza prokazuje, že veganská strava má u běžné populace výrazný vliv na redukci hmotnosti, hladiny ApoB (apolipoprotein B) a snížení rizika rozvoje maligního nádorového onemocnění, dále se u populace s metabolickým syndromem stává vhodným prostředkem k redukci adipozity, hladiny cholesterolu, LDL a vede ke zlepšení kontroly glykemií (Selinger et al. 2023). I v dětské populaci je proto rostlinná strava diskutována jako možný preventivní prostředek u dětské obezity a kardiovaskulárních onemocnění. Jedním z důvodů je signifikantně nižší výskyt obezity ve skupině veganů oproti skupině konvenčně se stravujících dětí (18 % oproti 23,2 %) (Sabaté a Wien 2010; Desmond et al. 2018; Weder et al. 2019). V některých zahraničních studiích dokonce veganskou stravu využily v intervenci dětských pacientů žijících s obezitou což vedlo k zlepšení jejich kardiovaskulárního zdraví (Macknin et al. 2015; 2021). Rostlinná strava se také vyznačuje vyšším příjmem vlákniny, vitamínu C, vitamínu E, folátu, magnézia a některých polynenasycených mastných kyselin (Larsson et al. 2011).

Každá restrikce je na druhou stranu vždy spojená s rizikem vzniku deficitů. Živočišné produkty jsou z hlediska veganského stravování velmi důležitým zdrojem základních mikroživin (vitamin B12, vitamin D, jód, železo, vápník, selen, zinek) a makroživin (energie, bílkoviny). Vyloučení všech živočišných složek z jídelníčku proto může vést k rozvoji zásadních deficitů výše zmíněných složek stravy (Larsson et al. 2011). Ve studiích, které se zabývají příjmem jednotlivých makronutrientů u veganů, vyšlo najevo, že není rozdíl v celkovém příjmu energie, ale v poměru jednotlivých živin. Vegani konzumují více sacharidů včetně vlákniny za cenu nižšího příjmu tuků, bílkovin, ale i monosacharidů (Weder et al. 2019). Existují studie popisující větší zastoupení dětí s opožděným růstem ve skupině veganské oproti konvenčně se stravující (Weder et al. 2019; 2022a), ale také studie, které tento rozdíl nepopisují (Alexy et al. 2021; Hovinen et al. 2021; Larsson a Johansson 2002). Vzhledem k faktu, že růst a psychomotorický vývoj dítěte jsou velmi křehké, může rozvoj těchto deficitů negativně ovlivnit jejich průběh a vést k nevratnému až fatálnímu poškození jedince.

Jednotlivé zahraniční odborné skupiny se výrazně liší ve svých doporučeních. Například odborníci ve Francii nebo v Německu v zásadě nedoporučují veganství u

děti a zdůrazňují především nutriční rizika (Lemale et al. 2019; Kersting et al. 2018). Na druhé straně stojí skupiny ze Spojených států amerických nebo z Itálie, které považují pestrou a vyváženou veganskou stravu za možnou alternativu té konvenční, vždy za současné pravidelné suplementace výše zmíněných mikronutrientů (Craig a Mangels 2009; Agnoli et al. 2017). Tento rozpor mezi doporučeními jednotlivých národních odborných skupin zvyšuje riziko poškození dětí a dospívajících, a to například i nejednotností v doporučení suplementace rizikových nutrientů nebo ve složení rostlinné stravy. Nijak tomu nepomáhá ani fakt, že v České republice jsou doporučení stran veganského stravování v dětské populaci velmi stručná a nelze je považovat za vhodný preventivní nástroj (Bělohávková et al. 2014). Zároveň nelze doporučení přejímat pouze ze studií na dospělé populaci (Hovinen et al. 2021).

Právě z výše uvedených důvodů jsme se rozhodli provést nutričně epidemiologickou průřezovou studii (cross-sectional study), která porovnává kritické nutrienty z pohledu příjmu, suplementace a laboratorních nálezů u dětí ve věku 0-18 let, které se stravují vegetariánsky anebo vegansky, a to v porovnání s konvenčně se stravujícími dětmi v České republice. Vzhledem k rozsahu této problematiky jsme se zaměřili především na vitamin B12 a jód. Právě tyto dvě kapitoly jsou i nejvíce teoreticky rozebrány v následujícím textu. Pro získání uceleného popisu této rizikové populace jsme se rozhodli analyzovat dále i suplementační návyky a laboratorní parametry dalších kritických nutrientů (vitamin D a vápník, železo, bílkoviny, lipidy a kyselina močová), těm je v teoretické části proto věnováno úměrně méně prostoru. Práce se zabývá i parametry, které nebyli v rámci studie zkoumány (polynenasycené mastné kyseliny) a to z důvodu vytvoření uceleného vhledu do problematiky. Následující text může poskytnout potřebné podklady pro vytvoření tolik potřebného doporučeného postupu. Domníváme se totiž, že samostatný zákaz tohoto alternativního stravování není vhodný a bezpečný preventivní prostředek. Příslušné orgány veřejného zdravotnického sektoru by se měly zabývat potenciálními riziky rostlinného stravování u dětí a dospívajících a jejich následným managementem.

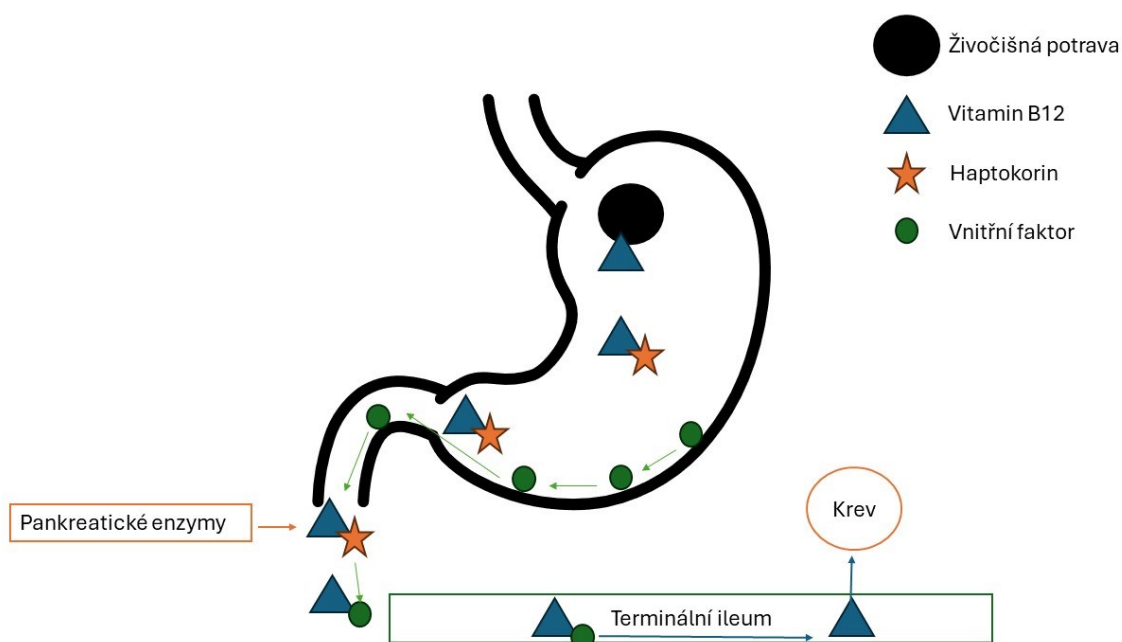
2. Přehled problematiky

2.1. Příjem a metabolismus vitamínu B12

2.1.1. Úvod

Vitamin B12 je mikronutrient, který je široce zastoupen v životním prostředí. Primitivní organismy jej využívaly jako kofaktor svých vitálních biochemických reakcí. Anaerobní organismy používaly vitamin B12 v procesu fermentace aminokyselin a metanogeneze k vytvoření energie (Martens et al. 2002). V důsledku evoluce vznikaly nové živočišné organismy, které díky postupné adaptaci využívaly oxidativní metabolické procesy, a vitamin B12 tak ztratil svou roli v energetickém metabolismu, to platilo i pro člověka. V lidském organismu je však vitamin B12 využíván v řadě jiných biochemických reakcí například při přenosu methylové skupiny (Martens et al. 2002). Samotná syntéza vitamínu B12 proto nyní probíhá pouze ve specifických organismech typu bakterie nebo archea (Roth et al. 1996). Přírodně se vyskytující vitamin B12 – kobalamin – se ve stravě vyskytuje vázán na nosnou bílkovinu ve formě adenosyl-, methyl- anebo hydroxyl-kobalaminu. Uměle syntetizovaný vitamin B12 je kyanokobalamin, vyrábí se za pomoci geneticky modifikovaných bakterií a není přírodně vázán na nosnou bílkovinu. Vitamin B12 náš organismus umí syntetizovat, prostřednictvím střevních bakterií, ale neumí jej vstřebat, a je tak zcela odkázán na jeho alimentární zdroje. Po konzumaci vitamínu B12 dojde vlivem kyselého žaludečního pH a vlivem přítomných proteáz k odštěpení kobalaminu od nosné bílkoviny. V žaludku se poté váže kobalamin na haptokorin, který je produkován slinnými žlázami, a na vnitřní faktor, který je produkován buňkami žaludeční sliznice. V tenkém střevě se komplex „kobalamin-haptokorin“ nejprve vlivem alkalického prostředí a vlivem pankreatických enzymů rozštěpí a následně vzniká komplex „kobalamin-vnitřní faktor“. V tenkém střevě je poté komplex „kobalamin-vnitřní faktor“ vstřebáván přímo do sliznice a následně do krevního řečiště. V krvi se vitamin B12 váže na transkobalamin neboli holotranskobalamin, který také označujeme jako aktivní formu vitamínu B12. Část vitamínu B12 se také váže v krvi na haptokorin, jehož význam není zcela objasněn. V játrech poté dochází k metabolické přeměně na methylkobalamin a

adenosylkobalamin, dvě aktivní formy vitamínu B12, které dále ovlivňují cílové buňky. Specifickou problematiku představuje vstřebávání vitamínu B12 z výživových doplňků. Vitamin B12 z výživových doplňků není vázán na nosnou bílkovinu a v trávicím traktu se vstřebává pouze prostou difúzí, tím dochází k využití pouze 1 % zkonsumovaného vitamínu B12 (Herbert 1988), zároveň při konzumaci vysokých dávek vitamínu B12 v jedné porci dochází signifikantně k snížení jeho absorpce (Watanabe 2007). Z toho důvodu je nutné při suplementaci vždy konzumovat vyšší dávky vitamínu B12, než jsou denní doporučené dávky.



Obrázek č. 1 – Vstřebávání vitamínu B12 z gastrointestinálního traktu

2.1.2. Význam pro organismus

Vitamin B12 v lidském organismu plní funkci kofaktoru enzymů, je tedy esenciální pro základní biochemické pochody. V katabolismu aminokyselin slouží jako kofaktoru enzymu methylmalonyl koenzym A mutáza – enzymu, který se podílí na přeměně L-methylmalonyl koenzym A na sukcinyl koenzym A. Produkt této reakce následně vstupuje do citrátového cyklu (Takahashi-Iñiguez et al. 2012). V metabolismu kyseliny listové hraje roli jako kofaktor enzymu methionin syntázy. Methionin syntáza transportuje methylovou skupinu z 5-methyltetrahydrofolátu na homocystein za vzniku tetrahydrofolátu a methioninu (Froese et al. 2019). Porucha v tomto enzymatickém pochodu vede ke kumulaci homocysteinu a nedostatku folátu.

Samotný folát je nutný k syntéze DNA – tedy k syntéze například erytrocytů a enterocytů (Froese et al. 2019).

2.1.3. Laboratorní diagnostika

Laboratorní diagnostika nabízí stanovení hladiny celkového vitamínu B12, tedy kyanokobalaminu, tato hodnota neodráží reálnou koncentraci aktivní formy vitamínu. Další možností je rutinní stanovení aktivní formy vitamínu B12, tedy methylkobalaminu. U deficitu vitamínu B12 bývá také zvýšená hladina homocysteinu. Nutné je však vyloučit ostatní příčiny jeho elevace, tedy nedostatek folátu nebo homocysteinurii. Za nejpřesnější pro diagnostiku deficitu vitamínu B12 je považováno stanovení hodnoty kyseliny methylmalonové, tato metoda je však finančně náročná a není tedy běžně dostupná pro ambulantní zdravotnická zařízení. Historicky byl využíván střední objem erytrocytu, protože nedostatek vitamínu B12 může vést k megaloblastové anémii. V dnešní době však víme, že se jedná o metodu velmi nespolehlivou, a to obzvláště u veganů a vegetariánů, u kterých může dostatečný příjem folátu maskovat deficit vitamínu B12 (Snow 1999; Herrmann et al. 2005; Miller et al. 2006).

2.1.4. Specifika pro rostlinné stravování

Vitamin B12 je vitamínem, který se řadí mezi rozpustné ve vodě. Organismus zpravidla nevytváří zásoby těchto vitamínů. Výjimku představuje právě vitamin B12, který se dlouhodobě ukládá v jaterních buňkách. Tyto zásoby vydrží při úplné absenci v alimentárních zdrojích u malých dětí na 4–6 měsíců a u adolescentů na 1–2 roky. V čistě rostlinné stravě neexistují žádné zdroje se standardním obsahem vitamínu B12 v dobře vstřebatelné formě. Některé rostlinné produkty, kterými jsou řasy (Nori, Chlorella), houby (shiitake, liška) nebo tempeh (fermentované sójové boby), obsahují pouze inaktivní a nevstřebatelnou formu vitamínu B12 (Watanabe 2007). Z tohoto důvodu mají vegani absolutní riziko rozvoje deficitu vitamínu B12 při absenci suplementace, stejné riziko mají však i vegetariáni, kteří konzumují nedostatečné množství živočišných produktů (Pawlak et al. 2014; Světnička et al. 2022; Desmond et al. 2021).

2.1.5. Deficit

Při nedostatku vitamínu B12 dochází ke kumulaci substrátu před enzymatickou blokádou, tedy kyseliny methylmalonové, která je pro lidský organismus neurotoxická (Ballhausen et al. 2009). Hraniční hladiny vitamínu B12 mohou mít také negativní dopad na zdraví jedince, projevující se následujícími symptomy: únava, poruchy rovnováhy, deprese, zhoršení kognitivních funkcí, dušnost, bolesti hlavy a zhoršení kvality adnex (vlasý a nehty). Další manifestací je rozvoj perniciozní anémie. Součástí jejího obrazu jsou megaloblastová anémie, gastrointestinální obtíže a neurologický deficit. U dětí obraz doprovázejí celkové neprospívání a následné zpomalení růstové rychlosti až úplná zástava růstu. Některé kazuistiky popisují u veganských dětí až život ohrožující stavy, které vedly k hospitalizaci na jednotkách intenzivní péče (Bousselamti et al. 2018; David a Fencel 2021).

2.2. Příjem a metabolismus jódu

2.2.1. Úvod

Jód je mikronutrient, který je plošně, nicméně nerovnoměrně distribuován napříč životním prostředím (Eastman a Zimmermann 2018). Největší koncentrace jódu se nachází v oceánech a mořích (Eastman a Zimmermann 2018). Za pomoci velkého vodního cyklu se jako odpar z oceánů dostává v podobě deště do svrchních vrstev půdy, přičemž rozptýl srážek napříč vnitrozemím je velmi variabilní. Právě toto je důvod, proč na světě existují vnitrozemské regiony, jejichž půda je na obsah jódu velmi chudá (Eastman a Zimmermann 2018). Veškeré rostliny včetně obilí, které na této půdě rostou, jsou také chudé na jód (Eastman a Zimmermann 2018). Zvířata a lidé, kteří konzumují tyto plodiny, mají následně nedostatečný alimentární přísun jódu (Eastman a Zimmermann 2018). Česká republika před zavedením preventivních opatření patřila mezi regiony postižené nedostatkem jódu. Na základě výsledků studií a znalostí z okolních států byla zavedena v České republice plošná jodizace kuchyňské soli. Od roku 1947 se používal jodid draselný (v množství 25 ± 10 mg/kg soli) (Hníková et al. 2014). V současné době se užívá stabilnější jodičnan draselný (v

množství 27 ± 7 mg/kg soli) (Hníková et al. 2014). Samotná jodizace kuchyňské soli však nestačila k eliminaci jódového deficitu, a proto se se jód začal přidávat do výživy hospodářských zvířat, což vedlo k zvýšení obsahu jódu v mléce a mléčných produktech a vejcích, jež jsou nyní dominantním alimentárním zdrojem tohoto mikroprvku pro obyvatele v naší zemi. Dále se jód přidává do kojenecké výživy. Mezi minoritní zdroje patří importované mořské ryby a mořské plody. Další méně významné zdroje jódu mohou být v závislosti na zkonsumovaném množství minerální vody (především Hanácká® a Vincentka®) a mořské řasy (Hníková et al. 2014; Eastman a Zimmermann 2018). Díky všem výše zmíněným opatřením a trvalé monitoraci jódového zásobení byla Česká republika v roce 2004 zařazena mezi země s vyřešeným jódovým deficitem na úrovni celé populace. Výsledky nových analýz bohužel poukazují na narůstající trend lehkého jódového deficitu novorozenců (Světnička et al. 2021).

2.2.2. Význam v organismu

Jód zastává v organismu nezastupitelnou roli jako součást hormonů štítné žlázy (Zamrazil a Čerovská 2014). Vyplavení thyreotropin uvolňujícího hormonu (TRH) z periventrikulárního jádra hypothalamu jeho vazbou na TRH receptor vede k uvolnění tyreoidu stimulačního hormonu (TSH) z přední hypofýzy, a to prostřednictvím hypothalamo-hypofyzárního portálního systému. TSH následně ovlivňuje sekreci tyroxinu (fT4) ze štítné žlázy prostřednictvím vazby na TSH receptor na bazolaterální membráně folikulárních buněk. Golgiho aparát tyreocytů nejprve produkuje nosnou bílkovinu, tzv. tyreoglobulin, který se ukládá (bez obsahu jódu) v lumen folikulů. Jód se do lumen dostává pomocí bazolaterálních Na^+ -I-symportérů, které jsou poháněny Na^+ -K⁺-ATPázou. Jód poté difunduje z bazolaterální strany k vrcholu buňky, kde je transportován do koloidu pomocí speciálního transportéru, pendrinu. Následně dochází k navázání jódu na tyreoglobulin pomocí enzymu tyroidperoxidázy. Tento proces má tři základní kroky – oxidace, organifikace (oxidovaný iodid reaguje s tyrosylovými zbytky v tyreoglobulinu) a kondenzace (spojení dvou molekul dijódotyrosinu na T4 anebo jedné monojódotyrosinu a jedné dijódotyrosinu na T3). Hormony jsou následně uvolněny do cévního řečiště a vázány na transportní bílkoviny (tyroid binding globulin nebo tyroxin vážící prealbumin), pouze menšina je v krevním řečišti v

nevázané podobě, jako fT4 nebo fT3. Trijodtyronin se váže na finální tkáňové receptory asi s 10x vyšší afinitou než tyroxin, a proto je považován za hlavní metabolicky aktivní hormon. Na periférii je právě tyroxin konvertován z většiny na trijodtyronin pomocí tkáňové dejodázy. Cílový receptor je intracelulární a ve výsledku vede k zvýšení metabolismu buňky (zvýší se spotřeba kyslíku a energie). Hlavním efektem hormonů štítné žlázy je navýšení bazálního metabolismu, indukce lipolýzy anebo lipogeneze, anabolismus proteinů, zvýšený účinek katecholaminů v cílové tkáni (Shahid et al. 2023). V dětské populaci ovlivňují zásadně růst a celkový vývoj. In utero a postnatálně až do 3. roku života klíčovým způsobem ovlivňují vývoj centrální nervové soustavy. Pro její funkci jsou pak nezbytné celoživotně (Zamrazil a Čerovská 2014).

2.2.3. Laboratorní diagnostika

Monitoring jódového zásobení u celé populace, ale především u jednotlivce, je velmi obtížný. K určení jódového zásobení u jednotlivců můžeme využít následující laboratorní parametry: hladinu TSH (tyreoideu stimulující hormon), poměr fT3/fT4 (volný trijodtyronin, volný tyroxin), TG (tyreoglobulin) a jodurii. Vyšší hladina TSH je poměrně spolehlivým markerem těžšího jódového deficitu, v případě lehkého jódového deficitu se však nachází velmi často ve fyziologickém rozmezí (WHO 2014). S výhradami lze využít poměr fT3/fT4. U jódového deficitu dochází k preferenční syntéze fT3 již ve štítné žláze, neboť fT3 vyžaduje pouze 75 % jódu oproti fT4. Tato metoda však není velmi citlivá (WHO 2014). Častěji, u těžkého jódového deficitu, dochází k celkově nižší syntéze fT3 i fT4, ale tato metoda opět neodhalí lehký jódový deficit. Nákladnější a přesnější je stanovení tyreoglobulinu, jehož elevace poukazuje na dlouhodobější a závažnější jódový deficit (WHO 2014). Stanovení jodurie v první porci ranní moči je levná a rychlá metoda vycházející z předpokladu, že až 90 % zkonsumovaného jódu se vylučuje močí. Tato metoda vykazuje výraznou intraindividuální variabilitu a reflektuje jódovou saturaci pouze v několika předchozích dnech (WHO 2014). Dále je možné stanovit obsah jódu v 24h sběru moči, tato metoda je však obtížně proveditelná u malých dětí a u starších dětí vyžaduje značnou spolupráci. Vhodná by byla například korelace jodurie na kreatinin, nicméně u dětí s nižším procentem svalové hmoty nebo s nižší konzumací masa může také docházet k výraznému zkreslení výsledku (Knudsen et al. 2000). Pro

účely epidemiologických studií, tedy monitoringu jódomého zásobení v celé populaci, lze využít stanovení objemu štítné žlázy (palpačně nebo ultrazvukem), stanovení mediánu hodnot jodurie a monitoraci neonatálního TSH. Samotné palpační vyšetření štítné žlázy má však nízkou specifitu i senzitivitu. Přesnější je měření volumu ultrasonograficky, vždy s využitím norem pro danou populaci, věk, pohlaví, tělesnou konstituci (Dvořáková et al. 2006). Toto vyšetření však přináší koherentní výsledky pouze při užití kvalitního přístroje velmi zkušeným sonografistou. Štítná žláza reaguje změnou svého objemu na změnu jódomého zásobení velmi pomalu, stanovení objemu proto odráží změnu jódomého zásobení až s odstupem delšího časového období a neodráží aktuální jódomé zásobení jedince (WHO 2014). Neonatální TSH je citlivý marker jodopenie u novorozenců, která vzniká v důsledku nedostatečného jódomého zásobení matky. K monitoraci jódomé saturace novorozenců a tím i těhotných žen využíváme TSH ze suché kapky odebrané mezi 48. až 72. hodinou v rámci celoplošného novorozeneckého screeningu kongenitální hypotyreózy (WHO 2014).

2.2.4. Specifika pro rostlinné stravování

Ve vegetariánské stravě jsou hlavními zdroji jódu mléčné produkty, vejce a sůl s jódem (Zamrazil a Čeřovská 2014). Sůl himalájská, růžová nebo černá neobsahuje jód v dostatečném množství (Mangels et al. 2011). Přechodem na veganskou stravu může dojít k snížení denní dávky jódu na 30 μg z původních 110–130 μg u konvenčně se stravujících dětí (Leung et al. 2011; Brantsæter et al. 2018). Zároveň je rostlinná strava i významným zdrojem takzvaných strumigenů (Messina a Redmond 2006). Strumigeny se přirozeně vyskytují v některých potravinách jako sója, brukvovitá zelenina, ořechy, fíky či konopná semínka (Messina a Redmond 2006). Nadměrná dlouhodobá konzumace těchto potravin především v terénu jódomého deficitu může vést k rozvoji strumy. Mezi strumigeny přijímané ze stravy se řadí například (iso)tiokyanatan či poly(hydroxy)fenoly. Tyto látky lze dále dělit dle účinku na přímé a nepřímé strumigeny. Přímé strumigeny zasahují přímo do transportu, oxidace a vázání jódu na bílkoviny nebo blokují proteolýzu. Nepřímé strumigeny zasahují do periferního metabolismu hormonů štítné žlázy. Často diskutovaná sója například negativně ovlivňuje enterohepatální cyklus hormonů štítné žlázy (Eastman a Zimmermann 2018). Pro správnou činnost štítné žlázy jsou

však nezbytně nutné i další prvky, kterých může být v rostlinné stravě nedostatek. Ve veganské populaci je také popisován deficit selenu, jehož hlavními zdroji jsou živočišné potraviny (Fallon a Dillon 2020; Thomson et al. 2005). Selen je významný mikroprvek hrající mimo jiné roli v syntéze a periferním metabolismu hormonů štítné žlázy (Kristensen et al. 2015). Přímo ve štítné žláze nedostatek selenu vede k snížené funkci antioxidantu glutathion peroxidázy. Narušení její funkce vede k poškození buněk štítné žlázy a ke zvýšené produkci TSH, tak jako je tomu u jedince s nedostatečným příjmem jódu (Contempre 1993). Selen je také nedílnou součástí deiodázy typu I, která na periférii štěpí fT4 na fT3. Při její narušené funkci dochází k snížení efektu hormonů štítné žlázy na periférii. Z toho důvodu může i mírný nedostatek jódu při současném deficitu selenu vést k poruše fyziologické funkce štítné žlázy (Eastman a Zimmermann 2018). Svou nezastupitelnou roli v metabolismu hormonu štítné žlázy také hrají železo a vitamin A. I jejich nedostatek ve veganské stravě může potencovat rozvoj hypotyreózy (Zimmermann 2006; Zimmermann et al. 2007).

Na druhou stranu dlouhodobá nadměrná konzumace jódu přesahující horní limit denní potřeby (odlišný v závislosti na pohlaví a věku) může také negativně ovlivnit fyziologické fungování štítné žlázy. Toto riziko platí také pro náhlý excesivní příjem jódu u pacientů s preexistujícím jódovým deficitem a dosud nepoznanou autoimunitní tyreopatií (Eastman a Zimmermann 2018). Někteří vegani, především ze strachu z možného deficitu, neúměrně navyšují příjem jódu ve stravě. Velmi riziková je neregulovaná konzumace mořských řas, jejichž obsah jódu je velmi nepředvídatelný (až 500 µg ve 100 g) (Teas et al. 2004). Některé kazuistiky popisují rozvoj tyreotoxikózy s následnou hypofunkcí štítné žlázy po excesivní konzumaci těchto řas (Di Matola et al. 2014; Müssig et al. 2006). Někdy je nadměrný přísun jódu spojován s rozvojem strumy a tvorbou uzlů (Eastman a Zimmermann 2018).

Neprozkoumaná je také problematika saturace mateřského mléka jódem u vegansky se stravujících matek. Za předpokladu konzumace pestré a vyvážené veganské stravy při pravidelném užívání výživových doplňků (vitamin B12, vitamin D, DHA/EPA – dokosahexaenová/ eikosapentaenová kyselina) je kvalita mateřského mléka shodná u matek stravujících se vegansky, vegetariánsky i konvenčně. V takovém případě poskytuje mateřské mléko vegansky se stravující matky veškeré potřebné živiny,

včetně jódu, a to i v období překotného růstu a vývoje (Baroni et al. 2019a; Mangels a Messina 2001). Dosud nebyla publikována žádná vědecká práce, která by porovnávala vliv diety na hladiny jódu v mateřském mléce (Schmidt et al. 2016). Ze znalostí fyziologie však můžeme předpokládat, že v případě dostatečné konzumace jódu není důvod k jeho snížené koncentraci v mateřském mléce. V takovém případě je mateřské mléko veganské matky u plně kojeného dítěte dostatečným zdrojem jódu (Dumrongwongsiri et al. 2018). Zároveň existují kazuistiky, kdy vlivem nedostatečného příjmu jódu při dodržování striktní veganské stravy došlo k rozvoji hypotyreózy u plně kojeného dítěte (Yeliosof a Silverman 2018).

2.2.5. Deficit

Dlouhodobá nízká konzumace jódu, než je doporučená denní dávka, vede k rozvoji široké skupiny onemocnění, které označujeme jako „nemoci z nedostatku jódu“ (v angličtině „Iodine deficiency disorders“ tzv. „IDD’s“) (Eastman a Zimmermann 2018). Jódový deficit vede k dysbalanci tyreoidálních hormonů a k hypertyreotropinémii, subklinické hypotyreóze až hypotyreóze, eventuálně hypotyroxinémii. Zvýšená hladina TSH stimuluje proliferaci buněk štítné žlázy a vede ke vzniku strumy, tedy zvětšeného objemu štítné žlázy nad stanovenou normu pro pohlaví a věk. Mezi hlavní rizikové skupiny z hlediska nedostatečného příjmu jódu patří především těhotné a kojící ženy, novorozenci, děti do 3 let a adolescenti. U žen může být deficit jódu příčinou infertility a opakovaných spontánních abortů. U těhotné ženy vede jódový deficit k narušení syntézy hormonů štítné žlázy, a to jak u matky, tak u vyvíjejícího se plodu. V prvním trimestru gravidity je plod zcela závislý na transplacentárním přenosu hormonů od své matky. Ve druhém a třetím trimestru je již štítná žláza plodu schopná syntetizovat část hormonů pro svou potřebu, nicméně nadále zůstává závislá na adekvátní funkci štítné žlázy své matky a zejména transplacentárním přísunu jódu. Nejzávažnějším důsledkem těžkého jódového deficitu v prvních letech života je takzvaný endemický kretenismus, který byl na našem území popisován ještě v první polovině 20. století. U dětí se středně závažným jódovým deficitem bylo popsáno výrazné snížení inteligenčního kvocientu (Eastman a Zimmermann 2018). Lehký jódový deficit u dětí vede k rozvoji takzvaného endemického kognitivního deficitu (Eastman a Zimmermann 2018). Lehký kognitivní deficit je charakterizován například zhoršením specifických školních

dovedností (Eastman a Zimmermann 2018). Starší děti mohou při nedostatku jódu vykazovat známky únavového syndromu (Eastman a Zimmermann 2018).

2.3. Energetický příjem

Dostatečný energetický příjem odpovídající potřebám pro daný věk a pohlaví je jedním ze základních předpokladů pro správný růst a vývoj dětského organismu. Optimální rozložení zdrojů energie je v následujících poměrech: 45–55 % sacharidů, 35–45 % tuků a 10–25 % bílkovin (Behrman et al. 2000). Za riziková období stran potenciálně nízkého energetického příjmu se považují období zavádění příkrmů a adolescence. V období zavádění příkrmů klesají dávky mateřského mléka a jeho kalorická hodnota a zároveň narůstá fyzická aktivita dítěte.

Dle výsledků německé studie VeChi právě 80 % dětí začíná s vegetariánstvím a veganstvím právě v tomto rizikovém období, tj. v období přechodu z plného kojení na kojení částečné s příkrmy (Weder et al. 2019). Tato studie také popisuje nižší příjem kalorií u veganů (Alexy et al. 2021). Další studie však tento fenomén nepopisují (Hovinen et al. 2021; Larsson a Johansson 2002; Weder et al. 2022a). Vegani konzumují více sacharidů (Alexy et al. 2021; Larsson a Johansson 2002; Weder et al. 2022a) a z nich právě i více monosacharidů (Larsson a Johansson 2002). Vegani také přijímají signifikantně více vlákniny (Alexy et al. 2021; Larsson a Johansson 2002).

V období adolescence může dojít k rozvoji poruchy příjmu potravy, kterou lze maskovat právě přechodem na rostlinnou stravu (Robinson-O'Brien et al. 2009; Perry et al. 2001). Z důvodu vysokého obsahu nesolubilní vlákniny má veganská strava nižší kalorickou denzitu na celkovou zkonsumovanou hmotnost stravy (Clarys et al. 2014; Weder et al. 2019; Baer et al. 1997). Zároveň kojenci a batolata mají obecně menší objem žaludku a v případě konzumace veganské stravy a může dojít brzy k pocitu nasycení.

Oba tyto důvody mohou mít za následek celkově nízký příjem energie. V takovém případě může dojít k rozvoji hmotnostního neprospívání, zpomalení až zástavě růstu a opoždění psychomotorického vývoje.

2.4. Bílkoviny

Konzumace dostatečného množství komplexního spektra bílkovin je jedním ze základních předpokladů fyziologického vývoje jedince.

Vyšetření dostatečného příjmu bílkovin je velmi obtížné za pomoci prostředků rutinních laboratorních metod. Těžká malnutrice z nedostatku bílkovin se v některých případech může projevit poklesem hladiny celkové bílkoviny či albuminu, to je však popisováno spíše v důsledku stresové malnutrice. V nejtěžších případech je možné pozorovat i pokles celkového počtu lymfocytů (Mehler et al. 2018). IGF-1 je faktor, který může být také snížený (Clemmons 2006; Brabant a Wallaschowski 2007). Nově publikované práce však vnímají albumin spíše jako marker zánětu a celkového zdraví, který nemá spojitost s příjmem bílkovin (Soeters et al. 2019). Nedostatek energie a bílkovin ve stravě lze pozorovat i v poklesu antropometrických parametrů, kterými jsou percentil BMI (body mass index), percentil výšky a hmotnosti (WHO 2006).

Ve veganské stravě není problémem kvantita, ale především kvalita bílkovin, tedy jejich neoptimální složení. Rostlinné bílkoviny neobsahují zpravidla kompletní spektrum všech aminokyselin, s výjimkou sóji a quinoi (Mariotti a Gardner 2019). Vegani přijímají nejnižší množství methioninu, tryptofanu, tyrosinu a mají nejvyšší příjem glycinu ze všech stravovacích skupin. Nedostatečný je obsah lysinu v obilovinách, tryptofanu v kukuřici, methioninu nebo cysteinu v luštěninách (Schmidt et al. 2016). Některé studie však popisují celkově nižší příjem bílkovin u veganů (Alexy et al. 2021). Rostlinné bílkoviny mají také nižší biologickou hodnotu. Biologická hodnota bílkoviny je množství tělesné bílkoviny, které se v organismu vytvoří ze 100 g zkonsumované bílkoviny ze stravy. Dále mají nižší vstřebatelnost v trávicím traktu (asi 85 %), a to vlivem antinutrientů (fytáty) a vlákniny (Berrazaga et al. 2019). Nové publikace však udávají veganskou stravu, která je pestrá, jako dostatečný zdroj bílkovin ve všech věkových kategoriích (Weder et al. 2019; Nathan et al. 1996).

Z fyziologie víme, že nízký příjem bílkovin může vést k únavě, apatii, zpomalení růstu, zvýšené náchylnosti k infekcím a ke kožním defektům, u dětí na rostlinné stravě však tyto stavy nebyly ve větším měřítku doposud popsány.

2.5. Vitamin D

Hlavní úlohou vitaminu D v lidském organismu je regulace kalcium fosfátového metabolismu (Bikle 2021). Aktivuje vstřebávání vápníku v trávicím traktu a v ledvinách zvyšuje jeho tubulární resorpci spolu s fosfátem (Bikle 2021). Podílí se také na správné inkorporaci vápníku a fosfátu do kostí (Bikle 2021). V poslední době je také diskutován jeho mimokostní efekt. Schopnost 1,25-OHD inhibovat proliferaci a stimulovat diferenciaci vedla k vývoji několika analogů s nadějí na léčbu hyperproliferativních onemocnění, jako je psoriáza a onkologické afekce, bez zvýšení hladiny vápníku v séru. Dále se diskutuje vliv na imunomodulace a snížení kardiovaskulárního rizika (Bikle 2021).

Vitamin D se částečně syntetizuje v kůži z 7-dehydrocholesterolu působením UV záření, pokožku stačí slunečnímu záření vystavit na dobu 10–15 minut (Braegger et al. 2013). Ostatní příjem vitaminu D je nutné zajistit z pestré a vyvážené, převážně živočišné stravy. Játra a další tkáně pak metabolizují vitamin D na 25-OHD, což je hlavní cirkulující forma vitaminu D. 25-OHD je dále metabolizován na 1,25-OHD převážně v ledvinách enzymem CYP27B1 a je hlavní formou vitaminu D odpovědnou za většinu jeho biologických účinků. Produkce v ledvinách je přesně regulována – stimulována parathormonem (PTH) a inhibována vápníkem a fosfátem.

Stanovení hladiny vitaminu D v krevním řečišti lze provést v každé laboratoři určením hladiny 25-OHD. Patologická je hodnota pod 20 nmol/L a hodnota 20–50 nmol/L při elevaci ALP a PTH; hodnota nad 50 nmol/L je hodnotou fyziologickou a nevyžaduje další intervenci (Bronský et al. 2019).

Vzhledem k tomu, že hlavním zdrojem jsou živočišné produkty, byly u veganů popsány nižší hladiny cirkulujícího vitaminu D v krvi než u konvenčně se stravujících jedinců, a to i v průběhu letních měsíců (Crowe et al. 2011; Hovinen et al. 2021), pravidelná suplementace tyto rozdíly stírá (Desmond et al. 2021).

Suboptimální konzumace vitaminu D u dětí se může projevit lehkou a přechodnou imunodeficiencí, nižší svalovou silou a v extrémních případech i křivicí z nedostatku vitaminu D (Bikle 2021). Některé studie popisují asociaci mezi vyšší incidencí

diabetu mellitu 1. typu a nižší hladinou vitamínu D v pediatrické populaci, kauzalita této asociace však nebyla zatím potvrzena (Bener et al. 2009).

2.6. Vápník

Vápník je nejvýznamnější extracelulární iont. V těle se až 99 % vápníků nachází v kostech. Intracelulární koncentrace vápníků je vyšší a hraje zásadní roli v buněčné signalizaci a neuromuskulární činnosti, dále se podílí na koagulaci krve (faktor IV), správné srdeční aktivitě a na budování kostní a zubní hmoty. V dětství je jeho dostatečný příjem nezbytně nutný pro správný růst a vývoj jedince, protože efektivní mineralizace kostí probíhá pouze do 20. roku života (Matkovic a Heaney 1992). Asi 50 % vápníku se v krvi vyskytuje v ionizované formě, 40 % je vázáno na bílkovinu a 10 % ve formě komplexních molekul. Hladina vápníků je regulována pomocí vitamínu D, který jeho hladinu zvyšuje (zvýšením absorpce z trávicího traktu a renální resorpce) a PTH (zvýšením hydroxylace 25-OHD v ledvinách a zvýšením renální resorpce), kalcitonin naopak hladinu snižuje (snížením renální resorpce a zvýšením ukládání vápníku do kosti); hladinu vápníku také ovlivňuje pohybová aktivita.

Hladinu vápníku vyšetřujeme ideálně stanovením koncentrace ionizovaného kalcia. Možné je vstupně vyšetřit pouze hladinu celkového kalcia spolu s magnéziem, fosfátem, 25-OHD, ALP a PTH (Shaker a Deftos 2013).

Celkový obsah vápníku na 100 g produktu je v rostlinných zdrojích často vyšší než u produktů živočišného původu. Problematická je však vstřebatelnost vápníku z veganské stravy (od 5 % do 60 %), která je ovlivněna vysokým obsahem antinutrientů, a to například oxalátů (Weaver et al. 1999; Weaver a Plawecki 1994). Vegani konzumují méně vápníku než děti stravující se konvenčně (Alexy et al. 2021; Larsson a Johansson 2002; Weder et al. 2022a). Dostupné studie u veganů popisují nižší hodnotu kalciumu. Tento efekt může být vysvětlen specifickou skladbou veganské stravy. Vegani konzumují nižší množství živočišných bílkovin a vyšší množství bazických solí. Právě změna poměru jednotlivých solí vede k zvýšené filtraci vápníku do moči a jeho snížené tubulární resorpci (Breslau et al. 1988). Studie kostní denzity u adolescentů popisují nižší kostní denzitu bederní páteře u

vegansky se stravujících dětí (Ambroszkiewicz et al. 2019). Některé zahraniční publikace poukazují na vyšší riziko kostních zlomenin u veganů (Appleby et al. 2007; Iguacel et al. 2019). Novější studie, které korelují kostní denzitu na BMI a obvod pasu, však neprokázaly signifikantní rozdíl mezi jednotlivými skupinami v hodnotě kostní denzity (Karavasiloglou et al. 2020). Předpokládá se tedy, že konvenčně stravující se jedinci mají vyšší BMI, a tím pádem i vyšší kostní denzitu. Na druhou stranu vegani bývají štíhlejší, a mají tím pádem nižší hodnoty kostní denzity.

Nízký příjem vápníku ovlivňuje u dětí růst, kvalitu zubní skloviny a v závažných případech i rozvoj kalcium dependentní křivice.

2.7. Železo

Železo je mikronutrient, jehož dostatečný přísun je v organismu nutný pro syntézu hemoglobinu, myoglobinu a pro správnou funkci enzymatických pochodů či imunitního systému. V období růstového spurtu je jeho denní potřeba dvojnásobná, dále jsou pak vyšší nároky v období menstruace u dívek.

Zásobením organismu železem lze posoudit stanovením krevního obrazu s diferenciatním rozpočtem, hladiny ferritinu a transferinu a dále pak sTfR, sTRF, TIBC. Nicméně ferritin je také marker zánětu a při jeho interpretaci je s ním takto nutné vždy počítat.

Množství zkonsumovaného alimentárního železa ve stravě dospělých veganů je zpravidla vyšší než u jedinců, kteří se stravují konvenčně, i přes to jsou jejich zásoby železa v organismu nižší (Pawlak a Bell 2017; Larsson et al. 2011; Weder et al. 2022a; Alexy et al. 2021). Obdobné výsledky popisují studie u dětí (Alexy et al. 2021; Hovinen et al. 2021; Weder et al. 2022a). Jak u ostatních nutrientů, tak i u železa je jeho vstřebatelnost z rostlinných zdrojů nižší (Collings et al. 2013), a to vlivem antinutrientů (fytátů), zároveň se vyskytuje v rostlinných zdrojích v nehemové formě (Hurrell a Egli 2010). Na druhou stranu ostatní parametry saturace organismu železem jsou v dospělé veganské populaci v normálním rozmezí a riziko nutriční sideropenie není vysoké (Selinger et al. 2019). Tento fenomén lze vysvětlit

postupnou adaptací organismu, a to především střevního mikrobiomu, zvýšením vstřebatelnosti a snížením ztrát železa (Hunt a Roughead 1999; 2000). U dětí studie popisují nižší hladiny hemoglobinu (Alexy et al. 2021), ferritinu (Desmond et al. 2021) a u dětí žijících v Indii také vyšší riziko rozvoje anémie (Headey a Palloni 2020). Na druhou stranu střední objem erytrocytu nebyl dietou ovlivněn ve většině studií (Desmond et al. 2021; Světnička et al. 2022).

Již hraniční hodnoty ferritinu ukazují na prelatentní sideropenii z nedostatečných zásob železa v organismu. Následně v období rychlého růstu či nástupu menstruace hrozí rozvoj mikrocytární hypochromní anémie se všemi následky – únavou, palpitací, hučením v uších, bledostí, kolapsem či dušností.

2.8. Polynenasycené mastné kyseliny

Dostatečná konzumace nenasycených mastných kyselin je nezbytně nutná pro správný vývoj sítnice, centrální nervové soustavy, dále pro fungování kardiovaskulárního (snižují hladiny cholesterolu, snižují zánět a stabilizují srdeční rytmus), imunitního (modulace zánětu) a endokrinního systému (snížení inzulínové rezistence a zvýšení hladiny inzulínu) (Newberry et al. 2016; Shahidi a Ambigaipalan 2018). Lze je klasifikovat na n-9, n-6 a n-3 mastné kyseliny. Mezi n-3 mastné kyseliny patří ALA, EPA a DHA (Shahidi a Ambigaipalan 2018). DHA a EPA jsou pro náš organismus zásadní a vznikají konverzí z ALA, která je řazena mezi esenciální mastné kyseliny. Efektivita konvertujícího enzymu je zatížena výraznou interindividuální variabilitou (Davis a Kris-Etherton 2003). N-9 mastné kyseliny jsou obsaženy především v olivovém oleji (Saunders et al. 2012). Olej kukuřičný a slunečnicový obsahují především n-6 mastné kyseliny (Saunders et al. 2012). Hlavním zdrojem n-3 mastných kyselin, ALA, jsou lněná, konopná a chia semínka, vlašské ořechy, sójový a řepkový olej (Saunders et al. 2012). Samotná DHA a EPA jsou obsaženy především v mořských plodech a rybách, právě proto je ve veganské stravě jejich zásadní nedostatek (Saunders et al. 2012).

Vyšetření zásobení organismu DHA/EPA nebývá rutinně prováděno, nicméně experimentálně lze měřit takzvaný omega index, který určuje poměr DHA/EPA k ostatním významným n-kyselinám. Poměr pod 4.0 je nedostatečný (Chen a Liu

2020). V naší studii jsme zásobení organismu DHA/EPA neměřili pro nedostupnost tohoto vyšetření.

U veganských matek byla proto popsána jejich nižší koncentrace v mateřském mléce (Sanders a Reddy 1992) a u dospělých veganů také v kosterním svalu (Gojda et al. 2013). Veganské děti konzumují celkově více PUFA (Alexy et al. 2021), ale hladina DHA je v jejich krvi nižší (Hovinen et al. 2021; Sanders a Reddy 1992). Dopad nízkého příjmu DHA a EPA na lidské zdraví nebyl doposud zcela objasněn. Diskutováno je ovlivnění řady onemocnění (Crohnova nemoc, cystická fibróza, revmatoidní artritida, alergie, nádorová onemocnění, Alzheimerova nemoc, ADHD, deprese, syndrom suchého oka nebo makulární degenerace), kauzalita však nebyla jednoznačně prokázána (Newberry et al. 2016).

2.9. Ostatní parametry

Mezi další prvky, jejichž deficit je zmiňován v souvislosti s veganstvím a o jejichž patofyziologii není mnoho známo, patří selen a zinek (Weder et al. 2019; Fallon a Dillon 2020; Thomson et al. 2005; Weder et al. 2022b). V rámci naší studie nebyly tyto parametry rutinně stanovovány, protože se jedná o běžně nedostupná a velmi finančně náročná vyšetření, zároveň jejich interpretace je velmi obtížná s ohledem na případné zdravotní dopady.

Dále lze u veganů předpokládat nižší hladiny celkového cholesterolu, LDL (nízkodenzitní lipoprotein), TAG (triacylglycerol), ale i HDL (vysokodenzitní lipoprotein) s nejasným dopadem na zdraví dětí a dospívajících (Selinger et al. 2023; Alexy et al. 2021; Hovinen et al. 2021; Desmond et al. 2021).

3. Cíle řešení, hypotézy

Nejnovější studie hodnotící vliv rostlinného stravování na zdraví dospělé populace opakovaně vyzdvihují jeho případné zdravotní benefity (Selinger et al. 2023). V dnešní době neexistuje žádná vědecká studie, která by popisovala komplexní vliv rostlinné stravy na zdraví a dlouhodobý vývoj dítěte. Existují pouze studie, které v jednotlivých regionech popisují buď nutriční příjem těchto dětí, anebo vliv stravy na jednotlivé antropometrické či laboratorní parametry, výzkum nyní postrádá komplexní, a především prospektivní studie. Většina studií nezkoumá cíleně případné benefity, jako je tomu u dospělých. Důvody jsou jistě obava z případného rozvoje deficitů rizikových nutrientů a finanční a časová náročnost takové studie a s tím spojených případných etických aspektů. Zároveň je velmi obtížně interpretovatelná bezpečnost těchto výsledků u vyvíjejícího se organismu, kterým dítě bezesporu je. Mezi rizikové nutrienty patří bílkoviny, železo a vápník, nově pak především vitamin B12, vitamin D, jód, selen a zinek a některé n-3 polynenasycené mastné kyseliny (Larsson et al. 2011). Tyto deficity mohou dočasně, ale také trvale narušit růst a vývoj dítěte, jak popisují četné kazuistiky (Guez et al. 2012; Mariani et al. 2009; Amoroso et al. 2019; David a Fencel 2021). Vzhledem k tomu, že množství vegansky a vegetariánsky se stravujících dětí v populaci roste (Šimčíkas 2018; IPSOS 2019) a dosud nebyla publikována žádná studie zaměřující se na tuto populaci u nás, rozhodli jsme se podrobněji se zaměřit na popis zdravotního stavu naší české populace dětí a dospívajících, kteří se stravují rostlinně. I když probíhají obdobné projekty v okolních zemích, předpokládáme, že každý stát má svá výživová a behaviorální specifika a jeho strava vychází z odlišného spotřebního koše a liší se nabídkou alternativních produktů včetně těch fortifikovaných.

Předkládaná studie je koncipována jako průřezová a klade si za cíl popsat aktuální zdravotní stav dětí, které se v České republice stravují vegansky nebo vegetariánsky. Výsledky antropometrických, dotazníkových a laboratorních vyšetření poté byly porovnány s kontrolní skupinou dětí, které se stravují konvenčně (tedy ze svého jídelníčku nevylučují žádné potraviny) – tj. model vegan vs. vegetarián vs. omnivor (omnivor = konvenčně se stravující jedinec neboli všežravec, slovo pochází z latiny a pro zjednodušení bylo použito v textu této práce). Výsledky prvotní analýzy byly následně zasazeny do konceptu zahraničních výzkumů a jednotlivé nálezy

porovnány. V budoucnu bychom rádi výstupy z tohoto projektu využili k vytvoření doporučených postupů nejen pro odborníky v oboru pediatrie, ale i pro širokou veřejnost.

Hypotézy

- 1) Populace veganských dětí disponuje vyšším rizikem rozvoje nutričních deficitů. V případě konzumace živočišných produktů se toto riziko snižuje, až zcela vymizí.
- 2) Více veganských dětí bude svou hmotností, délkou/výškou a BMI pod 3. percentilem než v populaci dětí vegetariánských nebo omnivorních.

V případě kritických nutrientů, kterými jsou vitamin B12 a jód, byla provedena i analýza třídního záznamu jídelních zvyklostí a výsledek byl porovnán s laboratorními markery těchto deficitů. U vitaminu B12, jódu, vitaminu D a železa byla prostřednictvím dotazníkového šetření sledována adherence k užívání suplementů obsahujících tyto potenciálně rizikové mikronutrienty. Tím studie nabízí částečně vhled do stravovacích a suplementačních návyků české veganské a vegetariánské pediatrické populace.

4. Metodologie

4.1. Úvod

Studie byla koncipována jako deskriptivní průřezová (cross-sectional study). V období od září roku 2019 do června roku 2021 jsme na Klinice dětí a dorostu 3. LF UK a FNKV vyšetřili celkem 227 dětí. Účastníci se hlásili k účasti ve studii dobrovolně, nábor probíhal prostřednictvím sociálních sítí zaměřených na rostlinné stravování a prostřednictvím letáků zprostředkovaných praktickými lékaři pro děti a dorost. Z celkového počtu vyšetřených dětí se 96 dětí hlásilo k vegetariánství a 79 dětí k veganství. Jako vegetarián byl účastník klasifikován, pokud nekonzumoval maso častěji než jednou za 14 dní, jako vegan, pokud nekonzumoval maso, mléko a vejce častěji než jednou za 14 dní. Ke skupině dětí, které se stravovaly rostlinně, bylo vyšetřeno celkem 52 konvenčně se stravujících jedinců, tedy dětí bez jakýchkoliv výživových omezení. Kontrolní skupina byla složena tak, aby odpovídala věkovému rozložení ve skupině dětí stravujících se rostlinně. Nábor probíhal rovněž cestou sociálních sítí a ambulantních lékařů pro děti a dorost. U plně kojených dětí byla brána v potaz především dieta matky. V případě konzumace běžných umělých kojeneckých výživ i při veganské batolecí stravě, byl účastník klasifikován jako vegetarián. Společná kritéria pro zařazení do obou skupin byla následující: a) věk 0 až 18 let včetně, b) absence chronického onemocnění (ovlivňující vstřebávání a metabolismus jednotlivých živin). Každý účastník podstoupil základní antropometrické vyšetření, následně byly vyplněny studijní dotazníky (viz přílohy dizertační práce), provedeno klinické vyšetření dítěte a odebrána krev a moč pro laboratorní diagnostiku. U některých účastníků studie nebyl proveden odběr krve – nesouhlas rodičů, selhání odběrové metody – v takovém případě byly pro potřeby analýzy využity pouze antropometrická data. Veškerý biologický materiál byl uložen pro budoucí potřeby v bance biologického materiálu Oddělení klinického výzkumu Interní kliniky Fakultní nemocnice Královské Vinohrady a 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy.

4.2. Autorizace a etická komise

S každým účastníkem byl podepsán informovaný souhlas. Děti, jejichž rozumová vyspělost neumožňovala samostatné rozhodnutí, byly zastoupeny zákonným zástupcem. Informovaný souhlas byl schválen Etickou komisí 3. lékařské fakulty (souhlasné vyjádření k datu 18. 10. 2019) i Etickou komisí Fakultní nemocnice Královské Vinohrady (souhlasné vyjádření k datu 2. 10. 2019). Vyšetření všech pacientů probíhalo v ambulantních prostorách Kliniky dětí a dorostu Fakultní nemocnice Královské Vinohrady a 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy.

4.3. Metody

4.3.1. Antropometrické vyšetření a klinické vyšetření

Každý účastník vstupně podstoupil klinické vyšetření pediatrem a na základě vstupního rozhovoru byl zařazen do jedné ze tří kategorií – vegetarián, vegan, omnivor. Všichni účastníci byli nejprve zváženi a změřeni – výška na stadiometru (od 2 let věku), délka na bodymetru (do 2 let věku) – prostřednictvím erudované pediatrické sestry za využití kalibrovaných a certifikovaných přístrojů. Obdržená data – hmotnost v kilogramech a délka nebo výška v centimetrech – byly zadány lékařem do aplikace Růst.cz, jejíž pracovní databáze pochází z Celostátního antropometrického výzkumu z roku 2001 (tzv. CAV). Výška nebo délka, hmotnost a z nich vypočítané BMI byly softwarem vyhodnoceny zařazením do percentilové sítě a směrodatnou odchylkou od váženého průměru. Účastník byl následně vyšetřen pediatrem – samotným autorem dizertační práce, který zhodnotil stav pacienta jako fyziologický nebo odchylující se od normy. Vyšetření se zaměřovalo na stav dentice, velikost velké fontanely, palpační nález na štítné žláze, kvalitu adnex (kůže, nehty, vlasy), kvalitu sliznic a barvu spojivek. Orientačně byl hodnocen i psychomotorický vývoj.

4.3.2. Dotazníkové šetření

Se všemi účastníky byl vyplněn dotazník týkající se osobní anamnézy (Formulář 1 – Vstupní anamnestický dotazník), který se zaměřoval mimo jiné na užívání výživových doplňků matkou v období těhotenství i kojení a na užívání suplementů samotným účastníkem – předmětem zájmu byly především vitamin B12, jód, vitamin D a železo. Dále dotazník mapoval případná chronická onemocnění, alergie nebo farmakoterapii. V případě kontrolní návštěvy byl s účastníkem vyplněn kontrolní dotazník (Formulář 2 – Kontrolní anamnestický dotazník), který nebyl využit pro potřeby dizertační práce, ale může sloužit pro potřeby dalšího výzkumu. Druhý formulář vstupního vyšetření se zaměřoval na fyzikální nález (Formulář 3 – Záznam fyzikálního vyšetření) a obsahoval především antropometrické údaje a zhodnocení celkového stavu dítěte.

4.3.3. Laboratorní diagnostika

Účastníci byli před příchodem k vyšetření instruováni, aby s sebou přinesli první porci ranní moči a v ideálním případě, a to s ohledem na věk, přišli nalačno. U kojených dětí bylo povoleno kojení a odběr byl proveden za 2–3 hodiny od krmení. Po antropometrickém a fyzikálním vyšetření byl každý pacient podroben odběru žilní krve. Odběry biologického materiálu proběhly po obdržení informovaného souhlasu v prostorách Kliniky dětí a dorostu za pomoci erudované dětské sestry. Veškerý odebraný biologický materiál byl ihned odeslán do certifikované laboratoře Fakultní nemocnice Královské Vinohrady a podroben následující analýze. U každého pacienta byly stanoveny následující parametry:

Parametry jódového zásobení – tyreotropin (TSH), volný tyroxin (fT4) a volný trijódtyronin (fT3), tyreoglobulin (TG), autoprotiátky proti tyreoidální peroxidázi (aTPO) a autoprotiátky proti tyreoglobulinu (AhTGc) byly měřeny pomocí automatické chemiluminiscenční imunoeseje. Ranní jodurie v jednorázovém odběru moči (UIC) byla vyšetřena za pomoci vysokoúčinné kapalinové chromatografie v externí laboratoři.

Parametry zásobení vitamínem B12 – kobalamin (B12), holotranskobalamin (aB12) homocystein (hcys) a folát byly měřeny pomocí automatické chemiluminiscenční imunoeseje; parametry krevního obrazu – hemoglobin (HCT) byl měřen pomocí absorpční spektrofotometrie z plné krve, hematokrit (HCT) pomocí bio impedance a střední objem erytrocytu (MCV) byl následně spočítán.

Parametry metabolismu železa – celkové železo (Fe) a ferritin byly měřeny pomocí automatické chemiluminiscenční imunoeseje. Parametry krevního obrazu – celkový počet erytrocytů (RBC), střední šíře erytrocytů (RDW) vše pomocí bio impedance; střední objem hemoglobinu (MCH), střední koncentrace hemoglobinu (MCHC) výpočtem.

Parametry kalcium fosfátového metabolismu – kalcium celkové (Ca), fosfát anorganický (P), hořčík (Mg) a alkalická fosfatáza (ALP) pomocí spektrofotometrie; 25-hydroxyvitamin D (25-OHD) a parathormon (PTH) pomocí chemiluminiscenční imunoeseje.

Parametry výživy – celková bílkovina (CB), albumin (Alb), cholesterol (Chol), HDL a triacylglycerol (TAG) pomocí spektrofotometrie, LDL pomocí výpočtu; Inzulínu podobný růstový faktor 1 (IGF-1) pomocí chemiluminiscenční imunoeseje.

U všech účastníků studie byly odebrány moč i krev k anonymnímu biobankingu pro případ rozsáhlejších analýz v dalším výzkumu zabývajícím se problematikou rostlinného stravování.

4.3.4. Hodnocení nutričního příjmu

V případě jódu a vitamínu B12 byla provedena také analýza tří denního záznamu jídelníčku, který každý účastník přinesl na své vstupní vyšetření. Záznam byl vyplňován co nejpřesněji za využití kuchyňských vah, v případě jejich absence (konzumace potravy mimo domov) byl povolen záznam v standardních pojmech jako plátek, hrnek, lžice a další. V případě speciálních potravin, které se běžně na českém trhu nevyskytují, byli rodiče účastníka požádáni o dodání obalu potravin, aby bylo možné správně dopočítat kalorickou a nutriční hodnotu potravin. Za ideálních podmínek byl záznam prováděn 2 všední dny a 1 den víkendový. V případě kojení

bylo množství kojení odvozeno od doporučených denních dávek pro daný věk dítěte. Pokud byl záznam nečitelný, byl účastník kontaktován retrospektivně pomocí emailu. Analýza příjmu vitamínu B12 a jódu byla provedena za pomoci software Nutriservis PROFI (Forsapi Ltd., Česká republika). Výživové údaje byly průběžně dohledávány v české databázi NutriDatabaze.cz, verze 8.2, ÚZEI, Praha (www.nutridatabaze.cz), která je součástí EuroFIR (www.eurofir.org/food-information/food-composition-databases). Pokud nebyla daná potravina v databázi nalezena, byly prohledány databáze USDA, FDA a ODS-NIH, a to obzvláště u obsahu jódu (www.ars.usda.gov/northeast-area/beltsville-md-bhnrc/beltsville-human-nutrition-research-center/methods-and-application-of-food-composition-laboratory/mafcl-site-pages/iodine). V případě tradičně českých produktů, které nebyly součástí pracovní databáze, byla jejich výživová hodnota zadána manuálně přepisem přímo z obalu výrobku. Program byl obsluhován vysokoškolsky vzdělanou nutriční terapeutkou.

4.3.5. Statistika

Pro potřeby datové analýzy byli účastníci rozděleni do tří základních skupin – vegan (VN), vegetarián (VG) a omnivor (OM). V případě vitamínu B12, jódu, železa a vitamínu D byli účastníci rozděleni i dle suplementačních návyků jako suplementující nebo nesuplementující (pravidelně). Pro jednotlivé rizikové nutrienty byly určeny hranice určující přítomnost nutričního deficitu a byl stanoven celkový počet účastníků s daným nutričním deficitem. Pro popisnou analýzu byl vypočten průměr a jeho směrodatná odchylka. Dále byly spočítány maximální a minimální hodnoty. Kategorické proměnné jsou uváděny jako podíl účastníků z konkrétní kategorie. Pro popis vztahu mezi výživovým směrem a hladinou sledovaného parametru bylo využito spojitých proměnných a jejich vyjádření jako velikost efektu s 95% konfidenčním intervalem a p hodnotou za použití Wilcoxonova testu. Dále byl použit lineární regresní model pro popis vztahu mezi logaritmicky transformovanou spojitou proměnou a typem diety adjustované na věk a pohlaví. Pro kategorické proměnné a výpočet p hodnoty byl použit chí-kvadrát test. Analýza byla provedena v programu RStudio.

5. Výsledky

5.1. Charakteristika vzorku včetně základní antropometrie

Výsledný vzorek se skládal z $n = 227$ dětí, tj. $n = 96$ VG, $n = 79$ VN a $n = 52$ OM. Průměrný věk účastníků byl 5,3 let ($\pm 4,2$ roky) pro VG, 4,4 let ($\pm 5,5$ let) pro VN a 6,7 let ($\pm 5,6$ let) pro OM a celkově se pohyboval v rozmezí 0,5 až 18,5 let. Mezi skupinami VG a VN nebyly pozorovány žádné významné rozdíly věku ve srovnání s OM skupinou. Avšak významný rozdíl byl mezi skupinami VN a OM ($p < 0,05$). Kvůli této nerovnoměrné distribuci jsme se rozhodli rozdělit naši studijní skupinu do dvou podskupin: „*Mladší děti*“, zahrnující děti ve věku 0,5–6 let, a „*Starší děti a adolescenti*“, děti ve věku 6–18,5 let. Mezi skupinami nebyly pozorovány žádné významné rozdíly ve výšce, váze a pohlaví, ale pozorovali jsme vyšší počet $n = 7$ (9 %) dětí VN s nižším BMI, tj. pod 3. percentil ($p = 0,005$). Viz tabulky č. 1–4.

Ne u všech dětí se podařilo získat souhlas s odběrem biologického materiálu (krev nebo moč) nebo se nepodařilo stanovit veškeré sledované parametry (v důsledku malého množství materiálu), z těchto důvodů je nutné sledovat reálný počet „ n “, u každého jednotlivého parametru v rámci analýzy výše zmíněných laboratorních parametrů. Tento fakt, je vždy řádně zaznamenán v přehledových tabulkách ve výsledkové sekci.

Tabulka 1. Rozdíl ve věkovém zastoupení jednotlivých dietních skupin ($p = 0,001$)

Dietní skupina	Děti 0–6 let	Děti 6–18 let
Omnivoři	39 (75,0 %)	13 (25,0 %)
Vegetariáni	50 (52,1 %)	46 (47,9 %)
Vegani	60 (75,9 %)	19 (24,1 %)
Celkem	149 (65,6 %)	78 (34,4 %)

Tabulka 2. Počet dětí výškou pod 3. percentil dle dietních skupin ($p = 0,9$)

Dietní skupina	Nad 3. percentil	Pod 3. percentil
Omnivoři	50 (96,2 %)	2 (3,8 %)
Vegetariáni	93 (96,9 %)	3 (3,1 %)
Vegani	77 (97,5 %)	2 (2,5 %)
Celkem	220 (96,9 %)	7 (3,1 %)

Tabulka 3. Počet dětí hmotností pod 3. percentil dle dietních skupin ($p = 0,6$)

Dietní skupina	Nad 3. percentil	Pod 3. percentil
Omnivoři	47 (90,4 %)	5 (9,6 %)
Vegetariáni	91 (94,8 %)	5 (5,2 %)
Vegani	73 (92,4 %)	6 (7,6 %)
Celkem	211 (93,0 %)	16 (7,0 %)

Tabulka 4. Počet dětí BMI pod 3. percentil dle dietních skupin ($p = 0,005$)

Dietní skupina	Nad 3. percentil	Pod 3. percentil
Omnivoři	51 (98,1 %)	1 (1,9 %)
Vegetariáni	96 (100,0 %)	0 (0,0 %)
Vegani	72 (91,1 %)	7 (8,9 %)
Celkem	219 (96,5 %)	8 (3,5 %)

5.2. Vitamin B12

5.2.1. Nutriční příjem vitamínu B12

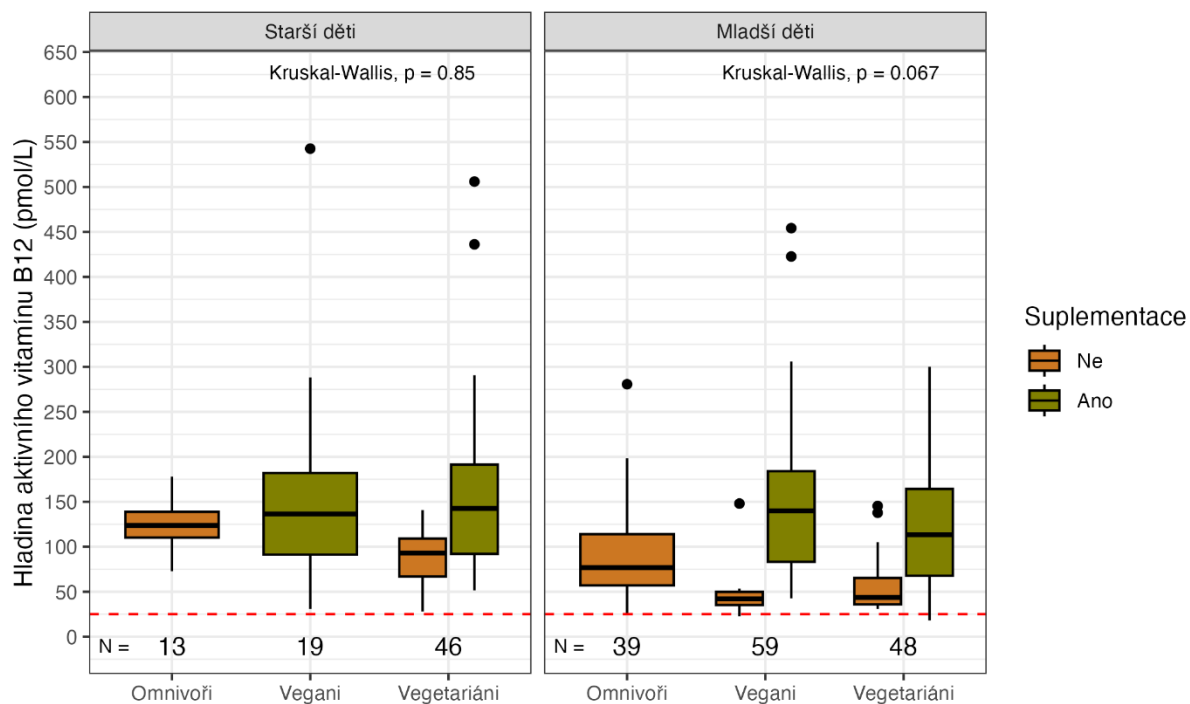
Výsledky analýzy jsou přehledně shrnuty v tabulce č. 5. Lze zde pozorovat statisticky významné rozdíly v užívání výživových doplňků napříč všemi skupinami ($p < 0,008$), v pravidelnosti ($p = 0,003$) a v chemickém složení ($p = 0,008$) a lékové formě ($p = 0,01$) – mezi VG a VN. Sběr dat probíhal v průběhu klinické návštěvy formou strukturovaného rozhovoru. Pokud účastník pravidelně neužíval žádné doplňky s vitamínem B12, byl klasifikován jako „*Ne*“ v konzumaci výživových doplňků. Pokud užíval jakékoli doplňky s jakýmkoli obsahem vitamínu B12, byl klasifikován jako „*Ano*“, a pokud užíval jakékoli doplňky s vitamínem B12, ale uvedl, že si nemůže vzpomenout na pravidelnost, byl klasifikován jako „*Nepravidelně*“. Pravidelnost byla hodnocena podle frekvence užívání: každý den, třikrát týdně, dvakrát týdně a jednou týdně. Také jsme hodnotili chemickou formu například methylkobalamin, adenosylkobalamin, hydroxymethylkobalamin a kyanokobalamin. Lékárenská forma udávala, zda se jednalo o kapky nebo pilulky. Pokud jde o využívání doplňků stravy, $n = 11$ rodičů dětí VN uvedlo, že nepodávají žádné doplňky s obsahem vitamínu B12 ve srovnání s $n = 31$ rodičů VG dětí. Medián dávky vitamínu B12 podávaný v jedné dávce byl $86,50 \mu\text{g}$ (IQR $0,00$ – $200,00$) pro VG a $98,0 \mu\text{g}$ (IQR $63,00$ – $250,00$) pro VN. Průměrná dávka činila $156,9 \pm 222,74 \mu\text{g}$ pro VG a $257,58 \pm 373,07 \mu\text{g}$ pro VN. V případě OM dětí nebylo využívání doplňků vitamínu B12 hodnoceno, protože jsme neočekávali nedostatek vitamínu B12 u zdravých a konvenčně se stravujících dětí. Nutriční příjem byl vypočten jako průměr z tří denního záznamu jídelních zvyklostí a činil $1,9 \mu\text{g}$ pro VG ($p < 0,001$), tedy nižší než doporučený denní příjem. U veganů neexistuje spolehlivý zdroj vitamínu B12 ve stravě; proto u všech počítáme s nulovým alimentárním příjmem bez výživových doplňků.

Tabulka 5. Užívání doplňku s obsahem vitamínu B12

		VG (96)	VN (79)	<i>p-hodnota</i>
Užívání doplňků	Ano	65	68	0,008
	Ne	31	11	
Pravidelnost	Nepravidelně	2	2	0,003
	Každý den	46	52	
	Jednou týdně	6	2	
	Dvakrát týdně	9	3	
	Třikrát týdně	2	9	
Chemické složení	methylcobalamin	27	42	0,008
	cyanocobalamin	33	22	
	adenosylcobalamin	1	1	
	hydroxymethylcobalamin	0	2	
Léková forma	Kapky	36	42	0,01
	Tablety	26	26	

5.2.2. Laboratorní analýza

Průměrné rozdíly v analyzovaných laboratorních parametrech jsou uvedeny v tabulce č. 6. Pozorovali jsme statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$) v hladinách B12 mezi skupinami OM $502,52 \pm 213,98$ pmol/L vs. VG $629,39 \pm 325,19$ pmol/L vs. VN $634,44 \pm 306,71$ pmol/L ($p < 0,05$). Dále byl statisticky významný rozdíl v hladinách folátu, kdy nejvyšší hladiny měly naopak děti VN $17,80 \pm 5,08$ nmol/L vs. VG $16,69 \pm 5,02$ nmol/L vs. OM $15,24 \pm 5,62$ nmol/L. Hladiny homocysteinu měly nejnižší VG $10,03 \pm 4,45$ mmol/L vs. VN $10,14 \pm 5,25$ mmol/L vs. OM $10,89 \pm 3,35$ mmol/L. Rozdíly v hladinách holotranskobalaminu a MCV nebyly významné. Naopak jsme identifikovali $n = 38$ VG, $n = 34$ VN a $n = 9$ OM dětí splňujících laboratorní diagnózu hypervitaminózy vitamínu B12 ($p < 0,05$). Vegetariáni, kteří nekonzumovali pravidelně doplňky stravy, jsou ve stejném riziku nedostatku vitamínu B12 jako vegani, kteří pravidelně neužívají výživové doplňky ($p < 0,001$), blíže viz obrázek č. 2.



Obrázek 2. Hladina aktivního vitamínu B12 (holotranskobalamin) dle stravovacích návyků a suplementace (pmol/L)

Hranice deficitu = červená čárkovaná čára, tj. < 25 pmol/L, mladší děti = děti ve věku 0–6 let, starší děti = děti ve věku 6–18 let, silná čára = medián, obdélník = mezikvartilové rozpětí (IQR), kde: Q1 = 25. percentil a Q3 = 75. percentil, svíslá čára = $Q1 - 1,5 \cdot IQR$ a $Q3 + 1,5 \cdot IQR$, p-hodnota vypočítána za pomoci Wilcoxonova testu.

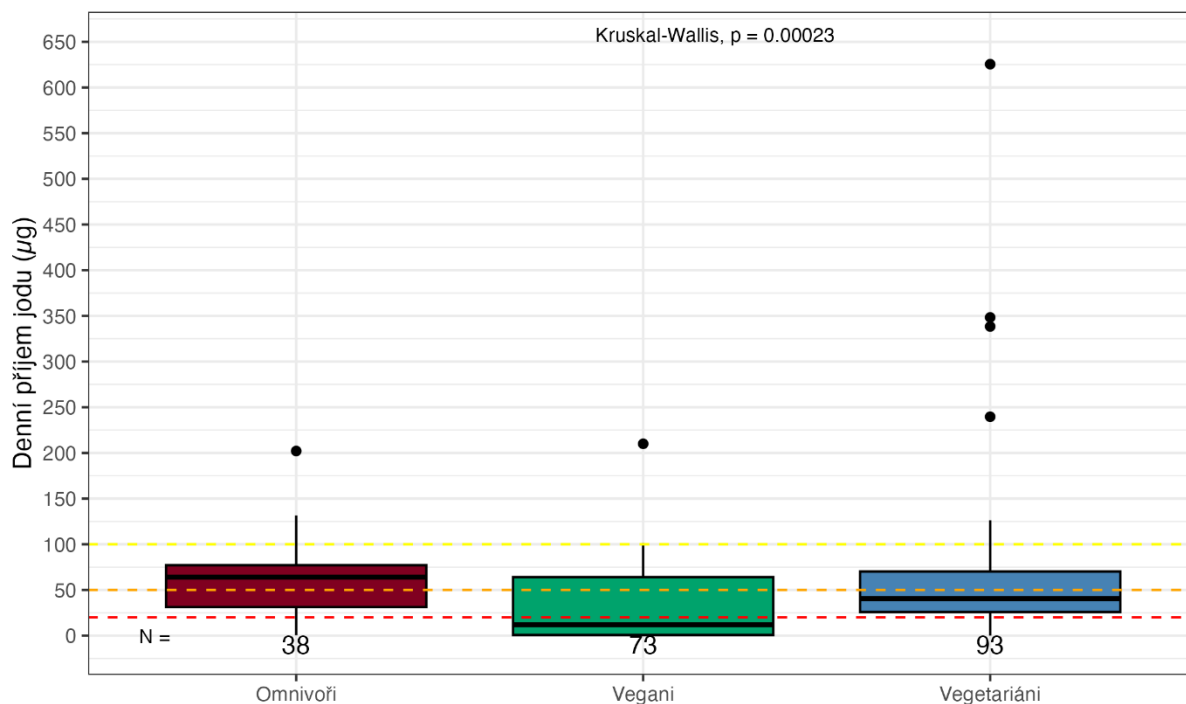
Tabulka 6. Porovnání vybraných laboratorních parametrů mezi omnivory, vegetariány a vegany ve věku 0–18 let

Laboratorní parametry vitamínu B12															
Parametr	Kontrola OM (n)	Min	Max	Průměr (± SD)	Medián	IQR	Strava (n)	Min	Max	Průměr (± SD)	Medián	IQR	p*	Adj. p**	Velikost efektu CI 95 %
MCV [fl]	50	68,90	89,90	80,18 (± 4,36)	79,65	77,60–82,67	VG (95)	61,90	91,50	79,58 (± 4,68)	79,50	76,55–82,85	0,47	0,47	0,06 (0,00–0,23)
							VN (77)	52,90	95,90	79,09 (± 6,38)	78,80	76,00–81,90	0,18	0,36	0,12 (0,01–0,28)
B12 [pmol/L]	52	228,00	1320,00	502,52 (± 213,98)	432,50	370,50–576,25	VG (95)	170,00	2001,00	629,39 (± 325,19)	559,00	396,00–816,00	0,02	0,02	0,20 (0,04–0,35)
							VN (78)	172,00	1717,00	634,44 (± 306,71)	582,50	419,25–789,00	0,01	0,01	0,24 (0,07–0,39)
Folát [nmol/L]	51	5,59	24,01	15,24 (± 5,62)	14,41	11,14–20,11	VG (93)	5,27	25,00	16,69 (± 5,02)	16,50	13,61–20,83	0,05	0,05	0,16 (0,01–0,32)
							VN (78)	5,63	25,00	17,80 (± 5,08)	18,39	14,29–21,96	0,01	0,02	0,23 (0,05–0,40)
Hcys [mmol/L]	49	6,70	19,90	10,89 (± 3,35)	9,80	8,60–12,20	VG (92)	4,60	28,90	10,03 (± 4,45)	8,80	7,00–11,62	0,03	0,04	0,19 (0,03–0,33)
							VN (71)	4,30	34,10	10,14 (± 5,25)	8,90	6,55–11,45	0,02	0,04	0,21 (0,03–0,38)
aB12 [pmol/L]	52	25,10	280,70	101,93 (± 51,76)	91,45	66,33–125,08	VG (94)	18,20	506,00	121,7 (± 86,10)	101,5	61,75–145,3	0,49	0,49	0,06 (0,00–0,22)
							VN (78)	22,60	542,60	139,78 (± 98,26)	120,45	66,92–179,38	0,05	0,10	0,17 (0,02–0,33)

5.3. Jód

5.3.1. Nutriční příjem jódu

Podle naší analýzy následující počty dětí nežívaly žádné výživové doplňky s obsahem jódu: 100 % (n = 52) OM, 83,8 % (n = 80) VG a 78,5 % (n = 62) VN. Pozorovali jsme významný rozdíl v dávce jódu ve výživových doplňcích, kterou užívaly jednotlivé skupiny VN (26,20 $\mu\text{g}/\text{den} \pm 55,67$) / VG (16,91 $\mu\text{g}/\text{den} \pm 41,47$) a OM ($p < 0,001$). Signifikantně významný je rozdíl v průměrném denním příjmu alimentárního jódu (bez doplňků) mezi VG (59,59 $\mu\text{g}/\text{den} \pm 82,18$), s nejvyšším příjmem, a VN (33,86 $\mu\text{g}/\text{den} \pm 39,78$) s nejnižším příjmem ($p < 0,001$), blíže viz tabulka č. 7a-b a obrázek č. 3.

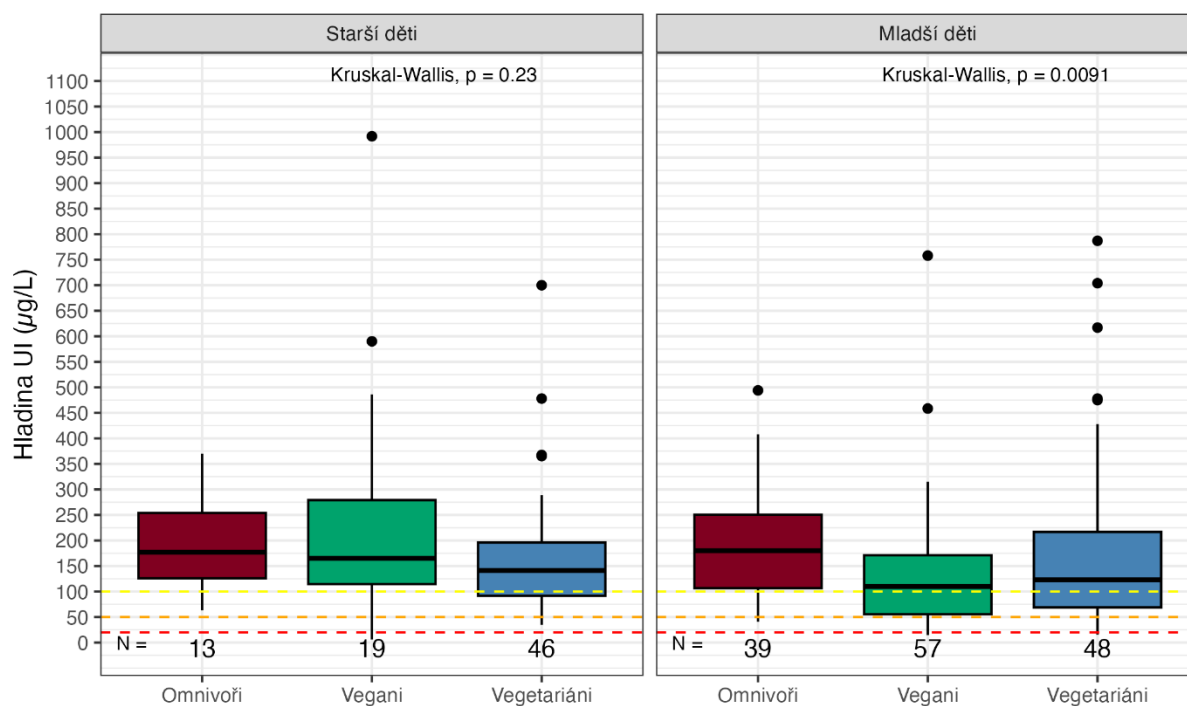
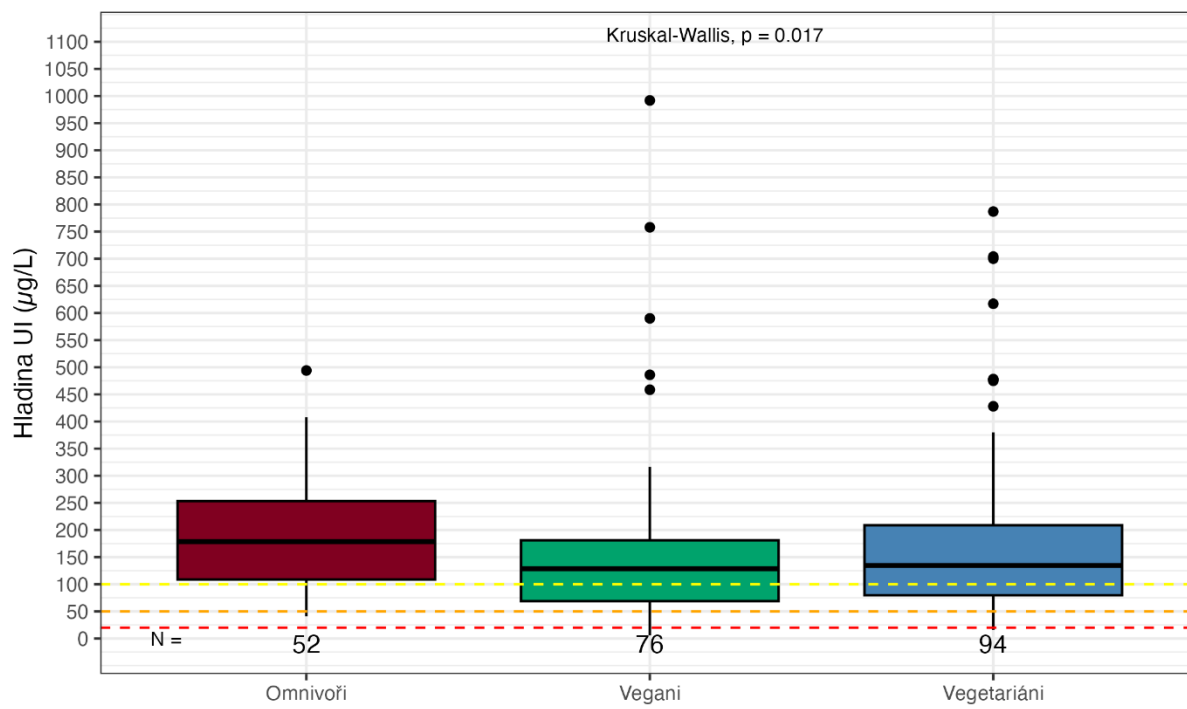


Obrázek 3. Průměrný denní příjem jódu ve stravě dle stravovacích návyků

MDI = průměrný denní příjem jódu, mladší děti = děti ve věku 0–6 let, starší děti = děti ve věku 6–18 let, silná čára = medián, obdélník = mezikvartilové rozpětí (IQR), kde: Q1 = 25. percentil a Q3 = 75. percentil, svíslá čára = $Q1 - 1,5 * IQR$ a $Q3 + 1,5 * IQR$, p-hodnota vypočítána za pomoci Wilcoxonova testu.

5.3.2. Laboratorní analýza

Rozdíly v měřených laboratorních parametrech jsou uvedeny v tabulce č. 7a-b. Při porovnání celkového vzorku (děti ve věku 0,5–18,5 let) jsme zaznamenali statisticky významný rozdíl v UIC mezi třemi skupinami, nejvyšší hodnoty byly pozorovány ve skupině OM $195,3 \pm 105,28 \mu\text{g/L}$ vs. VG $175,91 \pm 152,48 \mu\text{g/L}$ vs. VN $162,93 \pm 162,30 \mu\text{g/L}$ ($p < 0,05$). Nižší hodnoty UIC byly pozorovány ve skupině VN ve srovnání se skupinou VG a ta dosáhla horších výsledků než OM. Nejnižší ($5,99 \mu\text{g/L}$), ale také nejvyšší ($991,80 \mu\text{g/L}$) hodnoty UIC byly naměřeny u VN. Identifikovali jsme $n = 31$ VN (40,8 %), $n = 32$ VG (34,0 %) a $n = 11$ OM (21,2 %) dětí s nedostatkem jódu ($\text{UIC} < 100 \mu\text{g/L}$) ($p = 0,07$), z nichž $n = 13$ VN, $n = 13$ VG a $n = 2$ OM měly mírný nedostatek jódu ($\text{UIC} < 50 \mu\text{g/L}$) a $n = 5$ VN a $n = 1$ VG měly těžký nedostatek jódu ($\text{UIC} < 20 \mu\text{g/L}$). Děti, které pravidelně užívaly výživové doplňky s jódem, měly vyšší UIC. Medián UIC překročil hodnotu stanovenou Světovou zdravotnickou organizací (WHO) $100 \mu\text{g/L}$ ve všech třech skupinách. Nicméně je zde pozorovatelný trend nižších hodnot mediánu UIC ve skupině VN následovaný VG, zatímco OM vykazovala nejlepší výsledky. Po rozdělení vzorku podle věku zůstává významný rozdíl v UIC mezi předškoláky, ale nebyl statisticky významný mezi staršími dětmi a adolescenty. Tento jev by mohl být vysvětlen zmenšením vzorku a tím zmenšením statistické významnosti. Pozorován byl významný rozdíl ve hladinách fT_4 s překvapivě nejvyššími hodnotami ve skupině VN ve srovnání se skupinou OM ($p < 0,05$), toto zjištění zůstává stejné i po rozdělení do dvou skupin dle věku pouze u předškoláků, ale není významné u starších dětí a adolescentů. Nenašli jsme žádné významné rozdíly ve hladinách TSH, fT_3 nebo TG mezi skupinami. Pro potřebu analýzy prevalence positivity protilátek jsme se rozhodli nerozdělovat analyzovaný vzorek na dvě skupiny, protože kritérium positivity anebo negativity je stejné pro všechny věkové kategorie. Zatímco nebyl žádný statisticky významný rozdíl v pozitivitě ATPOc, prevalence AhTGc byla významně vyšší ve skupinách VG (18,2 %) / VN (35,0 %) ve srovnání se skupinou OM (2,1 %) ($p < 0,05$). Retrospektivně jsme diagnostikovali $n = 1$ VN, $n = 2$ VG a $n = 1$ OM dětí s AIT, tyto probandi byli vynecháni při analýze dat, viz obrázek č. 4a-b.



Obrázek 4a-b. Hladiny koncentrace jódu ve vzorku ranní moči ($\mu\text{g/L}$)

UIC = jódurie, $< 100 \mu\text{g/L}$ = modrá čárkovaná čára, $< 50 \mu\text{g/L}$ = žlutá čárkovaná čára, $< 20 \mu\text{g/L}$ = červená čárkovaná čára, mladší děti = děti ve věku 0–6 let, starší děti = děti ve věku 6–18 let, silná čára = medián, obdélník = mezikvartilové rozpětí (IQR), kde: $Q1 = 25.$ percentil a $Q3 = 75.$ percentil, svíslá čára = $Q1 - 1,5 \cdot \text{IQR}$ a $Q3 + 1,5 \cdot \text{IQR}$, p-hodnota vypočítána za pomoci Wilcoxonova testu.

Tabulka 7a. Porovnání příjmu jódu ze stravy a výživových doplňků mezi omnivory, vegetariány a vegany ve věku 0–18 let

Příjem jódu															
Parametr	Kontrola OM (n)	Min	Max	Průměr (± SD)	Medián	IQR	Strava (n)	Min	Max	Průměr (± SD)	Medián	IQR	p*	Adj. p**	Velikost efektu CI 95 %
MDI (µg / den)	42	0,40	202,10	56,58 (± 38,34)	57,05	26,18–75,83	VG (89)	0,00	625,50	59,59 (± 82,18)	40,80	26,30–70,20	0,24	0,49	0,26 (0,18–0,33)
							VN (72)	0,00	210,00	33,86 (± 39,77)	11,80	0,70–65,12	< 0,001	< 0,001	0,31 (0,23–0,40)
Dávka v doplňku (µg / den)	52	0,00	0,00	0,00 (± 0,00)	0,00	0,00–0,00	VG (92)	0,00	200,00	16,83 (± 41,82)	0,00	0,00–0,00	< 0,001	0,005	0,10 (0,13–0,46)
							VN (78)	0,00	200,00	26,54 (± 55,95)	0,00	0,00–0,00	< 0,001	< 0,001	0,31 (0,23–0,40)

Tabulka 7b. Porovnání laboratorních parametrů ve vztahu ke štítné žláze mezi omnivory, vegetariány a vegany ve věku 0–18 let

Laboratorní parametry															
Parametr	Kontrola OM (n)	Min	Max	Průměr (± SD)	Medián	IQR	Strava (n)	Min	Max	Průměr (± SD)	Medián	IQR	p*	Adj. p**	Velikost efektu CI 95 %
TSH [mUI/L]	52	0,77	6,70	2,59 (± 1,42)	2,13	1,55–3,05	VG (95)	0,84	7,87	2,57 (± 1,17)	2,28	1,79–3,20	0,62	1,00	0,04 (0,00–0,20)
							VN (76)	0,67	11,69	2,65 (± 1,67)	2,23	1,58–3,29	0,98	1,00	0,00 (0,00–0,19)
fT4 [pmol/L]	52	11,21	18,16	15,00 (± 1,73)	15,27	13,70–16,39	VG (95)	11,23	21,75	15,60 (± 2,12)	15,52	14,15–16,82	0,15	0,15	0,10 (0,00–0,26)
							VN (76)	11,69	21,94	16,18 (± 1,81)	15,96	15,22–17,10	0,00	0,00	0,28 (0,12–0,45)
fT3 [pmol/L]	52	4,92	8,53	6,96 (± 0,78)	6,92	6,50–7,42	VG (95)	4,09	16,16	7,22 (± 1,30)	7,16	6,55–7,65	0,23	0,23	0,10 (0,01–0,25)
							VN (75)	3,42	9,49	7,16 (± 1,00)	7,24	6,67–7,83	0,08	0,16	0,16 (0,02–0,33)
TG [μg/L]	52	2,11	87,58	26,98 (± 18,48)	21,48	13,40–40,22	VG (90)	0,39	104,7	29,20 (± 20,44)	23,96	18,18–38,87	0,52	0,52	0,05 (0,00–0,22)
							VN (59)	1,99	345,50	35,56 (± 44,15)	28,02	20,11–41,27	0,10	0,20	0,16 (0,01–0,34)
UIC [μg/L]	52	40,80	494,00	195,31 (± 105,28)	178,50	108,75–253,25	VG (94)	15,70	787,00	175,91 (± 152,48)	134,50	79,67–208,75	0,03	0,03	0,18 (0,03–0,34)
							VN (76)	5,99	991,80	162,93 (± 162,30)	128,50	68,85–181,0	0,01	0,01	0,25 (0,08–0,41)

5.4. Bílkoviny

5.4.1. Laboratorní analýza

Měřené laboratorní parametry vztahující se k bílkovinám v lidském organismu a jejich hodnoty jsou zaznamenány v tabulce č. 8. V celé skupině nebyl pozorován statisticky významný rozdíl v hodnotách albuminu. Byl pozorován rozdíl v průměrném počtu bílých krvinek OM $6,92 \pm 1,99 \times 10^9/L$ vs. VN $8,31 \pm 3,06 \times 10^9/L$ ($p < 0,05$). Dále byl statisticky významný rozdíl v průměrné hodnotě celkové bílkoviny OM $68,78 \pm 4,12 \text{ g/L}$ vs. VN $64,88 \pm 5,27 \text{ g/L}$ ($p < 0,05$) a průměrné hodnotě IGF-I OM $233,09 \pm 150,9 \text{ } \mu\text{g/L}$ vs. VN $166,66 \pm 126,05 \text{ } \mu\text{g/L}$ ($p < 0,05$). Velikost účinku (effect size) popisující sílu vztahu mezi těmito proměnnými a dietou dítěte je však malá. Počty bílých krvinek, celkové bílkoviny i IGF-I mohou být významně ovlivněny věkem dítěte a právě vegani v naší skupině jsou mladší než děti konvenčně se stravující.

5.5. Kalcium fosfátový metabolismus včetně vitamínu D

5.5.1. Suplementace

Výživové doplňky anebo léčivé prostředky s obsahem vitamínu D užívalo nejméně dětí ze skupiny konvenčně se stravujících $n = 8$ (15,4 %) OM, následovaly děti vegetariánské $n = 65$ (67,7 %) VG, nejvíce rozšířené bylo užívání vitamínu D mezi dětmi veganskými $n = 65$ (82,3 %) VN, tento nálezn byl statisticky významný ($p < 0,05$).

5.5.2. Laboratorní analýza

Nebyl popsán signifikantní rozdíl v hodnotách vápníku, alkalické fosfatázy a parathormonu mezi OM vs. VG vs. VN dětmi. Signifikantní byl rozdíl v hodnotách fosfátu, kde nejnižší hodnoty byly popsány u OM $1,56 \pm 0,22 \text{ mmol/L}$ vs. VN $1,66 \pm 0,27 \text{ mmol/L}$ ($p < 0,05$) s hodnotou nejvyšší. Obdobný nálezn byl i u průměrné hladiny hořčíku OM $0,83 \pm 0,08 \text{ mmol/L}$ vs. VG $0,85 \pm 0,06 \text{ mmol/L}$ vs. VN $0,87 \pm$

0,06 mmol/L ($p < 0,05$). Oba tyto nálezy však mají malou velikost účinku. Statisticky významné s významnou velikostí účinku byly rozdílné průměrné hodnoty 25OHD (25-hydroxycholekalCIFerol) mezi jednotlivými skupinami s nejnižší hodnotou u OM $59,63 \pm 27,45$ nmol/L vs. VG $77,72 \pm 28,88$ nmol/L vs. VN $84,50 \pm 33,25$ nmol/L ($p < 0,05$) s nejvyšší naměřenou průměrnou hodnotou. Tento nález koreluje s prevalencí suplementace vitamínem D v této skupině. Blíže viz tabulka č. 9 a obrázek č. 5.

5.6. Železo

5.6.1. Suplementace

Výživové doplňky s obsahem železa neužívalo žádné dítě ze skupiny konvenčně se stravujících. Preventivní suplementace nebyla v porovnání s vitamínem B12 nebo vitamínem D tak častá ani u alternativně se stravujících dětí, $n = 11$ (11,5 %) VG a $n = 7$ (8,9 %) VN. Nicméně rozdíl v užívání suplementace s obsahem železa byl statisticky významný při porovnání OM vs. VG vs. VN ($p < 0,05$).

5.6.2. Laboratorní analýza

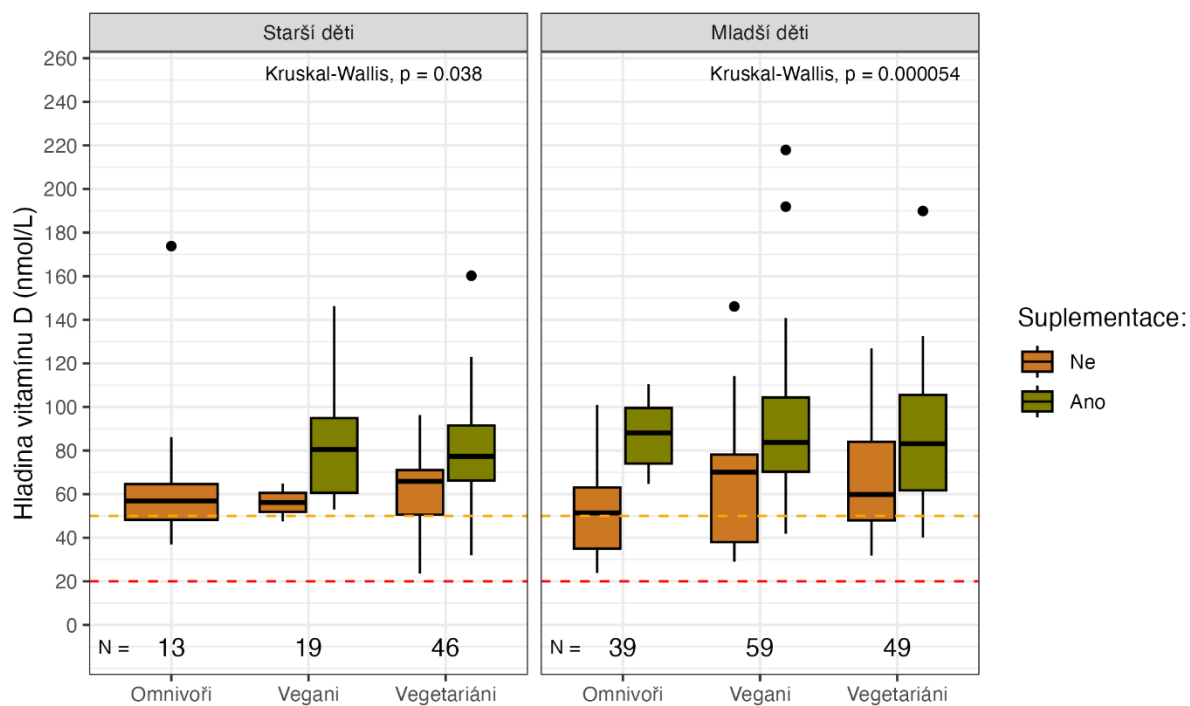
Následující parametry popisující střední velikost krvinky (MCV) a obsah hemoglobinu (MCH a MCHC) se významně nelišily napříč skupinami. Signifikantní rozdíly byly popsány v průměrných hodnotách hemoglobinu mezi OM $130,72 \pm 13,66$ g/L vs. VG $124,47 \pm 11,54$ g/L vs. VN $120,24 \pm 11,28$ g/L; RDW mezi OM $12,38 \pm 0,79$ % vs. VN $12,97 \pm 1,50$ % ($p < 0,05$) a v hladinách ferritinu OM $24,25 \pm 16,03$ μ g/L vs. VG $17,44 \pm 11,98$ μ g/L vs. VN $15,49 \pm 10,96$ μ g/L ($p < 0,05$), nicméně síla vazby je malá. Středně silná vazba byla popsána u následujících statisticky významných rozdílů, a to v parametrech RBC, OM $4,76 \pm 0,39 \times 10^{12}$ /L vs. VN $4,48 \pm 0,37 \times 10^{12}$ /L; HCT, OM $0,38 \pm 0,04$ l/L vs. VN $0,35 \pm 0,03$ l/L a železa OM $16,39 \pm 6,00$ μ mol/L vs. VN $15,49 \pm 10,96$ μ mol/L ($p < 0,05$). Blíže viz tabulka č. 10. Lze tedy konstatovat, že čím je dieta restriktivnější, tím jsou zásoby železa nižší, ale hladiny hemoglobinu, a tím i riziko anémie se v jednotlivých skupinách neliší. Pro děti pod 6 let jsme stanovili průměrnou hodnotu pro diagnózu

anémie na HGB nižší než 115 g/L, u dětí nad 6 let věku jsme stanovili průměrnou hodnotu pro diagnózu anémie na HGB nižší než 120 g/L (viz obrázky č. 6 a č. 7). Počty dětí s chudokrevností se statisticky významně nelišily napříč skupinami.

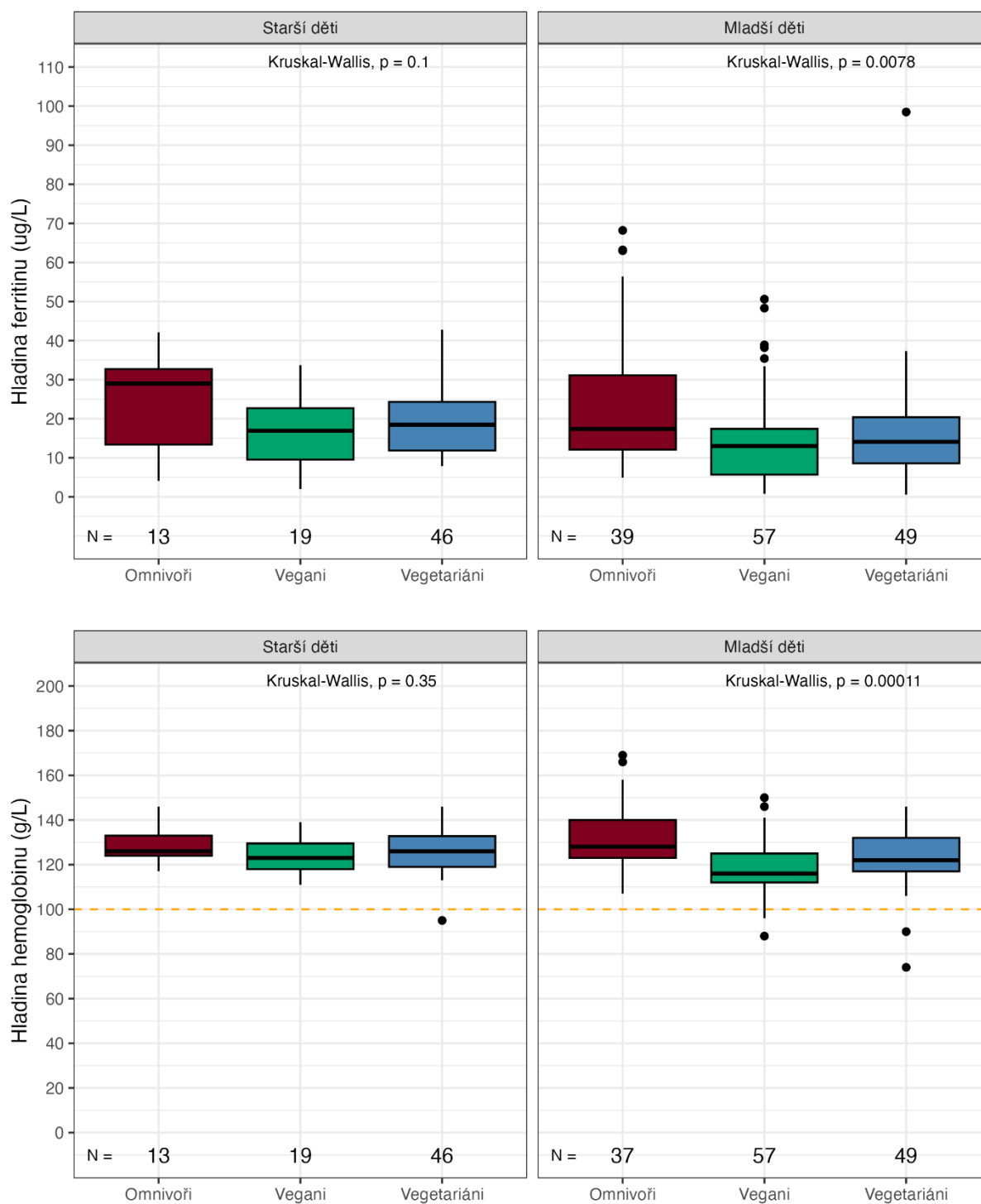
5.7. Lipidy a kyselina močová

5.7.1. Laboratorní analýza

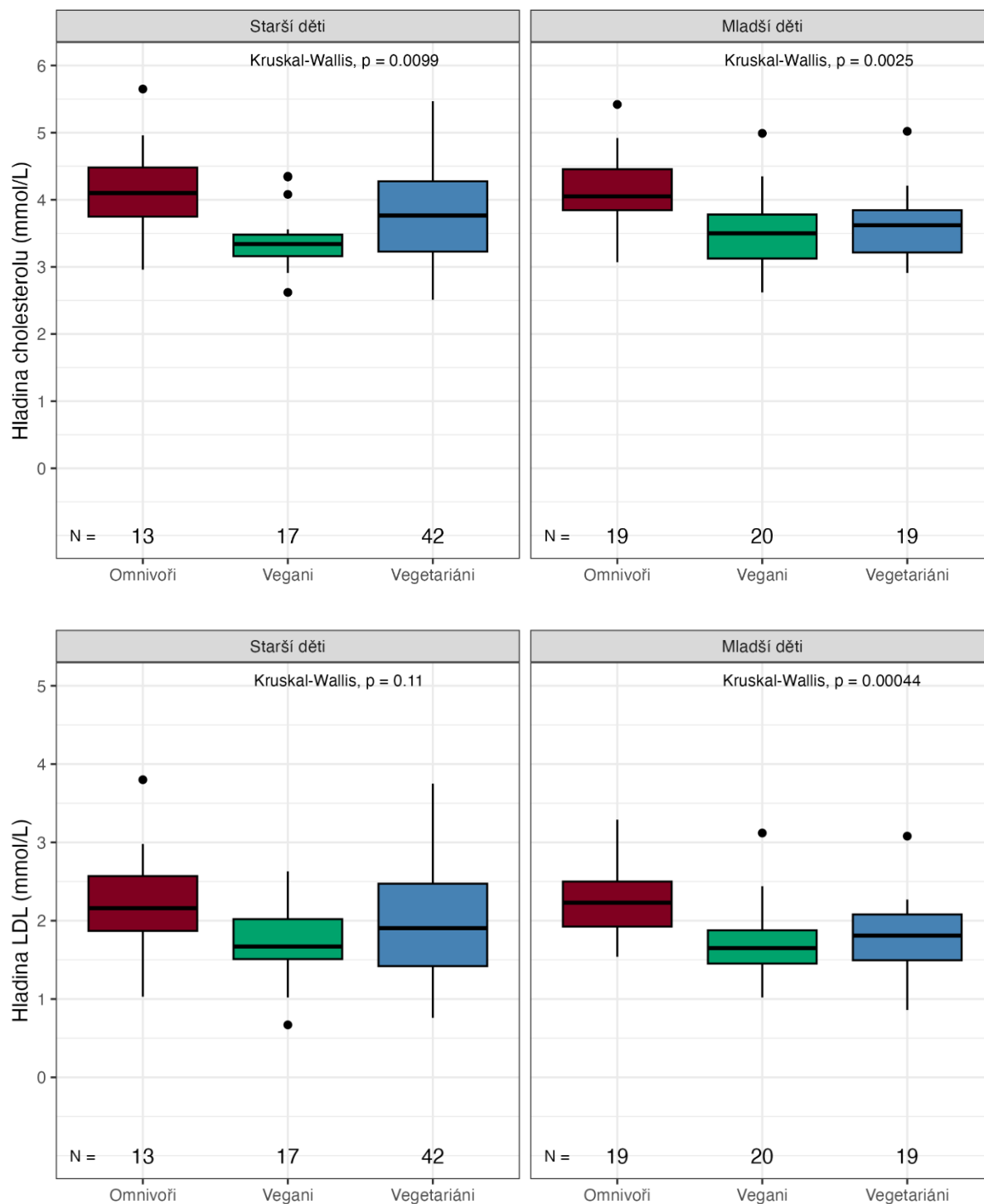
Statisticky významný rozdíl s velkou silou účinku byl popsán mezi průměrnou naměřenou hladinou cholesterolu mezi OM $4,15 \pm 0,61$ mmol/L vs. VN $3,46 \pm 0,53$ mmol/L a střední síla účinku byla popsána mezi OM vs. VG $3,71 \pm 0,67$ mmol/L ($p < 0,05$), kdy je patrné, že čím je dieta restriktivnější, tím jsou hladiny cholesterolu nižší. Statisticky významný rozdíl se střední silou účinku byl také pozorován v průměrné hodnotě LDL mezi OM $2,27 \pm 0,57$ mmol/L vs. VN $1,73 \pm 0,48$ mmol/L ($p < 0,05$). Statisticky významné byly rozdíly v průměrné hodnotě HDL OM $1,52 \pm 0,35$ mmol/L vs. VG $1,35 \pm 0,27$ mmol/L vs. VN $1,35 \pm 0,29$ mmol/L ($p < 0,05$), ale síla účinku byla statisticky malá. Nevýznamné byly rozdíly v hladinách TAG a kyseliny močové na základě stravovacích návyků. Významné nálezy jsou vizualizovány na obrázcích č. 8 a č. 9. Přehled všech hodnot viz tabulka č. 11.



Obrázek 5. Hodnoty 25OHD (nmol/L) dle stravovacích návyků, věku a suplementace. Hranice 50 nmol/L = žlutá čárkovaná čára, hranice 20 nmol/L = červená čárkovaná čára, mladší děti = děti ve věku 0–6 let, starší děti = děti ve věku 6–18 let, silná čára = medián, obdélník = mezikvartilové rozpětí (IQR), kde: Q1 = 25. percentil a Q3 = 75. percentil, svislá čára = $Q1 - 1,5 \cdot IQR$ a $Q3 + 1,5 \cdot IQR$, p-hodnota vypočítána za pomoci Wilcoxonova testu.



Obrázky 6 a 7. Hodnoty hemoglobinu (g/L) a ferritinu ($\mu\text{g/L}$) dle stravovacích návyků a věku
Hranice 100 g/L = žlutá čárkovaná čára, mladší děti = děti ve věku 0–6 let, starší děti = děti ve věku 6–18 let,
silná čára = medián, obdélník = mezikvartilové rozpětí (IQR), kde: Q1 = 25. percentil a Q3 = 75. percentil, svíslá
čára = $Q1 - 1,5 \cdot \text{IQR}$ a $Q3 + 1,5 \cdot \text{IQR}$, p-hodnota vypočítána za pomoci Wilcoxonova testu.



Obrázky 8 a 9. Hladiny cholesterolu a LDL v závislosti na dietě (mmol/L)

Silná čára = medián, obdélník = mezikvartilové rozpětí (IQR), kde: Q1 = 25. percentil a Q3 = 75.

percentil, svislá čára = $Q1 - 1,5 \cdot IQR$ a $Q3 + 1,5 \cdot IQR$, p-hodnota vypočítána za pomoci Wilcoxonova testu.

Tabulka 8. Porovnání vybraných laboratorních parametrů ve vztahu k bílkovinám mezi omnivory, vegetariány a vegany ve věku 0–18 let

Laboratorní parametry															
Parametr	Kontrola OM (n)	Min	Max	Průměr (± SD)	Medián	IQR	Strava (n)	Min	Max	Průměr (± SD)	Medián	IQR	p*	Adj. p**	Velikost efektu CI 95 %
WBC [10 ⁹ /L]	50	2,39	11,32	6,92 (± 1,99)	6,55	5,43–8,20	VG (95)	3,80	14,43	7,59 (± 2,13)	7,31	5,98–8,89	0,11	0,11	0,13 (0,01–0,30)
							VN (77)	2,91	18,22	8,31 (± 3,06)	7,77	6,42–9,88	0,01	0,02	0,22 (0,07–0,39)
CB [g/L]	52	58,30	76,00	68,78 (± 4,12)	66,90	63,73–69,85	VG (95)	55,80	78,20	66,37 (± 4,80)	65,90	62,65–70,45	0,60	0,60	0,04 (0,00–0,20)
							VN (78)	54,70	81,40	64,88 (± 5,27)	64,10	61,65–67,03	0,01	0,01	0,24 (0,07–0,40)
Alb [g/L]	52	41,10	52,50	46,64 (± 2,65)	46,75	45,17–48,20	VG (95)	41,70	55,20	46,76 (± 4,80)	46,70	45,30–48,15	0,86	1,00	0,01 (0,00–0,19)
							VN (78)	40,00	54,80	46,67 (± 2,66)	46,70	45,05–47,98	0,99	1,00	0,00 (0,00–0,20)
IGF-I [μg/L]	37	73,90	613,0	233,09 (± 150,9)	176,10	104,30–367,40	VG (68)	57,50	654,60	182,16 (± 119,63)	144,65	105,78–215,30	0,17	0,17	0,13 (0,01–0,32)
							VN (44)	43,00	550,10	166,66 (± 126,05)	128,10	75,17–187,32	0,02	0,04	0,26 (0,05–0,45)

Tabulka 9. Porovnání laboratorních parametrů kalcium fosfátového metabolismu mezi omnivory, vegetariány a vegany ve věku 0–18 let

Laboratorní parametry															
Parametr	Kontrola OM (n)	Min	Max	Průměr (± SD)	Medián	IQR	Strava (n)	Min	Max	Průměr (± SD)	Medián	IQR	p*	Adj. p**	Velikost efektu CI 95 %
Ca [mmol/L]	52	2,22	2,81	2,54 (± 0,11)	2,54	2,47–2,61	VG (95)	2,07	2,80	2,51 (± 0,11)	2,49	2,44–2,57	0,06	0,11	0,16 (0,02–0,31)
							VN (77)	2,27	2,90	2,56 (± 0,12)	2,55	2,49–2,62	0,60	0,60	0,05 (0,00–0,23)
P [mmol/L]	52	1,12	1,93	1,56 (± 0,22)	1,59	1,41–1,71	VG (95)	1,08	2,08	1,63 (± 0,20)	1,65	1,51–1,77	0,10	0,10	0,14 (0,01–0,29)
							VN (77)	0,91	2,10	1,66 (± 0,27)	1,73	1,56–1,88	0,01	0,01	0,24 (0,08–0,41)
Mg [mmol/L]	50	0,72	1,04	0,83 (± 0,08)	0,82	0,77–0,86	VG (94)	0,68	1,00	0,85 (± 0,06)	0,85	0,81–0,90	0,05	0,05	0,17 (0,02–0,32)
							VN (74)	0,71	1,01	0,87 (± 0,06)	0,87	0,82–0,92	0,00	0,00	0,31 (0,013–0,46)
ALP [μkat/L]	52	0,77	38,33	5,07 (± 4,93)	4,71	3,75–5,40	VG (95)	0,78	8,15	4,27 (± 1,24)	4,27	3,65–4,87	0,19	0,19	0,11 (0,01–0,27)
							VN (78)	0,97	38,33	4,55 (± 4,38)	3,94	3,40–4,97	0,05	0,10	0,17 (0,02–0,35)
25OHD [nmol/L]	52	23,80	173,80	59,63 (± 27,45)	57,05	37,40–71,50	VG (95)	23,50	189,90	77,72 (± 28,88)	73,30	58,15–95,05	0,00	0,00	0,33 (0,17–0,48)
							VN (78)	29,00	217,90	84,50 (± 33,25)	80,65	63,33–95,88	0,00	0,00	0,42 (0,28–0,57)
PTH [pmol/L]	52	1,50	5,60	2,96 (± 0,98)	2,95	2,20–3,30	VG (94)	0,90	7,30	3,07 (± 1,15)	3,00	2,12–3,67	0,57	1,00	0,05 (0,00–0,20)
							VN (77)	0,59	7,90	3,16 (± 1,42)	2,90	2,20–4,10	0,63	1,00	0,04 (0,00–0,20)

Tabulka 10. Porovnání vybraných laboratorních parametrů metabolismu železa mezi omnivory, vegetariány a vegany ve věku 0–18 let

Laboratorní parametry															
Parametr	Kontrola OM (n)	Min	Max	Průměr (± SD)	Medián	IQR	Strava (n)	Min	Max	Průměr (± SD)	Medián	IQR	p*	Adj. p**	Velikost efektu CI 95 %
MCV [fl]	50	68,90	89,90	80,18 (± 4,36)	79,65	77,60–82,67	VG (95)	61,90	91,50	79,58 (± 4,68)	79,50	76,55–82,85	0,47	0,47	0,06 (0,00–0,22)
							VN (77)	52,90	95,90	79,09 (± 6,38)	78,80	76,00–81,90	0,18	0,36	0,12 (0,01–0,28)
RBC [$\times 10^2/L$]	50	3,91	5,88	4,76 (± 0,39)	4,76	4,46–4,98	VG (95)	3,53	5,71	4,56 (± 0,37)	4,57	4,33–4,79	0,01	0,01	0,23 (0,08–0,39)
							VN (76)	3,83	5,84	4,48 (± 0,37)	4,46	4,21–4,71	0,00	0,00	0,34 (0,19–0,49)
HGB [g/L]	50	107,00	169,00	130,72 (± 13,66)	128,00	123,25–138,75	VG (95)	74,00	146,00	124,47 (± 11,54)	124,00	118,00–132,00	0,02	0,02	0,20 (0,04–0,35)
							VN (76)	88,00	150,00	120,24 (± 11,28)	118,50	113,00–126,25	0,00	0,00	0,39 (0,24–0,53)
HCT [l/L]	50	0,32	0,49	0,38 (± 0,04)	0,37	0,35–0,41	VG (95)	0,26	0,65	0,37 (± 0,04)	0,36	0,35–0,38	0,03	0,03	0,18 (0,03–0,33)
							VN (76)	0,31	0,45	0,35 (± 0,03)	0,35	0,33–0,37	0,00	0,00	0,36 (0,19–0,51)
MCH [pg]	50	22,20	31,10	27,44 (± 1,43)	27,40	26,73–28,27	VG (95)	17,40	31,90	27,32 (± 2,05)	27,40	26,45–28,55	0,86	0,86	0,01 (0,00–0,18)
							VN (76)	15,10	33,10	29,64 (± 2,60)	26,85	25,90–28,32	0,16	0,32	0,12 (0,00–0,29)
MCHC [Kg/l]	50	237,00	366,00	338,72 (± 22,84)	343,50	337,25–348,00	VG (95)	247,00	367,00	340,86 (± 18,24)	344,00	335,00–350,00	0,74	0,94	0,03 (0,00–0,18)
							VN (76)	285,00	365,00	339,66 (± 12,71)	342,00	335,00–348,00	0,47	0,94	0,06 (0,00–0,22)
RDW [%]	50	11,10	15,40	12,38 (± 0,79)	12,25	11,90–12,60	VG (95)	11,00	17,50	12,63 (± 1,01)	12,50	11,90–13,00	0,08	0,08	0,15 (0,01–0,29)
							VN	11,10	21,20	12,97 (±	12,60	12,18–	0,00	0,01	0,25 (0,10–

							(76)			1,50)		13,30			0,40)
Fe [μmol/L]	52	4,40	30,20	16,39 (± 6,00)	16,65	11,93– 20,32	VG (95)	2,80	35,40	14,71 (± 7,18)	14,30	8,90– 19,35	0,13	0,13	0,13 (0,01– 0,28)
							VN (77)	1,70	31,30	12,07 (± 6,22)	11,60	7,20– 15,80	0,00	0,00	0,35 (0,18– 0,50)
Ferritin [μg/L]	52	4,10	68,20	24,25 (± 16,03)	20,35	12,15– 32,75	VG (95)	0,60	98,50	17,44 (± 11,98)	14,30	8,90– 19,35	0,01	0,01	0,20 (0,13– 0,45)
							VN (76)	0,80	50,60	15,49 (± 10,96)	13,65	7,58– 21,20	0,00	0,00	0,30 (0,13– 0,45)

Tabulka 11. Porovnání lipidogramu a kyseliny močové mezi omnivory, vegetariány a vegany ve věku 0–18 let

Laboratorní parametry															
Parametr	Kontrola OM (n)	Min	Max	Průměr (± SD)	Medián	IQR	Strava (n)	Min	Max	Průměr (± SD)	Medián	IQR	p*	Adj. p**	Velikost efektu CI 95 %
Chol [mmol/L]	32	2,96	5,65	4,15 (± 0,61)	4,08	3,81–4,49	VG (61)	2,51	5,47	3,71 (± 0,67)	3,66	3,22–4,17	0,00	0,00	0,33 (0,15–0,50)
							VN (37)	2,62	4,99	3,46 (± 0,53)	3,44	3,16–3,64	0,00	0,00	0,54 (0,35–0,71)
HDL [mmol/L]	32	0,78	2,35	1,52 (± 0,35)	1,49	1,27–1,75	VG (61)	0,88	1,91	1,35 (± 0,27)	1,30	1,16–1,52	0,02	0,04	0,24 (0,06–0,44)
							VN (37)	0,79	1,95	1,35 (± 0,29)	1,28	1,11–1,62	0,03	0,04	0,26 (0,03–0,47)
LDL [mmol/L]	32	1,03	3,80	2,27 (± 0,57)	2,21	1,88–2,52	VG (61)	0,76	3,75	1,92 (± 0,63)	1,87	1,48–2,27	0,01	0,01	0,29 (0,09–0,45)
							VN (37)	0,67	3,12	1,73 (± 0,48)	1,67	1,47–1,93	0,00	0,00	0,49 (0,30–0,66)
TAG [mmol/L]	32	0,32	1,60	0,77 (± 0,30)	0,66	0,59–0,89	VG (61)	0,41	2,26	0,95 (± 0,42)	0,84	0,67–1,20	0,05	0,10	0,20 (0,02–0,38)
							VN (37)	0,44	2,49	0,85 (± 0,37)	0,77	0,63–0,91	0,30	0,30	0,13 (0,01–0,36)
KMoč [μmol/L]	52	130,00	454,00	234,96 (± 64,10)	227,50	191,75–257,25	VG (95)	123,00	362,00	230,57 (± 51,23)	224,00	193,00–269,50	0,43	0,86	0,01 (0,00–0,24)
							VN (77)	123,00	378,00	236,58 (± 48,67)	229,00	201,00–265,00	0,88	0,88	0,07 (0,00–0,24)

6. Diskuse

Cílem předkládané práce bylo popsat 1/ laboratorní nálezy pro jednotlivé mikro a makronutrienty a 2/ základní antropometrické parametry u dětí veganských a vegetariánských v České republice v porovnání s konvenčně se stravujícími dětmi. Výstupy práce jsou i diskuse nad výběrem nejvhodnějšího laboratorního parametru ke screeningu vybraného nutričního deficitu a návrh případného preventivního opatření.

6.1. Vitamin B12

V rámci analýzy laboratorních a nutričních parametrů vitamínu B12 jsme pozorovali že (1) existuje velmi nízká prevalence nedostatku vitamínu B12 ve skupině VG/VN z důvodu (2) vysokého povědomí a užívání suplementace B12. Na druhou stranu (3) existuje vyšší riziko rozvoje vyššího zásobení vitamínu B12 ve skupině VG/VN s nejasným dopadem na zdraví a vývoj dítěte. Dále (4) VG děti často nekonzumují dostatečné množství živočišných produktů (např. mléčné výrobky a vejce), proto jejich doporučený denní příjem vitamínu B12 není vždy naplněn a mají tendenci k nižším hladinám kobalaminu v případě absence suplementace stejně jako děti VN.

Navzdory několika publikovaným kazuistikám, kdy VG/VN děti trpěly závažnými projevy deficitu vitamínu B12 (Mariani et al. 2009; Guez et al. 2012; Kiihne et al. 1991), a tomu, že některé další práce popisují významné procento dětí (Kalyan G et al. 2020) nebo dospělých (Selinger et al. 2019; Allès et al. 2017) s deficitem vitamínu B12, jsme v naší studii identifikovali pouze $n = 3$ VG/VN děti splňující kritéria laboratorního deficitu vitamínu B12 a žádné z nich nemělo závažné klinické projevy. Na druhou stranu měla velká část dětí, které pravidelně užívaly vitamin B12 ve výživovém doplňku, laboratorní nález hypervitaminózy. Tento fenomén nebyl doposud popsán v žádné publikaci zabývající se problematikou rostlinného stravování u dětí a dospívajících. Domníváme se, že se může jednat o následek absence doporučených postupů pro suplementaci vitaminem B12 u pediatrické veganské a vegetariánské populace a nekonzistentních názorů napříč vědeckým světem (Lemale et al. 2019; Rudloff et al. 2019; Agnoli et al. 2017; American

Dietetic Association 2003; Redecilla Ferreiro et al. 2020). V důsledku toho rostoucí obava z rozvoje případného deficitu může vést k nadměrné substituci. Dle naší zkušenosti většina rodičů zahajovala suplementaci samovolně a dávky volila dle znalostí z veřejnosti dostupných zdrojů informací (například z internetu). Důsledek dlouhodobé hypervitaminózy vitamínu B12 nebyl podrobně zkoumán, protože se nepředpokládá výskyt populace, která by vysokou dávkou vitamínu B12 dlouhodobě preventivně užívala. Nové epidemiologické studie v dospělé populaci však popisují vyšší riziko rakoviny a vyšší kardiovaskulární riziko u jedinců s laboratorní hypervitaminózou B12. Kauzalita však dosud nebyla jednoznačně prokázána (Araghi et al. 2019; Fanidi et al. 2019).

Jídelníček dětí, které se identifikovaly jako VG, často neobsahoval dostatek mléčných produktů a vajec, jež by postačovaly jako jediný zdroj vitamínu B12. Děti, které neužívaly vitamin B12, měly nižší hladiny kobalaminu a vyšší hladiny homocysteinu, toto poznání je v souladu se zahraničním výzkumem (Weder et al. 2022a; Alexy et al. 2021; Desmond et al. 2021).

Původní otázkou bylo i to, který laboratorní parametr je nejvhodnější k určení deficitu vitamínu B12 u dětí stravujících se rostlinně. Vzhledem k nízkému počtu dětí s deficitem v naší skupině nebylo možné najít statisticky významný rozdíl v jednotlivých parametrech a na tuto otázku odpovědět. Z dostupné literatury je patrné, že změny v MCV nejsou dostatečně citlivé. Hladiny B12 a aB12 se zdají být citlivější (v případě, že hladiny kyseliny methylmalonové nejsou rutinně stanovovány běžnou laboratoří) (Selinger et al. 2019; Rashid et al. 2021). V případě rozšíření rutinní laboratorní analýzy o kyselinu methylmalonovou v moči by bylo stanovení tohoto analytu jistě přínosné a pomohlo by přesněji určovat saturaci organismu vitamínem B12 u veganských a vegetariánských dětí (Snow 1999; Rizzo et al. 2016; Kalay et al. 2016).

6.2. Jód

Zjistili jsme, že (1) průměrný denní příjem jódu je signifikantně nižší u VN ve srovnání s OM a VG dětmi z České republiky; (2) tyto rozdíly se odrážely v nižším mediánu UIC u dětí s VN ve srovnání s dětmi s OM, přestože všechny tři skupiny měly medián jódurie $> 100 \mu\text{g/l}$; (3) mezi skupinami byly statisticky významné rozdíly v hladinách fT_4 , ale žádné rozdíly v TSH, fT_3 a TG; (4) skupina VG/VN vykazovala vyšší prevalenci pozitivivity AhTGc, rozdíl v ATPOc nebyl statisticky významný.

Nejvyšší nutriční příjem jódu jsme popsali ve skupině VG, nejnižší ve skupině VN. Tento náález je v částečné shodě s jinými publikovanými studiemi, kde VN mají tendenci k nejnižšímu příjmu jódu ve stravě (Sobiecki et al. 2016; Kristensen et al. 2015; Lightowler a Davies 2002; Rauma et al. 1994), OM mají nejvyšší odhadovaný průměrný příjem jódu ve většině studií (Eveleigh et al. 2020). Studie zabývající se příjmem jódu u dětí popsala nejnižší příjem jódu u VN dětí, následovala VG a nejlepší výsledek byl popsán u OM dětí (Weder et al. 2022a). Pouze menšina dětí ze všech tří skupin dosáhla doporučeného denního příjmu pro jód z běžné stravy bez suplementace.

Nejvyšší příjem jódu ve stravě byl v naší práci popsán u VG. Tento náález má své vysvětlení právě ve zvýšené konzumaci mléka, mléčných produktů a vajec vegetariány, kteří tím nahrazují maso a produkty z něj. Právě tyto produkty jsou hlavními alimentárními zdroji jódu v České republice. Důvodem nižší jódurie u mladších dětí může být nižší obsah jódu v mateřském mléce veganských matek, které neužívají výživové doplňky s obsahem jódu (Dorea 2002). V případě, že děti užívaly výživové doplňky s obsahem jódu, pak nejvyšší dávky užívaly děti VN, následovaly děti VG, děti OM zpravidla žádné doplňky neužívaly.

Nadměrná konzumace řas je spojena s rizikem překročení limitů denního příjmu jódu, což může vést k dysfunkci štítné žlázy. To bylo popsáno v některých kazuistikách (Müssig et al. 2006; Di Matola et al. 2014), zatímco v naší průřezové studii jsme nadměrnou spotřebu jódu prostřednictvím řas v zásadě nepozorovali.

Naše výsledky popisující nejnižší koncentrace UIC u VN versus VG versus OM dětí jsou v souladu se studiemi na dospělé populaci (Krajcovicova-Kudlackova et al.

1997; Henjum et al. 2018; Leung et al. 2011; Schüpbach et al. 2017; Remer et al. 1999; Elorinne et al. 2016; Rauma et al. 1994). Děti, které pravidelně užívaly výživové doplňky s obsahem jódu, dosahovaly lepších hodnot než ty, které se přidanému jódu vyhýbaly. Za zmínku stojí, že žádný z účastníků naší studie neměl klinické příznaky závažného jódového deficitu. Klinický dopad středně těžkého a mírného nedostatku jódu (např. mírná kognitivní porucha, poruchy učení ve škole, autoimunitní onemocnění štítné žlázy a další) (Eastman a Zimmermann 2018) však nemohl být v této průřezové studii řádně posouzen, pro takové účely lépe slouží prospektivní kohortové studie.

Vyšší byla prevalence pozitivních titrů AhTGc ve skupině VG/VN, který je v některých studiích diskutován jako možný marker jódového deficitu (Tamang et al. 2019; Li et al. 2008; Chen et al. 2019).

Diagnostika jódového deficitu je obtížná, a to i při rozsáhlé škále laboratorních testů. Aby bylo možné vyhodnotit jódový stav konkrétní populace pro epidemiologické účely, doporučuje se vypočítat medián UIC (Eastman a Zimmermann 2018). Podle WHO by ideálně měl překročit hranici 100 $\mu\text{g/l}$ (Eastman a Zimmermann 2018). Hladiny TSH získané z novorozeneckého screeningu vrozené hypotyreózy jsou cenným markerem pro hodnocení jódové saturace u novorozenců a tím i těhotných žen, v naší studii nebyl využitelný (Eastman a Zimmermann 2018). Dalším populačním ukazatelem nedostatku jódu je velikost štítné žlázy, hodnocena palpačně nebo ultrasonograficky (Eastman a Zimmermann 2018). Diagnostika nedostatku jódu na individuální úrovni však zůstává náročná. Těžký jódový deficit může být následován zvýšenými hladinami fT3 ve srovnání s fT4 nebo změnami hladin TG (Eastman a Zimmermann 2018). Vzhledem k tomu, že většina jódu je vylučována močí, může UIC sloužit jako poměrně přesný marker pro popis stavu jódového zásobení jednotlivce a je běžně používán ve studiích porovnávajících různé dietní skupiny (např. VG vs. VN vs. OM) (Eveleigh et al. 2020). Je však důležité poznamenat, že UIC vykazuje významnou intraindividuální variabilitu, přičemž výsledky značně kolísají v průběhu několika dnů, a dokonce i v průběhu jednoho dne (Hatch-McChesney a Lieberman 2022). Tuto variabilitu lze zmírnit odběrem prvního ranního vzorku moči, který bývá nejkoncentrovanější. Zlatým standardem pro hodnocení UIC je 24hodinový sběr moči, ale tato metoda není u dětí běžně využívána pro její náročnost (Eastman a Zimmermann 2018). Alternativou je

přepočítání UIC ke kreatininu v moči; tento přístup se však běžně nedoporučuje využívat ve studiích věnujících se dětem nebo jedincům dodržujícím VN/VG dietu, protože jejich exkrece kreatininu může být ovlivněna nižším příjmem masa a odlišným složením tělesné kompozice (Knudsen et al. 2000). Nedávné studie však doporučují novou metodu, kterou je výpočet odhadovaného 24hodinového poměru UIC/kreatininu v moči. Tato metoda se zdá jako nejvhodnější pro děti, protože bere v úvahu jejich odlišné složení tělesné kompozice (percentuální zastoupení vody) (Montenegro-Bethancourt et al. 2015; Johner et al. 2016).

6.3. Bílkoviny

Analýza zabývající se laboratorními parametry vybraných sérových bílkovin (CB, Alb, IGF-I) a WBC nepopsala žádné statisticky významné rozdíly (popsána byla jen malá síla účinku) mezi VG vs. VN vs. OM dětmi. Tento poznatek je v souladu se zahraničními studiemi, která nepopsala žádný rozdíl v hladinách IGF-I (Desmond et al. 2021). Normální hladiny měřených parametrů by mohly být vysvětleny faktem, že dle nejnovější metaanalýzy (Koller et al. 2023) VN děti mají sice nižší příjem bílkovin než VG a OM děti, ale všechny skupiny dosáhly doporučeného denního příjmu (Larsson a Johansson 2002), ostatní studie zabývající se příjmem bílkovin neudávaly referenční rozmezí (Hovinen et al. 2021). Dle teoretických prací lze kombinací různých zdrojů rostlinných bílkovin (zelenina, luštěniny, obiloviny, ořechy) dosáhnout pestrého a vyváženého složení i při vyřazení všech živočišných zdrojů potravy (Mariotti a Gardner 2019). Dále je nutné zmínit, že děti mají sice vyšší potřebu bílkovin na kg hmotnosti než dospělí (EFSA 2012), ale na množství přijaté energie (v %) vychází naopak nižší než u dospělých (Mariotti a Gardner 2019). Uvažujeme tedy, že veganské děti mohou teoreticky přijmout dostatečné a pestré množství bílkovin z rostlinné stravy, ale další studie, které budou zkoumat reálnou spotřebu bílkovin a jejich složení v jídelníčku veganské a vegetariánské populace, jsou jistě nutné. Za obtížně interpretovatelné lze považovat i samotné vyšetření výše zmíněných parametrů, kdy pouze těžká deficiencie bílkovin se projeví poklesem CB či albuminu a pouze v extrémních případech dochází k poklesu WBC či IGF-I (Mehler et al. 2018; Clemmons 2006; Brabant a Wallaschofski 2007), na druhou stranu existuje řada externích vlivů ovlivňujících jak hladiny albuminu, WBC

(například zánět či stres), tak IGF-I (dle růstové fáze). Proto zůstává předmětem diskuse, který z rutinně stanovovaných parametrů je vhodný k vyšetření stavu nutrice (ve vztahu k příjmu bílkovin) u dětí na VN/VG stravě.

6.4. Kalcium fosfátový metabolismus včetně vitaminu D

Analýza neprokázala rozdíl v hladinách vápníku, alkalické fosfatázy, parathormonu mezi jednotlivými skupinami; s malou velikostí účinku byl popsán rozdíl v hladinách hořčiku a fosfátu, kdy s nejnižší hodnotou u OM následovaly VG a poté VN děti. Významný je rozdíl v hladinách 25OHD, kdy právě OM děti měly výsledky nejméně příznivé oproti dětem VG a VN s nejlepším výsledkem. Výsledky jsou v souladu s vysokou prevalencí užívání preventivní suplementace vitaminem D u dětí stravujících se vegansky a vegetariánsky. Zahraniční publikace nepopisují rozdíl v příjmu vitaminu D mezi skupinami, ale příjem vápníku bývá nižší (Koller et al. 2023). Právě nízký příjem vápníku z veganské stravy je diskutován jako možná příčina nižší kostní denzity u těchto dětí, která byla popsána v jedné studii s menším vzorkem účastníků (Desmond et al. 2021). V dospělé populaci byla popsána vyšší frekvence zlomenin právě u veganů (Selinger et al. 2023). Mineralizace probíhá až do 25. roku života a v případě suboptimálního příjmu vápníku v adolescenci nebo útlém věku může dojít k snížení maximální kostní denzity v dospělosti a zvýšenému riziku zlomenin (Weaver et al. 2016). Z dlouhodobého hlediska by bylo žádoucí provést prospektivní kohortové studie dospělých, kteří jsou vegany od dětství, aby bylo možné přesně porovnat rizika osteoporózy a případných zlomenin oproti konvenčně se stravujícím dětem.

6.5. Železo

Naše studie neprokázala statisticky významné rozdíly v MCV, MCH, MCH; rozdíl byl popsán v hladinách hemoglobinu, ferritinu a RDW (s malou silou vazby) a dále pak RBC a železa (se střední silou vazby). Výsledky nasvědčují tomu, že čím je dieta restriktivnější, tím jsou zásoby železa v organismu dítěte nižší, ale riziko anémie nestoupá, tento poznatek je v souladu s nově publikovanou metaanalýzou (Koller et

al. 2023), která vychází z řady zahraničních publikací o dětské populaci (Hovinen et al. 2021; Desmond et al. 2021; Alexy et al. 2021). Poznatky z pediatrického výzkumu jsou v souladu s výzkumem na dospělé populaci (Selinger et al. 2019). Pouze jedna zahraniční studie popisuje vyšší riziko rozvoje anémie u dětí stravujících se veganskou stravou, ale jedná se o studii z Indie a její výsledek tak není přímo aplikovatelný na naši západní populaci (Headey a Palloni 2020). Již zmiňovaná metaanalýza ukázala vyšší příjem železa u VN dětí, což je v kontrastu s laboratorním nálezem. Tento paradox lze vysvětlit tím, že biologická dostupnost železa z rostlinných potravin je výrazně nižší než z živočišných produktů především kvůli vysokému obsahu kyseliny fytové, která působí jako inhibiční faktor při jeho vstřebávání. Vstřebatelnost však lze zvýšit zvýšenou konzumací vitamínu C (Haider et al. 2018). Suplementace není preventivně doporučována (Lemale et al. 2019) a v naší studii užívalo preventivně preparáty s obsahem železa pouze 7 VN a 11 VG dětí. Otázkami jsou pak možný rozvoj anémie s přibývajícím délkou dodržování veganské stravy a navazující trvalé následky, které chudokrevnost přinášejí. Je tak nutné i nadále a dlouhodobě monitorovat příjem železa a laboratorní parametry u této rizikové populace, a to s ohledem na rasovou a kulturní variabilitu.

6.6. Lipidy a kyselina močová

Výsledky analýzy zabývající se hodnotami lipidogramu naznačují, že čím je dieta restriktivnější na živočišné složky (OM versus VG versus VN), tím jsou hladiny cholesterolu, LDL i HDL nižší, tento výsledek je v souladu se zahraničními studiiemi v pediatrické populaci (Alexy et al. 2021; Desmond et al. 2021; Hovinen et al. 2021), některé studie popisují i nižší TAG (Desmond et al. 2021; Alexy et al. 2021). V naší analýze však tento rozdíl nebyl statisticky významný stejně jako hladiny kyseliny močové. Zahraniční studie na dospělé populaci však paradoxně popsala nejvyšší koncentrace kyseliny močové právě u VN (Schmidt et al. 2013), studie zaměřené na děti dostupné nejsou. Parametry lipidogramu jsou jedněmi z hlavních faktorů kardiometabolického zdraví a právě rozsáhlá metaanalýza zaměřená na dospělé jedince zmiňuje, že vegani mají nižší desetileté riziko ischemické choroby srdeční a nižší úmrtnost v důsledku kardiovaskulárních příhod (Selinger et al. 2023). V zahraničí proběhla i intervenční studie, která intervenovala adolescenty žijící s

obezitou právě veganskou stravou (Macknin et al. 2021). Na druhou stranu HDL je jistě faktor protektivní a nutný pro fyziologické fungování organismu, jeho hladiny jsou u VN dětí také nízké a otázkou zůstává, zdali nemá jeho nízká hodnota negativní vliv na vývoj a růst dítěte. U dospělé populace však i nízká hodnota HDL u VN populace pozitivně koreluje s nižším kardiovaskulárním rizikem (Selinger et al. 2023).

6.7. Antropometrie

V naší skupině nebyl statisticky významný rozdíl ve výšce a hmotnosti mezi VG vs. VN vs. OM. Signifikantní rozdíl byl v BMI percentilu, kdy VN děti byly štíhlejší a více dětí $n = 7$ bylo pod 3. percentilem pro dané pohlaví a věk. Nedávno publikované studie zaměřené na děti konzumující rostlinnou stravu také popisují, že děti VG/VN jsou menší a štíhlejší (Hebbelinck et al. 1999; O'Connell et al. 1989; Weder et al. 2019). Některé publikace se také zabývají možným vztahem mezi nedostatkem jódu a malým růstem (Triggiani et al. 2023).

6.8. Limitace

Možnou limitací našeho výzkumu je fakt, že vzorek účastníků byl osloven prostřednictvím sociálních sítí, spolupracujících lékařů a prostřednictvím náborových letáků. Účastníci naší studie byli jistě více motivováni a zajímali se více o své zdraví než jedinci, kterým nábor unikl („Selection bias“). Dalším problémem je jistě nerovnoměrné věkové zastoupení dětí především ve VN skupině oproti konvenčně se stravujícím dětem, velmi nízká míra odpovědi byla především mezi adolescenty. Dále je nutné zmínit možný „Response bias“, protože například třídní záznamy jídelníčku byly vyplňovány rodiči bez jakékoliv externí kontroly. Je nutné však zmínit, že řada výzkumů i přesto nadále považuje tento záznam jídelníčku za nejvhodnější nástroj nutriční epidemiologie (Burrows et al. 2020). Poslední formou chyby může být tzv. „Observer bias“, kdy u dětí VG/VN jsme mohli mít tendenci důkladněji vyšetřovat než u dětí, u kterých nepředpokládáme případnou patologii, tedy konvenčně se stravujících. Na druhou stranu výstupy jsou velmi konzistentní s

nálezů v zahraničních publikacích jak na dospělé, tak pediatrické populaci, tudíž případný bias nemusel výrazně ovlivnit naše výstupy. Další silnou stránkou studie je nevýznamný rozdíl v pohlaví, hmotnosti a výšce mezi skupinami. Studie je navíc velmi detailní a komplexní, popisuje řadu laboratorních, nutričních, ale i antropometrických parametrů, které zahraniční publikace opomíjejí. Zároveň probíhala na jednom klinickém pracovišti pod záštitou profesionálně vyškoleného personálu, a to za standardizovaných podmínek (odběr moči, krve, měření a vážení), což je předpokladem minimalizujícím chyby měření. Studie tak pokládá pevné základy pro další výzkum.

7. Výstupy pro praxi

I přestože stávající formát studie (cross-sectional) neumožňuje prokázat kauzalitu a tím jednoznačně určit vztah mezi rizikem a stravováním, naše poznatky jsme porovnali se zahraniční literaturou a dovolili si nastínit možná vhodná preventivní opatření s cílem zredukovat nežádoucí dopad rostlinného stravování u dětí, viz tabulka č. 12 a obrázek č. 10.

Vitamin B12: U veganů je nezbytně nutné vitamin B12 užívat ve výživových doplňcích, a to v dávkách vyšších, než jsou denní doporučené. Vitamin B12 ve výživovém doplňku není vázán na nosnou bílkovinu a v trávicím traktu se vstřebává pouze 1 % prostřednictvím prosté difúze a další snížení absorpce nastává vlivem konzumace vysokých dávek v jedné porci suplementů. Na množství, frekvenci a formu zatím neexistují jednotná mezinárodní doporučení. Většinou se však jedná o dávky pohybující se v rozmezí 5–50 µg 2–3× denně nebo 1 000 µg 1× týdně (Lemale et al. 2019; Baroni et al. 2019b). U vegetariánů, kteří nekonzumují dostatečné množství živočišných produktů, je suplementaci také vhodné doporučovat (Pawlak et al. 2016). Užívání vyšší dávek než výše zmíněných nelze doporučit vzhledem k nejasnému dopadu dlouhodobé hypervitaminózy B12 na zdraví a vývoj dětí a dospívajících.

Jód: Při přípravě domácích pokrmů je nutné používat sůl s jódem, to samotné však doporučenou denní dávku jódu u veganů nepokrývá. K zajištění adekvátního zásobení jódem u dětí na veganské stravě lze z našich osobních zkušeností doporučit nejlépe léčivé přípravky s přesně definovaným obsahem jódu (tablety s jodidem draselným Jodid 100®) v dávce individuálně stanovené preskribujícím lékařem dle věku dítěte (80 µg/den pro děti ve věku 1–3 roky, 90 µg/den pro děti ve věku 4–6 let, 120 µg/den pro děti ve věku 7–9 let a 150 µg/den pro starší děti). Lze využít i minerální vody (například Vincentku®), která však obsahuje až 200 µg jódu v 30 ml, a proto je důležité užívat pouze malé a přesně stanovené množství dle věku, viz tabulka č. 13. Za klíčové považujeme informování veganských rodičů o nevhodnosti konzumovat mořské řasy, protože v nich nelze přesně stanovit obsah jódu a hrozí jeho předávkování (Di Matola et al. 2014; Müssig et al. 2006). Dle aktuálních doporučení České endokrinologické společnosti ČLS JEP (Jiskra a Límanová 2018)

se u všech těhotných a kojících žen kromě těch, které aktuálně mají hypertyreózu, doporučuje plošná suplementace jódem v dávce 150–200 µg elementárního jódu denně nad rámec běžného příjmu v potravě, a to přípravky s přesně definovaným obsahem jódu (tablety s jódem, potravinové doplňky s minerály a vitamíny pro těhotné). Otázkou zůstává, zdali by dávka neměla být ještě vyšší z důvodu obecně nízkého příjmu jódu ve veganské stravě, aby byl zajištěn adekvátní přísun jódu kojenému dítěti.

Energie a bílkoviny: Kalorický příjem u dětí na veganské stravě lze navýšit pravidelnou konzumací energeticky bohatých rostlinných potravin (luštěnin, ořechových máseľ, semínek, avokáda a sušeného ovoce) v menších porcích po celý den. Dále se doporučuje přidávat do jídel rostlinné oleje (řepkový a lněný 20 g/den) a aktivně snižovat množství přijaté vlákniny (tj. maximálně věk + 5 g/den). Vhodné je také zamezit nárazovému příjmu velkého množství syrového ovoce a zeleniny, které brzy navodí pocit sytosti při malém obsahu energie (Baroni et al. 2019a; Světnička et al. 2020b). Hlavním zdrojem bílkovin v kojeneckém věku je mateřské mléko. V případě, kdy není dítě plně kojeno, jsou pro vegany doporučovány umělé kojenecké výživy vyrobené ze sójového hydrolyzátu obohacené o methionin. Od zavedení příkrmů do dospělosti jsou vhodnými hlavními rostlinnými zdroji bílkovin luštěniny, obiloviny, pseudoobiloviny (amarant, pohanka, quinoa) a ořechy ve vhodné formě (ořechová másla) dle věku dítěte (Messina 2014). Abychom zajistili příjem všech aminokyselin a rostlinná strava tak pokryla veškeré potřeby organismu, je nutné zdroje adekvátně kombinovat (Young a Pellett 1994; Mariotti a Gardner 2019).

Vitamin D a vápník: Dle České pediatrické společnosti je nutné vitamin D u vegetariánů a veganů pravidelně užívat ve výživovém doplňku, a to po celý kalendářní rok (Bronský et al. 2019) (Aguiar et al. 2016). Lékaři často předepisovaný Vigantol® není vegany přijímán, protože se nejedná o preparát veganský, pro tento případ jsou na trhu četné alternativy, které je možné dětem na veganské stravě doporučit (Světnička et al. 2020a). Rostlinné zdroje vápníku s dobrou vstřebatelností jsou tofu srážené vápníkem, minerální vody, mandle, tahini, třtinová melasa nebo některé druhy zeleniny (pakčoj, brokolice, tuřín, kapusta) a ovoce (fíky) (Weaver et al. 1999). Vhodné jsou i fortifikované rostlinné nápoje nebo alternativy mléčných produktů (ovesné či sójové jogurty, cereálie, ovocné šťávy nebo výživové doplňky) (American Academy of Paediatrics 2011).

Železo: Veganské děti kojené vegansky se stravující matkou mohou dostávat železo v podobě výživových doplňků od 4. měsíce až do zařazení příkrmů, které již pokryjí doporučené denní dávky železa (Mangels a Messina 2001). Rostlinné zdroje železa jsou celozrnné produkty, cereálie, luštěniny, zelenina (zelenolistá), sušené ovoce, melasa z cukrové třtiny, klíčky, ořechová másla a speciální fortifikované potraviny. Vstřebatelnost železa z těchto potravin lze zvýšit vhodnou formou úpravy – klíčením, namáčením, fermentací nebo pražením; dále pak konzumací s vitamínem C (Baroni et al. 2019b).

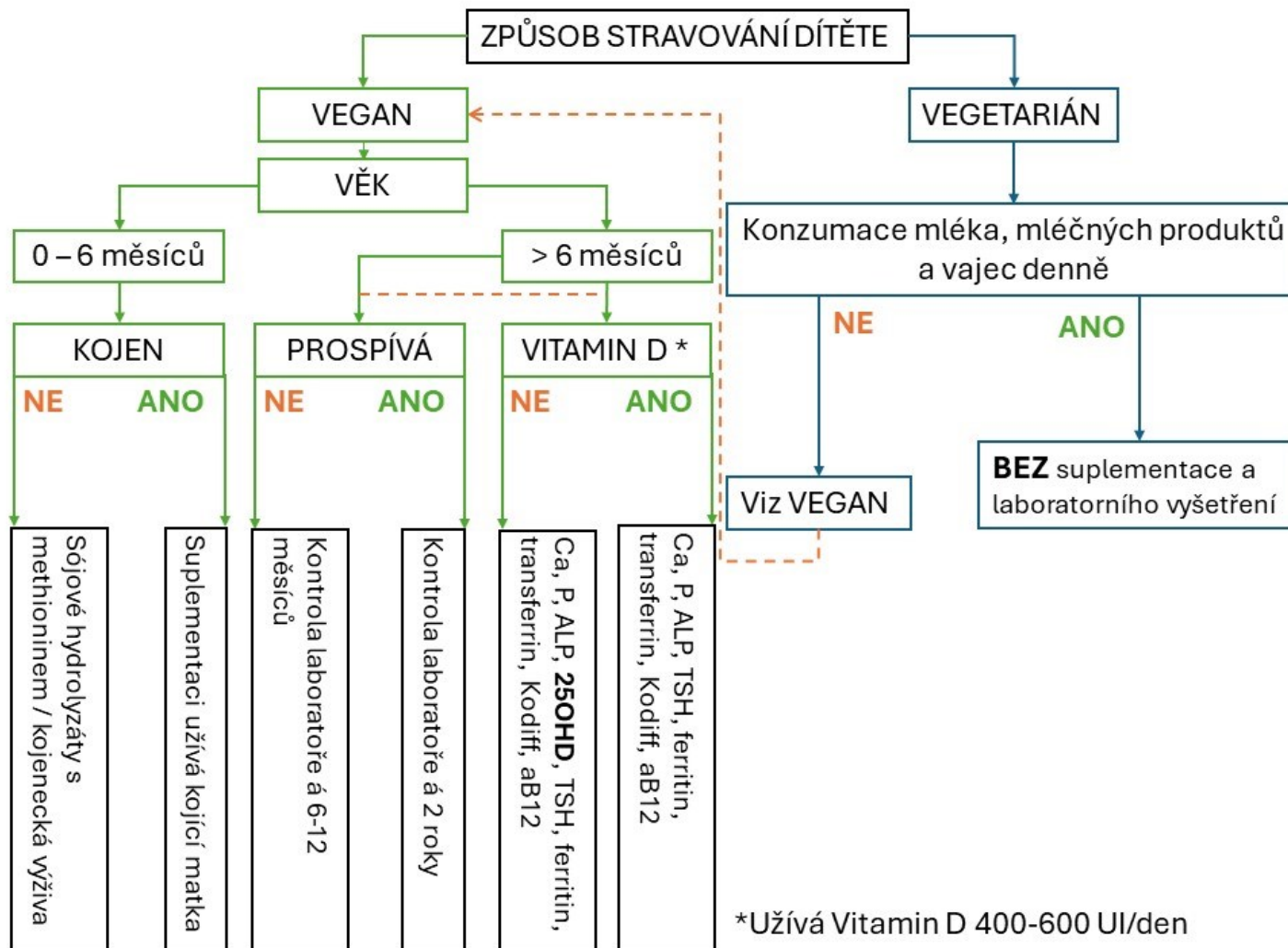
Nenasycené mastné kyseliny: Jako prevenci nedostatku DHA a EPA u veganů lze doporučit užívání doplňku s olejem z mikrořas (Geppert et al. 2005). Dále je nutné dbát na příjem olejů s vhodným poměrem n-3 a n-6 a navýšit příjem ALA, a to například prostřednictvím lněného oleje nebo lněných (drcených) semínek (Lane et al. 2014).

Tabulka 12. Doporučení nutné pravidelné suplementace u dětí stravujících se vegansky a vegetariánsky

	Dávka preventivní	Dávka terapeutická *	Produkt/značka
Vitamin B12	50–250 µg/den	250 µg/den na měsíc	Metabolics®, Marnys®, Veganicity®, Higher Nature®
Vitamin D	400–600 UI/ den	1 000–2 000 UI/den	Vitashine®, Baby-D3®, Viridikid®
DHA/EPA	150 mg EPA a 250 mg DHA		Opti3®, Veganicity®
Jód	1–3 roky 80 µg / den 4–6 let 90 µg / den 7–9 let 120 µg / den 10 + let 150 µg / den		Jodikal ®, Jodid ®

Tabulka 13. Obsah jódu v minerální vodě Vincentka®

Věk	1–3 roky	4–6 let	7–9 let	10+ let
µg / den	80	90	120	150
~ ml	12	13	18	22



Obrázek 10. Návrh dispenzární péče o děti a dospívající stravující se vegansky a vegetariánsky **navíc** k běžným preventivním prohlídkám

8. Závěr

Několikaletá práce s dětmi vyrůstajícími na rostlinné stravě vedla k prvnímu popsání této rizikové populace v České republice a jejímu porovnání s konvenčně se stravujícími dětmi.

Díky naší průřezové studii jsme identifikovali zcela novou potenciálně rizikovou skupinu stran rozvoje jódového deficitu v České republice, a to především v případě, že zcela spoléhá na dostatečný příjem jódu z rostlinné stravy bez výživových doplňků s obsahem jódu. Veganské děti měly tendence k nejnižším hladinám ranní koncentrace jódu v moči. Pozitivita AhTGc jako marker jódového deficitu byla také častější ve skupině dětí, které se stravovaly rostlinně. Pouze několik účastníků studie splnilo doporučený denní příjem jódu při pouhé konzumaci vegetariánské a veganské stravy (bez započítání přidané soli s jódem). Pravidelné užívání doplňků obsahujících jód bylo spojeno s významně vyššími hladinami UIC. Naše výstupy stran jódové saturace jsou v souladu se zjištěními z jiných publikovaných studií u dospělých (Eveleigh et al. 2020). Tato práce poskytuje cenné poznatky o stavu jódové saturace u českých dětí stravujících se rostlinnou stravou a výstupy jsou nyní komunikovány s příslušnými orgány Státního zdravotnického ústavu (Centrum podpory veřejného zdraví a Mezirezortní komise pro řešení jódového deficitu) – návrh edukačního letáku, který vznikl v rámci této spolupráce, je součástí příloh této dizertační práce.

V části zabývající se problematikou vitamínu B12 jsme došli závěru, že české děti, které se stravují rostlinně, jsou v ohrožení deficitu kobalaminu, a to v případě, že neužívají adekvátní suplementaci. Zároveň jsme však nepozorovali žádné život ohrožující nebo závažné následky laboratorně zjištěného nedostatku vitamínu B12, jak popisují některé kazuistiky. Na druhou stranu vidíme vysokou prevalenci hypervitaminózy B12 u dětí, které pravidelně vitamin B12 suplementují, a to s neznámým dopadem na zdraví a vývoj dítěte. Z analýzy jídelníčku vyplývá, že děti, které se stravují vegetariánsky, často nenaplnují doporučený denní příjem pro vitamin B12 z běžné stravy, důvodem bude malé zastoupení mléka a mléčných produktů a vajec v jejich jídelníčku. Suplementace vitamínem B12 je zcela nezbytná

při dodržování restriktivního jídelníčku, nutné jsou však další studie, které pomohou určit adekvátní dávku, aby nedocházelo k nadbytečné saturaci organismu.

Vliv diety na hladiny měřených bílkovin (WBC, Alb, CB, IGF-I), parametrů kalcium fosfátového metabolismu (Ca, P, Mg, ALP), metabolismu železa (MCV, MCH, MCHC, RDW a ferritinu), lipidogramu (TAG) a kyseliny močové nebyl statisticky významný. Na druhou stranu veganské a vegetariánské děti měly vyšší změřené hladiny vitamínu D (25OHD) oproti konvenčně se stravujícím dětem a prevalence suplementace vitamínu D byla v této rizikové skupině také významně vyšší. Lze tedy konstatovat, že vegani a vegetariáni jsou si více vědomi možného rozvoje deficitu vitamínu D a díky pravidelné suplementaci po celý rok také překvapivě dosahují příznivějších výsledků než děti stravující se konvenčně. Z analýzy metabolismu železa je patrné, že čím je dieta restriktivnější, tím jsou zásoby železa v organismu nižší, ale riziko rozvoje chudokrevnosti zůstává stacionární, tento poznatek je v souladu s výsledky studie na dospělé populaci (Selinger et al. 2019). Frekvence užívání železa ve výživových doplňcích byla nízká napříč rostlinnou skupinou. Naše doporučení zůstává ve shodě se zahraničními publikacemi, kdy je suplementace vhodná pouze v případě prokazaného deficitu železa (Lemale et al. 2019). Výběr diety má také vliv na hladiny lipidů, jmenovitě na celkový cholesterol, LDL a HDL, kdy nejnižší hladiny mají vegani a nejvyšší hladiny konvenčně se stravující děti. Nízké hladiny HDL zůstávají předmětem diskusí.

V námi vyšetřené populaci nebyl významný rozdíl ve výšce nebo hmotnosti, ale veganské děti měly nižší BMI a $n = 7$ dětí mělo BMI < 3. percentil.

Na úplný závěr lze říct, že veganská strava bez adekvátní dlouhodobé suplementace přináší riziko rozvoje nutričních deficitů, především vitamínu B12, jódu, vitamínu D a případně železa. Veganské děti jsou štíhlejší a mají nižší hladiny cholesterolu a LDL, ale zároveň i HDL než děti konvenčně se stravující. Dle výsledků naší práce lze konstatovat, že přestože pestrá a vyvážená rostlinná strava spolu s pravidelnou adekvátní suplementací výše zmíněných nutrientů může minimalizovat rizika vzniklá eliminací živočišných složek z jídelníčku, zejména veganskou stravu jednoznačně nelze pro dětský a dospívající věk doporučit. Důvodem je fakt, že růst a psychomotorický vývoj dítěte je velmi křehký a rozvoj těchto deficitů může negativně ovlivnit jeho průběh a vést k nevratnému až fatálnímu poškození jedince.

A nadále zůstává pravidlem, že racionální pestrá konvenční strava je pro růst a vývoj dítěte nejbezpečnější variantou. V případě, že rodiče trvají na dodržování tohoto restriktivního výživového směru, jsou však dle našeho názoru nutné pravidelné lékařské kontroly á 1–2 roky a suplementace vedená odborníkem, a to v závislosti na růstu a vývoji dítěte. Naše zkušenosti ukázaly, že samotný zákaz není vhodným preventivním prostředkem. Orgány veřejného zdravotnického sektoru by se měly zabývat potenciálními riziky rostlinného stravování u dětí a dospívajících a jejich následným managementem, tak jako tomu bylo například dříve u jódu.

Pro objasnění dlouhodobého vlivu na zdraví a vývoj dětí v České republice, které se stravují vegansky a vegetariánsky, je nutné pokračovat prospektivní kohortovou studií, která by mohla objasnit především otázky kostního zdraví, vlivu HDL, eventuálně lehkého jódového deficitu a případné riziko rozvoje anémie. Taková studie je však časově a především finančně velmi náročná. Nyní se však podílíme na studii KOMPAS – nutriční kohortové studie rodin, která si klade za cíl po dobu 5 let sledovat celé rodiny s odlišnými stravovacími návyky a na konci výzkumné periody bude zhodnocen vliv diety na jejich zdravotní stav.

9. Souhrn

Dizertační práce se zabývá vlivem rostlinného stravování, vegetariánství (VG) a veganství (VN) na vybrané nutriční, endokrinologické a metabolické parametry u dětí v České republice.

Teoretická část práce uvádí dělení těchto restriktivních výživových směrů, příčiny jejich narůstající popularity a aktuální výsledky poznání vycházející ze zahraničních publikací, kterých doposud není mnoho. Dále se věnuje jednotlivým rizikovým makronutrientům i mikronutrientům, a to z pohledu jejich fyziologie (funkce v organismu), laboratorní diagnostiky a možných preventivních opatření.

Rostlinné stravování jako alternativní výživový směr zahrnuje úmyslné vynechání složek živočišného původu z jídelníčku. Patří k němu různé podtypy včetně vegetariánů, kteří nekonzumují maso a uzeniny, ale mohou se lišit v tom, zda konzumují mléčné výrobky nebo vejce. Veganství, nejstriktnější forma rostlinné stravy, zahrnuje vynechání všech živočišných produktů.

Popularita rostlinné stravy, zejména veganství, v posledních desetiletích výrazně roste. Zájem o tuto stravu je podporován etickým a ekologickým přístupem k životu, přičemž veganství disponuje nejnižší uhlíkovou stopou ze všech výživových směrů. Studie naznačují, že rostlinná strava může snižovat riziko některých chronických onemocnění, jako jsou diabetes mellitus typu 2, kardiovaskulární onemocnění a některé typy malignit. Dodržování veganské stravy má pozitivní vliv na hmotnost, kontrolu glykémie a hladiny lipidů u dospělých jedinců s metabolickým syndromem. Avšak omezení živočišných produktů může vést k riziku rozvoje nutričních deficitů, jako jsou vitamin B12, jód, vitamin D, vápník, železo, selen, zinek a n-3 mastné kyseliny, ale i některých makroživin jako bílkovin a celkové energie. Studie ukazují rozdíly v příjmu živin mezi vegany a konvenčně se stravujícími dětmi a některé popisují možný negativní vliv na jejich růst. Celosvětově se doporučení odborných skupin ohledně rostlinné stravy rozcházejí, přičemž některé země s ohledem na rizika spojená s veganstvím u dětí jej nedoporučují, zatímco jiné země považují vyváženou veganskou stravu za možnou alternativu té konvenční. Právě nesoulad v jednotlivých východiscích odborných společností zvyšuje riziko zdravotního poškození těchto dětí a dospívajících, protože neexistují žádná jednotná preventivní doporučení.

Studie byla navržena jako deskriptivní průřezová (cross-sectional study) a probíhala v období od září 2019 do června 2021 na klinice. Cílem bylo zkoumat vliv rostlinné stravy na zdraví dětí v různých věkových skupinách. Celkem bylo vyšetřeno 227 dětí, které byly do studie přihlášeny zákonným zástupcem. Nábor probíhal prostřednictvím sociálních sítí zaměřených na problematiku veganské a vegetariánské stravy a také prostřednictvím praktických lékařů pro děti a dorost. Z tohoto počtu se 96 dětí identifikovalo jako konzumenti vegetariánské stravy a 79 jako vegani. Kontrolní skupinu tvořilo 52 dětí stravujících se konvenčně (OM), které byly vybrány tak, aby odpovídaly věkovému rozložení skupiny dětí stravujících se rostlinně (VG/VN). Do studie byly zařazeny děti ve věku od 0 do 18 let bez závažných chronických onemocnění, která by mohla ovlivnit vstřebávání a metabolismus živin. Děti byly klasifikovány jako vegetariáni, pokud nekonzumovaly maso častěji než jednou za 14 dní, a jako vegani, pokud nekonzumovaly maso, mléko a vejce častěji než jednou za 14 dní. Každý účastník podstoupil základní antropometrické vyšetření, které zahrnovalo měření hmotnosti a výšky. Následně byly vyplněny studijní dotazníky týkající se osobní anamnézy a užívání výživových doplňků. Poté proběhly klinické vyšetření dítěte a odběr biologického materiálu pro potřebu laboratorní analýzy (moč, krev). U každého účastníka byla prováděna laboratorní analýza zaměřená na sledování parametrů: vitamínu B12 (B12, aB12, hcys, folát, MCV), jódu (UIC, fT4, fT3, TSH, TG, ATPOc, AhTGc), železa (Fe, Ferritin, RBC, MCV, MCH, MCHC, Hgb), kostního zdraví (Ca, Mg, P, ALP, PTH, 25OHD), bílkovin (CB, Alb, IGF-I, WBC), lipidogramu (cholesterol, HDL, LDL, TAG) a kyseliny močové. Kromě laboratorních analýz byl proveden i třídní záznam jídelníčku, který sloužil k posouzení nutričního příjmu vitamínu B12 a jódu. Výpočet prováděla zkušená nutriční terapeutka v programu Nutriservis PROFI. Data získaná z vyšetření byla statisticky zpracována pomocí popisných statistik a dalších statistických metod včetně Wilcoxonova testu a lineárního regresního modelu v programu RStudio.

Výsledky analýzy metabolismu vitamínu B12 ukázaly, že je velmi nízká prevalence deficitu tohoto vitamínu ve VG/VN skupině z důvodu vysokého povědomí o nutnosti preventivní suplementace. Na druhou stranou neuvážená nadměrná dávka vedla v řadě případů k laboratorní hypervitaminóze B12 s neznámým dopadem na zdraví dětí. Průměrná hladina kobalaminu byla u OM $502,52 \pm 213,98$ pmol/L vs. VG

629,39 ± 325,19 pmol/L vs. VN 634,44 ± 306,71 pmol/L ($p < 0,05$). Dále byl statisticky významný rozdíl v hladinách folátu, kdy nejvyšší hladiny měly naopak děti VN 17,80 ± 5,08 nmol/L vs. VG 16,69 ± 5,02 nmol/L vs. OM 15,24 ± 5,62 nmol/L ($p < 0,05$). Hladiny homocysteinu měly nejnižší VG 10,03 ± 4,45 mmol/L vs. VN 10,14 ± 5,25 mmol/L vs. OM 10,89 ± 3,35 mmol/L ($p < 0,05$). Rozdíly v hladinách holotranskobalaminu a MCV nebyly významné.

Analýza jódového zásobení a parametrů štítné žlázy popsala statisticky významný rozdíl v UIC, nejvyšší hodnoty byly ve skupině OM 195,3 ± 105,28 µg/L vs. VG 175,91 ± 152,48 µg/L vs. VN 162,93 ± 162,30 µg/L ($p < 0,05$). U VN dětí byly naměřeny extrémní hodnoty jak nejnižší (5,99 µg/L), tak nejvyšší (991,80 µg/L), nález svědčící pro možné riziko předávkování jódem i při dodržování čistě rostlinné stravy (pacient konzumoval mořské řasy). Identifikovali jsme $n = 31$ VN (40,8 %), $n = 32$ VG (34,0 %) a $n = 11$ OM (21,2 %) dětí s nedostatkem jódu (UIC < 100 µg/L) ($p = 0,07$). Děti, které pravidelně užívaly výživové doplňky s jódem, měly vyšší UIC. Medián UIC překročil hodnotu stanovenou >100 µg/L ve všech třech skupinách, ale trend k nižším jodurím s narůstající mírou restriktce je na první pohled patrný. Významný rozdíl byl i v fT4 s překvapivě nejvyššími hodnotami ve skupině VN ve srovnání se skupinou OM ($p < 0,05$). Nebyly popsány významné rozdíly v TSH, fT3, TG a ATPOc. Prevalence AhTGc byla významně vyšší ve skupinách VG (18,2 %) / VN (35,0 %) ve srovnání se skupinou OM (2,1 %) ($p < 0,05$). Tento nález podporuje fakt, že prevalence jódového deficitu může být u VG/VN dětí vyšší. Příjem jódu a vitamínu B12 z běžné stravy ochuzené o živočišné produkty nedosahoval zpravidla doporučené denní potřeby.

Statisticky významný byl rozdíl v hladinách 25OHD, kdy nejvyšší hladiny byly u VN dětí, následovaly VG s nejhorším nálezem u OM dětí, OM 59,63 ± 27,45 nmol/L vs. VG 77,72 ± 28,88 nmol/L vs. VN 84,50 ± 33,25 nmol/L ($p < 0,05$), nález koreluje s vysokou prevalencí preventivní suplementace vitamínem D u dětí stravujících se VG/VN. VG/VN děti měly tím nižší zásoby železa, čím restriktivnější dietu konzumovaly, významné byly nálezy v hladinách hemoglobinu OM 130,72 ± 13,66 g/L vs. VG 124,47 ± 11,54 g/L vs. VN 120,24 ± 11,28 g/L ($p < 0,05$); ferritinu OM 24,25 ± 16,03 µg/L vs. VG 17,44 ± 11,98 µg/L vs. VN 15,49 ± 10,96 µg/L ($p < 0,05$); RDW OM 12,38 ± 0,79 % vs. VN 12,97 ± 1,50 % ($p < 0,05$); RBC OM 4,76 ± 0,39 × 10¹²/L vs. VN 4,48 ± 0,37 × 10¹²/L; HCT, OM 0,38 ± 0,04/L vs. VN 0,35 ±

0,031/L; a železa OM $16,39 \pm 6,00$ $\mu\text{mol/L}$ vs. VN $15,49 \pm 10,96$ $\mu\text{mol/L}$ ($p < 0,05$). Obdobný trend následují hodnoty cholesterolu OM $4,15 \pm 0,61$ mmol/L vs. VN $3,46 \pm 0,53$ mmol/L vs. VG $3,71 \pm 0,67$ mmol/L ($p < 0,05$); HDL OM $1,52 \pm 0,35$ mmol/L vs. VG $1,35 \pm 0,27$ mmol/L vs. VN $1,35 \pm 0,29$ mmol/L ($p < 0,05$); a LDL OM $2,27 \pm 0,57$ mmol/L vs. VN $1,73 \pm 0,48$ mmol/L ($p < 0,05$). VN děti byly štíhlejší a více $n = 7$ dětí mělo BMI pod 3. percentil. Nebyly popsány statisticky významné rozdíly (nebo byla popsána malá síla účinku = „Effect size“) v sérových bílkovinách (CB, Alb, IGF-I) a WBC; v hladinách Ca, P, Mg, ALP, PTH; MCV, MCH, MCHC; TAG a kyseliny močové.

Závěrem lze konstatovat, že několikaletá práce s dětmi stravujícími se rostlinně vedla k identifikaci rizikové populace stran rozvoje jodového deficitu v České republice. Veganské děti mají nižší hladiny jodurie a vyšší pozitivitu AhTGc. Jen málo dětí dosáhlo doporučeného příjmu jódu pouze z potravy. Pravidelná suplementace jódem byla spojena s vyššími hladinami jódu v moči. Doporučujeme používat sůl s jódem při přípravě domácí stravy a zvážit pravidelnou suplementaci jódem v dávkách stanovených jako denní doporučené dle Světové zdravotnické organizace. Ohledně vitamínu B12 jsme zjistili, že děti stravující se rostlinně jsou bez zařazení adekvátní suplementace ohroženy deficitem. Nepozorovali jsme žádné závažné klinické následky nedostatku. Mezi suplementujícími byla naopak zjištěna vysoká prevalence hypervitaminózy B12. Suplementace vitamínem B12 je klíčová, ale potřebné jsou další studie pro určení optimální dávky.

Doporučení pro pravidelnou suplementaci se týká i vitamínu D, který je častěji užíván veganskými a vegetariánskými dětmi. Tyto děti měly vyšší hladiny vitamínu D než konvenčně se stravující. Pozitivní je, že hladiny nebyly příliš vysoké jako u vitamínu B12.

Naše zjištění naznačují, že pestrá a vyvážená rostlinná strava s pravidelnou suplementací může minimalizovat rizika spojená s eliminací živočišných produktů. V případě, že rodiče trvají na dodržování tohoto výživového směru, jsou však vhodné lékařské kontroly á 1–2 roky a suplementace vedená odborníkem a i nadále zůstává faktem, že pestrá vyvážená konvenční strava je pro zdraví a vývoj dítěte nejlepší možnou variantou.

Na průřezovou studii je vhodné navázat prospektivní kohortovou studií, aby byl lépe pochopen dlouhodobý vliv rostlinné stravy na zdraví a vývoj dětí v České republice.

10. Summary

This work explores into the impact of plant-based diets, vegetarianism (VG), and veganism (VN) on selected nutritional, endocrinological, and metabolic parameters in children in the Czech Republic.

The theoretical part of the dissertation focuses on individual risk macronutrients and micronutrients from the perspective of their physiology (function in the body), potential prevention, and examination in case of deficiency. It also addresses the classification of these restrictive dietary approaches, the reasons for their increasing popularity, and insights gleaned from foreign publications, which are still limited.

Plant-based diet, as an alternative dietary approach, involves the intentional omission of animal-derived components from the diet. Various subtypes fall under this category, including vegetarians who consume only plant products but may differ in whether they consume dairy products or eggs. Veganism, the strictest form of plant-based patterns, entails the exclusion of all animal products.

The popularity of plant-based diets, particularly veganism, has significantly increased in recent decades. Interest in this diet is supported by ethical and ecological approaches to life, with veganism having the lowest carbon footprint of all dietary approaches. Studies suggest that a plant-based diet may reduce the risk of certain chronic diseases, such as type 2 diabetes, cardiovascular disease, and some types of malignancies. Adherence to a vegan diet has a positive impact on weight, glycemic control, and lipid levels in adults with metabolic syndrome. However, animal product restriction may lead to the risk of developing nutritional deficiencies, such as vitamin B12, iodine, vitamin D, calcium, iron, selenium, zinc, and n-3 fatty acids, as well as some macronutrients like energy and protein. Studies show differences in nutrient intake between vegans and omnivore children, with some describing a potential negative impact on their growth. Recommendations from expert groups regarding plant-based diets vary, with some countries highlighting the risks associated with veganism in children, while others consider a balanced vegan diet as a possible alternative to conventional diets. The inconsistency among professional societies' approaches increases the risk of health damage to these children and adolescents, as there are no unified preventive measures.

The study was designed as a cross-sectional study and took place from September 2019 to June 2021 at our clinic. The aim was to examine the impact of plant-based diets on children's health in different age groups. A total of 227 children were examined, enrolled in the study by their legal guardians. Recruitment was conducted through social media focused on vegan and vegetarian diets and through pediatricians. Of this number, 96 children identified as consumers of a vegetarian diet and 79 as vegans. The control group consisted of 52 omnivore children, selected to match the age distribution of the plant-based eating group. Children aged 0 to 18 years without severe chronic illnesses that could affect nutrient absorption and metabolism were included in the study. Children were classified as vegetarians if they did not consume meat more than once every 14 days and as vegans if they did not consume meat, milk, and eggs more than once every 14 days. Each participant underwent basic anthropometric measurements, including weight and height. Subsequently, study questionnaires regarding personal medical history and supplement use were completed. This was followed by a clinical examination and biological sample collection for laboratory analysis (urine, blood). Laboratory analyses focused on monitoring parameters such as vitamin B12 (B12, aB12, hcys, folate, MCV), iodine (UIC, fT4, fT3, TSH, TG, ATPOc, AhTGc), iron (Fe, Ferritin, RBC, MCV, MCH, MCHC, Hgb), bone health (Ca, Mg, P, ALP, PTH, 25OHD), proteins (CB, Alb, IGF-I, WBC), lipid profile (cholesterol, HDL, LDL, TAG), and uric acid. Additionally, a 3-day dietary record was completed to assess the nutritional intake of vitamin B12 and iodine. The calculation was performed by an experienced nutrition therapist using the Nutriservis PROFi program. Data obtained from the examinations were statistically processed using descriptive statistics and various statistical methods, including the Wilcoxon test and linear regression model, in the RStudio program.

The results of the vitamin B12 metabolism analysis showed a very low prevalence of deficiency in the VG/VN group due to a high awareness of the need for preventive supplementation. On the other hand, unwise excessive doses led to laboratory hypervitaminosis B12 in several cases, with unknown health impacts on children. The average cobalamin level was OM $502,52 \pm 213,98$ pmol/L vs. VG $629,39 \pm 325,19$ pmol/L vs. VN $634,44 \pm 306,71$ pmol/L ($p < 0,05$). Furthermore, there was a statistically significant difference in folate levels, with the highest levels found in VN

children $17,80 \pm 5,08$ nmol/L vs. VG $16,69 \pm 5,02$ nmol/L vs. OM $15,24 \pm 5,62$ nmol/L ($p < 0,05$). Homocysteine levels were lowest in VG $10,03 \pm 4,45$ mmol/L vs. VN $10,14 \pm 5,25$ mmol/L vs. OM $10,89 \pm 3,35$ mmol/L ($p < 0,05$). There were no significant differences in holotranscobalamin and MCV levels.

The analysis of iodine status and thyroid parameters described a statistically significant difference in UIC, with the highest values in the OM group $195,3 \pm 105,28$ $\mu\text{g/L}$ vs. VG $175,91 \pm 152,48$ $\mu\text{g/L}$ vs. VN $162,93 \pm 162,30$ $\mu\text{g/L}$ ($p < 0,05$). Extreme UIC values were measured in VN children, both the lowest ($5,99$ $\mu\text{g/L}$) and the highest ($991,80$ $\mu\text{g/L}$), indicating possible iodine overdose risk even with a purely plant-based diet (algae). We identified $n = 31$ VN (40,8 %), $n = 32$ VG (34,0 %), and $n = 11$ OM (21,2 %) children with iodine deficiency (UIC < 100 $\mu\text{g/L}$) ($p = 0,07$). Children who regularly took iodine supplements had higher UIC. The median urinary iodine concentration (UIC) exceeded the threshold of >100 $\mu\text{g/L}$ in all three groups, yet a trend towards lower iodine levels with increasing dietary restriction is apparent. A significant difference was also observed in fT4, with unexpectedly higher values in the VN group compared to the OM group ($p < 0,05$). No significant differences were described in TSH, fT3, TG, and ATPOc. The prevalence of AhTGc was significantly higher in the VG (18,2 %) / VN (35,0 %) groups compared to the OM group (2,1 %) ($p < 0,05$). This finding supports the notion that the prevalence of iodine deficiency may be higher in VG/VN children. The intake of iodine and vitamin B12 from a typical diet devoid of animal products generally did not meet the recommended daily requirements.

A statistically significant difference was found in the levels of 25OHD, with the highest levels in VN children, followed by VG with the poorest findings in OM children, OM $59,63 \pm 27,45$ nmol/L vs. VG $77,72 \pm 28,88$ nmol/L vs. VN $84,50 \pm 33,25$ nmol/L ($p < 0,05$), a finding correlating with the high prevalence of preventive vitamin D supplementation among VG/VN children. VG/VN children had lower iron reserves, correlating with the restrictiveness of their diet. Significant findings were observed in hemoglobin levels OM $130,72 \pm 13,66$ g/L vs. VG $124,47 \pm 11,54$ g/L vs. VN $120,24 \pm 11,28$ g/L ($p < 0,05$); ferritin levels OM $24,25 \pm 16,03$ $\mu\text{g/L}$ vs. VG $17,44 \pm 11,98$ $\mu\text{g/L}$ vs. VN $15,49 \pm 10,96$ $\mu\text{g/L}$ ($p < 0,05$); RDW OM $12,38 \pm 0,79$ % vs. VN $12,97 \pm 1,50$ % ($p < 0,05$); RBC OM $4,76 \pm 0,39 \times 10^{12}/\text{L}$ vs. VN $4,48 \pm 0,37 \times 10^{12}/\text{L}$; HCT, OM $0,38 \pm 0,04/\text{L}$ vs. VN $0,35 \pm 0,03/\text{L}$; and iron OM $16,39 \pm$

6,00 $\mu\text{mol/L}$ vs. VN $15,49 \pm 10,96 \mu\text{mol/L}$ ($p < 0,05$). A similar trend was observed in cholesterol levels OM $4,15 \pm 0,61 \text{ mmol/L}$ vs. VN $3,46 \pm 0,53 \text{ mmol/L}$ vs. VG $3,71 \pm 0,67 \text{ mmol/L}$ ($p < 0,05$); HDL OM $1,52 \pm 0,35 \text{ mmol/L}$ vs. VG $1,35 \pm 0,27 \text{ mmol/L}$ vs. VN $1,35 \pm 0,29 \text{ mmol/L}$ ($p < 0,05$); and LDL OM $2,27 \pm 0,57 \text{ mmol/L}$ vs. VN $1,73 \pm 0,48 \text{ mmol/L}$ ($p < 0,05$). VN children were leaner, with more $n = 7$ children having a BMI below the 3rd percentile. No statistically significant difference (or small effect size was described) was found in serum proteins (CB, Alb, IGF-I) and WBC; levels of Ca, P, Mg, ALP, PTH; MCV, MCH, MCHC; TAG, and uric acid.

In conclusion, several years of work with children consuming a plant-based diet have led to the identification of a population at risk for the development of iodine deficiency in the Czech Republic. Vegan children have lower iodine levels and higher AhTGc positivity. Only a few children achieved the recommended iodine intake from food. Regular iodine supplementation was associated with higher urinary iodine levels. We recommend the use of iodized salt in home cooking and considering regular iodine supplementation at doses determined as daily recommended by the World Health Organization. Regarding vitamin B12, we found that children consuming a plant-based diet are at risk of deficiency without adequate supplementation. We did not observe any serious consequences of deficiency, but a high prevalence of hypervitaminosis B12 was detected. Vitamin B12 supplementation is crucial, but further studies are needed to determine the optimal dose.

Recommendations for regular supplementation also apply to vitamin D, which is more commonly used by vegan and vegetarian children. These children had higher levels of vitamin D than omnivore children, which is a positive finding as the levels were not excessively high, as with vitamin B12. Our findings suggest that a varied and balanced plant-based diet with regular supplementation can minimize risks associated with the elimination of animal products. We recommend regular medical check-ups.

A prospective cohort study is warranted to follow up on this cross-sectional study to better understand the long-term effects of a plant-based diet on the health and development of children in the Czech Republic.

11. Seznam použitých zkratk

25OHD – 25-hydroxycholecalciferol

aB12 – Holotranskobalamin / aktivní vitamin B12

AhTGc – Anti-tyreoglobulin IgG

ALA – Kyselina alfa-linolenová

Alb – Albumin

ALP – Alkalická fosfatáza

ApoB – Apolipoprotein B

ATPOc – Protilátky proti mikrosomům štítné žlázy

BMI – Body mass index

Ca – Vápník

CB – Celková bílkovina

ČLS JEP – Česká lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně

DDT – Dichlordifenyltrichlorethan

DHA – Dokosahexaenová kyselina

EPA – Eikosapentaenová kyselina

Fe – Železo

fT3 – Volný trijódtyronin

fT4 – Volný tyroxin

HCT – Hematokrit

hcys – Homocystein

HDL – Vysokodenzitní lipoprotein

Hgb – Hemoglobin

Chol – Cholesterol

IGF-I – Insulin like growth factor 1

Kmoč – Kyselina močová

LDL – Nízkodenzitní lipoprotein
MCV – Střední objem erytrocytu
Mg – Hořčík
MCH – Střední množství hemoglobinu v erytrocytech
MCHC – Koncentrace hemoglobinu v erytrocytech
OM – Omnivor / konvenčně se stravující
P – Fosfor
PTH – Parathormon
RBC – Celkový počet erytrocytů
RDW – Šíře distribuce erytrocytů
sTfR – Solubilní transferinový receptor v séru
sTRF – Saturace solubilního transferinového receptoru
T3 – trijódtyronin
T4 – tyroxin
TAG – Triacylglycerol
TG – Tyreoglobulin
TIBC – Celková vazebná kapacita pro železo
TSH – Tyreoideu stimulující hormon
UIC – Koncentrace jódu v moči
VG – Vegetarián
VN – Vegan
WBC – Celkový počet leukocytů

12. Reference

- AGNOLI, C., et al. Position paper on vegetarian diets from the working group of the Italian Society of Human Nutrition. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. 2017, sv. 27, č. 12, s. 1037–1052. ISSN 15903729. Dostupné z: doi:10.1016/j.numecd.2017.10.020
- AGUIAR, M., et al. Global consensus recommendations on prevention and management of nutritional rickets. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. 2016, sv. 101, č. 2, s. 394–415. ISSN 19457197. Dostupné z: doi:10.1210/jc.2015-2175 [cit. 2020-02-12]
- ALEXY, U., et al. Nutrient intake and status of German children and adolescents consuming vegetarian, vegan or omnivore diets: Results of the vechi youth study. *Nutrients*. 2021, sv. 13, č. 5. ISSN 20726643. Dostupné z: doi:10.3390/nu13051707 [cit. 2021-08-06]
- ALLÈS, B., et al. Comparison of sociodemographic and nutritional characteristics between self-reported vegetarians, vegans, and meat-eaters from the NutriNet-Santé study. *Nutrients*. 2017, sv. 9, č. 9, s. 1023. ISSN 20726643. Dostupné z: doi:10.3390/nu9091023 [cit. 2022-01-09]
- AMBROSZKIEWICZ, J., et al. Bone status and adipokine levels in children on vegetarian and omnivorous diets. *Clinical Nutrition*. 2019, sv. 38, č. 2, s. 730–737. ISSN 15321983. Dostupné z: doi:10.1016/j.clnu.2018.03.010
- AMERICAN ACADEMY OF PAEDIATRICS. *Bright Futures Nutrition*, 3. vydání. B.m.: National Center for Education in Maternal and Child Health Georgetown University, 2011. ISBN 978-1-58110-624-4.
- AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION. Position of the American Dietetic Association and Dietitians of Canada: Vegetarian diets [online]. Červen 2003, č. 1. B.m.: Elsevier, 2003. ISSN 00028223. Dostupné z: doi:10.1053/jada.2003.50142
- AMOROSO, S., et al. Acute small bowel obstruction in a child with a strict raw vegan diet. *Archives of Disease in Childhood*. 2019, sv. 104, č. 8, s. 815. ISSN 14682044. Dostupné z: doi:10.1136/archdischild-2018-314910
- APPLEBY, P., et al. Comparative fracture risk in vegetarians and nonvegetarians in EPIC-Oxford. *European Journal of Clinical Nutrition* [online]. 2007, sv. 61, č. 12, s. 1400–1406. ISSN 09543007. DOI: 10.1038/sj.ejcn.1602659
- APPLEBY, P., et al. Hypertension and blood pressure among meat eaters, fish eaters, vegetarians and vegans in EPIC–Oxford. *Public Health Nutrition* [online]. 2002, sv. 5, č. 5, s. 645–654. ISSN 1368-9800. DOI: 10.1079/phn2002332
- APPLEBY, P. a T. J. KEY. The long-term health of vegetarians and vegans. *Proceedings of the Nutrition Society* [online]. 2016, sv. 75, č. 3, s. 287–293. ISSN 14752719. DOI: 10.1017/S0029665115004334
- ARAGHI, S. O., et al. Folic acid and Vitamin B12 supplementation and the risk of cancer: Long-term Follow-up of the B Vitamins for the Prevention of Osteoporotic

Fractures (B-PROOF) Trial. *Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention* [online]. 2019, sv. 28, č. 2, s. 275–282. ISSN 10559965. DOI: 10.1158/1055-9965.EPI-17-1198 [cit. 2021-08-23]

BAER, D. J., et al. Dietary fiber decreases the metabolizable energy content and nutrient digestibility of mixed diets fed to humans. *Journal of Nutrition* [online]. 1997, sv. 127, č. 4, s. 579–586. ISSN 00223166. Dostupné z: doi:10.1093/jn/127.4.579

BALLHAUSEN, D., et al. Evidence for catabolic pathway of propionate metabolism in CNS: expression pattern of methylmalonyl-CoA mutase and propionyl-CoA carboxylase alpha-subunit in developing and adult rat brain. *Neuroscience* [online]. 2009, sv. 164, č. 2, s. 578–587 [cit. 2022-03-28]. ISSN 03064522. Dostupné z: doi:10.1016/j.neuroscience.2009.08.028

BARONI, L, et al. Vegan nutrition for mothers and children: Practical tools for healthcare providers. *Nutrients* [online]. 2019, sv. 11, č. 1, s. 1–16. ISSN 20726643. Dostupné z: doi:10.3390/nu11010005

BARONI, L, et al. Planning Well-Balanced Vegetarian Diets in Infants, Children, and Adolescents: The VegPlate Junior. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics* [online]. 2019, sv. 119, č. 7, s. 1067–1074. ISSN 22122672. Dostupné z: doi:10.1016/j.jand.2018.06.008

BEHRMAN, R. E., et al. *Nelson textbook of pediatrics*. 2000, 2414.

BĚLOHLÁVKOVÁ, S, et al. Doporučení Pracovní skupiny dětské Gastroenterologie a výživy ČPS pro výživu kojenců a batolat [online]. 2014, sv. 69, č. 1, s. 35–38 [cit. 2020-03-25]. ISSN 1805-4501. Dostupné z: <http://www.cls.cz>

BENER, A, et al. High prevalence of vitamin D deficiency in type 1 diabetes mellitus and healthy children. *Acta Diabetologica* [online]. 2009, sv. 46, č. 3, s. 183–189. ISSN 09405429. Dostupné z: doi:10.1007/s00592-008-0071-6

BERRAZAGA, I, et al. The role of the anabolic properties of plant-versus animal-based protein sources in supporting muscle mass maintenance: a critical review [online]. 7. srpen 2019. B.m.: MDPI AG. [cit. 2020-02-12]. ISSN 20726643. Dostupné z: doi:10.3390/nu11081825

BIKLE, D. D. Vitamin D: Production, Metabolism and Mechanisms of Action. *Endotext* [online]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK278935/> [cit. 2022-02-02]

BOUSSELAMTI, A., et al. Psychomotor regression due to vitamin B12 deficiency. *Pan African Medical Journal* [online]. 2018, sv. 30. ISSN 19378688. Dostupné z: doi:10.11604/pamj.2018.30.152.12046

BRABANT, G. a H. WALLASCHOFSKI. Normal levels of serum IGF-I: Determinants and validity of current reference ranges. *Pituitary* [online]. 2007, sv. 10, č. 2, s. 129–133 [cit. 2023-03-28]. ISSN 1386341X. Dostupné z: doi:10.1007/s11102-007-0035-9

BRAEGGER, Ch., et al. Vitamin D in the healthy European paediatric population. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition* [online]. 2013, sv. 56, č. 6, s.

692–701. ISSN 02772116. Dostupné z: doi:10.1097/MPG.0b013e31828f3c05

BRANTSÆTER, A. L., et al. Inadequate iodine intake in population groups defined by age, life stage and vegetarian dietary practice in a Norwegian convenience sample. *Nutrients* [online]. 2018, sv. 10, č. 2. ISSN 20726643. Dostupné z: doi:10.3390/nu10020230 [cit. 2020-02-12]

BRESLAU, N. A., et al. Relationship of animal protein-rich diet to kidney stone formation and calcium metabolism. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* [online]. 1988, sv. 66, č. 1, s. 140–146 [cit. 2020-02-12]. ISSN 0021-972X. Dostupné z: doi:10.1210/jcem-66-1-140

BRONSKÝ, J., et al. Doporučený postup České pediatrické společnosti a Odborné společnosti praktických dětských lékařů ČLS JEP pro suplementaci dětí a dospívajících vitamínem D. *Česko-slovenská Pediatrie*. 2019, sv. 74, č. 8, s. 473–482.

BURROWS, T., S. GOLDMAN a M. ROLLO. A systematic review of the validity of dietary assessment methods in children when compared with the method of doubly labelled water. *European Journal of Clinical Nutrition* [online]. 2020, sv. 74, č. 5, s. 669–681 [cit. 2021-11-07]. ISSN 1476-5640. Dostupné z: doi:10.1038/S41430-019-0480-3

CHEN, J a H LIU, 2020. Nutritional indices for assessing fatty acids: A mini-review [CHEN, X., et al. Urinary iodine concentration is inversely associated with thyroglobulin antibodies. *Endocrine Practice* [online]. 2019, sv. 25, č. 5, s. 454–460 [cit. 2022-11-25]. ISSN 19342403. Dostupné z: doi:10.4158/EP-2018-0252

CLARYS, P., et al. Comparison of nutritional quality of the vegan, vegetarian, semi-vegetarian, pesco-vegetarian and omnivorous diet. *Nutrients* [online]. 2014, sv. 6, č. 3, s. 1318–1332. ISSN 20726643. Dostupné z: doi:10.3390/nu6031318

CLEMMONS, D. R. Clinical utility of measurements of insulin-like growth factor 1 [online]. 25. srpen 2006. B.m.: *Nat Clin Pract Endocrinol Metab.* [vid. 2023-03-28]. ISSN 17458366. Dostupné z: doi:10.1038/ncpendmet0244

COLLINGS, R., et al. The absorption of iron from whole diets: a systematic review. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 2013, sv. 98, č. 1, s. 65–81 [cit. 2020-02-12]. ISSN 1938-3207. Dostupné z: doi:10.3945/ajcn.112.050609

CONTEMPRE, B. Selenium deficiency aggravates the necrotizing effects of a high iodide dose in iodine deficient rats. *Endocrinology* [online]. 1993, sv. 132, č. 4, s. 1866–1868 [cit. 2021-05-14]. ISSN 0013-7227. Dostupné z: doi:10.1210/en.132.4.1866

CRAIG, W. J. a A. R. MANGELS. Position of the American Dietetic Association: vegetarian diets. *Journal of the American Dietetic Association* [online]. 2009, sv. 109, č. 7, s. 1266–1282. ISSN 18783570. Dostupné z: doi:10.1016/s0002-8223(21)01979-9

CROWE, F. L., et al. Plasma concentrations of 25-hydroxyvitamin D in meat eaters, fish eaters, vegetarians and vegans: Results from the EPIC-Oxford study. *Public Health Nutrition* [online]. 2011, sv. 14, č. 2, s. 340–346. ISSN 13689800. Dostupné

z: doi:10.1017/S1368980010002454

DAVID, J. et al. Life-threatening Manifestations of Vitamin B12 Deficiency in Infants on a Vegan Diet. *Klinische Padiatrie* [online]. 2021, sv. 233, č. 6, s. 306–307 [cit. 2022-03-30]. ISSN 14393824. Dostupné z: doi:10.1055/a-1480-7938

DAVIS, B. C. a P. M. KRIS-ETHERTON. Achieving optimal essential fatty acid status in vegetarians: Current knowledge and practical implications. *American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 2003, sv. 78, č. 3 SUPPL., s. 640–646. ISSN 00029165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/78.3.640s

DESMOND, M. A. et al. Growth, body composition, and cardiovascular and nutritional risk of 5- to 10-y-old children consuming vegetarian, vegan, or omnivore diets. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 2021. ISSN 0002-9165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/nqaa445 [cit. 2021-03-22]

DESMOND, M. A., J. SOBIECKI, M. FEWTRELL a J. C.K. WELLS. Plant-based diets for children as a means of improving adult cardiometabolic health. *Nutrition Reviews* [online]. 2018, sv. 76, č. 4, s. 260–273. ISSN 17534887. Dostupné z: doi:10.1093/NUTRIT/NUX079

DI MATOLA, T., et al. Thyroid dysfunction following a kelp-containing marketed diet. *BMJ Case Reports* [online]. 2014, 1–4. ISSN 1757790X. Dostupné z: doi:10.1136/bcr-2014-206330

DOREA, J. G. Iodine nutrition and breast feeding [online]. 1. leden 2002. B.m.: Urban & Fischer. ISSN 0946672X. Dostupné z: doi:10.1016/S0946-672X(02)80047-5

DUMRONGWONGSIRI, O., et al. High Urinary Iodine Concentration Among Breastfed Infants and the Factors Associated with Iodine Content in Breast Milk. *Biological Trace Element Research* [online]. 2018, sv. 186, č. 1, s. 106–113. ISSN 15590720. Dostupné z: doi:10.1007/s12011-018-1303-4

DVOŘÁKOVÁ, M. et al. Volumy štítné žlázy u dospělé populace ve věku 18-65 let v České republice - Stanovení norem. *Vnitřní Lekarství* [online]. 2006, sv. 52, č. 1, s. 57–63. ISSN 0042773X. Dostupné z: doi:10.36290/vnl.2006.013

EASTMAN, C. J. a M. B. ZIMMERMANN. The Iodine Deficiency Disorders. Endotext [online]. 2018. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK285556/> [cit. 2021-08-11].

EFSA. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for protein. *EFSA Journal* [online]. 2012, sv. 10, č. 2. ISSN 18314732. Dostupné z: doi:10.2903/j.efsa.2012.2557.

ELORINNE, A. et al. Food and nutrient intake and nutritional status of Finnish vegans and non-vegetarians. *PLoS ONE* [online]. 2016, sv. 11, č. 2. ISSN 19326203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0148235.

EVELEIGH, E. R., et al. Vegans, vegetarians, and omnivores: How does dietary choice influence iodine intake? A systematic review. *Nutrients* [online]. 2020, sv. 12, č. 6. ISSN 20726643. Dostupné z: doi:10.3390/nu12061606 [cit. 2021-01-25].

FALLON, N. a S. A. DILLON. Low Intakes of Iodine and Selenium Amongst Vegan and Vegetarian Women Highlight a Potential Nutritional Vulnerability. *Frontiers in Nutrition* [online]. 2020, č. 7. ISSN 2296861X. Dostupné z: doi:10.3389/fnut.2020.00072.

FANIDI, A. et al. Is high vitamin B12 status a cause of lung cancer? *International Journal of Cancer* [online]. 2019, sv. 145, č. 6, s. 1499–1503. ISSN 10970215. Dostupné z: doi:10.1002/ijc.32033 [cit. 2021-08-23].

FROESE, D. S. et al. Vitamin B12, folate, and the methionine remethylation cycle—biochemistry, pathways, and regulation [online]. 2019, 1. červenec. Dostupné z: doi:10.1002/jimd.12009 [cit. 2022-03-28].

GEPPERT, J., et al. in Vegetarians Effectively Increases Omega-3 Index: A Randomized Trial. *Lipids* [online]. 2005, sv. 40, č. 8, s. 807–814. ISSN 00244201. Dostupné z: doi:10.1007/s11745-005-1442-9.

GOJDA, J. et al. Higher insulin sensitivity in vegans is not associated with higher mitochondrial density. *European Journal of Clinical Nutrition* [online]. 2013, sv. 67, č. 12, s. 1310–1315. ISSN 09543007. Dostupné z: doi:10.1038/ejcn.2013.202 [cit. 2020-02-25].

GUEZ, S, et al. Severe vitamin B12 deficiency in an exclusively breastfed 5-month-old Italian infant born to a mother receiving multivitamin supplementation during pregnancy. *BMC Pediatrics* [online]. 2012, č. 12, s. 1–5. ISSN 14712431. Dostupné z: doi:10.1186/1471-2431-12-85.

HAIDER et al. The effect of vegetarian diets on iron status in adults: A systematic review and meta-analysis. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [online]. 2018, sv. 58, č. 8, s. 1359–1374. ISSN 15497852. Dostupné z: doi:10.1080/10408398.2016.1259210 [cit. 2024-02-08].

HATCH-MCCHESENEY et al. Iodine and Iodine Deficiency: A Comprehensive Review of a Re-Emerging Issue. *Nutrients* [online]. 2022, sv. 14, č. 17. ISSN 20726643. Dostupné z: doi:10.3390/nu14173474.

HEADEY et al. Stunting and Wasting among Indian Preschoolers have Moderate but Significant Associations with the Vegetarian Status of their Mothers. *Journal of Nutrition* [online]. 2020, sv. 150, č. 6, s. 1579–1589. ISSN 15416100. Dostupné z: doi:10.1093/jn/nxaa042 [cit. 2023-04-02].

HEBBELINCK et al. Growth, development, and physical fitness of Flemish vegetarian children, adolescents, and young adults. *American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 1999, sv. 70, č. 3 SUPPL. ISSN 00029165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/70.3.579s.

HENJUM et al. Suboptimal iodine status and low iodine knowledge in young Norwegian women. *Nutrients* [online]. 2018, sv. 10, č. 7, s. 941. ISSN 20726643. Dostupné z: doi:10.3390/nu10070941 [cit. 2022-10-23].

IGUACEL, I., et al. (2019). Veganism, vegetarianism, bone mineral density, and fracture risk: A systematic review and meta-analysis. *Nutrition Reviews* [online], 77(1), 1–18 [vid. 2020-02-25]. ISSN 17534887. Dostupné z:

doi:10.1093/nutrit/nuy04

IPSOS. Bezmasou stravu preferuje desetina mladých | Ipsos [online]. 2019. Dostupné z: <https://www.ipsos.com/cs-cz/bezmasou-stravu-preferuje-desetina-mladych> [cit. 2020-02-13].

JISKRA, J. a Z. LÍMANOVÁ. Doporučení pro prevenci, časný záchyt a léčbu tyreopatií v těhotenství 2018. Česká endokrinologická společnost, 2018.

JOHNER, S. A. et al. Examination of iodine status in the German population: an example for methodological pitfalls of the current approach of iodine status assessment. *European Journal of Nutrition* [online]. 2016, roč. 55, č. 3, s. 1275–1282 [cit. 2023-05-16]. ISSN 14366215. Dostupné z: doi:10.1007/s00394-015-0941-y.

KALAY, Z. et al. Reliable and powerful laboratory markers of cobalamin deficiency in the newborn: Plasma and urinary methylmalonic acid. *Journal of Maternal-Fetal and Neonatal Medicine* [online]. 2016, roč. 29, č. 1, s. 60–63 [cit. 2022-01-09]. ISSN 14764954. Dostupné z: doi:10.3109/14767058.2014.986649.

KALYAN G, B., M. MITTAL a R. JAIN. Compromised Vitamin B12 Status of Indian Infants and Toddlers. *Food and Nutrition Bulletin* [online]. 2020, roč. 41, č. 4, s. 430–437 [cit. 2022-01-08]. ISSN 15648265. Dostupné z: doi:10.1177/0379572120950886.

KARAVASILOGLOU, N. et al. Differences in bone mineral density between adult vegetarians and nonvegetarians become marginal when accounting for differences in anthropometric factors. *Journal of Nutrition* [online]. 2020, roč. 150, č. 5, s. 1266–1271 [cit. 2020-02-25]. ISSN 15416100. Dostupné z: doi:10.1093/jn/nxaa018.

KERSTING, M. et al. Vegetarian Diets in Children?: An Assessment from Pediatrics and Nutrition Science [online]. 1. únor 2018. B.m.: Georg Thieme Verlag. ISSN 14394413. Dostupné z: doi:10.1055/s-0043-119864.

KIIHNE, T. et al. Maternal vegan diet causing a serious infantile neurological disorder due to vitamin B12 deficiency [online]. 1991. Dostupné z: doi:10.1016/j.ocl.2013.10.005.

KNUDSEN, N. et al. Age- and sex-adjusted iodine/creatinine ratio. A new standard in epidemiological surveys? Evaluation of three different estimates of iodine excretion based on casual urine samples and comparison to 24h values. *European Journal of Clinical Nutrition* [online]. 2000, roč. 54, č. 4, s. 361–363 [cit. 2021-05-13]. ISSN 09543007. Dostupné z: doi:10.1038/sj.ejcn.1600935.

KOLLER, A. et al. Health aspects of vegan diets among children and adolescents: a systematic review and meta-analyses [online]. 2023 [cit. 2024-02-07]. Dostupné z: doi:10.1080/10408398.2023.2263574.

KRAJCOVICOVA-KUDLACKOVA, M. et al. Influence of vegetarian and mixed nutrition on selected haematological and biochemical parameters in children [online]. 1997. Dostupné z: doi:10.1002/food.19970410513.

KRISTENSEN, N. B. et al. Intake of macro- and micronutrients in Danish vegans. *Nutrition Journal* [online]. 2015, roč. 14, č. 1, s. 1–10 [cit. 2020-02-12]. ISSN 1475-2891. Dostupné z: doi:10.1186/s12937-015-0103-3.

LANE, K., E. DERBYSHIRE, W. LI a Ch. BRENNAN. Bioavailability and Potential Uses of Vegetarian Sources of Omega-3 Fatty Acids: A Review of the Literature [online]. leden 2014. [cit. 2020-02-12]. ISSN 10408398. Dostupné z: doi:10.1080/10408398.2011.596292.

LARSSON, Ch. L. et al. Dietary intake and nutritional status of young vegans and omnivores in Sweden. IARC scientific publications [online]. 2011, roč. 76, č. 163, s. 189–198. ISSN 03005038. Dostupné z: doi:10.1093/AJCN/76.1.100.

LARSSON, Christel L. a Gunnar K. JOHANSSON. Dietary intake and nutritional status of young vegans and omnivores in Sweden. American Journal of Clinical Nutrition [online]. 2002, roč. 76, č. 1, s. 100–106. ISSN 00029165. Dostupné z: doi:10.1093/AJCN/76.1.100.

LEMALE, J. et al. Vegan diet in children and adolescents. Recommendations from the French-speaking Pediatric Hepatology, Gastroenterology and Nutrition Group (GFHGNP). Archives de Pédiatrie [online]. 2019, roč. 26, č. 7, s. 442–450. ISSN 1769664X. Dostupné z: doi:10.1016/j.arcped.2019.09.001.

LEUNG, A. M. et al. Iodine status and thyroid function of Boston-area vegetarians and vegans. Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism [online]. 2011, roč. 96, č. 8, s. 1303–1307. ISSN 0021972X. Dostupné z: doi:10.1210/jc.2011-0256.

LI, Y. et al. Antithyroperoxidase and antithyroglobulin antibodies in a five-year follow-up survey of populations with different iodine intakes. Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism [online]. 2008, roč. 93, č. 5, s. 1751–1757 [cit. 2022-11-25]. ISSN 0021972X. Dostupné z: doi:10.1210/jc.2007-2368.

LIGHTOWLER, H. J. a G. J. DAVIES. Assessment of iodine intake in vegans: Weighed dietary record vs duplicate portion technique. European Journal of Clinical Nutrition [online]. 2002, roč. 56, č. 8, s. 765–770 [cit. 2022-10-23]. ISSN 09543007. Dostupné z: doi:10.1038/sj.ejcn.1601392.

MACKNIN, M. et al. Plant-based, no-added-fat or American heart association diets: Impact on cardiovascular risk in obese children with hypercholesterolemia and their parents. Journal of Pediatrics [online]. 2015, roč. 166, č. 4, s. 953-959.e3 [cit. 2023-04-02]. ISSN 10976833. Dostupné z: doi:10.1016/j.jpeds.2014.12.058.

MACKNIN, M. et al. Three Healthy Eating Patterns and Cardiovascular Disease Risk Markers in 9 to 18 Year Olds With Body Mass Index >95%: A Randomized Trial. Clinical Pediatrics [online]. 2021, roč. 60, č. 11–12, s. 474–484 [cit. 2024-02-08]. ISSN 19382707. Dostupné z: doi:10.1177/00099228211044841.

MANGELS, A. R.V a V. MESSINA. Considerations in planning vegan diets: Infants [online]. 1. červen 2001. B.m.: Elsevier. [cit. 2021-08-11]. ISSN 00028223. Dostupné z: doi:10.1016/S0002-8223(01)00169-9.

MANGELS, R., V. MESSINA a M. MESSINA. The dietitian's guide to vegetarian diets : issues and applications. 596.

MARIANI, A. et al. Consequences of exclusive breast-feeding in vegan mother newborn - Case report. Archives de Pédiatrie [online]. 2009, roč. 16, č. 11, s. 1461–1463. ISSN 0929-693X. Dostupné z: doi:10.1016/j.arcped.2009.07.027.

MARIOTTI, F. a Ch. D. GARDNER. Dietary protein and amino acids in vegetarian diets—A review [online]. 1. listopad 2019. B.m.: MDPI AG. ISSN 20726643. Dostupné z: doi:10.3390/nu11112661.

MARTENS, J. H. et al. Microbial production of vitamin B12. *Applied Microbiology and Biotechnology* [online]. 2002, roč. 58, č. 3, s. 275–285 [cit. 2022-03-28]. ISSN 1432-0614. Dostupné z: doi:10.1007/S00253-001-0902-7.

MATKOVIC, V. a R. P. HEANEY. Calcium balance during human growth: evidence for threshold behavior. *The American journal of clinical nutrition* [online]. 1992, roč. 55, č. 5, s. 992–6 [cit. 2020-02-12]. ISSN 0002-9165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/55.5.992.

MEHLER, P. S. et al. Medical findings in 1,026 consecutive adult inpatient–residential eating disordered patients. *International Journal of Eating Disorders* [online]. 2018, roč. 51, č. 4, s. 305–313 [cit. 2023-03-28]. ISSN 1098108X. Dostupné z: doi:10.1002/eat.22830.

MESSINA, M. a G. REDMOND. Effects of soy protein and soybean isoflavones on thyroid function in healthy adults and hypothyroid patients: A review of the relevant literature [online]. březem 2006. [cit. 2020-02-13]. ISSN 10507256. Dostupné z: doi:10.1089/thy.2006.16.249.

MESSINA, V. Nutritional and health benefits of dried beans. In: *American Journal of Clinical Nutrition* [online]. B.m.: American Society for Nutrition. ISSN 19383207. Dostupné z: doi:10.3945/ajcn.113.071472.

MILLER, J. W. et al. Measurement of total vitamin B12 and holotranscobalamin, singly and in combination, in screening for metabolic vitamin B12 deficiency. *Clinical Chemistry* [online]. 2006, roč. 52, č. 2, s. 278–285 [cit. 2022-01-08]. ISSN 00099147. Dostupné z: doi:10.1373/clinchem.2005.061382.

MONTENEGRO-BETHANCOURT, G. et al. Iodine status assessment in children: Spot urine iodine concentration reasonably reflects true twenty-four-hour iodine excretion only when scaled to creatinine. *Thyroid* [online]. 2015, roč. 25, č. 6, s. 688–697 [cit. 2023-05-16]. ISSN 15579077. Dostupné z: doi:10.1089/thy.2015.000

NATHAN, I., A. F. HACKETT a S. KIRBY. The dietary intake of a group of vegetarian children aged 7-11 years compared with matched omnivores. *British Journal of Nutrition* [online]. 1996, roč. 75, č. 4, s. 533–544. ISSN 0007-1145. Dostupné z: doi:10.1079/bjn19960157.

NEWBERRY, S. J. et al. Omega-3 Fatty Acids and Maternal and Child Health: An Updated Systematic Review. Evidence report/technology assessment [online]. 2016, č. 224, s. 1–826 [cit. 2020-02-12]. ISSN 1530-4396. Dostupné z: doi:10.23970/AHRQEPERTA224.

O'CONNELL, J. M. et al. Growth of vegetarian children: The Farm Study. 1989. ISSN 00314005.

PAWLAK, R., S. E. LESTER a T. BABATUNDE. The prevalence of cobalamin deficiency among vegetarians assessed by serum vitamin B12: A review of literature. *European Journal of Clinical Nutrition* [online]. 2014, roč. 68, č. 5, s. 541–548. ISSN

14765640. Dostupné z: doi:10.1038/ejcn.2014.46.

PAWLAK, R. a K. BELL. Iron Status of Vegetarian Children: A Review of Literature [online]. 1. duben 2017. B.m.: S. Karger AG. ISSN 14219697. Dostupné z: doi:10.1159/000466706.

PAWLAK, R., S. E. LESTER a T. BABATUNDE. Erratum: The prevalence of cobalamin deficiency among vegetarians assessed by serum vitamin B12: A review of literature (European Journal of Clinical Nutrition [online]. 2014, roč. 68, č. 5, s. 541-548) [cit. 2020-02-12]. B.m.: Nature Publishing Group. ISSN 14765640. Dostupné z: doi:10.1038/ejcn.2016.81.

PERRY, Ch. L. et al. Characteristics of vegetarian adolescents in a multiethnic urban population. Journal of Adolescent Health [online]. 2001, roč. 29, č. 6, s. 406–416. ISSN 1054139X. Dostupné z: doi:10.1016/S1054-139X(01)00258-0.

RASHID, S., V. MEIER a H. PATRICK. Review of Vitamin B12 deficiency in pregnancy: a diagnosis not to miss as veganism and vegetarianism become more prevalent [online]. 1. duben 2021. B.m.: Eur J Haematol. [cit. 2022-01-08]. ISSN 16000609. Dostupné z: doi:10.1111/ejh.13571.

RAUMA, A. L., M. L. TÖRMÄLÄ, M. NENONEN a O. HÄNNINEN. Iodine status in vegans consuming a living food diet. Nutrition Research [online]. 1994, roč. 14, č. 12, s. 1789–1795. ISSN 02715317. Dostupné z: doi:10.1016/S0271-5317(05)80715-8.

REDECILLA FERREIRO, S. et al. Position paper on vegetarian diets in infants and children. Committee on Nutrition and Breastfeeding of the Spanish Paediatric Association. Anales de Pediatría [online]. 2020, roč. 92, č. 5, s. 306.e1-306.e6 [cit. 2022-01-09]. ISSN 16959531. Dostupné z: doi:10.1016/j.anpedi.2019.10.013.

REMER, T., A. NEUBERT a F. MANZ. Increased risk of iodine deficiency with vegetarian nutrition. British Journal of Nutrition [online]. 1999, roč. 81, č. 1, s. 45–49 [cit. 2022-10-23]. ISSN 00071145. Dostupné z: doi:10.1017/S0007114599000136.

RIZZO, G. et al. Vitamin B12 among vegetarians: Status, assessment and supplementation. Nutrients [online]. 2016, roč. 8, č. 12, s. 1–23. ISSN 20726643. Dostupné z: doi:10.3390/nu8120767.

ROBINSON-O'BRIEN, R. et al. Adolescent and Young Adult Vegetarianism: Better Dietary Intake and Weight Outcomes but Increased Risk of Disordered Eating Behaviors. Journal of the American Dietetic Association [online]. 2009, roč. 109, č. 4, s. 648–655. ISSN 00028223. Dostupné z: doi:10.1016/j.jada.2008.12.014.

ROTH, J. R., J. G. LAWRENCE a T. A. BOBIK. Cobalamin (coenzyme B12): Synthesis and biological significance. Annual Review of Microbiology [online]. 1996, roč. 50, s. 137–181 [cit. 2022-03-28]. ISSN 00664227. Dostupné z: doi:10.1146/annurev.micro.50.1.137.

RUDLOFF, S. et al. Vegetarian diets in childhood and adolescence. Molecular and Cellular Pediatrics [online]. 2019, roč. 6, č. 1 [cit. 2022-01-09]. ISSN 2194-7791. Dostupné z: doi:10.1186/s40348-019-0091-z.

SABATÉ, J. a WIEN, M., 2010. Vegetarian diets and childhood obesity prevention. *American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 91(5), s. 1525–1529. ISSN 00029165. Dostupné z: doi:10.3945/ajcn.2010.28701F

SANDERS, T. A.B. a REDDY, S., 1992. The influence of a vegetarian diet on the fatty acid composition of human milk and the essential fatty acid status of the infant. *The Journal of Pediatrics* [online]. 120(4 PART 2). ISSN 00223476. Dostupné z: doi:10.1016/S0022-3476(05)81239-9

SAUNDERS, A. V., DAVIS, B. C. a GARG, M. L., 2012. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and vegetarian diets. *The Medical Journal of Australia* [online]. 1(2), s. 22–26. ISSN 0025729X. Dostupné z: doi:10.5694/mjao11.11507

SCARBOROUGH, P., APPLEBY, P. N., et al., 2014. Dietary greenhouse gas emissions of meat-eaters, fish-eaters, vegetarians and vegans in the UK. *Climatic Change* [online]. 125(2), s. 179–192. ISSN 15731480. Dostupné z: doi:10.1007/s10584-014-1169-1

SCHMIDT, J. A., CROWE, F. L., et al., 2013. Serum Uric Acid Concentrations in Meat Eaters, Fish Eaters, Vegetarians and Vegans: A Cross-Sectional Analysis in the EPIC-Oxford Cohort. *PLoS ONE* [online]. 8(2). ISSN 19326203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0056339

SCHMIDT, J. A., et al., 2016. Plasma concentrations and intakes of amino acids in male meat-eaters, fish-eaters, vegetarians and vegans: A cross-sectional analysis in the EPIC-Oxford cohort. *European Journal of Clinical Nutrition* [online]. 70(3), s. 306–312. ISSN 14765640. Dostupné z: doi:10.1038/ejcn.2015.144

SCHÜPBACH, R., et al., 2017. Micronutrient status and intake in omnivores, vegetarians and vegans in Switzerland. *European Journal of Nutrition* [online]. 56(1), s. 283–293 [cit. 2022-10-23]. ISSN 14366215. Dostupné z: doi:10.1007/s00394-015-1079-7

SELINGER, E., et al., 2019. Vitamin B12 deficiency is prevalent among czech vegans who do not use vitamin B12 supplements. *Nutrients* [online]. 11(12), s. 1–11 [cit. 2020-02-12]. ISSN 20726643. Dostupné z: doi:10.3390/nu11123019

SELINGER, E, M NEUENSCHWANDER, A KOLLER, J GOJDA, T KÜHN, L SCHWINGSHACKL, J BARBARESKO a S SCHLESINGER, 2023. Evidence of a vegan diet for health benefits and risks—an umbrella review of meta-analyses of observational and clinical studies [online]. 2023. B.m.: Taylor and Francis Ltd. [cit. 2023-01-30]. ISSN 15497852. Dostupné z: doi:10.1080/10408398.2022.2075311

SHAHIDI, F a P AMBIGAIPALAN, 2018. Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids and Their Health Benefits [online]. 2018. ISSN 19411421. Dostupné z: doi:10.1146/annurev-food-111317-095850

SHAHID, M.A., ASHRAF, M.A., SHARMA, S. Physiology, Thyroid Hormone.[Aktualizováno 5. června 2023]. In: StatPearls [online]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, leden 2024. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK500006/>

SHAKER, J. L. a L DEFTOS, 2013. Calcium and Phosphate Homeostasis. In:

Endocrine and Reproductive Physiology [online]. B.m.: MDText.com, Inc., s. 77-e1 [cit. 2022-02-04]. Dostupné z: doi:10.1016/b978-0-323-08704-9.00004-x

ŠIMČIKAS, S, 2018. Is the Percentage of Vegetarians and Vegans in the U.S. Increasing? | Animal Charity Evaluators [online] [cit. 2021-03-26]. Dostupné z: <https://animalcharityevaluators.org/blog/is-the-percentage-of-vegetarians-and-vegans-in-the-u-s-increasing/>

SNOW, Ch. F., 1999. Laboratory diagnosis of vitamin B12 and folate deficiency: A guide for the primary care physician [online]. 28. červen 1999. B.m.: Arch Intern Med. [cit. 2022-01-08]. ISSN 00039926. Dostupné z: doi:10.1001/archinte.159.12.1289

SOBIECKI, J. G., P. N. APPLEBY, K. E. BRADBURY a T. J. KEY, 2016. High compliance with dietary recommendations in a cohort of meat eaters, fish eaters, vegetarians, and vegans: Results from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition-Oxford study. Nutrition Research [online]. 36(5), 464–477. ISSN 18790739. Dostupné z: doi:10.1016/j.nutres.2015.12.016

SOETERS, P. B., R. R. WOLFE a A SHENKIN, 2019. Hypoalbuminemia: Pathogenesis and Clinical Significance [online]. 2019. [cit. 2023-03-28]. ISBN 2019181193. Dostupné z: doi:10.1002/jpen.1451

SVĚTNIČKA, M, M HEDELOVÁ, H VINOHRADSKÁ a E EL-LABABIDI, 2021. Iodine intake monitoring in neonatal population in the Czech Republic: alarming numbers in 2020. Casopis Lekarů Ceských [online]. 160(6), 233–236 [cit. 2022-04-05]. ISSN 18054420. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34915712/>

SVĚTNIČKA, M, E SELINGER, J GOJDA a E EL-LABABIDI, 2020a. Health consequences of vegan diet in children and adolescents. Diabetologie Metabolismus Endokrinologie Vyziva [online]. 23(4), 166–173 [cit. 2021-03-20]. ISSN 12126853. Dostupné z: http://www.tigis.cz/images/stories/DMEV/2020/DMEV_4_2020/DMEV_mailing_4_2020_svetnicka.pdf

SVĚTNIČKA, M, E SELINGER, J GOJDA a E EL-LABABIDI, 2020b. Plant based diets: From toddler to adolescence. Pediatrie pro Praxi [online]. 21(4), 264–269 [cit. 2021-03-20]. ISSN 18035264. Dostupné z: doi:10.36290/ped.2020.054

SVĚTNIČKA, M, A SIGAL, E SELINGER, M HENIKOVÁ, E EL-LABABIDI a J GOJDA, 2022. Cross-Sectional Study of the Prevalence of Cobalamin Deficiency and Vitamin B12 Supplementation Habits among Vegetarian and Vegan Children in the Czech Republic. Nutrients [online]. 14(3) [cit. 2022-02-01]. ISSN 20726643. Dostupné z: doi:10.3390/nu14030535

TAKAHASHI-IÑIGUEZ, T, E GARCÍA-HERNANDEZ, R ARREGUÍN-ESPINOSA a M. E. FLORES, 2012. Role of Vitamin B12 on methylmalonyl-CoA mutase activity [online]. červen 2012. B.m.: J Zhejiang Univ Sci B. [vid. 2022-03-28]. ISSN 16731581. Dostupné z: doi:10.1631/jzus.B1100329

TAMANG, B, et al., 2019. Association of antithyroglobulin antibody with iodine nutrition and thyroid dysfunction in Nepalese children. Thyroid Research [online]. 12(1) [cit. 2022-11-25]. ISSN 17566614. Dostupné z: doi:10.1186/s13044-019-0067-

z

TEAS, J, et al., 2004. Variability of iodine content in common commercially available edible seaweeds. *Thyroid* [online]. 14(10), 836–841 [cit. 2021-05-14]. ISSN 10507256. Dostupné z: doi:10.1089/thy.2004.14.836

THOMSON, Ch. D., et al., 2005. The effect of selenium on thyroid status in a population with marginal selenium and iodine status. *British Journal of Nutrition* [online]. 94(6), 962–968 [cit. 2021-05-08]. ISSN 0007-1145. Dostupné z: doi:10.1079/bjn20051564

TRIGGIANI, V, et al., 2023. Optimizing Growth: The Case for Iodine. *Nutrients* 2023, Vol. 15, Page 814 [online]. 15(4), 814 [cit. 2023-05-02]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/NU15040814

WATANABE, F, 2007. Vitamin B12 sources and bioavailability [online]. listopad 2007. ISSN 15353702. Dostupné z: doi:10.3181/0703-MR-67

WEAVER, C. M., W. R. PROULX a R HEANEY, 1999. Choices for achieving adequate dietary calcium with a vegetarian diet. In: *American Journal of Clinical Nutrition* [online]. ISSN 00029165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/70.3.543s

WEAVER, C M, et al., 2016. The National Osteoporosis Foundation's position statement on peak bone mass development and lifestyle factors: a systematic review and implementation recommendations. *Osteoporos Int* [online]. 27, 1281–1386. Dostupné z: doi:10.1007/s00198-015-3440-3

WEAVER, C M a K L PLawecki, 1994. Dietary calcium: adequacy of a vegetarian diet. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 59(5), 1238S-1241S [cit. 2020-02-13]. ISSN 0002-9165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/59.5.1238S

WEDER, S, et al., 2019. Energy, macronutrient intake, and anthropometrics of vegetarian, vegan, and omnivorous children (1-3 years) in Germany (VeChi diet study). *Nutrients* [online]. 11(4), 1–18. ISSN 20726643. Dostupné z: doi:10.3390/nu11040832

WEDER, S, M KELLER, et al., 2022a. Intake of micronutrients and fatty acids of vegetarian, vegan, and omnivorous children (1–3 years) in Germany (VeChi Diet Study). *European Journal of Nutrition* [online]. 61(3), 1507–1520 [cit. 2022-01-09]. ISSN 14366215. Dostupné z: doi:10.1007/s00394-021-02753-3

WEDER, S, et al., 2022b. How Does Selenium Intake Differ among Children (1-3 Years) on Vegetarian, Vegan, and Omnivorous Diets? Results of the VeChi Diet Study. *Nutrients* [online]. 15(1) [cit. 2023-03-28]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/NU15010034

WHO, 2006. WHO child growth standards and the identification of severe acute malnutrition in infants and children. *World Health Organization* [online] [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: www.who.int/childgrowth/standards

WHO, 2014. Assessment of Iodine Deficiency Disorders and Monitoring Their Elimination. *World Health Organization*. 28(2), 1–108. ISSN 19412452.

YELIOSOF, O. et al. 2018. Veganism as a cause of iodine deficient hypothyroidism.

Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism [online]. 31(1), s. 91–94 [cit. 2021-05-02]. ISSN 21910251. Dostupné z: doi:10.1515/jpem-2017-0082

YOUNG, V. R. a P. L. PELLETT. 1994. Plant proteins in relation to human protein and amino acid nutrition. In: *American Journal of Clinical Nutrition* [online]. B.m.: American Society for Nutrition. ISSN 00029165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/59.5.1203S

ZAMRAZIL, V. et al. 2014. Jód a štítná žláza. Optimální příjem jódu a poruchy z jeho nedostatku [online]. [cit. 2020-02-12]. Dostupné z: www.mf.cz

ZIMMERMANN, M. B. 2006. The influence of iron status on iodine utilization and thyroid function. [online]. B.m.: *Annu Rev Nutr.* [cit. 2021-08-11]. ISSN 01999885. Dostupné z: doi:10.1146/annurev.nutr.26.061505.111236

ZIMMERMANN, M. B. et al. 2007. Vitamin A supplementation in iodine-deficient African children decreases thyrotropin stimulation of the thyroid and reduces the goiter rate. *American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 86(4), s. 1040–1044 [cit. 2021-05-08]. ISSN 00029165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/86.4.1040

13. Publikace a prezentace výstupů řešení dizertace

Originální publikace s faktorem impaktu ve vztahu k tématu:

SVĚTNIČKA, M., SIGAL, A., SELINGER, E., HENIKOVÁ, M., EL-LABABIDI, E., a GOJDA, J. Cross-sectional study of the prevalence of cobalamin deficiency and vitamin B12 supplementation habits among vegetarian and vegan children in the Czech Republic. *Nutrients*. 2022, roč. 14, č. 3, [online]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/nu14030535> [cit. 2022-02-01]. (IF 6,706)

SVĚTNIČKA, M., HENIKOVÁ, M., SELINGER, E., OUŘADOVÁ, A., POTOČKOVÁ, J., KUHN, T., GOJDA, J. a EL-LABABIDI, E. Prevalence of iodine deficiency among vegan compared to vegetarian and omnivore children in the Czech Republic: cross-sectional study. *European Journal of Clinical Nutrition* [online]. 2023, roč. 77, č. 11, s. 1061–1070. ISSN 1476-5640. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/s41430-023-01312-9> [cit. 2024-04-20]. (IF 4,882)

KOLLER, A., ROHRMANN, S., WAKOLBINGER, M., GOJDA, J., SELINGER, E., CAHOVA, M., SVĚTNIČKA, M., HAIDER, S., SCHLESINGER, S., KÜHN, T. a KELLER, J. W. Health aspects of vegan diets among children and adolescents: a systematic review and meta-analyses [online]. 2023. ISSN 1549-7852. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.226357> [cit. 2024-02-07]. (IF 11,208)

Přehledové publikace bez faktoru impaktu ve vztahu k tématu:

SVĚTNIČKA, M., SELINGER, E., GOJDA, J. a EL-LABABIDI, E. Zdravotní konsekvence rostlinného stravování u dětí a dospívajících. Health consequences of vegan diet in children and adolescents. *Diabetologie Metabolismus Endokrinologie Výživa* [online]. 2020, roč. 23, č. 4, s. 166–173. ISSN 1212-6853. Dostupné z: http://www.tigis.cz/images/stories/DMEV/2020/DMEV_4_2020/DMEV_mailing_4_2020_svetnicka.pdf [cit. 2021-03-20].

SVĚTNIČKA, M. a EL-LABABIDI, E. Problematika jodového zásobení u dětí na rostlinné stravě. Problematics of iodine saturation among children on the vegan diet. *Časopis lékařů českých*. 2021, roč. 160, č. 6, s. 237–241. ISSN 0008-7335.

SVĚTNIČKA, M., SELINGER, E., GOJDA, J. a EL-LABABIDI, E. Zdravotní konsekvence veganské stravy u dětí a dospívajících [online]. Dostupné z: www.tigis.cz/images/stories/DMEV/2020/DMEV_4_2020/DMEV_mailing_4_2020_svetnicka.pdf [cit. 2021-05-08].

SVĚTNIČKA, M., SELINGER, E., GOJDA, J. a EL-LABABIDI, E. Rostlinné stravování: Od kojení po zavádění příkrmů. Plant based diets: breastfeeding and complementary feeding. *Pediatric pro praxi* [online]. 2020, roč. 21, č. 6, s. 409–413. Dostupné z: https://www.pediatricpropraxi.cz/artkey/ped-202006-0005_rostlinna_strava_kojeni_a_zavadeni_prikrmu.php [cit. 2021-03-20].

Originální publikace bez faktoru impaktu bez vztahu k tématu:

SVĚTNIČKA, M., HEDELOVÁ, M., VINOHRADSKÁ, H. a EL-LABABIDI, E. Monitorování jodového zásobení novorozenecké populace v České republice: alarmující výsledky za rok 2020. Iodine intake monitoring in neonatal population in the Czech Republic: alarming numbers in 2020. *Časopis lékařů českých* [online]. 2021, roč. 160, č. 6, s. 233–236. ISSN 1805-4420. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34915712/> [cit. 2022-04-05].

SVĚTNIČKA, M., HEDELOVÁ, M., VINOHRADSKÁ, H. a EL-LABABIDI, E. Využití novorozeneckého screeningu vrozené hypotyreózy k monitoraci jodového zásobení. *Česko-slovenská pediatrie*. 2024, roč. 79, č. 3, s. 142–144. ISSN 0069-2328. [cit. 2022-05-25].

Prezentace výsledků na mezinárodních konferencích s uvedením abstraktu v nerecenzovaných sbornících:

SVĚTNIČKA, M., EL-LABABIDI, E., SELINGER, E. a GOJDA, J. Children on plant-based diet. Konference: VESNA 2019: European Network for Research on Plant-based Diets. 7. - 10. 11. 2019, Praha.

SVĚTNIČKA, M., SIGAL, A., SELINGER, E., HENIKOVÁ, M., EL-LABABIDI, E. a GOJDA, J. Cross sectional study of the prevalence of cobalamin deficiency and vitamin B12 supplementation habits among vegetarian and vegan children in the Czech Republic. 30th Meeting of European Society of Pediatric Clinical Research, 16. - 17. 6. 2022: Book of abstracts. Brno.

SVĚTNIČKA, M., HENIKOVÁ, M., SELINGER, E., OUŘADOVÁ, A., POTOČKOVÁ, J., KUHN, T., EL-LABABIDI, E. a GOJDA, J. Cross sectional study of iodine status among children following plant-based diet compared to omnivores in the Czech Republic. 31th Meeting of European Society of Pediatric Clinical Research, 26. - 27. 5. 2023: Book of abstracts. Budapest.

Prezentace výsledků na národních konferencích s uvedením abstraktu v nerecenzovaném sborníku ve vztahu k tématu:

SVĚTNIČKA, M. a EL-LABABIDI, E. Přívod jódu u dětí na rostlinné stravě. Konference Jód v těhotenství. Sborník příspěvků. Praha, 3. 3. 2020.

SVĚTNIČKA, M., EL-LABABIDI, E. a SELINGER, E. Problematika jodového zásobení u dětí na rostlinné stravě v kazuistikách. *Hygiena*. 2021, roč. 66, č. 2, s. 65-66. DOI: 10.21101/hygiena.b0047.

SVĚTNIČKA, M. Veganství u dětí – problematika jodového zásobení. Konference Výživa a zdraví 2021: Budoucnost výživy člověka. Sborník příspěvků. Teplice, 21. - 23. 9. 2021. ISBN 978-80-87878-53-8.

SVĚTNIČKA, M., SELINGER, E. a EL-LABABIDI, E. Jód v dietě vegetariánských a veganských dětí. *Hygiena*. 2022, roč. 67, č. 2, s. 70. DOI: 10.21101/hygiena.b0099.

SVĚTNIČKA, M., SELINGER, E. a EL-LABABIDI, E. Jód v dietě vegetariánských a veganských dětí. Konference Školní stravování 2022: Legislativní, zdravotní a nutriční problematika ve školním stravování. Sborník příspěvků. Pardubice, 24. - 25. 5. 2022.

SVĚTNIČKA, M., SIGAL, A., SELINGER, E., HENIKOVÁ, M., EL-LABABIDI, E. a GOJDA, J. Studie prevalence deficit kobalaminu a suplementace vitamin B12 u dětí vegetariánů a veganů v České republice. Konference Výživa a zdraví 2022: Budoucnost výživy člověka. Sborník příspěvků. Teplice, 20. - 22. 9. 2022. ISBN 978-80-87878-56-9.

SVĚTNIČKA, M., SELINGER, E., GOJDA, J., EL-LABABIDI, E. a HENIKOVÁ, M. Vliv rostlinného stravování v pediatrické populaci na parametry lipidogramu, kyseliny močové a BMI: průřezová studie. 59. Diabetologické dny. Sborník abstrakt. Teplice, 25. - 26. 4. 2023.

SVĚTNIČKA, M., HENIKOVÁ, M., SELINGER, E., OUŘADOVÁ, A., POTOČKOVÁ, J., KUHN, T., EL-LABABIDI, E. a GOJDA, J. Cross sectional study of iodine status among children following plant-based diet compared to omnivores in the Czech Republic. Studentská vědecká konference. Sborník abstrakt. Praha, 23. 5. 2023.

Prezentace výsledků na národních konferencích s uvedením abstraktu v nerecenzovaném sborníku bez vztahu k tématu:

SVĚTNIČKA, M., VINOHRADSKÁ, H., HEDELOVÁ, M. a EL-LABABIDI, E. Jódové zásobení těhotných a novorozenců: výsledky monitorace prostřednictvím novorozeneckého screeningu TSH za rok 2020. *Hygiena*. 2021, roč. 66, č. 2, s. 66. DOI: 10.21101/hygiena.b0048.

Ostatní aktivní účast na vzdělávacích akcích:

Odborné vzdělávací semináře Kliniky dětí a dorostu Fakultní nemocnice Královské Vinohrady a 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze, Rostlinná strava u dětí, r. 2019

Pediatrické předvánoční setkání na Klinice dětí a dorostu Fakultní nemocnice Královské Vinohrady a 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze, Děti na rostlinné stravě, r. 2019

Pediatrické kazuistiky On-Line České pediatrické společnosti, Překvapivé nálezy při vyšetření obezity, r. 2021

Odborné vzdělávací semináře Kliniky dětí a dorostu Fakultní nemocnice Královské Vinohrady a 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze, Rizikové mikronutrienty u veganů a vegetariánů, r. 2021

Pediatrické předvánoční setkání na Klinice dětí a dorostu Fakultní nemocnice Královské Vinohrady a 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze, Rizika veganství u dětí a jejich prevence, r. 2021

Májové setkání na Klinice dětí a dorostu Fakultní nemocnice Královské Vinohrady a 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze, Chlapec s otoky a malým vzrůstem, r. 2022

Vzdělávací semináře Centra pro výzkum výživy, metabolismu a diabetu 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze, Hladiny jódu a thyreodálních parametrů u veganské populace, r. 2022

Pediatrické předvánoční setkání na Klinice dětí a dorostu Fakultní nemocnice Královské Vinohrady a 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze, Problematika rostlinného stravování v ambulanci praktického lékaře pro děti a dorost – novinky a praktická doporučení, r. 2023

Vzdělávací semináře Dětského oddělení Fakultní nemocnice Bulovka, Problematika rostlinného stravování u dětí a dospívajících, r. 2024

Odborné vzdělávací semináře Kliniky dětí a dorostu Fakultní nemocnice Královské Vinohrady a 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze, Využití novorozeneckého screeningu při monitorování jódového deficitu, r. 2024

Vzdělávací semináře Ústavu pro péči o matku a dítě, Problematika rostlinného stravování u dětí a dospívajících, r. 2024

Setkání mladých pediatriů, Problematika rostlinného stravování u dětí a dospívajících, r. 2024

Pedagogická činnost:

Výuka studentů oboru Všeobecné lékařství 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze v rámci předmětů: Zdravotník zotavovacích akcí (Volitelný předmět); Pediatrie a Gynekologie (4. ročník), Pediatrie I. (5. ročník) a Pediatrie II. (6. ročník). Přednášky pro studenty oboru Nutriční terapie 3. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze.

Lektor na kurzu Dětské endokrinologie pro IPVZ, 10. 12. 2022, Praha

Významná ocenění:

24. Dny dětské endokrinologie a půl den dětské obezitologie, Brno, rok 2024, Ocenění za nejhodnotnější původní práci českých autorů v oboru dětská endokrinologie publikované v zahraničních časopisech v r. 2023 v kategorii bez rozdílu věku.

14. Přílohy

Příloha 1: Originální článek, Nutrients, IF (6,706)

Příloha 2: Originální článek, European Journal of Nutrition, IF (4,882)

Příloha 3: Originální Článek, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, IF (11,208)

Příloha 3: Studijní protokoly (informovaný souhlas, formuláře)

Příloha 4: Praktický výstup – Edukační leták zaměřený na problematiku jódu ve spolupráci s Centrem podpory veřejného zdraví při Státním zdravotním ústavu

15. Dedikace

Univerzita Karlova COOPERATIO METD

Univerzita Karlova COOPERATIO PEDI

Ministerstvo zdravotnictví České republiky NU21-09-00362