

UNIVERZITA KARLOVA

FARMACEUTICKÁ FAKULTA V HRADCI KRÁLOVÉ

KATEDRA BIOLOGICKÝCH A LÉKAŘSKÝCH VĚD



DIPLOMOVÁ PRÁCA

Vplyv suplementácie na utilizáciu nutričných substrátov gravidných žien

MÁRIA BULLOVÁ

Vedúci diplomovej práce: PharmDr. MIROSLAV KOVAŘÍK, Ph.D.

HRADEC KRÁLOVÉ,

2024

Podakovanie

Moje podakovanie patrí školiteľovi PharmDr. Miroslavovi Kovaříkovi, Ph.D. za odborné vedenie, čas, trpezlivosť, ochotu a za poskytovanie cenných rád počas spracovávaní mojej diplomovej práce. V neposlednom rade by som chcela poďakovať svojej rodine, ktorá mi bola obrovskou oporou počas celého štúdia.

„Prehlasujem, že táto práca je mojím pôvodným autorským dielom. Použitá literatúra a ďalšie zdroje, z ktorých som pri spracovaní práce čerpala, sú uvedené v zozname literatúry a v diplomovej práci sú riadne citované. Práca nebola použitá k získaniu iného alebo rovnakého titulu.“

V Hradci Králové, 26.8.2024

Mária Bullová

OBSAH

1.	ABSTRAKT.....	6
2.	ABSTRACT.....	7
3.	ÚVOD.....	8
4.	ZADANIE – CIEĽ PRÁCE.....	9
5.	TEORETICKÁ ČASŤ.....	10
5.1	Energetický metabolizmus.....	10
5.2	Metabolizmus nutričných substrátov v gravidite.....	10
5.2.1	Metabolizmus sacharidov.....	11
5.2.2	Metabolizmus lipidov.....	11
5.2.3	Metabolizmus proteínov.....	12
5.3	Energetický výdaj.....	12
5.4	Stanovenie pokojového energetického výdaja.....	13
5.4.1	Priama kalorimetria.....	14
5.4.2	Nepriama kalorimetria.....	14
5.4.3	Prediktívne rovnice.....	15
5.4.4	Ďalšie metódy stanovenie pokojového energetického výdaja.....	17
5.5	Utilizácia nutričných substrátov.....	17
5.6	Energetické požiadavky počas tehotenstva.....	19
5.6.1	Gestačný prírastok hmotnosti.....	19
5.6.2	Energetický príjem nutričných substrátov.....	20
5.7	Suplementácia v tehotenstve.....	21
5.7.1	Vitamíny.....	21
5.7.2	Minerálne látky.....	24
6.	EXPERIMENTÁLNA ČASŤ.....	27
6.1	Metodika.....	27
6.1.1	Popis štúdie.....	27
6.1.2	Nepriama kalorimetria.....	28
6.1.3	Výpočty oxidácie nutričných substrátov.....	30
6.1.4	Antropometrické stanovenie.....	32

6.1.5	Bioimpedančná analýza.....	32
6.1.6	Vyhodnotenie dotazníkov.....	33
6.1.7	Štatistické vyhodnotenie.....	33
7.	VÝSLEDKY.....	34
7.1	Základné antropometrické parametre u tehotných žien.....	34
7.2	Hodnotenie príjmu suplementov.....	37
7.3	Korelácia medzi príjmom suplementov a utilizáciou nutrientov.....	41
7.3.1	Korelácia medzi príjmom suplementov a utilizáciou sacharidov.....	42
7.3.2	Korelácia medzi príjmom suplementov a utilizáciou lipidov.....	44
7.3.3	Korelácia medzi príjmom suplementov a utilizáciou proteínov.....	45
8.	DISKUSIA.....	49
9.	ZÁVER.....	53
10.	POUŽITÉ SKRATKY.....	54
11.	ZOZNAM TABULIEK.....	56
12.	ZOZNAM OBRÁZKOV.....	57
13.	ZOZNAM ROVNÍC.....	58
14.	ZOZNAM GRAFOV.....	59
15.	POUŽITÁ LETERATURA.....	60

1. ABSTRAKT

Cieľ práce

Cieľom diplomovej práce bolo stanoviť a analyzovať zmeny pokojového energetického výdaja a využitia základných nutričných substrátov gravidných žien v rôznych fázach tehotenstva. Ďalším cieľom práce bolo nájsť asociáciu medzi využitím nutričných substrátov a príjmom vitamínov a minerálnych látok v suplementoch aj v potrave.

Metódy

Štúdie sa zúčastnilo 16 zdravých prvorodičiek (31 ± 3 roky), ktoré boli vyšetrované medzi 17.-27., 28.-35. a 36.-37. týždňom tehotenstva. Pokojový energetický výdaj a využitie nutričných substrátov bola stanovená za využitia nepriamej kalorimetrie a odpadu urey zo 24-hodinového zberu moču. Príjem mikronutrientov z výživy a suplementácie bol hodnotený pomocou týždenných nutričných záznamov a nutričného software Nutridan.

Výsledky

Pokojový energetický výdaj vzrástol medzi druhým a koncom tretieho trimestra približne o 20 % ($p = 0,0062$). Významne vyšší zostal aj po prepočte na % predikovanej hodnoty ($p = 0,0124$), povrch tela ($p = 0,0096$) a netukové tkanivo ($p = 0,0402$). Aj keď sa v priebehu tehotenstva využitia nutričných substrátov významne nemenila, bola preukázaná jej asociácia s príjmom mnohých mikronutrientov. Pozitívna asociácia bola sledovaná najmä medzi príjmom vitamínov, minerálnych látok a využitím sacharidov. Naopak k negatívnym asociáciám dochádzalo pri využití lipidov. Korelácia medzi suplementáciou a využitím proteínov bola negatívna aj pozitívna.

Záver

Kým samotná využitia nutričných substrátov počas rôznych fáz tehotenstva zostala relatívne konštantná, bola preukázaná jej asociácia s príjmom vitamínov a minerálnych látok vo výžive aj suplementoch. V našom výskume bol ukázaný trend naznačujúci, že príjem mikronutrientov môže mať potenciálne významný vplyv na využitia nutričných substrátov.

Kľúčové slová: tehotenstvo, nepriama kalorimetria, respiračný kvocient, pokojový energetický výdaj, využitia nutričných substrátov, suplementácia

2. ABSTRACT

Background

The aim of this thesis was to determine and analyse changes in resting energy expenditure and substrate utilization in pregnant woman at different stages of pregnancy. Another goal of the thesis was to find an association between substrate utilization and the intake of vitamins and minerals from supplements and food.

Methods

The study involved 16 first-time mothers (31 ± 3 years old), who were examined between the 17th-27th, 28th-35th and 36th-37th weeks of pregnancy. Resting energy expenditure and utilization of nutritional substrates were determined using indirect calorimetry and urea excretion from 24-hour urine collection. The intake of micronutrients from food and supplementation was assessed using weekly nutritional records and nutritional software Nutridan.

Results

Resting energy expenditure increased by approximately 20 % between the second and the end of the third trimester ($p = 0.0062$). It remained significantly higher even when adjusted for the percentage of predicted value ($p = 0.0124$), body surface area ($p = 0.0096$) and lean tissue ($p = 0.0402$). Although the substrate utilization did not change significantly during pregnancy, an association with the intake of various micronutrients was demonstrated. A positive association was particularly observed between the intake of vitamins and minerals and the utilization of carbohydrates. Conversely, negative associations were found with the utilization of lipids. The correlation between supplementation and protein utilization was both negative and positive.

Conclusions

While substrate utilization remained relatively constant across different stages of pregnancy, an association with the intake of vitamins and minerals from both diet and supplements was demonstrated. Our study revealed a trend suggesting that micronutrient intake may have a potentially significant impact on substrate utilization.

Keywords: pregnancy, indirect calorimetry, respiratory quotient, resting energy expenditure, substrate utilization, supplementation

3. ÚVOD

Tehotenstvo predstavuje unikátne obdobie v živote ženy, ktoré je sprevádzané mnohými anatomickými, metabolickými, hormonálnymi a emočnými zmenami. Počas tehotenstva sa mení metabolizmus živín a aj energetické požiadavky, ktoré smerujú k optimálnemu vývinu a rastu potomstva.

Výživa v tehotenstve zohráva kľúčovú rolu pre zachovanie zdravia plodu i matky. Vyvážená strava doplnená o nevyhnutné vitamíny a minerálne látky by mala byť pre tehotnú ženu prioritou. Pomocou stravy a dostatočného prísunu mikronutrientov dokážeme predchádzať zdravotným komplikáciám plodu a matky počas tehotenstva.

Metabolické zmeny sú dôležitou adaptáciou ženského tela pre zabezpečenie energetických požiadaviek plodu, ktoré sa v tehotenstve zvyšujú. Táto diplomová práca sa zameriava na zmeny pokojového energetického výdaja a využitia nutričných substrátov, ako sú sacharidy, lipidy a proteíny za využitia metódy nepriamej kalorimetrie a stanovenia odpadu močoviny zo celodenného zberu moču.

4. ZADANIE – CIEĽ PRÁCE

Cieľom diplomovej práce bolo stanoviť a analyzovať zmeny pokojového energetického výdaja a využitia základných nutričných substrátov u gravidných žien. Ďalším cieľom práce bolo nájsť asociáciu medzi využitím nutričných substrátov a príjmom vitamínov a minerálnych látok v suplementoch aj v potrave.

5. TEORETICKÁ ČÁST

5.1 *Energetický metabolizmus*

Energetický metabolizmus pozostáva zo série biochemických reakcií, ktoré poskytujú bunkám energiu zo živín na udržiavanie životne dôležitých procesov a syntézu nových organických zlúčenín.

Metabolizmus môžeme rozdeliť na súbor biochemických pochodov, ktoré zahŕňajú syntézu alebo degradáciu komplexných makromolekúl, známych aj ako anabolizmus a katabolizmus. Katabolizmus definujeme ako degradáciu zložitých makromolekúl na jednoduchšie molekuly ako je oxid uhličitý, vodu a zlúčeniny dusíka. Anabolizmus predstavuje biosyntetické reakcie, ktoré vedú k vzniku komplexných makromolekúl, ako sú nukleové kyseliny, proteíny, polysacharidy a lipidy (Judge & Dodd, 2020).

Konečným výsledkom metabolizmu živín je produkcia energie. Chemická energia sa získava oxidáciou substrátu na oxid uhličitý a vodu, vďaka ktorej je produkované teplo a vysoko energetická zlúčenina ATP (adenozíntrifosfát). ATP je nukleotid pozostávajúci z dusíkatej bázy adenínu a ribózového cukru s lineárnou trifosfátovou štruktúrou, ktorý sa spotrebuje pri rôznych procesoch organizmu, vrátane šírenia nervových impulzov, svalovej kontrakcie, aktívneho transportu a syntéze DNA a RNA (Gupta et al., 2017).

5.2 *Metabolizmus nutričných substrátov v gravidite*

Adaptácia tela ženy na tehotenstvo prináša mnoho anatomických, fyziologických a metabolických zmien za cieľom podpory a zabezpečenia nutričných a metabolických potrieb rastúceho plodu. So vzrastajúcim gestačným vekom sa zvyšuje hmotnosť ako matky, tak i plodu a narastá aj spotreba energia priamo úmerne s energetickými požiadavkami pre organizmus.

Prvá fáza tehotenstva je označovaná aj ako anabolická fáza, ktorá je charakteristická zvýšením energetických zásob matky. V tejto fáze sa telo pripravuje na neskoršie štádiá tehotenstva a ukladá energiu vo forme lipidov do zásob pre zabezpečenie potrieb vlastného tela a dieťaťa. Druhá fáza je definovaná ako katabolická

fáza alebo aj fetálna anabolická fáza, ktorá je zameraná na rast plodu. U matky dochádza k zníženiu citlivosti na inzulín, zvýšením koncentrácie glukózy a voľných mastných kyselín (Parrettini et al., 2020).

5.2.1 Metabolizmus sacharidov

Gestačný metabolizmus glukózy má cieľ zabezpečiť dostatočný prísun glukózy pre správny vývoj plodu a súčasného zachovania primeranej výživy matky. Hladiny ľudského placentárneho laktogénu, placentárneho rastového hormónu, progesterónu, kortizolu a prolaktínu vykazujú lipolytický a diabetogénny účinok, čo prispieva k zníženiu citlivosti na inzulín v periférnych tkanivách, ako sú adipocyty i kostrové svalstvo. Reakciou na pokles citlivosti na inzulín je adaptácia β -buniek pankreasu, čo sa prejavuje zvýšenou sekréciou inzulínu. Spolu s týmito zmenami prispieva glukoneogéza pečene k homeostáze glukózy (Angueira et al., 2015).

5.2.2 Metabolizmus lipidov

Metabolické a hormonálne zmeny v priebehu tehotenstva prispievajú k zmenám lipidového spektra. Počas prvých dvoch trimestrov je metabolizmus lipidov anabolický, pre prípravu na zvýšenie energetických potrieb plodu. Gravidita je charakteristická zvýšením syntézy a akumulácie tuku v tele matky. K zvýšenému ukladaniu tuku prispieva aj zvýšená produkcia hormónov ako je progesterón, leptín, kortizol a prolaktín (Wild & Feingold, 2000).

Na začiatku gravidity hladiny cholesterolu, LDL-cholesterolu, triglyceridov a apolipoproteínu mierne klesajú, ale začiatkom druhého trimestra až do pôrodu sledujeme zvýšenie celkového cholesterolu a LDL cholesterolu o približne 30-50 %, zatiaľ čo pri triglyceridoch je to zvýšenie odhadované až o 50-100 %. Hladiny HDL cholesterolu a apolipoproteínu sa zvyšujú o 20-40 % a v 20-24. týždni tehotenstva sa hodnoty týchto lipidov ustáli. Rozsah zmien lipového spektra je ovplyvnený mnohými faktormi, ako jeho hodnota pred tehotenstvom, vek, index telesnej hmotnosti (BMI), strava a etnicita. V treťom trimestri sa metabolizmus lipidov mení na katabolický s poklesom akumulácie tukov. Katabolická fáza je charakterizovaná zvýšenou lipolýzou a mobilizáciou triglyceridov z adipocytov (Mulder et al., 2024).

5.2.3 Metabolizmus proteínov

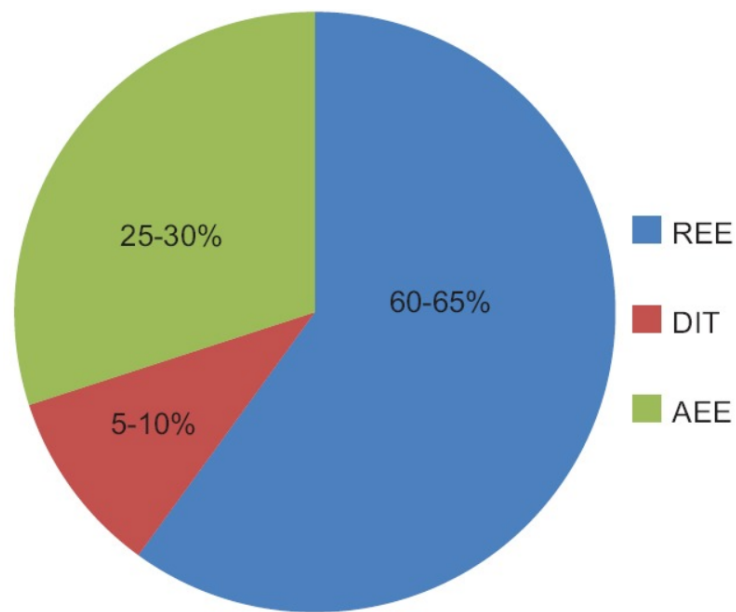
Aminokyseliny sú potrebné pre matku aj plod pre energiu a rast, vo väčšine prípadov počas tehotenstva ich plazmatické koncentrácie klesajú. Tento efekt nastáva pre zvýšené vychytávanie placentou, zvýšenými hladinami inzulínu, glukoneogenézu v pečeni. Expanzia objemu krvi a rast materských tkanív, plodu a placenty vyžaduje značné množstvo bielkovín. Retencia dusíku je rátaná ako 0,9 kg prírastku materského proteínu do 27. týždňa a 0,5 kg vo fetoplacentaárnej jednotke. Stúpanie hladín aminokyselín po jedle v plazme je menej výraznejšia, ako u netehotných žien (Hadden & McLaughlin, 2009).

Proteíny majú energetickú hodnotu približne 5,5 kcal/g, z toho sa pri metabolizme spotrebujú 4 kcal/g a nemetabolizovaná časť sa vylúči vo forme močoviny. Aminokyseliny a dusík sú dostupné prostredníctvom degradácie bielkovín. Neesenciálne aminokyseliny sa v tele syntetizujú de novo, čo znamená, že ich potreba môže byť splnená príjmom z potravy, ale aj endogénnou syntézou. Esenciálne aminokyseliny sa do organizmu dostávajú výlučne zo stravy. Ide o aminokyseliny ako sú histidín, izoleucín, leucín, lyzín, metionín, cystidín, fenylalanín, tyrozín, treonín, tryptofán a valín. (Lactatio1990).

5.3 Energetický výdaj

Pokojoiný energetický výdaj, známy aj ako resting energy expenditure (REE) predstavuje energiu, ktorú vynaloží telo na zachovanie bunkovej metabolickej aktivity a životne dôležitých procesov ako je dýchanie, srdcový výdaj a regulácia telesnej teploty. U zdravých jedincov predstavuje 60-80 % celkového energetického výdaja, ktorý okrem REE zahŕňa aj energiu vynaloženú na trávenie, vstrebávanie a premenu potravy na teplo (termogenézu), ktorá predstavuje 10 % celkového výdaja a zvyšok je energia vynaložená počas fyzických aktivít (Heydenreich et al., 2017). Celkový energetický výdaj a jeho zloženie popisuje obrázok 1.

Obrázok 1 Celkový energetický výdaj



REE (resting energy expenditure) – pokojový energetický výdaj, **DIT** – (diet-induced expenditure) termický efekt potravy, **AEE** (activity energy expenditure) – aktuálny energetický výdaj

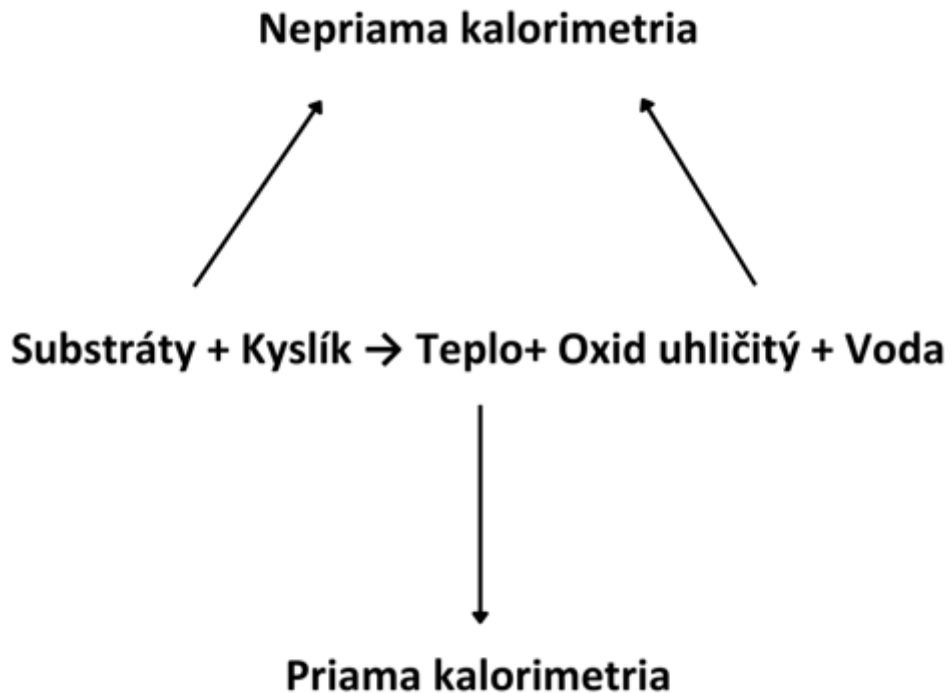
Zdroj: prevzaté (Gupta et al., 2017)

Zmeny pokojového energetického výdaja v počas tehotenstva preukázali zvýšenie kalorickej potreby v rozmedzí 13-35 % (Vander Wyst et al., 2020).

5.4 Stanovenie pokojového energetického výdaja

REE je dôležitým parametrom v hodnotení nutričného stavu pacienta, ktorý je možné stanoviť pomocou kalorimetrie, prediktívnych rovníc ale aj vďaka metóde dvojito značenej vode a biomedančnej analýzy. Kalorimetrické stanovenie je možno uskutočniť pomocou priameho merania výmeny tepla alebo nepriamo pomocou analýzy respiračných plynov. Hlavný rozdiel medzi priamou a nepriamou kalorimetriou znázorňuje jednoduchá schéma vid' obrázok 2.

Obrázok 2 Kalorimetria



Zdroj: prevzaté a upravené Mtaweh et al., 2018

5.4.1 Priama kalorimetria

Ľudská energia pramení z chemickej energie, ktorá sa uvoľňuje zo živín prostredníctvom oxidácie makronutrientov. Živiny na báze uhlíka sa premieňajú na oxid uhličitý, vodu a teplo v prítomnosti kyslíka. Priama (direktná) kalorimetria kvantifikuje teplo produkované aeróbnym a anaeróbnym metabolizmom meraním tepelnej výmeny medzi organizmom a prostredím. Meranie spočíva v umiestnení organizmu do uzatvorenej komory, ktorá je izolovaná od okolia. Priama kalorimetria vychádza z princípu prvého termodynamického zákona, ktorý hovorí, že energiu nemožno vytvárať alebo ničiť, ale môže sa vymieňať medzi telom a prostredím (Kenny et al., 2017)

5.4.2 Nepriama kalorimetria

Nepriama kalorimetria (Indirect calorimetry – IC) je zlatým štandardom na determináciu energetického výdaja meraním pľúcnej výmeny plynov, z ktorého je možné kalkulovať pokojový energetický výdaj využitím Weirovej rovnice. Svoje

uplatnenie nachádza nepriama kalorimetria najmä v oblasti optimalizácie nutričnej podpory a na kvantifikáciu nutričných potrieb pacienta. Nepriama kalorimetria je neinvazívnou metódou, ktorá umožňuje meranie pokojového energetického výdaja u spontánne dýchajúcich pacientov, ale aj u pacientov s mechanickou ventiláciou (Delsoglio et al., 2019).

5.4.2.1 Respiračný kvocient (RQ)

Okrem stanovenia REE pomoci indirektnej kalorimetrie odvodzujeme respiračný kvocient, ktorý je vyjadrením pomeru objemu uvoľneného CO₂ a spotrebovaného O₂ korešpondujúci so substrátovou utilizáciou základných makronutrientov t. j. sacharidov, lipidov a proteínov (Delsoglio et al., 2019).

Ovplyvnenie respiračného kvocientu pramení z vplyvu exogénnych a endogénnych faktorov, ako sú faktory nutričného pôvodu a to podiel makroživín v prijímanej strave, pozitívna alebo negatívna energetická bilancia, ďalej zloženie tela a fyzická aktivita.

5.4.3 Prediktívne rovnice

Alternatívnou metódou stanovenia REE sú prediktívne rovnice, ktoré sú založené na využití ľahko dostupných individuálnych charakteristík jednotlivca ako je vek, výška a telesná hmotnosť.

Uplatnenie prediktívnych rovníc nemusí zodpovedať realite za iných ako fyziologických podmienok, pretože metabolický stav pacienta môže byť zmenený výskytom ochorenia, farmakoterapiou, obezitou a horúčkou (Psota & Chen, 2013).

Najstaršou publikovanou rovnicou pre determináciu REE z roku 1918 je Harris-Benediktova rovnica, ktorá je stále najpoužívanejšou rovnicou v klinickej praxi. K výhodám použitia tejto rovnice patrí hlavne jednoduchosť, všeobecná dostupnosť a ľahká aplikovateľnosť na jednotlivca bez nutnosti použitia počítačových technológií. Harris-Benediktova rovnica, vid' rovnica 1, berie do úvahy parametre ako je vek, pohlavie, telesná hmotnosť a výška jednotlivca (Luy & Dampil, 2018).

Rovnica 1 Harris-Benediktová rovnica

$$\text{REE-HB [kcal/deň] u žien} = 655,0955 + 9,5634 \times \text{váha [kg]} + 1,8496 \times \text{výška [cm]} - 4,6756 \times \text{vek [roky]}$$

Zdroj: prevzaté Luy & Dampil, 2018

Pokojoiný energetický výdaj možno kalkulovať v kilojouloch na deň pomocou Kleiberovej rovnice vid' rovnica 2:

Rovnica 2 Kleiberova rovnica

$$\text{REE-K [kJ/deň] u žien} = 275,3 \times \text{váha}^{0,75} [\text{kg}] \times (1 + 0,004 (30 - \text{vek [roky]})) + 0,018 (\text{výška [cm]} / \text{váha [kg]}^{1/3} - 42,1)$$

Zdroj: prevzaté Hronek et al., 2009

Ďalšou rovnicou je Mifflin-St Jeor (MSJ) rovnica, ktorá je spoľahlivejšia, najmä u obéznejších pacientov vid' rovnica.

Rovnica 3 Mifflin-St Jeor rovnica

$$\text{REE-MSJ [kcal/deň] u žien} = (9,99 \times \text{váha [kg]}) + (6,25 \times \text{výška [cm]}) - (4,92 \times \text{vek [roky]}) - 161$$

Zdroj: prevzaté Luy & Dampil, 2018

Prediktívne rovnice sú vyvinuté pre širokú populáciu ľudí, avšak nezohľadňujú stavy ako je tehotenstvo. Snahou longitudinálnej českej štúdie bolo vyvinúť novú prediktívnu rovnicu, vid' rovnica 4. Táto štúdia (Hronek et al., 2009) uvádza „rovnicu P REE je relatívne presná predikčná rovnica na odhad REE, keď nie je k dispozícii nepriama kalorimetria“.

Rovnica 4 Rovnica podľa Hronka

$$\text{P REE [kcal/deň]} = 346,43943 + 13,962564 \times \text{váha v tehotenstve [kg]} + 2,700416 \times \text{výška [cm]} - 6,826376 \times \text{vek [roky]}$$

Zdroj: prevzaté Hronek et al., 2009

5.4.4 Ďalšie metódy stanovenie pokojového energetického výdaja

Energetický výdaj okrem prediktívnych rovníc a kalorimetrie dokážeme stanoviť pomocou metódy dvojito značenej vody obsahujúcej neradioaktívne netoxické izotopy ako je deutérium ^2H a najťažší izotop kyslíka ^{18}O . Táto metóda je založená na meraní rýchlosti eliminácie deutéria a izotopu kyslíku. Izotop kyslíka sa vylučuje vo forme vody a oxidu uhličitého a izotop vodíka len vo forme vody, ktorá je obsiahnutá v telových tekutinách. Odoberaním vzoriek z krvi, slín a moču v perióde 3-21 dní meriame produkciu CO_2 za použitia ekvivalentu oxidu uhličitého (Westerterp, 2017).

Bioimpedančná analýza (BIA) stanovuje podiel netukovej hmoty (fat free mass, FFM), ktorá je zároveň determinantom REE. BIA analýza je neinvazívnou metódou, ktorá nachádza v praxi svoje uplatnenie najmä v oblasti stanovenia kompozície tela. Princíp je založený meraní odporu, ktorý kladie telo pri prechádzaní elektrického prúdu telom nízkej intenzity o rôznych frekvenciách (Khalil et al., 2014).

5.5 Utilizácia nutričných substrátov

Hlavnými nutričnými substrátmi sú makronutrienty, ako sú cukry, tuky, bielkoviny, ktoré za aeróbných podmienok podliehajú procesu oxidácie. Utilizáciu stanovujeme na základe merania výmeny respiračných plynov za poznania hodnoty vylučovania dusíka.

Využitie rôznych substrátov je spojené s rôznymi hodnotami objemov uvoľneného CO_2 a spotrebovaného O_2 , čomu odpovedá aj hodnota respiračného kvocientu. Fyziologické hodnoty respiračného kvocientu sa pohybujú od 0,67 do 1,2 (Haugen et al., 2007).

V prípade, že sú oxidovanými produktmi glukóza, lipidy a proteíny nemôže byť respiračný kvocient väčší než jedna, pričom ak dochádza v tele ku oxidácií sacharidov so súčasťou lipogenézou môžu byť hodnoty RQ nad jedna (Battezzati & Viganò, 2001).

Sacharidy sa oxidujú aeróbnou bunkovou respiráciou, pri ktorej dochádza k ekvivalentnému pomeru uvoľňovania oxidu uhličitého a spotreby kyslíka, teda pre produkciu energie vo forme ATP sa spotrebujú všetky sacharidy. Na úplnú oxidáciu 1g

glukózy je potrebné 0,746 litrov kyslíka, za vyprodukovania ekvimolárneho 0,746 litru oxidu uhličitého.



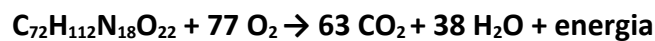
$$\text{RQ} = 6 \text{CO}_2 / 6 \text{O}_2 = 1,0 \quad (\text{Patel et al., 2024})$$

Výsledkom oxidácie lipidov je znížená produkcia CO₂ na každú spotrebovanú molekulu O₂. 1g lipidu sa oxiduje za spotreby 2,029 l kyslíku s uvoľnením oxidu uhličitého v objeme 1,430 l.



$$\text{RQ} = 16 \text{CO}_2 / 23 \text{O}_2 = 0,7 \quad (\text{Patel et al., 2024})$$

Zníženú produkciu oxidu uhličitého sledujeme aj pri oxidácii proteínov, kedy respiračný kvocient nadobúda hodnotu 0,8 na oxidáciu sa spotrebuje 0,966 l kyslíku za uvoľnenia 0,782l oxidu uhličitého.



$$\text{RQ} = 63 \text{CO}_2 / 77 \text{O}_2 = 0,8 \quad (\text{Patel et al., 2024})$$

Tabuľka 1 sumarizuje objemy spotrebovaného kyslíka a vyprodukovaného oxidu uhličitého v litroch pre oxidáciu 1g príslušného substrátu. Pomerom týchto objemov získavame hodnoty respiračného kvocientu a aj hodnotu vyprodukovaného tepla prislúchajúceho 1g oxidovaného substrátu vyjadreného v kilokalóriách (Haugen et al., 2007).

Tabuľka 1 Oxidácia nutričných substrátov

Substrát	VO ₂ [l]	VCO ₂ [l]	RQ	Teplo/g ox. s. [kcal]
Sacharidy	0,746	0,746	1,00	3,75
Lipidy	2,029	1,430	0,69	9,30
Proteíny	0,966	0,782	0,81	4,30

VO₂ – objem spotrebovaného kyslíku, VCO₂ – objem vyprodukovaného oxidu uhličitého, RQ (respiratory quotient) – respiračný kvocient, **Teplo g / ox. s.** – teplo produkované na 1g oxidovaného substrátu g

Zdroj: prevzaté a upravené Haugen et al., 2007

5.6 Energetické požiadavky počas tehotenstva

Požiadavky na energetický príjem v gravidite môžeme definovať ako príjem z potravy, ktorý poskytuje dostatočnú energiu pre optimálny rast a vývin plodu, ako aj rast materských tkanív ako je prsné tkanivo, tuková hmota, maternica a placenta. Požiadavky na príjem energie sú upriamené na zabezpečenie primeraného prírastku hmotnosti, čo zabezpečuje priaznivé podmienky pre vývoj potomstva v tele matky (Most et al., 2019).

Podľa Inštitútu medicíny počas 2. a 3. trimestra energetické požiadavky vzrastajú na 340 kcal/deň a 452 kcal/deň (Most et al., 2019). Energetická potreba bielkovín v tehotenstve je zvýšená až od 4. mesiaca, kedy je potrebné príjem bielkovín zvýšiť o 10 g/deň. Odporúčané príjem pre gravidné ženy je 58 g/deň. Podiel tukov môže byť zvýšený až na 35% energetického príjmu, a pri sacharidoch je to viac ako 50 % celkového energetického príjmu (Spoločnosť pro výživu, 2018).

5.6.1 Gestačný prírastok hmotnosti

Podľa Inštitútu medicíny pre ženy s normálnou hmotnosťou, ktorých BMI je v rozmedzí 18,5 až 24,9 kg/m² odporúčaný gestačný prírastok hmotnosti počas tehotenstva na 11,5 až 16 kg. V rámci rozsahu odporúčaného prírastku je minimalizované riziko predčasného pôrodu. Odporúčania sú nepriamo úmerné BMI žien pri počatí, to má za dôsledok, že ženám s podváhou je umožnený väčší gestačný prírastok ako ženám s nadváhou (Most et al., 2019).

Hyttén a Chamberlain vyvinuli teoretický model aplikovateľný v tehotenstve na odhad energetických požiadaviek za predpokladu priemerného gestačného prírastku hmotnosti 12,5 kg ($\approx 0,925$ kg bielkovín, $\approx 3,8$ kg tuku a $\approx 7,8$ kg vody). Tento model má formulovať základ pre súčasne odporúčania pre príjem energie u tehotných žien (Butte et al., 2004).

Tabuľka 2 zobrazuje odporúčania Inštitútu medicíny pre gestačný prírastok hmotnosti v závislosti na indexe telesnej hmotnosti žien pred tehotenstvom.

Tabuľka 2 Gestačný prírastok hmotnosti podľa Inštitúcie medicíny (2009)

BMI pred tehotenstvom	Gestačný prírastok
Podváha ($<18,5$ kg/m ²)	12,5 kg – 18 kg
Normálna váha ($18,5$ - $24,9$ kg/m ²)	11,5 kg – 16 kg
Nadváha ($25,0$ - $29,9$ kg/m ²)	7 kg – 11,5 kg
Obezita ($\geq 30,0$ kg/m ²)	5 kg – 9 kg

Zdroj: prevzaté a upravené Kominiarek et Peaceman, 2017

5.6.2 Energetický príjem nutričných substrátov

Hlavným determinantom gestačného prírastku hmotnosti je energetický príjem. Energetické požiadavky sa v začiatku prvého trimestra nelíšia od netehotných žien. Zvyšovanie energetických požiadaviek nastáva v rozmedzí 10. a 30. týždňa gravidity, kedy je za fyziologických podmienok rast materských a fetálnych tkanív najväčší. Energetické potreby sú individuálne u jednotlivých tehotných žien v závislosti na úrovni fyzickej aktivity, rýchlosti metabolizmu a indexu telesnej hmotnosti pred tehotenstvom, preto je vhodné odporúčania pre energetický príjem individuálne prispôbiť (Mousa et al., 2019).

5.7 Suplementácia v tehotenstve

Mikroživiny zohrávajú kľúčovú rolu v tehotenstve. Základom by mala byť predovšetkým vyvážená a zdravá strava, ktorá by mala pokrývať všetky výživové potreby. Avšak zvyšovanie nutričných požiadaviek počas gravidity, ak nie je strava vyvážená, vedie k možným nedostatkom dôležitých vitamínov a minerálov pre optimálny vývoj a rast plodu. K predchádzaniu nedostatku mikroživín je v období tehotenstva vhodné dopĺňať vitamíny a minerálne látky prostredníctvom výživových doplnkov, ktoré sú koncentrovaným zdrojom mikroživín.

5.7.1 Vitamíny

Vitamíny sú organickými látkami, ktoré pôsobia ako katalyzátory, zúčastňujú sa na enzymatických a transkripčných procesov v ľudskom organizme. Obecné delenie vitamínov je podľa ich rozpustnosti. Rozlišujeme vitamíny rozpustné vo vode, ktoré sú ľahko absorbovateľné a pri nadbytku sa vylučujú močom, avšak a vitamíny rozpustné v tukoch sa ukladajú v tele, preto nadbytok môže pôsobiť nepriaznivo až toxicky.

5.7.1.1 Vitamíny rozpustné v tukoch

Vitamín A je dôležitým antioxidantom, zodpovedný za proliferáciu buniek. Syntetické retinoidy používané v terapiách rôznych druhov závažného akné sú spojené s vysokým rizikom vzniku malformácií plodu, preto sú kontraindikované v tehotenstve. Karotenoidy sú provitamíny A, z ktorého sa v tele vytvára vitamín A (McEldrew et al., 2024).

Vitamín D sa vyskytuje v dvoch formách ako je D2 (ergokalciferol) syntetizovaný rastlinami a D3, ktorý sa produkuje ľudským telom zo 7-dehydrocholecalciferolu po vystavení pokožky UVB žiareniu. Metabolizácia prebieha najskôr procesom hydroxylácie v pečeni na 25-hydroxyvitamín D (kalcidiol) a v obličkách na 1,25-dihydroxyvitamín D (kalcitriol), ktorý sa podieľa sa na metabolických procesoch, homeostáze vápnika, absorpcií fosforu, integrite kostí a regulácií uvoľňovania inzulínu (Palacios et al., 2019).

Vitamín E má antioxidačné pôsobenie, chráni organizmus pred ukladaním reaktívneho kyslíku, zabraňuje peroxidácií membránových lipidov, ovplyvňuje imunitný systém a syntézu eikosanoidov (Spoločnosť pro výživu, 2018).

Vitamín K je potrebný pre syntézu koagulačných faktorov II, VII, IX a X. Rozlišujeme rastlinný vitamín K (fylochinon, K1), vitamín K produkovaný črevnými baktériami (menachinon, K2) a syntetický vitamín K (menadion, K3). Jeho deficit v tehotenstve môže viesť k zvýšenej krvácanosti u novorodencov (Spoločnosť pro výživu, 2018).

V tabuľke 3 sú uvedené odporúčané denné dávky vitamínov rozpustných v tukoch podľa českých referenčných hodnôt pre príjem živín.

Tabuľka 3 *Odporúčané denné dávky vitamínov rozpustných v tukoch*

ŽIVINA	ODPORÚČANÁ DÁVKA	ZDROJ
Vitamín A [mg/deň]	1,1 retinolového ekvivalentu	hovädzie mäso, mrkva, marhuľa, špenát, brokolica
Vitamín D [µg/deň]	20	sleď, makrela, pečeň, vaječný žĺtok
Vitamín E [mg/deň]	13	olej zo pšeničných a kukuričných klíčkov, repkový, slnečnicový olej
Vitamín K [µg/deň]	60	zelená zelenina, mlieko, mäso, obilie

Zdroj: prevzaté a upravené Spoločnosť pro výživu, 2018

5.7.1.2 Vitamíny rozpustné vo vode

Vitamíny skupiny B, ako je vitamín B1 (thiamín), B2 (riboflavín), B3 (niacín), B6 (pyridoxín), a B12 (kyanokobalamín) sú potrebné pre produkciu a uvoľňovanie energie v bunkách a pre metabolizmus sacharidov, tukov a proteínov. V organizme plnia funkciu koenzýmov pri rôznych metabolických dráhach. Vitamín B12 sa spolu s folátmi zúčastňuje procesu metylácie DNA, RNA, bielkovín, neurotransmitterov a fosfolipidov. Potreba vitamínov B je v tehotenstve zvýšená v dôsledku zvýšenej energetickej potreby, najmä v treťom trimestri (Mousa et al., 2019).

Kyselina listová, vitamín B9, hrá kľúčovú rolu pri raste zárodočných tkanív plodu, delení buniek a k zachovaniu správnej krvotvorby počas tehotenstva. Pod pojmom folát rozumieme zlúčeniny kyseliny listovej, ktoré sú prirodzene obsiahnuté v potrave. Využitelnosť folátov je ovplyvnená faktormi ako je pH v čreve a zloženie potravy. Syntetická kyselina listová je najstabilnejšou formou, ktorá je nalačno takmer 100% vstrebateľná. Počas tehotenstva je podstatne zvýšená potreba kyseliny listovej pre fetálny rast. Neadekvátne zásobenie folátom je spojené so zvýšeným rizikom predčasného pôrodu, potratu a nízkou pôrodnou hmotnosťou. Nedostatok najmä v začiatkoch gravidity môže viesť k zvýšenému riziku vzniku defektov neurálnej trubice, ako je napríklad neúplne uzavretie neurálnej trubice tzv. spina bifida (Spoločnosť pro výživu, 2018).

Vitamín C je esenciálnym vitamínom, ktorý má antioxidačnú aktivitu, inhibuje tvorbu voľných radikálov a oxidačného stresu. Podieľa sa na syntéze kolagénu a je významný pri mobilizácii železa zo zásob a podporuje zvyšovanie vstrebávanie železa z potravy, čo môže znižovať riziko výskytu anémie. Vitamín C je aktívne transportovaný placentou, čo vedie k zníženiu plazmatických hladín matky so súčasným navýšením požiadaviek na príjem vitamínu (Mousa et al., 2019).

Odporúčané hodnoty vychádzajú z českých referenčných hodnôt pre príjem živín a sú zhrnuté v tabuľke 4.

Tabuľka 4 Odporúčané denné dávky u vitamínov rozpustných vo vode

ŽIVINA	ODPORÚČANÁ DÁVKA		ZDROJ
Vitamín B1 [mg/deň] thiamín	2. trimester	1,2	pšeničné klíčky, ovsené vločky, bravčové mäso
	3. trim.	1,3	
Vitamín B2 [mg/deň] riboflavín	2. trim.	1,3	vnútorosti, pečeň, kvasnice, camembert, mliečne výrobky
	3. trim.	1,4	
Vitamín B3 [mg/deň] niacín	2. trim.	14	sardinky, losos, mungo fazule
	3. trim.	16	
Vitamín B5 [mg/deň] kyselina pantoténová		6	mlieko, mäso, hrášok, pečeň
Vitamín B6 [mg/deň] pyridoxín	od 4.mes	1,9	kuracie mäso, ryby, šošovica, kapusta
Vitamín B9 [µg DFE/deň] kyselina listová		550	špenát, šalát, strukoviny, orechy, celozrnné produkty
Vitamín B12 [µg/deň] kyanokobalamín		3,5	ryby, vajcia, mlieko, syry
Vitamín C [mg/deň]	od 4.mes	105	rakytník, paprika, čierna ríbezľa

Zdroj: prevzaté Spoločnosť pro výživu, 2018

5.7.2 Minerálne látky

V tejto podkapitole sú stručne charakterizované minerálne látky, ktoré sú potrebné pre správny priebeh tehotenstva a rastu plodu.

Potreby príjmu železa v tehotenstve sú značne zvýšené z dôvodu zvyšovania objemu krvi a potrieb rastúceho plodu. Železo je nevyhnutné pre dodávku kyslíka do fetoplacentárnej jednotky a taktiež katalyzuje tvorbu ATP v cytochrómoch v čase navýšenej potreby kyslíka plodom. Železo je živinou, ktorá ovplyvňuje vývoj a funkcie mozgu, a jeho nedostatok prispieva k nízkej pôrodnej hmotnosti, výskytu defektov mozgu a výskytu autizmu a schizofrénie (Georgieff, 2020).

Jód je esenciálny stopový prvok potrebný pre syntézu hormónov štítnej žľazy a počas tehotenstva je potrebný väčší príjem v dôsledku zvýšenej syntézy hormónov štítnej žľazy matky, prenosu jódu do plodu a väčších strát vylučovania močom pre zvýšenú glomerulárnu filtráciu. Ťažký nedostatok je spojený s rizikom výskytu strumy u matky aj plodu, poškodenia mozgu a retardáciou (Croce et al., 2023).

Vápnik je najrozšírenejším minerálom v tele, ktorý je nevyhnutný pre procesy ako je tvorba kostí, svalovej kontrakcie a pre fungovanie hormónov a enzýmov. Absorpcia je počas tehotenstva zvýšená a jeho odporúčaný denný príjem je 1000 mg. Dostatočný prísun vápnika znižuje riziko vzniku preeklampsie (Kumar & Kaur, 2017).

Draslík je potrebný pre zachovanie homeostázy elektrolytov a pre rast bunkovej hmoty. Počas tehotenstva nie je potreba draslíku navýšená. Dopĺňanie je nutné pri stavoch s vysokou stratou draslíku ako sú ťažké hnačky a zvracanie (Spoločnosť pro výživu, 2018).

Horčík je kľúčový pre metabolické a fyziologické procesy, vrátane syntézy nukleotidov a metabolizmu nukleotidov. Podieľa na regulácii mitochondriálnych funkcií, ako je tvorba ATP a podporuje asimiláciu vápnika do kostí (Fanni et al., 2021).

Zinok hrá významnú rolu pri zdravej embryogenéze, bunkovej signalizácii, pri diferenciácii buniek a tvorby fetálnych orgánov.

Organické zlúčeniny fosforu sú súčasťou bunkových membrán, nukleových kyselín a zúčastňuje sa na rade metabolických procesov prostredníctvom fosforylačných reakcií. Anorganický fosfor prispieva k udržiavaniu pH.

Fluorid prispieva k optimálnemu zdraviu zubov, vďaka preukázanému antikariogénnemu účinku. Fluorid plní v tele funkciu mineralizácie kostí a zubov. Najčastejšie prijímaná vo forme fluoridovej vody alebo soli.

Potreby selénu sú nepatrne zvýšené v tehotenstve o 2 µg na deň. Je esenciálnym stopovým prvkom, ktorý má antioxidantné pôsobenie v organizme (Spoločnosť pro výživu, 2018).

Meď zasahuje do metabolizmu kostného tkaniva, mastných kyselín, podporuje vstrebávanie železa v gastrointestinálnom trakte a podieľa sa na oxidačno-redukčných reakciách ako koenzým (Grzeszczak et al., 2020).

Tabuľka 5 uvádza odporúčaný denný príjem vybraných minerálnych látok pre tehotné ženy .

Tabuľka 5 *Odporúčané denné dávky minerálnych látok*

ŽIVINA	Odporúčený príjem	ZDROJ
Vápnik [mg/deň]	1000	mliečne výrobky, syry, orechy
Fosfor [mg/deň]	800	mlieko, ryby, strukoviny
Horčík [mg/deň]	310	celozrnné výrobky, ryby, sója
Draslík [mg/deň]	1300 - 1500	banány, zemiaky, špenát
Železo [mg/deň]	30	hovädzie a jahniace mäso, obilniny
Jód [µg/deň]	230	morské ryby, mlieko
Fluorid [mg/deň]	3,1	fluoridová soľ
Zinok [mg/deň]	10 (od 4. mesiaca tehotenstva)	hovädzie a bravčové mäso, celozrnné výrobky
Selén [µg/deň]	60 (od 4. mesiaca tehotenstva)	orechy, kapusta, brokolica
Meď [mg/deň]	1,0 - 1,5	obilniny, pečeň, ryby

Zdroj: prevzaté a upravené Spoločnosť pro výživu, 2018

6. EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

6.1 Metodika

6.1.1 Popis štúdie

Výskum diplomovej práce vychádza z longitudinálnej štúdie, ktorá prebiehala na pôde Kampusu Farmaceutickej fakulty v Hradci Králové. Hlavným objektom výskumu boli ženy v období gravidity, ktoré vyjadrili svoj záujem zúčastnenia sa štúdie podpísaním informovaného súhlasu. Pod vedením PharmDr. Miroslava Kovaříka, Ph.D. boli podrobené vyšetreniam s cieľom získavania dát súvisiacich so zmenami fyziologických funkcií tela tehotných žien. Celá štúdia bola schválená Etickou komisiou Fakultnej nemocnice Hradec Králové.

Štúdie sa zúčastnilo 16 prvorodičiek, vo vekovom rozmedzí od 25 do 37 rokov, pričom priemerný vek žien je kalkulovaný na 31 ± 3 roky, u ktorých sa nevyskytovali žiadne vážne ochorenia, metabolické poruchy a ani rizikové tehotenstvo. Vyšetrenia boli počas tehotenstva zložené z troch meraní, ktoré boli zaznamenané v štúdii pod označením G1, G2, G3 a predstavujú rozpätie týždňov tehotenstva pre dané meranie. Prvé meranie G1 bolo uskutočnené medzi 17. až 27. týždňom tehotenstva, G2 medzi 28. až 35. týždňom tehotenstva a tretie meranie G3 bolo vykonávané v období medzi 36. až 37. týždňom tehotenstva.

Samotné vyšetrenia prebiehali v ranných hodinách s priemernou dĺžkou trvania 1 hodinu. Respondentky prichádzali nalačno s vyplneným dotazníkom, ktorý zachytával jedálniček, fyzické aktivity, ale aj evidenciu prijímaných výživových doplnkov v priebehu 7 dní. Vďaka týmto údajom sme dokázali analyzovať príjem nutričných substrátov.

Vyšetrenie začínalo meraním pokojového energetického výdaja a využitiem nutričných substrátov pomocou nepriameho kalorimetra a stanovením odpadu urey zo zbieraného moču. Táto metóda si vyžadovala pokoj respondentky na lôžku, kalibráciu prístroja, tmu a čas. Následne sme merali hodnoty krvného tlaku a pulzu. Vďaka lekárskeym digitálnym váham sme získavali údaje o presnej hmotnosti respondentiek, podiele netukovej hmoty a aj hodnoty indexu telesnej hmotnosti, známy pod skratkou BMI. Ženám boli odmerané obvodové miery a vďaka kaliperu sme boli schopní stanoviť

množstvo podkožného tuku. Všetky získané dáta, z vyššie spomenutých stanovení, sme zapisovali do programu Microsoft Excel. Vyšetrenie pokračovalo bioimpedančnou analýzou, ktorá využíva elektrickú impedanciu na presnejšie určenie zloženia tela a dynamometrickú analýzu, pomocou ktorej sme merali svalovú silu a výdrž na horných i dolných končatinách. Parametre súvisiace s procesom dýchania a kondíciou pľúc zaznamenával diagnostický prístroj spirometer.

Po stanoveniach nasledovalo krátke vyhodnotenie dotazníkov z predošlého merania. Pacientky prinášali 24-hodinový zber moču, pričom sme zisťovali celkový objem a z odobratej vzorky sme stanovili podiel urey, ktorý vzniká neúplnou metabolizáciou proteínov.

6.1.2 Nepriama kalorimetria

6.1.2.1 Princíp

V úvode každého vyšetrenia nášho výskumu prebiehalo stanovenie pokojového energetického výdaja a respiračného kvocientu pomocou nepriamej kalorimetrie (Vmax Series, V6200 Autobox, SensorMedics Corporation, Yorba Linda, California, USA), pri ktorej je kľúčové dodržať minimálne 12 hodinové hladovanie. Získavanie týchto parametrov bolo vykonávané v ľahu na lôžku za úplného pokoja pacientky, pričom sme sa snažili minimalizovať pohyblivosť aj verbálne prejavy všetkých zúčastnených v miestnosti. Presnosť zberaných dát nám zabezpečovali aj vhodné interiérové podmienky. Pred vyšetrením bola miestnosť vetraná, avšak v čase merania bolo nutnosťou obmedziť voľné prúdenie vzduchu a udržať teplotné rozmedzie zatemnenej miestnosti medzi 20 až 25 °C. Dĺžka merania zaberala približne 20 minút. Kalibrácia kalorimetra pred každým vyšetrením nám zabezpečovala reliabilitu merania.

V našom výskume bol použitý systém s otvoreným okruhom za využitia tzv. kanopy, priesvitnej rigidnej plastovej kukly, ktorá slúži na zachytávanie vdychovaného vzduchu. Pozdĺž kanopy je natihnutá vrstva fólie pre zamedzenie úniku vzduchu. Vzduch, ktorý odpovedá zloženiu okolitého prostredia sa dostáva do kanopy cez ventilačný systém, vďaka ktorému je zabezpečený konštantný prívod vzduchu.

Vydychovaný vzduch sa zhromažďuje a následne analyzuje koncentráciu kyslíku a oxidu uhličitého (Blond et al., 2011).

Indirektná kalorimetria determinuje spotrebu kyslíka a produkciu oxidu uhličitého. Vďaka týmto nameraným parametrom sa stanovuje respiračný kvocient, ktorý definujeme, ako pomer objemu uvoľneného oxidu uhličitého v porovnaní s objemom kyslíka, vid' rovnica 6.

Rovnica 5 Respiračný kvocient

$$\text{RQ} = \text{objem uvoľneného CO}_2 / \text{objem spotrebovaného O}_2$$

Zdroj: prevzaté Patel et al., 2024

Metabolizmus proteínov je neúplný, preto sa používa tzv. nebielkovinový respiračný kvocient npRQ, ktorý sa vypočíta pomerom vyprodukovaného CO₂ a spotrebovaného O₂ s ohľadom na iba nebielkovinové zložky. Vychádzame z predpokladu, že 1 g dusíku v moči zodpovedá oxidácií 6,25 g bielkovín za spotreby 5,92 l kyslíka a za uvoľnenia 4,75 l oxidu uhličitého. Výpočet npRQ zobrazuje rovnica 7.

Rovnica 6 Nebielkovinový respiračný kvocient

$$\text{npRQ} = \text{VCO}_2 \times 4,8 \text{ UN} / \text{VO}_2 \times 5,9 \text{ UN}$$

npRQ – nebielkovinový respiračný kvocient, **VCO₂** – objem produkovaného oxidu uhličitého [l/deň], **VO₂** – objem spotrebovaného kyslíku [l/deň], **UN** – celkový odpad dusíku v moči [g/deň]

Zdroj: prevzaté Hronek et Zadák, 2011

Rovnica 8 uvádza výpočet pokojového energetického výdaja, ktorý je kalkulovaný pomocou použitia Weirovej rovnice.

Rovnica 7 Weirova rovnica

$$\text{REE [kcal/deň]} = ([\text{VO}_2 \times 3,941] + [\text{VCO}_2 \times 1,1106]) \times 1440$$

REE – pokojový energetický výdaj [kcal/deň], **VO₂** – objem spotrebovaného kyslíku [l/deň], **VCO₂** – objem produkovaného oxidu uhličitého [l/deň]

Zdroj: prevzaté Koekkoek et al., 2020

Rovnica 9 definuje výpočet predikovaného REE za využitia Harris-Benediktovej rovnice.

Rovnica 8 Harris-Benediktova rovnica

$$\text{REE-HB [kcal/deň]} = 655,0955 + 9,5634 \times \text{váha [kg]} + 1,8496 \times \text{výška [cm]} - 4,6756 \times \text{vek [roky]}$$

Zdroj: prevzaté Luy & Dampil, 2018

6.1.3 Výpočty oxidácie nutričných substrátov

Výpočet pre oxidáciu základných nutričných substrátov bol odvodený z nasledujúcich vzorcov (prevzaté Hronek et Zadák, 2011):

6.1.3.1 Oxidácia sacharidov (CHO) [g/deň]

npRQ < 0,706

$$\text{CHO} = - 3,590 \times \text{VCO}_2 \times 1440 + 2,540 \times \text{VO}_2 \times 1440 + 2,050 \times \text{UN}$$

npRQ > 0,706

$$\text{CHO} = - 0,187 \times \text{VCO}_2 \times 1440 + 1,393 \times \text{VO}_2 \times 1440 - 6,892 \times \text{UN}$$

npRQ – nebielkovinový respiračný kvocient, **CHO** – oxidácia sacharidov [g/deň], **VCO₂** – objem produkovaného oxidu uhličitého [l/min], **VO₂** – objem spotrebovaného kyslíku [l/min], **UN** – odpad dusíku v moči [g/deň]

6.1.3.2 Oxidácia sacharidov (CHO) [kcal/deň]

npRQ < 0,706

$$\text{CHO}_K = \text{CHO} \times 1,72$$

npRQ > 0,706

$$\text{CHO}_K = \text{CHO} \times 4,18$$

npRQ – nebielkovinový respiračný kvocient, **CHO_K** – oxidácia sacharidov [kcal/deň], **CHO** – oxidácia sacharidov [g/deň]

6.1.3.3 Oxidácia lipidov (FAT) [g/deň]

npRQ < 0,706

$$\text{FAT} = 0,70 \times \text{VCO}_2 \times 1440 - 3,39 \times \text{UN}$$

npRQ > 0,706

$$\text{FAT} = 1,689 \times \text{VO}_2 \times 1440 - 1,689 \times \text{VCO}_2 \times 1440 - 1,943 \times \text{UN}$$

npRQ – nebielkovinový respiračný kvocient, FAT – oxidácia [g/deň], VCO₂ – objem produkovaného oxidu uhličitého [l/min], VO₂ – objem spotrebovaného kyslíku [l/min], UN – odpad dusíku v moči [g/deň]

6.1.3.4 Oxidácia lipidov (FAT) [kcal/deň]

npRQ < 0,706

$$\text{FAT}_K = \text{FAT} \times 9,46$$

npRQ > 0,706

$$\text{FAT}_K = \text{FAT} \times 1,089$$

npRQ – nebielkovinový respiračný kvocient, FAT_K – oxidácia tukov [kcal/deň], FAT – oxidácia [g/deň]

6.1.3.5 Oxidácia proteínov (PRO)[g/deň]

0,5 < npRQ < 1,25

$$\text{PRO} = 6,25 \times \text{UN}$$

npRQ – nebielkovinový respiračný kvocient, PRO – oxidácia proteínov [g/deň], UN – odpad dusíku v moči [g/deň]

6.1.3.6 Oxidácia proteínov [kcal/deň]

$$\text{PRO}_K = 4,32 \times \text{PRO}$$

npRQ – nebielkovinový respiračný kvocient, PRO_K – oxidácia proteínov [kcal/deň], PRO – oxidácia proteínov [g/deň]

6.1.3.7 Celkový pokojový energetický výdaj (TOT_KCAL) [kcal/deň]

Celkový pokojový energetický výdaj je rovný súčtu oxidácie sacharidov, lipidov a proteínov.

$$\text{TOT_KCAL} = \text{CHO_K} + \text{FAT_K} + \text{PRO_K}$$

TOT_KCAL – celkový pokojový energetický výdaj, **CHO_K** – oxidácia sacharidov [kcal/deň], **FAT_K** – oxidácia tukov [kcal/deň], **PRO_K** – oxidácia proteínov [kcal/deň]

6.1.4 Antropometrické stanovenie

Zisťovanie základných antropometrických parametrov tehotných žien bolo prevedené vďaka použitiu špeciálnych digitálnych lekárskejších váh, Body composition monitor InnerScan (Tanita Corporation, Tokio, Japonsko), ktoré merali presnú váhu pacientky za použitia elektród. Pred každým vážením predchádzalo nastavenie podmienok pre presnosť merania ako je vek, výška a pohlavie. Pacientky boli vážené v spodnej bielizni, naboso. Presná hmotnosť bola použitá do výpočtov BMI, teda indexu telesnej hmotnosti, ktorú zobrazuje rovnica 10.

Rovnica 9 Index telesnej hmotnosti (BMI)

$$\text{BMI} = \text{hmotnosť [kg]} / \text{výška [m}^2\text{]}$$

Zdroj: prevzaté (Zierle-Ghosh & Jan, 2024)

Ďalším stanovovaným parametrom je povrch tela, (BSA – Body Surface Area), ktorý nadobudneme výpočtom z rovnice 11.

Rovnica 10 Povrch tela

$$\text{BSA} = 0,007184 \times (\text{Výška[m]}^{0,725}) \times (\text{hmotnosť [kg]}^{0,425})$$

Zdroj: (Flint & Hall, 2024)

6.1.5 Bioimpedančná analýza

V našom výskume bolo zvolené meranie celotelovej bioimpedancie tzv. hand to foot metódou pomocou prístroja Body Composition Monitor (Fresenius Medical Care AG & Co, Bad Homburg, Nemecko). Pred nalepením elektród bola koža pacientiek v danom mieste odmastená alkoholovým vankúšikom pre zvýšenie priľnavosti elektródy. Distálne elektródy boli nalepené na dorzálny povrch pravej ruky a nohy, pričom proximálne elektródy k metakarpálnym a metatarzálnym kĺbom (Khalil et al., 2014). Okrem stanovenia zloženia tela nám táto analýza nám poskytla hmotnosť netukovej hmoty,

FFM, ktorá je súčasťou hodnotenia základných antropometrických parametrov, ale má aj svoje uplatnenie pri stanovení REE v prepočte na netukovú hmotu (Khalil et al., 2014).

6.1.6 Vyhodnotenie dotazníkov

Vyšetrované ženy si po dobu jedného týždňa zapisovali do dotazníkov prijímanú potravu spolu so všetkými fyzickými aktivitami. V dotazníku boli zaznamenané všetky užívané lieky a suplementy. Vyhodnotenie nutričného príjmu bolo sprostredkované pomocou profesionálneho nutričného softwaru Nutridan.

6.1.6.1 Hodnotenie suplementácie

Suplementácia bola hodnotená v rámci každého obdobia merania v tehotenstve, spolu s výživou. U vybraných nutrientov sme sledovali dosahovanie odporúčanej dennej dávky daného nutrientu a druh suplementácie na úrovni jej zloženia, ktoré boli klasifikované ako multikompozitné, viaczložkové prípravky obsahujúce minerálne látky a vitamíny alebo monokompozitné, jednozložkové prípravky určené k dopĺňaniu potrebného nutrientu.

6.1.7 Štatistické vyhodnotenie

Výsledky boli vyhodnocované prostredníctvom programu GraphPad Prism. Použitím D'Agostinovho a Pearsonovho testu bola testovaná normalita dát u skúmaných parametrov, ktorá u žiadneho parametru nebola vyvrátená. Výsledky boli hodnotené pomocou deskriptívnej štatistiky, ktoré vo výsledkoch boli uvedené vo formáte priemeru a smerodajnej odchýlky. Pre porovnávanie rozdielov v obdobiach merania sme použili model so zmiešanými efektami a Tukeyho test viacnásobného porovňovania pri hladine štatistickej významnosti $p \leq 0,05$. Korelačná analýza slúžila k zisťovaniu vzťahu medzi príjmom suplementáciou a utilizáciou nutričných substrátov za Pearsonovho koeficientu r , a hodnotu pravdepodobnosti $p \leq 0,05$.

7. VÝSLEDKY

7.1 Základné antropometrické parametre u tehotných žien

Z výsledkov deskriptívnej analýzy antropometrických parametrov je zjavné zvyšovanie sledovaných hodnôt s rastúcim gestačným vekom. Tento jav je podmienený fyziológiou tehotenstva, kedy dochádza k nárastu hmotnosti. Štatisticky významný nárast s hodnotou $P < 0,0001$ sledujeme u všetkých parametrov s výnimkou BSA podľa modelu zmiešaných efektov, avšak pri aplikovaní Tukeyho testu viacnásobného porovnávania je v hodnotách BSA štatisticky významný rozdiel medzi všetkými obdobiami tehotenstva. Tabuľka 6 zobrazuje zmeny základných antropometrických parametrov počas troch meraní v tehotenstve.

Tabuľka 6 Základné antropometrické parametre u tehotných žien

Meranie	Hmotnosť [kg]	Hmotnosť FFM [kg] BIA	BSA [m ²]	BMI [kg/m ²]
G1	75,7 ± 11,0	47,5 ± 3,8	1,86 ± 0,13	26,3 ± 3,7
G2	79,0 ± 10,3 *G1	49,2 ± 3,8 * G1	1,90 ± 0,11 * G1	27,4 ± 3,5 *G1
G3	83,2 ± 10,8 *G1, G2	51,1 ± 4,2 *G1, G2	1,94 ± 0,11 *G1, G2	28,8 ± 3,6 *G1, G2
MZE	<0,0001	<0,0001	0,079	<0,0001

G1 – meranie v období tehotenstva 17.-27. týždňa **G2** – meranie v období tehotenstva 28.-35. týždňa, **G3** – meranie v období tehotenstva 36.-37. týždňa, **MZE** – model zmiešaných efektov s hodnotou $P \leq 0,05$, výsledky hrubým písmom sú štatisticky významné, **FFM** (fat free mass) – netukové tkanivo stanovené bioimpedanciou analýzou, **BSA** (body surface area) – plocha povrchu tela, **BMI** (body mass index) – index telesnej hmotnosti, ***Gx** – model so zmiešanými efektami + hodnota Tukeyho testu viacnásobného porovnávania s hodnotou $P \leq 0,05$) vs. G1, G2, výsledky sú uvedené vo formáte priemer ± smerodajná odchýlka

Namerané objemy respiračných plynov vychádzajú z merania pomocou kalorimetra. Signifikantné rozdiely získavame porovnávaním obdobia G3 s G1, kedy spotreba O₂ a produkcia CO₂ s pribúdajúcimi týždňami tehotenstva narastá. Hodnoty objemov VO₂ a VCO₂ vzrástli približne o 20 %, zatiaľ čo u RQ a npRQ boli hodnoty relatívne konštantné. Nebielkovinový respiračný kvocient sa pohybuje v blízkosti 0,9, z toho dôvodu predpokladáme zmiešanú utilizáciu sacharidov a tukov. Nasledujúce výsledky zobrazuje tabuľka 7.

Tabuľka 7 Merané plyny pomocou kalorimetra

Meranie	VO ₂ [l/min]	VCO ₂ [l/min]	RQ	npRQ
G1	0,209 ± 0,032	0,181 ± 0,030	0,87 ± 0,05	0,89 ± 0,08
G2	0,223 ± 0,029	0,197 ± 0,025 *G3	0,85 ± 0,06	0,86 ± 0,08
G3	0,248 ± 0,029 *G1,G2	0,218 ± 0,030 *G1,G2	0,88 ± 0,07	0,91 ± 0,10
MZE	0,0086	0,0058	0,2613	0,2799

G1 – meranie v období tehotenstva 17.-27. týždňa **G2** – meranie v období tehotenstva 28.-35. týždňa, **G3** – meranie v období tehotenstva 36.-37. týždňa, **MZE** – model zmiešaných efektov s hodnotou $p \leq 0,05$, výsledky hrubým písmom sú štatisticky významné, **VO₂** – objem spotrebovaného kyslíku, **VCO₂** – objem vyprodukovaného oxidu uhličitého, **RQ** (respiratory quotient) – respiračný kvocient, **npRQ** (non-protein respiratory quotient) – nebielkovinový respiračný kvocient, ***Gx** – model so zmiešanými efektami + hodnota Tukeyho testu viacnásobného porovnávania s hodnotou $p \leq 0,05$ vs. G1, G2, G3, výsledky sú uvedené vo formáte priemer ± smerodajná odchýlka

Pokožový energetický výdaj (REE) meraný pomocou nepriamej kalorimetrie vzrástol medzi 2. a koncom 3. trimestra približne o 20 % ($p = 0,0062$) a jeho vyššie hodnoty boli pozorované aj po prepočte na % predikovanej hodnoty ($p = 0,0124$), na povrch tela ($p = 0,0096$) a na netukové tkanivo ($p = 0,0402$). Pri REE prepočítaného na kg hmotnosti, je možné sledovať len trend zvyšovania hodnôt, pretože tu nebol preukázaný štatisticky významný rozdiel, vid' tabuľka 8.

Tabuľka 8 Stanovenia REE

Meranie	REE-IC [kcal/deň]	REE HB [kcal/deň]	REE [%]	REE/kg [kcal/kg]	REE/BSA [kcal/m ²]	REE FFM [kcal/kg FFM]
G1	1438 ± 225	1546 ± 104	94 ± 13	19,2 ± 3,2	772 ± 102	25,4 ± 3,6
G2	1604 ± 200	1580 ± 103 *G1	101 ± 7 *G1	20,2 ± 1,2	839 ± 61 *G1	26,3 ± 1,3
G3	1722 ± 206	1620 ± 108 *G1	107 ± 11	20,9 ± 2,5	887 ± 89 *G1	28,1 ± 3,1 *G2
MZE	0,0062	<0,0001	0,0124	0,1787	0,0096	0,0402

G1 – meranie v období tehotenstva 17.-27. týždňa **G2** – meranie v období tehotenstva 28.-35. týždňa, **G3** – meranie v období tehotenstva 36.-37. týždňa, **MZE** – model zmiešaných efektov s hodnotou $p \leq 0,05$, výsledky hrubým písmom sú štatisticky významné, **REE** – pokojový energetický výdaj, **REE-IC** – REE nameraný kalorimetrom, **REE HB** – REE podľa Harris-Benediktovej rovnice, **REE/kg** – REE prepočítaný na kilogram hmotnosti, **REE/BSA** – REE prepočítaný na plochu povrchu tela, **REE FFM** – REE prepočítaný na hmotnosť netukového tkaniva, ***Gx** – model so zmiešanými efektami + hodnota Tukeyho testu viacnásobného porovnávania s hodnotou $p \leq 0,05$ vs. G1, výsledky sú uvedené vo formáte priemer ± smerodajná odchýlka

V nasledujúcich tabuľkách (tabuľky 9, 10, 11) sú zaznamenané dáta o utilizácii nutričných substrátov. Pri utilizácii žiadneho substrátu nebol preukázaný významný rozdiel medzi obdobiami tehotenstva.

Tabuľka 9 Utilizácia sacharidov

Meranie	Utilizácia sacharidov		
	g/deň	kcal/deň	%
G1	162 ± 74	676 ± 308	46 ± 20
G2	158 ± 76	660 ± 315	42 ± 20
G3	204 ± 75	851 ± 312	49 ± 16
MZE	0,1449	0,1449	0,4683

G1 – meranie v období tehotenstva 17.-27. týždňa **G2** – meranie v období tehotenstva 28.-35. týždňa, **G3** – meranie v období tehotenstva 36.-37. týždňa, **MZE** – model zmiešaných efektov s hodnotou $p \leq 0,05$, výsledky sú uvedené vo formáte priemer ± smerodajná odchýlka

Tabuľka 10 Utilizácia lipidov

Meranie	Utilizácia lipidov		
	g/deň	kcal/deň	%
G1	36 ± 28	335 ± 265	23 ± 18
G2	97 ± 148	551 ± 345	34 ± 21
G3	46 ± 31	437 ± 296	26 ± 18
MZE	0,2221	0,2221	0,3084

G1 – meranie v období tehotenstva 17.-27. týždňa **G2** – meranie v období tehotenstva 28.-35. týždňa, **G3** – meranie v období tehotenstva 36.-37. týždňa, **MZE** – model zmiešaných efektov s hodnotou $P \leq 0.05$, výsledky sú uvedené vo formáte priemer ± smerodajná odchýlka

Tabuľka 11 Utilizácia proteínov

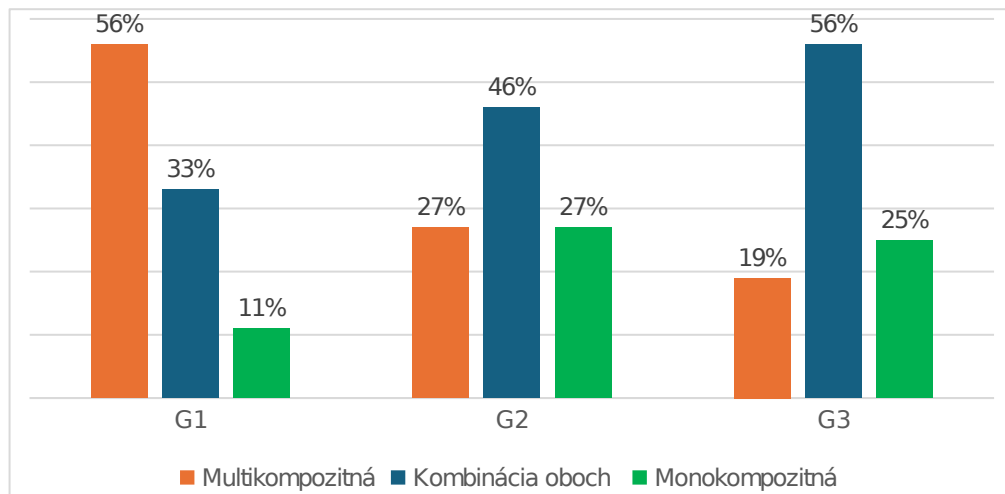
Meranie	Utilizácia proteínov		
	g/deň	kcal/deň	%
G1	98 ± 19	424 ± 83	30 ± 8
G2	90 ± 20	389 ± 87	24 ± 5
G3	99 ± 39	427 ± 169	25 ± 10
MZE	0,4107	0,4107	0,1432

G1 – meranie v období tehotenstva 17.-27. týždňa **G2** – meranie v období tehotenstva 28.-35. týždňa, **G3** – meranie v období tehotenstva 36.-37. týždňa **MZE** – model zmiešaných efektov s hodnotou $p \leq 0,05$, výsledky sú uvedené vo formáte priemer ± smerodajná odchýlka

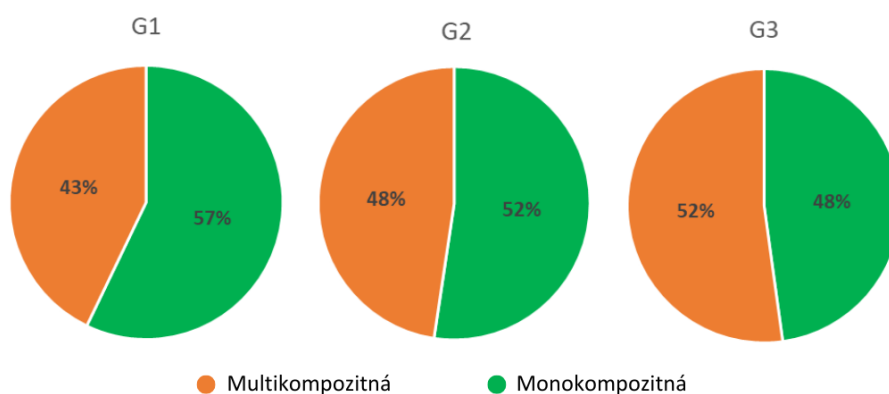
7.2 Hodnotenie príjmu suplementov

Vyhodnocovanie podľa druhu suplementácie zobrazuje graf 1. Multikompozitná, alebo aj viacložková suplementácia minerálov a vitamínov v prípravkoch určených pre tehotné ženy najviac dominovala v období G1. Použitie monokompozitných jednozložkových suplementov narastalo naprieč tehotenstvom. Najviac preferovanou formou suplementácie podľa grafu je kombinácia multikompozitnej a monokompozitnej suplementácie, ktorá bola výrazná najmä období G3. Dopĺňanie vitamínov a minerálov sa týkalo každej účastníčky výskumu počas všetkých sledovaných období tehotenstva.

Graf 5 Hodnotenie suplementácie podľa zloženia



Percentuálny podiel zastúpenia monokompozitnej a multikompozitnej suplementácia pod označením kombinácia oboch



G1 – meranie v období tehotenstva 17.-27. týždňa **G2** – meranie v období tehotenstva 28.-35. týždňa, **G3** – meranie v období tehotenstva 36.-37. týždňa

V nasledujúcich tabuľkách bol vyhodnotený príjem vybraných vitamínov a minerálov z výživy aj v kombinácii s doplňovanou suplementáciou, ktoré sú kľúčové pre vývin plodu v tele matky.

Kyselina listová je najčastejším suplementovaným vitamínom v období tehotenstva. Tabuľka 12 reflektuje jej príjem z výživy, ale aj za pomoci doplnkov stravy. Odporúčaný denný príjem pre tehotné ženy je kalkulovaný na množstvo 550 µg na deň. Hodnoty príjmu, ktoré nedosiahli stanovený limit sú vyznačené červenou farbou.

Foláty získavané z potravy majú nižšiu biologickú dostupnosť ako kyselina listová dodaná v doplnkoch výživy, preto sa k zohľadneniu týchto rozdielov využíva DFE (dietary folate equivalent), známy ako folátový ekvivalent. DFE definujeme ako 1 µg DFE = 1 µg folátu z potravy = 0,6 µg kyseliny listovej z doplnkov stravy (European Food Safety Authority (EFSA), 2017).

V G1 nesplnilo odporúčanú dennú dávku 11 % respondentiek (zo 16 zúčastnených žien nášho výskumu disponujeme záznamami v období G1 iba u 9 žien), v období G2 to bolo 19 % a najvyššie hodnoty boli evidované v G3 s percentuálnym zastúpením až 56 %.

Tabuľka 12 Príjem kyseliny listovej

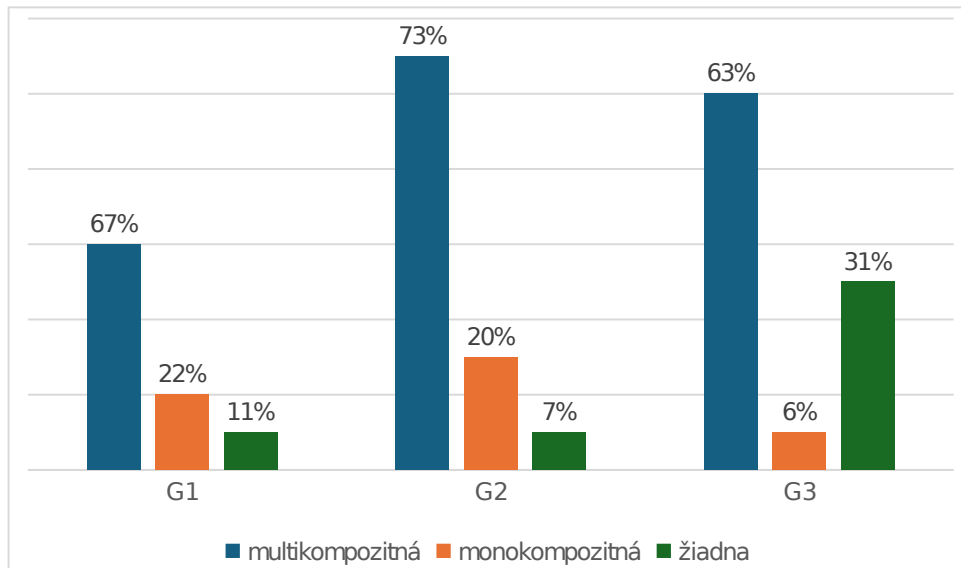
Kyselina listová [µg DFE]						
Iniciály žien	G1		G2		G3	
	V	V + S	V	V + S	V	V + S
DA	230	563	234	567	172	505
HM	X	X	279	946	390	390
HJ	215	1548	272	939	207	540
JKr	189	1522	231	1564	178	1511
JK	128	1461	156	159	138	138
JP	219	1219	179	1096	247	1164
JH	X	X	296	963	242	909
KE	X	X	199	1532	311	311
LK	275	942	170	1503	199	199
LE	220	220	263	930	206	539
MZ	239	906	226	1559	211	878
PV	X	X	312	979	343	1010
RZ	X	X	178	511	195	528
SK	X	X	223	223	211	211
ŠB	X	X	252	919	224	891
T(F)A	107	2105	145	812	182	849
DDD = 550 µg DFE						

G1 – meranie v období tehotenstva 17.-27. týždňa **G2** – meranie v období tehotenstva 28.-35. týždňa, **G3** – meranie v období tehotenstva 36.-37. týždňa, **V** – výživa [µg], **V + S** – výživa spolu so suplementáciou [µg], **DDD** – odporúčaná denná dávka [mg], **DFE** dietary folate equivalents – folátový ekvivalent [µg], červeno zvýraznene hodnoty uvádzajú nesplnenie DDD

Graf 2 zobrazuje príjem kyseliny listovej z monokompozitných a multikompozitných prípravkov. Z grafu vyplýva, že najuprednostňovanejšou formou

suplementácie je multikompozitná, s najväčším percentuálnym zastúpením v období G2. Počas výskumu u niektorých žien nebola dodávaná kyselina listová z iných zdrojov ako potravinových, čo činilo 11 % v období G1, 7 % v G2, a najviac v období G3.

Graf 6 Suplementácia kyseliny listovej



G1 – meranie v období tehotenstva 17.-27. týždňa **G2** – meranie v období tehotenstva 28.-35. týždňa, **G3** – meranie v období tehotenstva 36.-37. týždňa

Tabuľka 13 znázorňuje príjem železa z výživy, ale aj v rámci suplementácie. Odporúčaná denná dávka pre tehotné ženy je definovaná na 30 mg na deň. V tabuľke nachádzame aj dáta prevyšujúce hodnotu 100 mg železa na deň, ktorá je zapríčinená dodávaním liečivými prípravkami na lekársky predpis, ako boli Sorbifer durules alebo prípravok Maltofer (kombinácia kyseliny listovej a železa), ktoré sú určené k prevencii a liečbe anémie spôsobenej nedostatkom železa.

Odporúčanú dennú dávku 30 mg nespĺnilo 67 % žien v G1, 69 % žien v G2 a v G3 44 % žien, z dôvodu absencie suplementácie železa.

Príjem železa na úrovni suplementácie zabezpečovali multikompozitné, teda viacložkové prípravky určené pre tehotné ženy, ale aj monokompozitná suplementácia, s percentuálnym zastúpením 11 % respondentiek v období G1, v období G2 pozorujeme zvýšenie na 27 %. Najvyššia spotreba monokompozitných prípravkov s obsahom železa bola sledovaná v období G3, ktorá predstavovala 44 % respondentiek. Suplementáciu užívalo 69 % žien.

Tabuľka 13 Príjem železa

ŽELEZO [mg/deň]						
Iniciály žien	G1		G2		G3	
	V	V + S	V	V + S	V	V + S
DA	17	17	17	17	19	119
HM	X	X	20	140	18	18
HJ	21	21	22	22	21	21
JKr	17	37	16	36	20	40
JK	16	36	17	17	14	14
JP	14	14	15	115	18	118
JH	X	X	19	37	15	33
KE	X	X	15	15	17	17
LK	17	17	16	16	19	37
LE	12	30	13	31	14	32
MZ	16	16	20	20	17	31
PV	X	X	17	17	19	19
RZ	X	X	14	14	17	35
SK	X	X	26	26	24	24
ŠB	X	X	17	17	16	16
T(F)A	11	11	12	22	16	44
DDD = 30 mg						

G1 – meranie v období tehotenstva 17.-27. týždňa **G2** – meranie v období tehotenstva 28.-35. týždňa, **G3** – meranie v období tehotenstva 36.-37. týždňa, **V** – výživa [mg], **V + S** – výživa spolu so suplementáciou [mg], **DDD** – odporučená denná dávka [mg], červeno zvýraznene hodnoty uvádzajú nespĺnenie DDD

7.3 Korelácia medzi príjmom suplementov a utilizáciou nutričov

Korelačnou analýzou sme zisťovali vplyv suplementácie počas rôznych štádií tehotenstva na utilizáciu nutričných substrátov. Na vyhodnotenie získaných dát sme použili Pearsonov korelačný koeficient, ktorý je ukazovateľom miery závislosti dvoch premenných, ktorými sú, v našom prípade, suplementy a utilizácia nutričov. Sledovali sme vplyv príjmu vitamínov a minerálov obsiahnutých vo výžive, samostatným príjmom vo forme výživových doplnkov a suplementácie spolu s výživou.

7.3.1 Korelácia medzi príjmom suplementov a utilizáciou sacharidov

V tabuľke 14 sledujeme významnú koreláciu v príjme minerálnych látok vo výžive, ale i v rámci suplementovanej forme s výživou. Štatisticky významné výsledky nachádzame v období tehotenstva iba v 17. až 27. týždni. Vo všetkých prípadoch bola nájdená pozitívna asociácia medzi utilizáciou sacharidov a minerálnymi látkami. Asociácia bola nachádzaná prevažne s príjmom z výživy spolu so suplementáciou, u zinku bola sledovaná iba vo výžive. Významná asociácia z výživy spolu so suplementáciou, ktorá nebola dosiahnutá v samotnej výžive bola sledovaná v prípade horčíku a medi.

Tabuľka 14 Korelácia medzi príjmom minerálnych látok a utilizáciou sacharidov

Meranie	Nutrient		Utilizácia sacharidov			
			g/deň		%	
			<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
G1	Draslík [mg/kg]	V	0,704	0,034	0,842	0,004
		V + S	0,704	0,034	0,842	0,004
	Horčík [mg/kg]	V	0,662	0,052	0,807	0,009
		V + S	0,812	0,008	0,727	0,026
	Fosfor [mg/kg]	V	0,847	0,004	0,838	0,005
		V + S	0,868	0,002	0,840	0,005
	Železo [mg/kg]	V	0,719	0,029	0,746	0,021
		V + S	0,701	0,035	0,685	0,042
	Zinok [mg/kg]	V	0,884	0,002	0,821	0,007
		V + S	0,557	0,119	0,468	0,204
	Meď [mg/kg]	V	0,665	0,051	0,726	0,027
		V + S	0,696	0,037	0,635	0,066
	Fluoridy [µg/kg]	V	0,573	0,107	0,674	0,046
		V + S	0,566	0,112	0,670	0,048

G1 – meranie v období tehotenstva 17. - 27. týždňa, *r* – Pearsonov korelačný koeficient, *p* – hladina významnosti $p \leq 0,05$, hodnoty hrubým písmom označujú štatisticky významné výsledky s $p \leq 0,05$, **V** – výživa, **V + S** – výživa spolu so suplementáciou

Asociáciu využitia sacharidov s príjmom vitamínov zobrazuje tabuľka 15. U vitamínov rozpustných vo vode skupiny B sledujeme pozitívnu koreláciu v meraní G1, čo predstavuje obdobie 17. až 27. týždňa tehotenstva. V prípade kyanokobalamínu bola zistená významná korelácia iba z príjmu suplementov. Pri hodnotení príjmu vitamínu A obsiahnutého vo výžive, ale aj suplementovaného vitamínu A bola nájdená negatívna asociácia s užitím sacharidov vyjadrených v gramoch na deň.

Tabuľka 15 Korelácia medzi príjmom vitamínov a užitím sacharidov

Meranie	Nutrient		Užitie sacharidov				
			g/deň		%		
			r	p	r	p	
G1	Vit. B3 - niacin [mg/kg]	V	0,894	0,001	0,856	0,003	
		V + S	0,342	0,367	0,164	0,673	
	Vit. B6 - pyridoxin [mg/kg]	V	0,840	0,005	0,845	0,004	
		V + S	0,378	0,315	0,180	0,644	
	Vit. B9 - kyselina listová [µg/kg]	V	0,621	0,074	0,697	0,037	
		V + S	-0,175	0,652	-0,193	0,619	
	Karotenoidy [µg/kg]	V	0,550	0,125	0,635	0,066	
		V + S	0,721	0,029	0,761	0,017	
	Vitamín A + karotenoidy [µg/kg]	V	0,566	0,112	0,567	0,111	
		V + S	0,706	0,034	0,682	0,043	
	G3	Vitamín A - retinol [µg/kg]	V	-0,510	0,044	-0,471	0,066
			V + S	-0,510	0,044	-0,471	0,066
Vitamín B12 - kyanokobalamín [µg/kg]		V	-0,355	0,177	-0,211	0,432	
		V + S	-0,326	0,218	-0,302	0,256	
		S	0,535	0,033	0,291	0,273	

G1 – meranie v období tehotenstva 17.-27. týždňa, **G3** – meranie v období tehotenstva 36.-37. týždňa, **r** – Pearsonov korelačný koeficient, **p** – hladina významnosti $p \leq 0,05$, hodnoty hrubým písmom označujú štatisticky významné výsledky s $p \leq 0,05$, **V** – výživa, **V + S** – výživa spolu so suplementáciou, **S** – suplementácia, hodnoty zvýraznené červenou farbou označujú negatívnu asociáciu

7.3.2 Korelácia medzi príjmom suplementov a utilizáciou lipidov

Štatisticky významné dáta korelačnej analýzy vplyvu príjmu minerálov s utilizáciou lipidov nám poskytuje len meranie G1 v intervale 17. až 27. týždňa gravidity vid' tabuľka 16. Príjem všetkých uvedených minerálnych látok získavaných pomocou potravy, ale aj v kombinácii s výživovými doplnkami negatívne korelovali s parametrami utilizácie lipidov.

Tabuľka 16 Korelácia medzi príjmom minerálnych látok a utilizáciou lipidov

Meranie	Nutrient		Utilizácia lipidov			
			g/deň		%	
			r	p	r	p
G1	Draslík [mg/kg]	V	-0,647	0,060	-0,727	0,026
		V + S	-0,647	0,060	-0,727	0,026
	Horčík [mg/kg]	V	-0,702	0,035	-0,764	0,017
		V + S	-0,592	0,093	-0,639	0,064
	Zinok [mg/kg]	V	-0,583	0,099	-0,711	0,032
		V + S	-0,447	0,228	-0,454	0,220
	Fluoridy [μg/kg]	V	-0,726	0,027	-0,692	0,039
		V + S	-0,726	0,027	-0,687	0,041
	Železo [mg/kg]	V	-0,548	0,126	-0,632	0,068
		V + S	-0,720	0,029	-0,761	0,017

G1 – meranie v období tehotenstva 17.-27. týždňa, **r** – Pearsonov korelačný koeficient, **p** – hladina významnosti $p \leq 0,05$, hodnoty hrubým písmom označujú štatisticky významné výsledky s $p \leq 0,05$, **V** – výživa, **V + S** – výživa spolu so suplementáciou, hodnoty zvýraznené červenou farbou označujú negatívnu asociáciu

Pri hodnotení korelácie vitamínov skupiny B nadobúdajú dáta o utilizácii tukov negatívnu hodnotu vid' tabuľka 17. Negatívna asociácia bola nájdená pri vitamíne B3 a B6. Ak by sme tieto parametre porovnali s utilizáciou sacharidov, tak má korelácia opačný charakter.

Tabuľka 17 Korelácia medzi príjmom vitamínov z výživy a utilizáciou lipidov

Meranie	Nutrient		Utilizácia lipidov			
			g/deň		%	
			r	p	r	p
G1	Vit. B3 - niacin [mg/kg]	V	-0,621	0,074	-0,812	0,008
		V + S	-0,023	0,953	-0,111	0,776
	Vit. B6 - pyridoxin [mg/kg]	V	-0,596	0,090	-0,797	0,010
		V + S	-0,005	0,989	-0,084	0,830

G1 – meranie v období tehotenstva 17.-27. týždňa, **r** – Pearsonov korelačný koeficient, **p** – hladina významnosti $p \leq 0,05$, hodnoty hrubým písmom označujú štatisticky významné výsledky s $p \leq 0,05$, **V** – výživa, **V + S** – výživa spolu so suplementáciou, hodnoty zvýraznené červenou farbou označujú negatívnu asociáciu, hodnoty hrubým písmom označujú štatisticky významný rozdiel s p

7.3.3 Korelácia medzi príjmom suplementov a utilizáciou proteínov

Sledovaním korelácie príjmu minerálov a utilizácie proteínov, vyjadrených v percentách, získaných v potrave pozorujeme v prípade fosforu nepriamo úmerný vzťah v dobe od 17. do 27. týždňa tehotenstva. V období G3 sa v korelácií príjmu medzi uplatňuje priama linearita, ktorá výživou bohatou na obsah medi podporila procesy utilizácie bielkovín.

V meraní G2 sme zaznamenali v príjme zinku z výživových doplnkov spolu so stravou, kde je táto súvislosť priamo úmerná s oxidáciou proteínov. Samostatná suplementácia železa nám nepriamo koreluje s dátami utilizácie proteínov. Vitamín A v suplementovanej forme spolu s potravou nám opäť vykazuje negatívnu asociáciu vid' tabuľka 18.

Tabuľka 18 Korelácia medzi príjmom minerálov a utilizáciou proteínov

Meranie	Nutrient		Utilizácia proteínov			
			g/deň		%	
			r	p	r	p
G1	Fosfor [mg/kg]	V	-0,591	0,094	-0,696	0,037
		V + S	-0,253	0,512	-0,661	0,052
G2	Zinok [mg/kg]	V	0,358	0,209	0,531	0,051
		V + S	0,517	0,058	0,613	0,020
G3	Meď [mg/kg]	V	0,476	0,062	0,504	0,047
		V + S	0,071	0,795	0,134	0,622
	Horčík [mg/kg]	V	0,261	0,328	0,281	0,291
		V + S	0,819	0,000	0,851	0,000
		S	0,800	0,000	0,829	0,000
	Železo [mg/kg]	V	0,446	0,083	0,463	0,071
		V + S	-0,468	0,067	-0,447	0,083
		S	-0,516	0,041	-0,499	0,049

G1 – meranie v období tehotenstva 17.-27. týždňa, **r** – Pearsonov korelačný koeficient, **p** – hladina významnosti $p \leq 0,05$, hodnoty hrubým písmom označujú štatisticky významné výsledky s $p \leq 0,05$, **V** – výživa, **V + S** – výživa spolu so suplementáciou, **S** –suplementácia, hodnoty zvýraznené červenou farbou označujú negatívnu asociáciu

Tabuľka 19 poskytuje dáta vplyvu vitamínov na utilizáciu proteínov na úrovni príjmu z potravy. Pri vitamíne A, retinole, nachádzame negatívne hodnoty korelácie, zatiaľ čo pri vitamínoch skupiny B ako je thiamín, niacín a pyridoxín je táto korelácia pozitívna.

Tabuľka 19 Korelácia medzi príjmom vitamínov a utilizáciou proteínov

Meranie	Nutrient		Utilizácia proteínov			
			g/deň		%	
			<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
G1	Vit. A - retinol [µg/kg]	V	-0,753	0,019	-0,789	0,012
		V + S	-0,753	0,019	-0,789	0,012
G3	Vit. B1 - thiamin [mg/kg]	V	0,535	0,033	0,546	0,029
		V + S	0,368	0,195	0,558	0,038
	Vit. B3 - niacin [mg/kg]	V	0,549	0,028	0,644	0,007
		V + S	0,095	0,727	0,172	0,524
	Vit. B6 - pyridoxin [mg/kg]	V	0,463	0,071	0,518	0,040
		V + S	0,021	0,937	0,061	0,823

G1 – meranie v období tehotenstva 17.-27. týždňa, **G3** – meranie v období tehotenstva 36.-37. týždňa, *r* – Pearsonov korelačný koeficient, *p* – hladina významnosti $p \leq 0,05$, hodnoty hrubým písmom označujú štatisticky významné výsledky s $p \leq 0,05$, **V** – výživa, **V + S** – výživa spolu so suplementáciou, **S** – suplementácia, hodnoty zvýraznené červenou farbou označujú negatívnu asociáciu

Pre prehľadnosť štatisticky významných asociácií medzi mikroživinami a utilizáciou nutričných substrátov boli vytvorené tabuľky 20 a 21, ktoré slúžia k zjednodušeniu interpretácie výsledkov.

Tabuľka 20 Prehľad korelácií – minerálne látky

KORELÁCIA			
Minerálna látka	Utilizácia		
	Sacharidy	Lipidy	Proteíny
Draslík	pozitívna	negatívna	žiadna
Horčík	pozitívna	negatívna	pozitívna
Železo	pozitívna	negatívna	negatívna
Zinok	pozitívna	negatívna	pozitívna
Meď	pozitívna	žiadna	žiadna
Fluoridy	pozitívna	negatívna	žiadna
Fosfor	pozitívna	žiadna	negatívna

Tabuľka 21 Prehľad korelácií - vitamíny

KORELÁCIA			
Vitamín	Utilizácia		
	Sacharidy	Lipidy	Proteíny
B1	žiadna	žiadna	pozitívna
B3	pozitívna	negatívna	pozitívna
B6	pozitívna	negatívna	pozitívna
B9	pozitívna	žiadna	žiadna
B12	pozitívna	žiadna	žiadna
Karotenoidy	pozitívna	žiadna	žiadna
Karotenoidy + vit. A	pozitívna	žiadna	žiadna
A	negatívna	žiadna	negatívna

8. DISKUSIA

Diplomová práca bola zameraná na stanovenie pokojového energetického výdaja a využitia nutričných substrátov za využitia nepriameho kalorimetra a za zistenia odpadu močoviny zo 24-hodinového zberu moču. Týždenné záznamy prijímanej potravy spolu so suplementáciou boli analyzované vďaka špeciálnemu nutričného software Nutridan.

V rámci štúdie bola stanovená hodnota pokojového energetického výdaja (REE), ktorý bol vypočítaný použitím Weirovej rovnice z objemov respiračných plynov meraných nepriamym kalorimetrom a aj predikovaný pomocou rovníc. Štatisticky významný rast pokojového energetického výdaja bol preukázaný v druhom a na konci tretieho trimestra ($p = 0,0062$), predikovaného podľa HB rovnice ($p < 0,0001$), REE v prepočte na % predikovanej hodnoty ($p = 0,0124$), REE prepočítaný na povrch tela ($p = 0,0096$) a na netukové tkanivo ($p = 0,0402$). Podľa španielskej štúdie z roku 2017 (Bugatto et al., 2017) so vzorkou 40 tehotných žien vykazovalo zvýšenie REE ($p < 0,001$) v prvom trimestri z 1378 ± 129 kcal/deň a 1654 ± 229 kcal/deň v treťom trimestri. V porovnaní so získanými hodnotami nášho výskumu v G1 predstavuje REE = 1438 ± 225 kcal/deň a v G3 je hodnota REE = 1722 ± 206 . Na základe zhodnotenia oboch štúdií je prítomné významné zvyšovanie REE s rastúcim gestačným vekom.

Pri porovnaní hodnôt REE merané IC a HB rovnicou boli zistené odlišné výsledky, ktoré potvrdzujú aj štúdia (Oliveira et al., 2021). Získané dáta nášho výskumu naznačujú nadhodnotenie REE hodnoty odvodenej z HB rovnice v porovnaní s REE-IC hodnotou v období G1, pričom pri zvyšných obdobiach bola táto hodnota podhodnotená. Použitie prediktívnych rovníc má stále svoje uplatnenie v praxi, najmä ak je ak nie je dostupné stanovenie pomocou nepriamej kalorimetrie, ktorá oproti prediktívnym rovniciam vykazuje najpresnejšie hodnotenie REE.

Namerané objemy respiračných plynov vychádzajú z merania pomocou kalorimetra, ktoré sa významne zvyšovali s dĺžkou tehotenstva približne o 20 %. Významný nárast hodnôt spotreby kyslíka ($p = 0,0086$) a produkcie oxidu uhličitého ($p = 0,0058$) bol sledovaný aj v štúdií (Bugatto et al., 2017) pri parametroch VO_2 ($p < 0,001$) a VCO_2 ($p < 0,001$).

U RQ a npRQ zostávali hodnoty relatívne konštantné. Systematický prehľad (Melzer et al., 2014) uvádza longitudinálne štúdie, ktoré sledovali respiračný kvocient u tehotných žien. Zvýšenie RQ bolo namerané v starších štúdiách (Knuttgen a Emerson, 1974) v 36.týždni tehotenstva, (Piers et al., 1995) výrazne vyššie v 24. a 34. týždni tehotenstva. Nezmenené hodnoty RQ sú uvedené v štúdiách Catalano et al.,1998, Spaaij et al., 1994. Z článku (Melzer et al., 2014) vyplýva, že väčšina longitudinálnych štúdií odhalila zvýšenie hodnôt respiračného kvocientu najmä v treťom trimestri tehotenstva. Pri našom výskume nebol preukázaný významný rozdiel naprieč celým tehotenstvom.

Výsledky oxidácie základných nutričných substrátov sa významne nezmenili s rastúcim gestačným vekom žien. Štúdia (Bugatto et al., 2017) uvádza významný rozdiel medzi oxidáciou sacharidov a lipidov v 20. a 36. týždni tehotenstva. (Bugatto et al., 2017) uvádza „Pri analýze príspevku oxidácie substrátu k celkovému energetickému metabolizmu došlo u štíhlych žien k poklesu oxidácie sacharidov spolu so zvýšením oxidácie lipidov počas tehotenstva. Prahové obdobie pri prechode z prevažne sacharidového na lipidový metabolizmus nastalo medzi 24. a 28. týždňom a k novému rastu oxidácie sacharidov a pokles lipidového metabolizmu došlo na konci tehotenstva“. Pri porovnávaní s naším výskumom, pri ktorom sa významne nemelila oxidácia nutričných substrátov, môžeme len odhadovať trend k zvyšovaniu a znižovaniu hodnôt. Limitáciou tohto porovnania je značný rozptyl týždňov v G1, ktorý zastrešuje obdobie od 17. do 27. týždňa. Ak by sme porovnávali hodnoty získané v G1 s G3 (36.-37. týždeň gravidity), u oxidácií sacharidov v G1 bola hodnota nižšia ako v G3 (46 ± 20 vs. 49 ± 16), čo je v súlade s porovnávanou štúdiou, a u oxidácií lipidov bol trend zvyšovania hodnôt (23 ± 18 vs. 26 ± 18), čo je protichodným výsledkom oproti výsledkom porovnáwanej štúdie.

Pozitívnu asociáciu suplementácie minerálnych látok s utilizáciou sacharidov sme sledovali pri príjme draslíka, horčíka, železa, medi, zinku, fluoridov a fosforu. Zaujímavú súvislosť medzi príjmom horčíka a metabolizmom sacharidov popisuje metaanalýza (Qu et al., 2022) zameraná na výskum príjmu perorálnej suplementácie horčíka u pacientiek s diagnostikovaným gestačným diabetom. Táto štúdia poukazuje na priaznivé účinky horčíka na zníženie hladín plazmatickej glukózy nalačno a zníženie hladiny inzulínu. Bolo popísané aj významné zlepšenie metabolizmu glukózy a citlivosti na inzulín. Keďže

horčík vstupuje do procesov regulácie homeostázy glukózy a pôsobenia inzulínu, jeho deficit je spojený s rozvojom gestačného diabetu, hypertenznými poruchami a predčasným pôrodom. V období tehotenstva, kedy je riziko vzniku inzulínovej rezistencie a cukrovky oveľa vyššie je prospešné suplementovať horčík. Tieto tvrdenie sú podložené aj štúdiou (Zarean & Tarjan, 2017), ktorá význam suplementácie magnézia v tehotenstva spája aj s prevenciou vzniku preeklampsie.

Na podklade týchto zistení môžeme predpokladať, že výskyt negatívnej asociácie medzi utilizáciou lipidov a príjmom horčíka súvisí s posunom metabolizmu smerom k preferenčnému využívaniu sacharidov, čo potvrdzuje aj naša zistená negatívna asociácia medzi utilizáciou lipidov. Táto asociácia bola sledovaná aj pri draslíku, železe a zinku. Horčík i zinok pozitívne korelovali s utilizáciou sacharidov a proteínov, zatiaľ čo draslík len s utilizáciou sacharidov. Môžeme opäť predpokladať, že tieto minerálne látky podporujú utilizáciu sacharidov a proteínov, čo môže mať za následok zníženú utilizáciu lipidov. Korelácia medzi minerálnymi látkami a utilizáciou proteínov bola pozitívna u horčíka a zinku, avšak u železa a fosforu bola negatívna.

Asociácia medzi príjmom vitamínov a utilizáciou sacharidov je pozitívna s vitamínmi skupiny B rozpustných vo vode (B3, B6, B9, B12), karotenoidoch a karotenoidoch v kombinácii s vitamínom A, pričom u vitamínu A vychádza negatívna korelácia, ktorá môže súvisieť s lipofilným charakterom vitamínu A a jeho príjmom v rámci tukov, čo by odpovedalo nižšej utilizácii sacharidov. Medzi utilizáciou lipidov a vitamínmi negatívne korelovali vitamín B3, B6 a pri korelácii utilizácie proteínov a vitamínmi bola pozitívna asociácia pri príjme vitamínu B1, B3, B6 a negatívna pri vitamíne A. Negatívna asociácia medzi príjmom vitamínu A a utilizáciou proteínov naznačuje nepriamo úmerný vzťah, kedy nízky príjem zvyšuje využitie proteínov. Štúdia vykonaná na myšiach (Esteban-Pretel et al., 2010) poukázala, že chronický deficit vitamínu A podporuje katabolizmus proteínov.

Nakoľko bola naša štúdia orientovaná na sledovanie asociácie širokej škály mikronutrientov, ako sú vitamíny a minerálne látky, by mohlo byť prínosné budúcu štúdiu zamerať aj na podrobnejšiu analýzu jednotlivých mikronutrientov a jeho vplyvu na utilizáciu nutričných substrátov.

Vyššie interpretované výsledky poukazujú na fakt, že využítia počas celého tehotenstva nebola významne zmenená, avšak bola preukázaná asociácia medzi príjmom mikronutrientov z výživy alebo suplementácie a využitím nutričných substrátov. Pre dokázanie tohto vzťahu je potrebné potvrdiť jeho platnosť na podklade ďalších štúdií. Pokračovanie v skúmaní tejto tematiky by bolo prínosné pre objasnenie vzťahu a významu suplementácie počas tehotenstva a využitím nutričných substrátov.

Práca hodnotila aj príjem vitamínov a minerálov v rámci zastúpenia mono- a multikompozitnej suplementácie, alebo jej kombinácie. Z výskumu vyplýva, že všetky zúčastnené ženy dopĺňali potrebné vitamíny a minerálne látky počas celého tehotenstva. 56 % respondentiek užívalo viacložkovú suplementáciu v G1, v nasledujúcich obdobiach G2 a G3 bola najviac preferovaná forma monokompozitnej spolu s multikompozitnou suplementáciou v približnom polovičnom zastúpení.

Analýza príjmu kyseliny listovej vychádzala prepočtu na folátový ekvivalent DFE z príjmu výživy spolu so suplementáciou. Nesplnenie limitu 550 µg malo percentuálne zastúpenie 11 %, 19 %, 56 % žien v obdobiach G1, G2, G3. V prípade príjmu železa s DDD 30 mg nesplnilo 67 % žien v G1, 69 % žien v G2 a v G3 44 % žien. Podľa prierezovej štúdie (Demuth et al., 2018) bolo preukázané, že zo 207 účastníčok počas tehotenstva suplementovalo železo 65,2 % žien. V prípade nášho analyzovania bola odhalená suplementácia u 69 % tehotných žien, čo je relatívne blízke percento s uvedenou štúdiou.

Limity štúdie vychádzajú z rôznych faktorov. Štúdia skúmala zdravú populáciu tehotných žien v počte 16 respondentiek, ktorých výber bol taktiež limitovaný podľa určitých kritérií, ako je prvorodenstvo bez výskytu komplikácií, závažných metabolických či iných ochorení. Ďalším možným limitom je aj miesto výkonu štúdie, ktoré sa vzťahovalo len na úzke okolie Hradca Králové na území Českej republiky a svoju rolu zohrávala aj pomerne krátka doba štúdie v rozsahu jedného roka.

9. ZÁVER

Výsledky diplomovej práce poukazujú na významné zvyšovanie hodnôt pokojového energetického výdaja s rastúcim gestačným vekom o približne 20 %. Významne zvýšenie bolo sledované aj pri spotrebe kyslíku a produkcií oxidu uhličitého. Respiračný a nebielkovinový respiračný kvocient zostali počas celej dĺžky tehotenstva relatívne konštantné.

Utilizácia nutričných substrátov sa výrazne nemelila počas celého obdobia gravidity u žiadneho substrátu, avšak jej asociáciu medzi utilizáciou nutričných substrátov a príjmom mnohých mikronutrientov sme dokázali.

Preukázali sme významné asociácie medzi príjmom minerálnych látok a utilizáciou nutričných substrátov. Zistenia naznačujú, že príjem minerálnych látok môže podporovať metabolické zdravie matky, ako je to v prípade horčíku, ktorý súvisí pozitívnym ovplyvnením metabolizmu glukózy, inzulínovej rezistencie, zníženia hladiny inzulínu a s prevenciou vzniku gestačného diabetu. Asociácia medzi utilizáciou lipidov a príjmom vitamínov a minerálnych látok bola negatívna. Pozitívne korelovali vitamíny skupiny B a negatívne vitamín A s utilizáciou sacharidov. Korelácia medzi suplementáciou a utilizáciou proteínov bola aj negatívna aj pozitívna.

V našom výskume bol ukázaný trend naznačujúci, že príjem mikronutrientov môže mať potenciálne významný vplyv na utilizáciu nutričných substrátov počas tehotenstva.

Všetky zúčastnené ženy dopĺňali potrebné vitamíny a minerálne látky počas celého tehotenstva, najčastejšie v rámci multikompozitnej suplementácie alebo v kombinácií multikompozitnej s monokompozitnou suplementáciou v približnom polovičnom zastúpení. Analýza ukázala, že 11 %, 19 %, 56 % žien v jednotlivých obdobiach tehotenstva G1, G2, G3 nedosiahlo odporúčaný príjem kyseliny listovej a v prípade príjmu železa ho nedosiahlo 67 % žien v G1, 69 % žien v G2 a 44 % žien v G3.

10. POUŽITÉ SKRATKY

skratka	Slovenský význam	význam skratky
AEE	aktuálny energetický výdaj	<i>Activity energy expenditure</i>
BIA	bioimpedančná analýza	<i>Bioelectrical Impedance Analysis</i>
BMI	index telesnej hmotnosti; [kg/m ²]	<i>Body Mass Index</i>
BSA	plocha povrchu tela	<i>Body surface area</i>
CHO	oxidácia sacharidov [g/deň]	
DDD	Odporúčaná denná dávka [mg]	
DFE	folátový ekvivalent [μg]	<i>Dietary folate equivalents</i>
DIT	termický efekt potravy	<i>Diet-induced expenditure</i>
FFM	podiel netukovej hmoty	<i>Fat free mass</i>
G1	meranie v období tehotenstva 17. až 27. týždeň	
G2	meranie v období tehotenstva 28. až 35. týždeň	
G3	meranie v období tehotenstva 36. až 37. týždeň	
*Gx	model so zmiešanými efektami + hodnota Tukeyho testu viacnásobného porovnávania s hodnotou P ≤ 0.05) vs. G1, G2	
IC	nepriama kalorimetria	<i>Indirect calorimetry</i>
MSJ	rovnica Mifflin-St Jear	<i>Mifflin-St Jear</i>
npR	nebielkovinový respiračný kvocient	<i>Non-protein respiratory quotient</i>
P	hladina významnosti	
PRO	oxidácia proteínov [g/deň]	
PRO_K	oxidácia proteínov [kcal/deň]	
r	Pearsonov korelačný koeficient	
REE	pokojevý energetický výdaj	<i>Resting energy expenditure</i>
REE FFM	REE prepočítaný na hmotnosť netukového tkaniva	<i>Resting energy expenditure of fat free mass</i>
REE-IC	REE nameraný kalorimetrom	
REE-HB	REE podľa Harris-Benediktovej rovnice	
REE/BSA	REE prepočítaný na plochu povrchu tela	<i>Resting energy expenditure</i>

		<i>of body surface area</i>
REE/kg	REE prepočítaný na kilogram hmotnosti	
RQ	respiračný kvocient	<i>Respiratory quotient</i>
S	suplementácia	
Teplo/g ox. s	teplo produkované na 1g oxidovaného substrátu g	
UN	odpad dusíku v moči [g/deň]	
V	výživa	
VO₂	objem spotrebovaného kyslíka	
VCO₂	objem vyprodukovaného oxidu uhličitého	
V + S	výživa spolu so suplementáciou	

11. ZOZNAM TABULIEK

Tabuľka 1 Oxidácia nutričných substrátov.....	20
Tabuľka 2 Gestačný prírastok hmotnosti podľa Inštitúcie medicíny (2009).....	21
Tabuľka 3 Odporúčané denné dávky u vitamínov rozpustných v tukoch.....	23
Tabuľka 4 Odporúčané denné dávky u vitamínov rozpustných vo vode.....	24
Tabuľka 5 Odporúčané denné dávky minerálnych látok.....	26
Tabuľka 6 Základné antropometrické parametre u tehotných žien.....	34
Tabuľka 7 Merané plyny pomocou kalorimetra.....	35
Tabuľka 8 Stanovenia REE.....	36
Tabuľka 9 Utilizácia sacharidov.....	36
Tabuľka 10 Utilizácia lipidov.....	37
Tabuľka 11 Utilizácia proteínov.....	37
Tabuľka 12 Príjem kyseliny listovej.....	39
Tabuľka 13 Príjem železa.....	41
Tabuľka 14 Korelácia medzi príjmom minerálnych látok a utilizáciou sacharidov.....	42
Tabuľka 15 Korelácia medzi príjmom vitamínov a utilizáciou sacharidov.....	43
Tabuľka 16 Korelácia medzi príjmom minerálov a utilizáciou lipidov.....	44
Tabuľka 17 Korelácia medzi príjmom vitamínov z výživy a utilizáciou lipidov.....	45
Tabuľka 18 Korelácia medzi príjmom minerálov a utilizáciou proteínov.....	46
Tabuľka 19 Korelácia medzi príjmom vitamínov a utilizáciou proteínov.....	47
Tabuľka 20 Prehľad korelácií – minerálne látky.....	48
Tabuľka 21 Prehľad korelácií - vitamíny.....	48

12. ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1 Celkový energetický výdaj..... 14

Obrázok 2 Kalorimetria..... 15

13. ZOZNAM ROVNÍC

Rovnica 1 Harris-Benediktová rovnica.....	17
Rovnica 2 Kleiberova rovnica.....	17
Rovnica 3 Mifflin-St Jeor rovnica.....	17
Rovnica 4 Rovnica podľa Hronka.....	18
Rovnica 6 Respiračný kvocient.....	29
Rovnica 7 Nebielkovinový respiračný kvocient.....	29
Rovnica 8 Weirova rovnica.....	29
Rovnica 9 Harris-Benedikotva rovnica.....	30
Rovnica 10 Index telesnej hmotnosti (BMI).....	32
Rovnica 11 Povrch tela.....	32

14. ZOZNAM GRAFOV

Graf 1 Hodnotenie suplementácie podľa zloženia.....38

Graf 2 Suplementácia kyseliny listovej.....40

15. POUŽITÁ LITERATÚRA

- Angueira, A. R., Ludvik, A. E., Reddy, T. E., Wicksteed, B., Lowe, W. L., & Layden, B. T. (2015). New Insights Into Gestational Glucose Metabolism: Lessons Learned From 21st Century Approaches. *Diabetes*, *64*(2), 327–334. <https://doi.org/10.2337/db14-0877>
- Battezzati, A., & Viganò, R. (2001). Indirect calorimetry and nutritional problems in clinical practice. *Acta Diabetologica*, *38*(1), 1–5. <https://doi.org/10.1007/s005920170022>
- Blond, E., Maitrepierre, C., Normand, S., Sothier, M., Roth, H., Goudable, J., & Laville, M. (2011). A new indirect calorimeter is accurate and reliable for measuring basal energy expenditure, thermic effect of food and substrate oxidation in obese and healthy subjects. *e-SPEN, the European e-Journal of Clinical Nutrition and Metabolism*, *6*(1), e7–e15. <https://doi.org/10.1016/j.eclnm.2010.12.001>
- Bugatto, F., Quintero-Prado, R., Vilar-Sánchez, J. M., Perdomo, G., Torrejón, R., & Bartha, J. L. (2017). Prepregnancy body mass index influences lipid oxidation rate during pregnancy. *Acta Obstetrica et Gynecologica Scandinavica*, *96*(2), 207–215. <https://doi.org/10.1111/aogs.13058>
- Butte, N. F., Wong, W. W., Treuth, M. S., Ellis, K. J., & O'Brian Smith, E. (2004). Energy requirements during pregnancy based on total energy expenditure and energy deposition. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *79*(6), 1078–1087. <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.6.1078>
- Croce, L., Chiovato, L., Tonacchera, M., Petrosino, E., Tanda, M. L., Moleti, M., Magri, F., Olivieri, A., Pearce, E. N., & Rotondi, M. (2023). Iodine status and supplementation in pregnancy: An overview of the evidence provided by meta-analyses. *Reviews in Endocrine & Metabolic Disorders*, *24*(2), 241–250. <https://doi.org/10.1007/s11154-022-09760-7>

- Delsoglio, M., Achamrah, N., Berger, M. M., & Pichard, C. (2019). Indirect Calorimetry in Clinical Practice. *Journal of Clinical Medicine*, 8(9), 1387.
<https://doi.org/10.3390/jcm8091387>
- Demuth, I. R., Martin, A., & Weissenborn, A. (2018). Iron supplementation during pregnancy – a cross-sectional study undertaken in four German states. *BMC Pregnancy and Childbirth*, 18, 491. <https://doi.org/10.1186/s12884-018-2130-5>
- Esteban-Pretel, G., Marín, M., Cabezuelo, F., Moreno-Viedma, V., Renau-Piqueras, J., Timoneda, J., & Barber, T. (2010). Vitamin A Deficiency Increases Protein Catabolism and Induces Urea Cycle Enzymes in Rats. *The Journal of nutrition*, 140, 792–798.
<https://doi.org/10.3945/jn.109.119388>
- European Food Safety Authority (EFSA). (2017). Dietary Reference Values for nutrients Summary report. *EFSA Supporting Publications*, 14(12).
<https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2017.e15121>
- Fanni, D., Gerosa, C., Nurchi, V. M., Manchia, M., Saba, L., Coghe, F., Crisponi, G., Gibo, Y., Van Eyken, P., Fanos, V., & Faa, G. (2021). The Role of Magnesium in Pregnancy and in Fetal Programming of Adult Diseases. *Biological Trace Element Research*, 199(10), 3647–3657. <https://doi.org/10.1007/s12011-020-02513-0>
- Flint, B., & Hall, C. A. (2024). Body Surface Area. V *StatPearls*. StatPearls Publishing.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK559005/>
- Georgieff, M. K. (2020). Iron Deficiency in Pregnancy. *American journal of obstetrics and gynecology*, 223(4), 516–524. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2020.03.006>
- Grzeszczak, K., Kwiatkowski, S., & Kosik-Bogacka, D. (2020). The Role of Fe, Zn, and Cu in Pregnancy. *Biomolecules*, 10(8), 1176. <https://doi.org/10.3390/biom10081176>
- Gupta, R. D., Ramachandran, R., Venkatesan, P., Anoop, S., Joseph, M., & Thomas, N. (2017). Indirect Calorimetry: From Bench to Bedside. *Indian Journal of Endocrinology and Metabolism*, 21(4), 594–599. https://doi.org/10.4103/ijem.IJEM_484_16

- Hadden, D. R., & McLaughlin, C. (2009). Normal and abnormal maternal metabolism during pregnancy. *Seminars in Fetal & Neonatal Medicine*, 14(2), 66–71.
<https://doi.org/10.1016/j.siny.2008.09.004>
- Haugen, H., Chan, L.-N., & Li, F. (2007). Indirect Calorimetry: A Practical Guide for Clinicians. *Nutrition in clinical practice : official publication of the American Society for Parenteral and Enteral Nutrition*, 22, 377–388. <https://doi.org/10.1177/0115426507022004377>
- Heydenreich, J., Kayser, B., Schutz, Y., & Melzer, K. (2017). Total Energy Expenditure, Energy Intake, and Body Composition in Endurance Athletes Across the Training Season: A Systematic Review. *Sports Medicine - Open*, 3, 8. <https://doi.org/10.1186/s40798-017-0076-1>
- Hronek, M., Zadak, Z., Hrnčiarikova, D., Hyspler, R., & Ticha, A. (2009). New equation for the prediction of resting energy expenditure during pregnancy. *Nutrition*, 25(9), 947–953.
<https://doi.org/10.1016/j.nut.2009.02.011>
- Judge, A., & Dodd, M. S. (2020). Metabolism. *Essays in Biochemistry*, 64(4), 607–647.
<https://doi.org/10.1042/EBC20190041>
- Kenny, G. P., Notley, S. R., & Gagnon, D. (2017). Direct calorimetry: A brief historical review of its use in the study of human metabolism and thermoregulation. *European Journal of Applied Physiology*, 117(9), 1765–1785. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3670-5>
- Khalil, S. F., Mohktar, M. S., & Ibrahim, F. (2014). The Theory and Fundamentals of Bioimpedance Analysis in Clinical Status Monitoring and Diagnosis of Diseases. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 14(6), 10895–10928. <https://doi.org/10.3390/s140610895>
- Koekkoek, W. A. C., Xiaochen, G., Van Dijk, D., & Van Zanten, A. R. H. (2020). Resting energy expenditure by indirect calorimetry versus the ventilator-VCO₂ derived method in critically ill patients: The DREAM-VCO₂ prospective comparative study. *Clinical Nutrition ESPEN*, 39, 137–143. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2020.07.005>

- Kumar, A., & Kaur, S. (2017). Calcium: A Nutrient in Pregnancy. *Journal of Obstetrics and Gynaecology of India*, 67(5), 313–318. <https://doi.org/10.1007/s13224-017-1007-2>
- Luy, S. C., & Dampil, O. A. (2018). Comparison of the Harris-Benedict Equation, Bioelectrical Impedance Analysis, and Indirect Calorimetry for Measurement of Basal Metabolic Rate among Adult Obese Filipino Patients with Prediabetes or Type 2 Diabetes Mellitus. *Journal of the ASEAN Federation of Endocrine Societies*, 33(2), 152–159. <https://doi.org/10.15605/jafes.033.02.07>
- McEldrew, E. P., Lopez, M. J., & Milstein, H. (2024). Vitamin A. V *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482362/>
- Melzer, K., Kayser, B., & Schutz, Y. (2014). Respiratory quotient evolution during normal pregnancy: What nutritional or clinical information can we get out of it? *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, 176, 5–9. <https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2014.02.014>
- Most, J., Dervis, S., Haman, F., Adamo, K. B., & Redman, L. M. (2019). Energy Intake Requirements in Pregnancy. *Nutrients*, 11(8), 1812. <https://doi.org/10.3390/nu11081812>
- Mousa, A., Naqash, A., & Lim, S. (2019). Macronutrient and Micronutrient Intake during Pregnancy: An Overview of Recent Evidence. *Nutrients*, 11(2), 443. <https://doi.org/10.3390/nu11020443>
- Mulder, J. W. C. M., Kusters, D. M., Roeters van Lennep, J. E., & Hutten, B. A. (2024). Lipid metabolism during pregnancy: Consequences for mother and child. *Current Opinion in Lipidology*, 35(3), 133–140. <https://doi.org/10.1097/MOL.0000000000000927>
- Oliveira, A. C. D. S., De Oliveira, C. C., De Jesus, M. T., Menezes, N. N. B., De Gois, F. N., Da Silva, J. T., & Santos, L. M. (2021). Comparison of Equations to Predict Energy Requirements With Indirect Calorimetry in Hospitalized Patients. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 45(7), 1491–1497. <https://doi.org/10.1002/jpen.2039>

- Palacios, C., Kostiuk, L. K., & Peña-Rosas, J. P. (2019). Vitamin D supplementation for women during pregnancy. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2019(7), CD008873. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008873.pub4>
- Parrettini, S., Caroli, A., & Torlone, E. (2020). Nutrition and Metabolic Adaptations in Physiological and Complicated Pregnancy: Focus on Obesity and Gestational Diabetes. *Frontiers in Endocrinology*, 11, 611929. <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.611929>
- Patel, H., Kerndt, C. C., & Bhardwaj, A. (2024). Physiology, Respiratory Quotient. V *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK531494/>
- Psota, T., & Chen, K. (2013). Measuring energy expenditure in clinical populations: Rewards and challenges. *European journal of clinical nutrition*, 67(5), 436–442. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2013.38>
- Vander Wyst, K. B., Buman, M. P., Shaibi, G. Q., Petrov, M. E., Reifsnider, E., & Whisner, C. M. (2020). Resting Energy Expenditure Relationship with Macronutrients and Gestational Weight Gain: A Pilot Study. *Nutrients*, 12(2), 450. <https://doi.org/10.3390/nu12020450>
- Westerterp, K. R. (2017). Doubly labelled water assessment of energy expenditure: Principle, practice, and promise. *European Journal of Applied Physiology*, 117(7), 1277–1285. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3641-x>
- Wild, R., & Feingold, K. R. (2000). Effect of Pregnancy on Lipid Metabolism and Lipoprotein Levels. V K. R. Feingold, B. Anawalt, M. R. Blackman, A. Boyce, G. Chrousos, E. Corpas, W. W. de Herder, K. Dhatariya, K. Dungan, J. Hofland, S. Kalra, G. Kaltsas, N. Kapoor, C. Koch, P. Kopp, M. Korbonits, C. S. Kovacs, W. Kuohung, B. Laferrère, ... D. P. Wilson (Ed.), *Endotext*. MDText.com, Inc. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK498654/>
- Zarean, E., & Tarjan, A. (2017). Effect of Magnesium Supplement on Pregnancy Outcomes: A Randomized Control Trial. *Advanced Biomedical Research*, 6, 109. <https://doi.org/10.4103/2277-9175.213879>

Zierle-Ghosh, A., & Jan, A. (2024). Physiology, Body Mass Index. V *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK535456/>

Společnost pro výživu, z.s., *Referenční hodnoty pro příjem živin*, 2. vyd. Praha 2, Výživaservis, 2018, s. 256, ISBN 978-3-86528-14-7

Zadák Z., Květina J. a kol., *Metologie překlinického a klinického výzkumu v metabolismu, výživě, imunologii a farmakologii*. 1. vyd. Praha 5, Galén, 2011, s. 350, ISBN 978-80-7626-855-1