

UNIVERZITA KARLOVA

FARMACEUTICKÁ FAKULTA V HRADCI KRÁLOVÉ

KATEDRA BIOLOGICKÝCH A LÉKAŘSKÝCH VĚD



DIPLOMOVÁ PRÁCA

**HODNOTENIE OXIDÁCIE NUTRIČNÝCH
SUBSTRÁTOV V PRIEBEHU GRAVIDITY**

KLAUDIA HULIČIAROVÁ

Vedúci diplomovej práce: doc. PharmDr. Miloslav Hronek, Ph.D

HRADEC KRÁLOVÉ

2022/2023

Pod'akovanie

Ďakujem školiteľovi doc. PharmDr. Miloslavovi Hronkovi, Ph.D za vedenie, pomoc, čas, trpezlivosť a jeho cenné rady pri spracovávaní mojej diplomovej práce, aj počas experimentálnej časti práce. Rovnako by som sa chcela poďakovať kolegyni Natálií Žídkovej za spoluprácu pri vyšetreniach tehotných žien.

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

V Hradci Králové dňa 3.4.2023

Kludia Huličiarová

OBSAH

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | ABSTRAKT | 6 |
| 2. | ABSTRACT | 7 |
| 3. | ÚVOD | 8 |
| 4. | ZADANIE – CIEĽ PRÁCE..... | 9 |
| 5. | TEORETICKÁ ČASŤ | 10 |
| 5.1 | Tehotenstvo..... | 10 |
| 5.2 | Zmeny vo výžive a metabolizme | 10 |
| 5.2.1 | Výživa..... | 10 |
| 5.2.2 | Váha a BMI | 11 |
| 5.2.3 | Energetický metabolizmus | 11 |
| 5.2.4 | Metabolizmus sacharidov | 12 |
| 5.2.5 | Metabolizmus tukov..... | 12 |
| 5.2.6 | Metabolizmus bielkovín | 13 |
| 5.2.7 | Metabolizmus vody a mikronutrientov..... | 13 |
| 5.3 | Energetický metabolizmus | 14 |
| 5.4 | Metódy sledovania energetického výdaja | 16 |
| 5.4.1 | Predikčné rovnice | 16 |
| 5.4.2 | Priame a nepriame kalorimetrické metódy..... | 19 |
| 5.5 | Oxidácia nutričných substrátov | 22 |
| 5.6 | Štúdie s tehotnými ženami | 27 |
| 6. | EXPERIMENTÁLNA ČASŤ | 43 |
| 6.1 | Základné informácie o štúdií | 43 |
| 6.2 | Metodika štúdie | 44 |
| 6.2.1 | Nepriama kalorimetria a stanovanie dusíku v moči | 44 |
| 6.2.2 | Antropometrické parametre | 45 |
| 6.3 | Základné informácie sledovaného súboru | 45 |
| 7. | VÝSLEDKY | 47 |
| 7.1 | Štatistické spracovanie výsledkov | 47 |

| | | |
|-----|------------------------------------|----|
| 7.2 | Namerané hodnoty | 47 |
| 7.3 | Korelácie | 59 |
| 8. | DISKUSIA | 64 |
| 9. | ZÁVER..... | 67 |
| 10. | POUŽITÉ SKRATKY A VYSVETLIVKY..... | 68 |
| 11. | ZOZNAM TABULIEK | 71 |
| 12. | ZOZNAM VZORCOV..... | 72 |
| 13. | ZOZNAM GRAFOV | 72 |
| 14. | POUŽITÁ LETERATÚRA..... | 73 |

1. ABSTRAKT

Cieľ práce

Cieľom tejto diplomovej práce bolo stanoviť a zhodnotiť zmeny pokojového energetického výdaja, a oxidácií nutričných substrátov, následne posúdiť súvislosti s ďalšími parametrami, a porovnať tieto výsledky s inými prevádzanými štúdiami.

Metódy

K stanoveniu pokojového energetického výdaja a oxidácie nutričných substrátov sa využívala nepriama kalorimetria. Merania tehotných žien prebiehali po 12-hodinovom hladovaní v troch obdobiach tehotenstva. Prvé obdobie v rozmedzí 17.-27. týždňa tehotenstva, druhé medzi 28.-35. týždňom tehotenstva a posledné počas 36.-38. týždňa tehotenstva.

Výsledky

Výsledky práce poukazujú na signifikantne sa zvyšujúce hodnoty respiračných kvocientov ($p = 0,022$) a oxidácie sacharidov ($p = 0,015$) s dĺžkou tehotenstva a k štatisticky významným koreláciám medzi oxidáciou nutričných substrátov a hodnotami RQ, NPRQ, objemom vylúčenej moči, množstvom kreatinínu, močoviny a dusíka vo vylúčenom moči.

Záver

V tejto práci bolo potvrdené zvýšenie hodnôt respiračných kvocientom a oxidácia sacharidov počas tehotenstva. Avšak, pozastavenie štúdie, vzhľadom ku Covid situácií, spôsobilo zníženie počtu sledovaných tehotných žien a potrebných výsledkov.

Kľúčové slová: tehotenstvo, nepriama kalorimetria, pokojový energetický výdaj, oxidácia nutričných substrátov, sacharidy, lipidy, proteíny

2. ABSTRACT

Background

The aim of this diploma thesis was to determine and evaluate changes in resting energy expenditure and oxidation of nutritional substrates, then to assess connections with other parameters and to compare these results with other conducted studies.

Methods

Indirect calorimetry was used to determine resting energy expenditure and oxidation of nutritional substrates. Measurements of pregnant women took place after a 12-hour fast in three periods of pregnancy. The first period between 17.-27. week of pregnancy, the second between 28.-35. weeks of pregnancy and the last during the 36th-38th week of pregnancy.

Results

The results of the work point to significantly increasing values of respiratory quotients ($p = 0.022$) and carbohydrate oxidation ($p = 0.015$) with the length of pregnancy, and to statistically significant correlations between the oxidation of nutritional substrates and the values of RQ, NPRQ, the volume of excreted urine, the amount of creatinine, urea and nitrogen in the excreted urine.

Conclusions

In this work, an increase in respiratory quotient values and carbohydrate oxidation during pregnancy was confirmed. However, the suspension of the study due to the Covid situation caused a decrease in the number of pregnant women followed and the necessary results.

Key words: pregnancy, indirect calorimetry, resting energy expenditure, oxidation of nutritional substrates, carbohydrates, lipids, proteins

3. ÚVOD

Tehotenstvo je obdobie v živote ženy, typické svojou dynamickou zmenou počas, ktorého sa v tele matky vyvíja plod, ktorý sa po narodení stáva novorodencom. V priebehu tohto obdobia sa v organizme mení väčšina procesov a jeho orientácia sa obracia na správny vývin a rast plodu. S rastom plodu nepochybne súvisí jeho výživa, ktorá je v plnej réžii tehotnej matky.

Potravu a tekutiny organizmus matky spracováva v rámci energetického metabolizmu v tomto období odlišne. A práve energetický metabolizmus a zmena oxidácie nutričných substrátov počas tohto obdobia je predmetom tejto diplomovej práce.

Počas vyšetrení s tehotnými ženami sme využívali metódu nepriamej kalorimetrie na základe, ktorej sme sledovali zmeny pokojového energetického výdaja a zmenu oxidácie sacharidov, lipidov, a proteínov. Získané hodnoty sme ďalej hodnotili a porovnávali so štúdiami z celého sveta.

4. ZADANIE – CIEĽ PRÁCE

Cieľom tejto diplomovej práce bolo stanoviť a zhodnotiť zmeny pokojového energetického výdaja, a oxidácií nutričných substrátov u tehotných žien s využitím nepriamej kalorimetrie. Následne posúdiť súvislosti s ďalšími parametrami a porovnať tieto výsledky s inými prevádzanými štúdiami.

5. TEORETICKÁ ČASŤ

5.1 Tehotenstvo

Tehotenstvo je dynamické obdobie v živote ženy, ktorého presné trvanie nie je možné stanoviť. (Hájek 2014) V tomto období sa v organizme ženy vyvíja plod, ktorý sa po pôrode stáva novorodencom. (Roztočil 2017) Priemerná dĺžka fyziologického tehotenstva je 280 dní, t. j. 40 týždňov alebo 10 lunárnych mesiacov. Toto obdobie sa rozdeľuje do troch trimestrov. „Prvý trimester trvá do 12. týždňa, druhý do 28. týždňa a tretí od 28. týždňa do termínu pôrodu. Dĺžka tehotenstva sa podľa medzinárodnej konvencie uvádza v ukončených týždňoch a dňoch, napr. 28 týždňov a 3 dni (28 + 3 od prvého dňa poslednej menštruácie).“ (Hájek 2014)

5.2 Zmeny vo výžive a metabolizme

V tehotenstve dochádza k sérii malých, nepretržitých zmien, ktoré významne ovplyvňujú metabolizmus a nutričné potreby matky. Tieto zmeny sa líšia u každej ženy v závislosti od genetickej predispozície, veku, výživy a životného štýlu pred tehotenstvom. Metabolizmus všetkých živín je ovplyvnení placentárnymi hormónmi. (King 2000)

5.2.1 Výživa

Adekvátny príjem makroživín a mikroživín matky zabezpečuje normálny vývoj plodu, zatiaľ čo nadmerný príjem alebo podvýživa môžu byť spojené s nepriaznivým vývojom u matky, plodu, a následne novorodenca. (Plečaš et al. 2014) Dôležitá je pestrá strava s dostatočným pitným režimom a primeranou fyzickou aktivitou. Taktiež, sa tehotným ženám neodporúča vystavovať príjmu alkoholu, návykových látok, vyšších dávok kofeínu, niektorých druhov rýb či fajčeniu. Problém so správnou výživou môže byť u mladých žien v adolescentom veku, ktoré otehotneli často neplánovane. (Williamson 2006, Farias et al. 2020)

5.2.2 Váha a BMI

Ideálny prírastok na váhe počas tehotenstva z pôvodnej hmotnosti by mal byť 7-15 kg. (Kasper 2015) Avšak, hodnotenie je zložitejšie, nakoľko zvyšovanie hmotnosti závisí od viacerých faktorov ako je hmotnosť, respektíve BMI ženy pred tehotenstvo či nutričné rezervy. (Roztočil 2017) Rovnako, aj správanie žien v tehotenstve ovplyvňuje jeho priebeh, napr. budúce matky, ktoré počas obdobia tehotenstva držia diétu majú nižší váhový prírastok čo môže viesť ku komplikáciám. (D Garner et al. 2022)

S váhou úzko súvisí BMI [kg/m^2], ktoré získame, keď vydáme hmotnosť [kg] druhou mocninou výšky [m^2]. Hodnota BMI sa zvyšuje priamo úmerne s váhou. (Roztočil 2017) Podľa BMI je odporučený prírastok hmotnosti. Pri BMI 19,8 – 26 by sa hmotnosť mala zvýšiť o 11,5 až 16 kg. U žien s nízkym BMI by sa mal prírastok pohybovať v rozmedzí 12,5 až 18 kg a u žien s nadváhou, prípadne obezitou sa odporúča nižší prírastok, t. j. 7 až 11,5 kg. (Kasper 2015)

Váhový prírastok sa využíva k sledovaniu energetického príjmu, ktorý môže ovplyvňovať priebeh tehotenstva. U žien s vyšším prírastok ako je doporučené sa rodia makrozomálne deti, rovnako je vyššie riziko cisárskych rezov, problémy so znižovaním hmotnosti po pôrode a pod.. Naopak, u žien s nižším ako doporučeným váhovým prírastom môže byť narušený vnútromaternicový vývoj plodu, neschopnosť laktácie alebo môže dôjsť k predčasnému pôrodu a pod.. (Williamson 2006, Plečaš et al. 2014)

5.2.3 Energetický metabolizmus

Bazálny metabolizmus je počas tohto obdobia ovplyvnení výživou matky a veľkosťou plodu, ale aj spomínanými placentárnymi hormónmi. Všeobecne povedané ide o obdobie zvýšeného metabolizmu. (King 2000) Energetická potreba sa počas tehotenstva zvyšuje o 250-320 kcal/deň (Kasper 2015, Kominiarek and Rajan 2016) a počas obdobia laktácie až o 1 000 kcal/deň. (Kasper 2015) Pokiaľ sú energetické rezervy na začiatku tehotenstva nízke, tak aj bazálny metabolizmus je znížený, aby tehotná žena šetrila energiu. (Kominiarek 2016) Energetické požiadavky závisia aj od veku ženy, BMI a fyzickej aktivity. (Kominiarek 2016) Koncom tehotenstva je bazálny metabolizmus zvýšený až o 20-30 %, rovnako ako spotreba kyslíka. Z tohto navýšenia spotrebúva plod až 80 %. (Roztočil 2017)

U žien s viacpočetným tehotenstvom je metabolizmus vyšší asi o 10 % ako u žien, ktoré čakajú jedno dieťa. Rovnako je u týchto žien ešte vyššia potreba na príjem živín, vitamínov a minerálov, aby sa zabránilo komplikáciám ako sú nízka pôrodná hmotnosť detí, anémia, predčasný pôrod a pod.. (Kominiarek 2016)

5.2.4 Metabolizmus sacharidov

Sacharidy ako najdôležitejší zdroj energie sú dôležité pre rast plodu, hlavne v druhej polovici tehotenstva. Placentárne hormóny pôsobia ako antagonisti inzulínu, a preto má tehotenstvo voči organizmu matky diabetogénny vplyv. U žien sa môže vyskytnúť mierna glykozúria ako následok zvýšenej glomerulárnej filtrácie a koncom tehotenstva sa močom vylučuje i laktóza, ako následok vývoja mliečnej žľazy. U žien s prediabetom alebo hraničnými hodnotami glukózy v krvi môže dôjsť v tomto období ku gestačnému diabetu prejavujúceho sa hyperglykémiou a ketoacidózou. (Roztočil 2017) Rovnako ako u netehotných žien by mali sacharidy tvoriť asi 45-64 % denného príjmu za deň. (Williamson 2006)

5.2.5 Metabolizmus tukov

V tehotenstve sa zvyšujú hladiny plazmatických lipidov – celkového cholesterolu a triglyceridov, čo je stav, ktorý označujeme ako fyziologická hyperlipidémia. Čo sa týka tukových zásob, tie sú vyššie na začiatku, kedy sa v organizme ženy hromadia ako energetická rezerva do 30. týždňa a potom sa znižujú následkom zvýšených potrieb plodu, a kojenca v období laktácie. (Binder 2011) U tehotných žien je z tukov dôležitý dostatočný príjem omega 3 mastných kyselín, hlavne dokosahexáenovej kyseliny (DHA). DHA má význam pri vývoji CNS, ale ovplyvňuje aj pôrodnú hmotnosť či dĺžku tehotenstva – znižuje počet predčasných pôrodov, a nízku pôrodnú hmotnosť alebo naopak jej vysoký príjem predlžuje dĺžku tehotenstva. (Kasper 2015) Celkový príjem tukov by mal tvoriť 20-35 % celkového príjmu za deň. (Williamson 2006)

5.2.6 Metabolizmus bielkovín

Zmeny v metabolizme bielkovín sú zložité a menia sa počas celého obdobia, aby sa zabezpečilo dostatočné množstvo dusíka pre rast plodu, rast a syntézu nových tkanív plodu, a matky (Kalhan 2000, King 2000) Odporúčaná príjem bielkovín počas tehotenstva je 60 g / deň, čo predstavuje 1,1 g bielkovín / kg telesnej hmotnosti / deň (Kominiarek 2016), aby sa zabezpečil rast materských tkanív aj potreby plodu. V krvnom obehu je znížená celková hladina sérových proteínov, hladina albumínu; naopak stúpa hladina globulínov. Množstvo bielkovín je dôležité pre zabezpečenie aminokyselín od matky k plodu. (Binder 2011)

Dôležité je poznamenať, že v tehotenstve je katabolizmus bielkovín a sacharidov nižší, aby sa zabezpečila výživa a rast plodu, zatiaľ čo tukové zásoby matky slúžia k zabezpečeniu energetického metabolizmu. (Soma-Pollay et al. 2016)

5.2.7 Metabolizmus vody a mikronutrientov

V tehotenstve sa zvyšuje celkový objem vody až o 6-7 litrov. Tento objem sa rozdeľuje medzi objem krvi, hlavne plazmy (1,2-1,4 litra), extracelulárnu tekutinu (4-5 litrov). So zvyšujúcim sa množstvom tekutiny a vplyvom estrogénov dochádza k zníženiu onkotického tlaku, a zvýšeniu permeability kapilár. Ako následok sa v tehotenstve vyskytuje bežný, avšak nepríjemný jav – opuch dolných končatín. (Binder 2011)

K zabezpečeniu správneho vývoja plodu je potrebná zvýšená hladina mikronutrientov ako sú draslík, sodík, chloridy, železo, vápnik, fosfor, horčík a iné. Najvyššie nároky sú na železo, vápnik a fosfor. (Roztočil 2017)

Vo všeobecnosti sa odporúča s podávaním niektorých suplementov už pred počatím. Ide hlavne o vyššie dávky kyseliny listovej, ktorá je dôležitá pre správnu replikáciu buniek u plodu i placenty, a zároveň ako prevencia megaloblastovej anémie, porúch ako spina bifida a iné. U mnohých žien sa dopĺňa súčasne so železom preventívne alebo pri sideropenickej anémii. (Williamson 2006, Kominiarek 2016)

Z vitamínov je potrebné dopĺňať vitamíny skupiny B – hlavne tiamín, riboflavín, ale aj vitamín A, C a D, hlavne u žien žijúcich v chladnejšom podnebí, vegetariánok

a pod.. (Williamson 2006, Kominiarek 2016) S vitamínom D úzko súvisí vzťah vápnika. Jeho potrebný príjem je asi 30 g / deň, aby sa zabezpečili fyziologické procesy v plode. Najvyššie potreby u plodu sú v treťom trimestri. (Soma-Pollay et al. 2016)

K prevencii preeklampsie, glukózovej a inzulínovej rezistencie, a iných porúch sa odporúča dopĺňať selén. Rovnako sa preeklampsia vyskytuje u žien s nedostatkom horčíka, avšak prevalencia nedostatku horčíka nie je častá. (Farias et al. 2020)

5.3 Energetický metabolizmus

Energetický metabolizmus je proces hospodárenia organizmu na všetkých bunkových či orgánových úrovniach, ktorý zabezpečuje optimálny vzťah medzi príjmom, výdajom a ukladaním energie v tkanivách jedinca v rozličných stavoch.

Jedinec prijíma potravu, ktorá sa následne metabolizuje (oxidácia substrátov) za vzniku špecifických produktov (napr. pri oxidácii monosacharidov je to oxid uhličitý a voda) a energie vo forme ATP (adenozíntrifosfát). Táto energia sa využíva k všetkým fyziologickým procesom (napr. membránový potenciál buniek, dýchanie, svalové kontrakcie, stres a mnoho ďalších) (Gupta et al. 2017).

Definovanie pojmov

Na začiatok je potrebné si definovať jednotlivé pojmy, ktoré sa týkajú energetického metabolizmu.

Energetická potreba

Energetická potreba je množstvo energie, ktoré jedinec potrebuje k udržaniu energetickej rovnováhy vo fyziologickom stave. (Zadák 2011) Je tvorená súčtom bazálneho energetického výdaja, termického efektu prijatej potravy, fyzickej aktivity a prípadne prítomnej choroby, kedy klesajú alebo stúpajú energetické nároky jedinca úmerne k závažnosti choroby alebo stavu. (Svačina 2008) Energetické nároky stúpajú napr. pri strese, metabolickej acidóze, hypertyreóze, obezite a iných prípadoch, zatiaľ čo pri hypotyreóze, metabolickej alkalóze, kóme či celkovej anestézií, a iných stavoch klesajú. (Delsoglio et al. 2019)

Základná energetická potreba

Základná energetická potreba (BMR – basal metabolic rate) je energia, ktorú vyžaduje organizmus k udržaniu základných fyziologických funkcií (napr. práca srdcového svalu a pod.) k udržaniu života v bdelom stave za daných podmienok ako sú neutrálna teplota prostredia, úplný fyziologický a psychický pokoj, a dvanásťhodinové hladovanie. Počas spánku je BMR zvýšená. Pre organizmus je ťažké byť v daných podmienkach, a preto je definovaná pokojová energetická potreba. (Zadák 2011)

Pokojová energetická potreba

Pokojová energetická potreba (REE – resting energy expenditure alebo RMR – resting metabolic rate) je potreba asi o 3 % vyššia oproti BMR. U dospelého človeka je to asi 1 kcal/min ($4,1 \text{ kJ}\cdot\text{min}^{-1}$). Tvorí najdôležitejšiu časť celkovej energetickej potreby spoločne s fyzickou aktivitou (30 %) a termickým efektom potreby (10 %). (Zadák 2011)

Bazálny energetický výdaj

Bazálny energetický výdaj (BEE) je najnižší energetický výdaj organizmu ráno tesne po prebudení alebo 12-18 hodín po poslednom jedle. Táto hodnota je definovaná ako minimálna produkcia tepla v tele a závisí od antropometrických vlastností ako sú vek, telesná teplota či pohlavie. Tento parameter neodráža energetický výdaj v priebehu 24 hodín. (Svačina 2008)

Termický efekt potravy

Termický efekt potravy je nárast energetického výdaja postprandiálne s maximom za 90 minút po príjme stravy a návratom k preprandiálnemu stavu za 2-4 hodiny po príjme stravy. Tento efekt je tvorený metabolickými nárokmi jedinca na spracovanie potravy a uvádza sa v percentách prijatej energie. Termický efekt u sacharidov je 5-10 %, u tukov 0-3 % a u bielkovín 20-30 %. (Svačina 2008)

Pohybová aktivita

Pohybová aktivita zvyšuje energetický výdaj v závislosti od záťaže, najbežnejšie o 20-60 %. (Svačina 2008)

5.4 Metódy sledovania energetického výdaja

K sledovaniu energetického výdaja sa využívajú rôzne druhy metód. Ide o teoretické výpočtové metódy tzv. predikčné rovnice, ale aj pomerne presné priame a nepriame kalorimetrické metódy. (Svačina 2008)

5.4.1 Predikčné rovnice

Predikčné rovnice k výpočtu energetického výdaja sú relatívne spoľahlivé u zdravých jedincov. Naopak, u jedincov s určitou patológiou ako napr. s horúčkou, diabetom, hypotyreózou, obézni pacienti, pacienti v kritických stavoch alebo v kóme a v mnoho iných prípadoch, kedy sú tieto rovnice pod- a nad-hodnotené (Gupta et al. 2017). V nasledujúcej časti sú predstavené len niektoré predikčné rovnice k výpočtom bazálneho i aktuálneho energetického výdaja.

Asi najznámejšou predikčnou rovnicou je Harris-Benedictova rovnica. Táto rovnica je často využívaná pre svoju praktickosť a jednoduchosť. Slúži k výpočtu bazálneho energetického výdaja pri fyziologických podmienkach. Vzorce rovnice sú rozlíšené pre obe pohlavia (Vzorec č. 1 a Vzorec č. 2) a ku stanoveniu BEE je potrebné doplniť len tri jednoduché hodnoty – to sú vek v rokoch (A), výška v centimetroch (H) a váha v kilogramoch (W). Výsledná hodnota odpovedá bazálnemu metabolizmu u zdravých dospelých normostenických osôb. Naopak, výsledná hodnota sa pomerne dosť líši u osôb s rôznymi patológiami, u detí, tehotných a kojacich žien, ale aj u ľudí s nadváhou a obezitou. (Zadák 2011)

Vzorec č. 1: Harris-Benedictova rovnica pre ženu

$$\text{BEE [kcal/24 hod]} = 655,0955 + 9,5634 \cdot W + 1,8496 \cdot H - 4,6756 \cdot A$$

BEE – bazálny energetický výdaj [kcal/24hod]; W – hmotnosť [kg]; H – výška [cm]; A – vek [roky]

(Prevzaté Zadák 2011)

Vzorec č. 2: Harris-Benedictova rovnica pre muža

$$\text{BEE [kcal/24 hod]} = 66,473 + 13,7516 \cdot W + 5,0033 \cdot H - 6,755 \cdot A$$

BEE – bazálny energetický výdaj [kcal/24hod]; W – hmotnosť [kg]; H – výška [cm]; A – vek [roky]

(Prevzaté Zadák 2011)

Novšou, zložitejšou a málo používanou rovnicou je Kleiberova rovnica, ktorá má, taktiež, vzorce rozlíšené podľa pohlavia (Vzorec č. 3 a Vzorec č. 4), a do výpočtovej rovnice je potrebné doplniť parametre ako je vek v rokoch (A), telesná hmotnosť v kilogramoch (W) a špecifický faktor rôzneho stavu tela (S), t. j. telesná výška/hmotnosť^{1/3}. (Zadák 2011)

Vzorec č. 3: Kleiberova rovnica pre ženu

$$\text{BEE [kJ/24 hod]} = 275,3 \cdot W^{0,75} [1 + 0,004 (30 - A) + 0,018 (S - 42,1)]$$

BEE – bazálny energetický výdaj [kJ/24hod], W – hmotnosť [kg]; A – vek [roky];
S – špecifický faktor (telesná výška [cm]/hmotnosť [kg]^{1/3})

(Prevzaté Zadák 2011)

Vzorec č. 4: Kleiberova rovnica pre muža

$$\text{BEE [kJ/24 hod]} = 297,9 \cdot W^{0,75} [1 + 0,004 (30 - A) + 0,010 (S - 43,4)]$$

BEE – bazálny energetický výdaj [kJ/24hod], W – hmotnosť [kg]; A – vek [roky];
S – špecifický faktor (telesná výška [cm]/hmotnosť [kg]^{1/3})

(Prevzaté Zadák 2011)

Nakoľko je bazálny energetický výdaj ovplyvnený mnohými faktormi a nie je využiteľný u všetkých pacientov (tehotné ženy, obézni pacienti atď.), tak sa zaviedol nový termín – aktuálny energetický výdaj (AEE). Do výpočtového vzorca aktuálneho energetického výdaja (Vzorec č. 5) sa vkladajú údaje ako sú BEE a ovplyvňujúce faktory ako faktor poškodenia (IF), aktivity (AF) a telesnej teploty (TF). Jednotlivé faktory majú svoju číselnú hodnotu, ktorá sa vyberie z tabuľky č. 1 (IF), tabuľky č. 2 (AF) a tabuľky č. 3 (TF). (Zadák 2011)

Vzorec č. 5: Vzorec výpočtu aktuálneho energetického výdaja

$$\text{AEE} = \text{BEE} \cdot \text{IF} \cdot \text{AF} \cdot \text{TF}$$

AEE – aktuálny energetický výdaj [kcal/24ho]; BEE – bazálny energetický výdaj [kcal/deň]; IF – faktor poškodenia; AF – faktor aktivity; TF – telesná teplota (°C)

(Prevzaté Zadák 2011)

Tabuľka č. 1: Faktor poškodenia slúži k výpočtu AEE

| Pacient | Faktor |
|----------------------|--------|
| Bez komplikácií | 1,0 |
| Pooperačný stav | 1,1 |
| Fraktúra | 1,2 |
| Sepsa | 1,3 |
| Mnohopočetné | 1,4 |
| Popáleniny (30-50 %) | 1,7 |
| Popáleniny (50-70 %) | 1,8 |
| Popáleniny (70-90 %) | 2,0 |

(Prevzaté Zadák 2011)

Tabuľka č. 2: Faktor aktivity slúži k výpočtu AEE

| Pacient | Faktor |
|----------------------|--------|
| Na respirátore (v | 0,85 |
| V bezvedomí | 1,00 |
| Ležiaci | 1,1 |
| Ležiaci, ale mobilný | 1,2 |
| Mobilný | 1,3 |

(Prevzaté Zadák 2011)

Tabuľka č. 3: Faktor teploty slúži k výpočtu AEE

| Teplota | Faktor |
|---------|--------|
| 38 °C | 1,1 |
| 39 °C | 1,2 |
| 40 °C | 1,3 |
| 41 °C | 1,4 |

(Prevzaté Zadák 2011)

K výpočtu AEE sa môže využiť aj Ireton-Jonesova rovnica, ktorá na rozdiel od predchádzajúceho výpočtu nevyužíva ovplyvňujúce faktory, ale údaje ako pohlavie (S; muž = 1, žena = 0), vek v rokoch (A), hmotnosť v kilogramoch (W), prítomnosť obezity na základe hodnoty BMI (O; doplní sa 1, ak je BMI > 27 ; ak nie je prítomná obezita = 0), súčasné zranenie (I; áno = 1, nie = 0) či popáleniny (B; áno = 1, nie = 0). Výpočtová rovnica rozlišuje pacienta, ktorý dýcha sám (Vzorec č. 6) alebo pomocou respirátora (Vzorec č. 7). (Zadák 2011)

Vzorec č. 6: Ireton-Jonesova rovnica pre pacienta, ktorý dýcha sám

$$AEE \text{ [kcal/deň]} = (629 - 11 \cdot A) + 25 \cdot W + 609 \cdot O$$

AEE – aktuálny energetický výdaj [kcal/deň]; A – vek [roky]; W – hmotnosť [kg];
O – prítomnosť obezity na základe BMI (1, ak je BMI > 27; 0, ak nie je prítomná obezita)

(Prevzaté Zadák 2011)

Vzorec č. 7: Ireton-Jonesova rovnica pre pacienta na respirátore

$$AEE \text{ [kcal/deň]} = (1784 - 11 \cdot A) + 5 \cdot W + 244 \cdot S + 239 \cdot I + 804 \cdot B$$

AEE – aktuálny energetický výdaj [kcal/deň]; A – vek [roky]; W – hmotnosť [kg];
S – pohlavie (žena = 0; muž = 1); I – súčasné zranenie (nie = 0; áno = 1); B – prítomnosť popáleniny (nie = 0; áno = 1)

(Prevzaté Zadák 2011)

5.4.2 Priame a nepriame kalorimetrické metódy

Merania, ktoré sa využívajú na stanovenie BEE sú priama a nepriama kalorimetria. (Zadák 2011)

Priama kalorimetria

Priama kalorimetria monitoruje množstvo tepla, ktoré sa uvoľňuje počas merania u sledovanej osoby. V klinickej praxi sa využíva len obmedzene. (Zadák 2011)

Nepriama kalorimetria

Nepriama kalorimetria (IC) je neinvazívna, veľmi citlivá a presná metóda k stanoveniu energetického výdaja u pacientov v rôznych situáciách (Gupta et al. 2017). V súčasnosti sa považuje za zlatý štandard k stanoveniu energetického výdaja (Delsoglio et al. 2019). Metóda bola založená na poznatku francúzskeho vedca Antoine Lavoisiera, ktorý zistil, že spotreba kyslíku organizmov je priamo úmerná ich energetickému výdaju. (Zadák 2011)

Nepriamy kalorimeter je prístroj, ktorý sa postupom času vyvíjal a využíval rôzne princípy merania, a analýzy plynov v jednotlivých modeloch. Staršie prístroje fungovali na princípe „uzatvoreného systému“ čo bola dychová analýza (breath-by-breath), neskôr dilučná technika, technológia zmiešavajúcich sa komôr po súčasné prístroje na princípe „otvoreného systému“ s dvojcestným ventilom alebo kontinuálnou cirkuláciou vzduchu. (Zadák 2011) Výhodou IC je využitie metódy u pacientov, ktorí dýchajú spontánne i u pacientov na umelej pľúcnej ventilácii (Mtaweh et al. 2018).

K získaniu správnych hodnôt je potrebné zabezpečiť určité podmienky a dodržať zásady správneho prevedenia nepriamej kalorimetrie. K týmto podmienkam radíme, aby sledovaná osoba bola nalačno – aspoň 12 hodín pred vyšetrením bez príjmu potravy, ale aj nikotínu, kofeínu a pod.; vo fyzickom a duševnom uvoľnení 30 min pred, a aj počas vyšetrenia; ďalej počas vyšetrenia zotrvala najlepšie v pohodlnej polohe v ľahu na chrbte v bdelom stave. (Zadák 2011, Gupta et al. 2017) Ďalej je to tiché prostredie s miernym osvetlením a optimálnou teplotou cca 20-25 °C a vlhkosťou. (Zadák 2011, Mtaweh et al. 2018) A samozrejme, pracovník prevádzajúci meranie musí

vedieť určiť kedy nastane ustálenie hladiny, a následne vedieť správne interpretovať výsledky. Dĺžka merania je asi 15-30 minút, kým dôjde k ustáleniu hladiny (Zadák 2011, Gupta et al. 2017).

Pri „otvorenom systéme“ leží sledovaná osoba pod kanopou alebo s dýchacou maskou s hadicou, ktorá je prepojená so vzduchovým čerpadlom. Toto čerpadlo zabezpečuje prívod dostatočného množstva vzduchu (hlavne kyslíka). Rovnakou cestou sa odvádza vydychovaný oxid uhličitý i kyslík smerom k analyzátoru plynov v prístroji. (Zadák 2011) K analýze plynov sa využívajú paramagnetický alebo infračervený analyzátor (Mtaweh et al. 2018). Množstvo vytvorenej energie sa hodnotí na základe objemu prijatého kyslíka a objemu vydychovaného oxidu uhličitého počas meranie, keď sa hodnoty ustália na jednej hladine. (Zadák 2011, Gupta et al. 2017) Hodnoty dýchacích plynov v ustálenom stave sú v dýchacích cestách približne rovnaké ako na bunkovej úrovni. (Zadák 2011) Priemerný energetický výdaj sa v prístroji vypočíta zvyčajne pomocou modifikovanej Weirovej rovnice. (Gupta et al. 2017) Následne sa odčíta pokojový energetický výdaj, respiračné kvocienty a oxidácie jednotlivých nutričných substrátov, a dodatočne, pokiaľ je k dispozícii zozbieraný moč pacienta za 24 hodín, sa doplní vypočítaný odpadový dusík, a získa sa správny RQ a oxidácia bielkovín. (Svačina 2008) Jednotlivé výpočty k stanoveniu energetického výdaja sú uvedené nižšie.

Najskôr sa vypočíta respiračný kvocient jednotlivých substrátov. Všeobecne respiračný kvocient vyjadruje podiel jednotiek objemu za deň (l/deň), konkrétne vydychovaného plynu, t. j. oxid uhličitý (VCO_2) ku vdychovaného plynu, t. j. kyslík (VO_2), čo je matematicky zapísané vo Vzorec č. 8. (Zadák 2011) Každý substrát má svoju charakteristickú hodnotu RQ, čo vidíme v časti oxidácia nutričných substrátov. (Zadák 2011)

Vzorec č. 8: Výpočet respiračného kvocienta

$$RQ = VCO_2 / VO_2$$

RQ – respiračný kvocient; VCO_2 – objem kyslíka [l/24hod]; VO_2 – objem oxidu uhličitého [l/24hod]

(Prevzaté Zadák 2011)

Neproteínový kvocient sa využíva nakoľko nedochádza k úplnému metabolickému spracovaniu bielkovín. A keďže výmena kyslíka a oxidu uhličitého koriguje s množstvom metabolizovaných bielkovín, s tým, že sa predpokladá, že 1 g dusíka v moči rozpovedá oxidácií 6,25 g proteínov za spotreby 5,92 l O₂, kedy sa uvoľní 4,75 l CO₂. Neproteínový respiračný kvocient sa počíta podľa Vzorec č. 9, kde sa dosadzuje objem dýchacích plynov, t. j. kyslíka (VO₂) a oxidu uhličitého (VCO₂) v litroch za deň, a množstvo odpadového dusíka v moči v gramoch za deň (UN). (Zadák 2011)

Vzorec č. 9: Výpočet neproteínového respiračného kvocienta

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

NPRQ – neproteínový respiračný kvocient; VCO₂ – objem kyslíka [l/24hod];
 VCO₂ – objem oxidu uhličitého [l/24hod]; UN – množstvo odpadového dusíka v moči [g/24hod]

(Prevzaté Zadák 2011)

Hodnota NPRQ nám odhaľuje aj aktuálny vzťah k metabolizmu, t. j. čo sa v danom momentne najviac metabolizuje z nutričných substrátov. Tento vzťah vidieť v tabuľke č. 4.

Tabuľka č. 4: Vzťah NPRQ a metabolizmu nutričných substrátov

| NPRQ | Stav |
|--------|---|
| 1,0 | Metabolizmus sacharidov |
| 0,71 | Metabolizmus lipidov |
| 0,80 | Metabolizmus proteínov |
| 0,85 | Zmiešaná oxidácia substrátov |
| < 0,65 | Mimo steady-state (hypoventilácia/ketoacidóza) |
| >1,25 | Mimo steady-state (hyperventilácia/hyperkapnia) |

Vysvetlivky: NPRQ – neproteínový respiračný kvocient

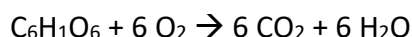
(Prevzaté Zadák 2011)

5.5 Oxidácia nutričných substrátov

Stanovanie respiračného kvocienta každého nutričného substrátu je možné, pretože každý substrát (monosacharid, polysacharid, lipid, proteín) uvoľňuje za prítomnosti kyslíka tzv. spálne teplo, ktoré má svoju špecifickú hodnotu, produkty i hodnotu respiračného kvocienta. (Zadák 2011)

V nasledujúcich bodoch je vidieť výpočty jednotlivých substrátov, z ktorých môžeme na základe stechiometrických rovníc rozlíšiť jednotlivé nutričné substráty a ich špecifické respiračné kvocienty. (Zadák 2011) Fyziologické hodnoty RQ sa pohybujú v rozmedzí 0,67 – 1,30 . (Gupta et al. 2017)

Chemická rovnica oxidácie glukózy:



(Prevzaté Zadák 2011)

Z rovnice vyplýva, že k úplnej oxidácii 1 g glukózy potrebujeme 0,747 l kyslíka a vznikne rovnaký objem oxidu uhličitého, t. j. 0,747 l. Tento vzťah sa využíva aj k výpočtu RQ sacharidov (Vzorec č. 10), ktorý ma charakteristickú hodnotu – 1. (Zadák 2011)

Vzorec č. 10: Výpočet respiračného kvocientu sacharidov

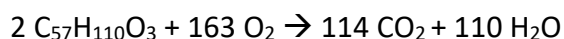
$$\text{RQ sacharidov} = 6 \text{CO}_2 / 6 \text{O}_2 = 1$$

RQ sacharidov – respiračný kvocient sacharidov; CO₂ – oxid uhličitý; O₂ – kyslík

(Prevzaté Zadák 2011)

Typická hodnota RQ tukov je 0,7 (Vzorec č. 11). Odlišuje sa, pretože lipidy majú na rozdiel od sacharidov v 1 mole menej uhlíka, čo vidno aj v chemickej rovnici, a preto na oxidáciu 1 g tukov potrebujeme viac kyslíka (2,0291 l), s tým, že vznikne menej oxidu uhličitého (1,43 l). (Zadák 2011)

Chemická rovnica oxidácie tukov:



(Prevzaté Zadák 2011)

Vzorec č. 11: Výpočet respiračného kvocientu lipidov

$$RQ \text{ tukov} = 114 \text{ CO}_2 / 163 \text{ O}_2 = 0,7$$

RQ tukov – respiračný kvocient lipidov; CO₂ – oxid uhličitý; O₂ – kyslík

(Prevzaté Zadák 2011)

Posledným nutričným substrátom sú proteíny, ale nakoľko nie je známa presná chemická štruktúra bielkovín, tak hodnota respiračného kvocientu sa počíta nepriamym spôsobom. Hodnota RQ je cca 0,82, s tým, že na oxidáciu proteínov potrebujeme 0,966 l kyslíka a vznikne 0,782 l oxidu uhličitého. K presnej hodnote proteínov (Vzorec č. 12), ktoré sa zoxidovali je potrebné stanoviť množstvo odpadového dusíka v moči v gramoch za 24 hodín u pacienta. V tomto prípade sa oxidáciou 6,25 g proteínov sa do moču uvoľní 1 g dusíka. (Zadák 2011)

Vzorec č. 12: Výpočet oxidácie proteínov

$$\text{Oxidácia bielkovín [g/24hod]} = 6,25 \cdot UN$$

UN – množstvo odpadového dusíka v moči [g/24hod]

(Prevzaté Zadák 2011)

Následne k výpočtu celkového objemu vdychovaného kyslíka a vydychovaného oxidu uhličitého, v rámci indirektnej kalorimetrie, sa do výpočtového vzorca (Vzorec č. 13 a Vzorec č. 14) dopĺňajú hodnoty RQ jednotlivých nutričných substrátov (S a L), okrem proteínov, kde sa dopĺňa množstvo odpadového dusíka v gramoch za deň (UN). (Zadák 2011)

Vzorec č. 13: Výpočet celkového objemu kyslíka

$$VO_2 = 0,747 \cdot S + 2,029 \cdot L + 6,25 \cdot 0,966 \cdot UN$$

VO₂ – objem kyslíka [l/24hod]; S – hodnota respiračného kvocientu sacharidov; L – hodnota respiračného kvocientu lipidov; UN – množstvo odpadového dusíka v moči [g/24hod]

(Prevzaté Zadák 2011)

Vzorec č. 14: Výpočet celkového objemu oxidu uhličitého

$$VCO_2 = 0,747 \cdot S + 1,43 \cdot L + 6,25 \cdot 0,782 \cdot UN$$

VCO_2 – objem oxidu uhličitého [l/24hod]; S – hodnota respiračného kvocientu sacharidov; L – hodnota respiračného kvocientu lipidov; UN – množstvo odpadového dusíka v moči [g/24hod]

(Prevzaté Zadák 2011)

Zo získaných hodnôt celkových objemov môžeme následne odvodiť konečnú rovnicu pre výpočet energetického výdaja a oxidáciu jednotlivých substrátov tzv. Weirovu rovnicu. Do výpočtového vzorca Weirovej rovnice (Vzorec č. 15) sa dopĺňa objem kyslíka (VO_2) a oxidu uhličitého (VCO_2) v litroch za deň a množstvo odpadového dusíka v gramoch za deň (UN). (Zadák 2011)

Vzorec č. 15: Pôvodná Weirova rovnica pre výpočet pokojového energetického výdaja

$$REE = VO_2 \cdot (3,94) + VCO_2 \cdot (1,11) - UN \cdot (2,17)$$

REE – pokojový energetický výdaj [kcal/deň]; VO_2 – objem kyslíka [l/24hod]; VCO_2 – objem oxidu uhličitého [l/24hod]; UN – množstvo odpadového dusíka v moči [g/24hod]

(Prevzaté Zadák 2011)

V súčasnosti sa hodnota pokojového energetického výdaja vyhodnocuje presnejšie v závislosti na hodnotách RQ a NPRQ. Výber výpočtovej rovnice (z Tabuľky č. 5) závisí na hodnote NPRQ alebo RQ, pokiaľ nie je stanovené množstvo odpadového dusíka v gramoch za deň (UN). (Zadák 2011)

Tabuľka č. 5: Vzorce k výpočtu pokojového energetického výdaja podľa hodnôt RQ, NPRQ a UN

| | NPRQ | RQ |
|--------|--|---|
| <0,706 | $REE = ((4360 \cdot VO_2) + (450 \cdot VCO_2)) \cdot 1,44 - 1,57 \cdot UN$ | $REE = ((4200 \cdot VO_2) + (494 \cdot VCO_2)) \cdot 1,44$ |
| <1,0 | $REE = ((3940 \cdot VO_2) + (1106 \cdot VCO_2)) \cdot 1,44 - 2,17 \cdot UN$ | $REE = ((3940 \cdot VO_2) + (1106 \cdot VCO_2)) \cdot 1,44$ |
| >1,0 | $REE = ((3,818 \cdot VCO_2) + (1223 \cdot VCO_2)) \cdot 1,44 - 1,994 \cdot UN$ | $REE = ((3677 \cdot VO_2) + (1342 \cdot VCO_2)) \cdot 1,44$ |

Vysvetlivky: NPRQ – neproteínová respiračný kvocient; RQ – respiračný kvocient; REE – pokojový energetický výdaj [kcal/deň]; VO_2 – objem kyslíka [l/deň]; VCO_2 – objem oxidu uhličitého [l/deň]; UN – množstvo odpadového kyslíka [g/deň]

(Prevzaté Zadák 2011)

K výpočtu podielov jednotlivých nutričných substrátov sa využívajú vzorce podobné vzorcom k výpočtu pokojového energetického výdaja. Taktiež, sa vyberá vzorec podľa hodnoty NPRQ. Následne získame množstvo substrátu v gramoch za deň a k prepočtu na kcal za deň je potrebný využiť ďalší výpočtový vzorec. Jednotlivé výpočtové vzorce sú v tabuľke č. 6 pre sacharidy, v tabuľke č. 7 pre lipidy a v tabuľke č. 8 pre proteíny. (Zadák 2011)

Tabuľka č. 6: Výpočtové vzorce k oxidácií sacharidov podľa hodnôt NPRQ

| Hodnota NPRQ | g/deň | kcal/deň |
|--------------|--|---------------------------|
| <0,706 | $CHO = -3,590 \cdot VCO_2 \cdot 144 + 2,540 \cdot VO_2 \cdot 1440 + 2,050 \cdot UN$ | $CHO_K = CHO \cdot 1,72$ |
| <1,0 | $CHO = 4,115 \cdot VCO_2 \cdot 1440 - 2,909 \cdot VO_2 \cdot 144 - 2,539 \cdot UN$ | $CHO_K = CHO \cdot 4,18$ |
| >1,0 | $CHO = -0,187 \cdot VCO_2 \cdot 1440 + 1,393 \cdot VO_2 \cdot 1440 - 3,892 \cdot UN$ | $CHO_K = CHO \cdot 4,18$ |

Vysvetlivky: NPRQ – neproteínový respiračný kvocient; CHO – oxidácia sacharidov [g/deň]; CHO_K – oxidácia sacharidov [kcal/deň]; VO₂ – objem kyslíka [l/deň]; VCO₂ – objem oxidu uhličitého [l/deň]; UN – množstvo odpadového kyslíka [g/deň]

(Prevzaté Zadák 2011)

Tabuľka č. 7: Výpočtové vzorce k oxidácií lipidov podľa hodnôt NPRQ

| Hodnota NPRQ | g/deň | kcal/deň |
|--------------|---|----------------------------|
| <0,706 | $FAT = 0,70 \cdot VCO_2 \cdot 1440 - 3,39 \cdot UN_2$ | $FAT_K = FAT \cdot 9,46$ |
| <1,0 | $FAT = 1,689 \cdot VO_2 \cdot 1440 - 1,689 \cdot VCO_2 \cdot 1440 - 1,943 \cdot UN$ | $FAT_K = FAT \cdot 9,46$ |
| >1,0 | $FAT = 1,689 \cdot VO_2 \cdot 1440 - 1,689 \cdot VCO_2 \cdot 1440 - 1,943 \cdot UN$ | $FAT_K = FAT \cdot 1,089$ |

Vysvetlivky: NPRQ – neproteínový respiračný kvocient; FAT – oxidácia lipidov [g/deň]; FAT_K – oxidácia lipidov [kcal/deň]; VO₂ – objem kyslíka [l/deň]; VCO₂ – objem oxidu uhličitého [l/deň]; UN – množstvo odpadového kyslíka [g/deň]

(Prevzaté Zadák 2011)

Tabuľka č. 8: Výpočtové vzorce k oxidácií proteínov podľa hodnôt NPRQ

| Hodnota NPRQ | g/deň | kcal/deň |
|--------------------|-------------------------|---------------------------|
| 0,65 < NPRQ < 1,25 | $PRO = 6,25 \cdot UN_2$ | $PRO_K = 4,32 \cdot PRO$ |

Vysvetlivky: NPRQ – neproteínový respiračný kvocient; PRO – oxidácia proteínov [g/deň];
PRO_K – oxidácia proteínov [kcal/deň]; UN – množstvo odpadového kyslíka [g/deň]

(Prevzaté Zadák 2011)

Nakoniec, k výpočtu celkovému pokojovému energetickému výdaju sa využíva Vzorec č. 16, kde je potrebné doplniť údaje z predchádzajúcich výpočtov, t. j. jednotlivé podiely nutričných substrátov v kcal/deň (CHO_K, FAT_K, PRO_K).

Vzorec č. 16: Vzorec k výpočtu celkového pokojového energetického výdaja

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

TOT_KCAL – celkový pokojový energetický výdaj [kcal/24hod]; CHO_K – oxidácia sacharidov [kcal/24hod]; FAT_K – oxidácia lipidov [kcal/24hod]; PRO_K – oxidácia proteínov [kcal/24hod]

(Prevzaté Zadák 2011)

5.6 Štúdie s tehotnými ženami

Energetický metabolizmus a oxidácia nutričných substrátov v období tehotenstva je už dlhšie pozorovanou témou. Mnoho výskumných skupín a autorov prehľadových článkov po celkom svete sleduje tieto zmeny, a to ako ovplyvňujú matku i plod v období tehotenstva či po pôrode, respektíve po narodení. V tejto práci sú spomenuté len niektoré z nich, ktorých záujmy boli rovnaké alebo podobné.

Hneď na začiatku sú uvedené dva prehľadové články a ďalej štúdie, niektoré z prehľadových článkov, ale aj iné. Tieto štúdie sú zoradené chronologicky a nie vždy je uvedená oxidácia nutričných substrátov, nakoľko niektoré prístroje alebo výskumné skupiny tieto údaje nevyhodnocovali. Namerané hodnoty z jednotlivých štúdií boli prepočítané na rovnaké jednotky, ktoré sú uvedené v hlavičke každého stĺpca.

Článok od Savard et al. zobrazuje systematický prehľad štúdií z celého sveta, ktoré sa zaoberali témou energetického výdaja u tehotných žien od roku 1971 do roku 2018. V tabuľka č. 9 je uvedená a upravená jedna z tabuliek z daného článku, kde je vidieť ku každej štúdií počet sledovaných žien, počet meraní a obdobia, kedy boli tehotné ženy sledované, a samozrejme, namerané parametre pokojovej energetickej potreby, a výsledky štúdie, t. j. či u sledovaných žien dochádza k štatisticky významnej zmene pokojového energetického výdaja medzi sledovanými obdobiami. V tabuľke sú pre stručnosť uvedené len štatisticky významné zmeny s ich p -hodnotou. Zaradené štúdie v prehľadovom článku sledovali REE a TEE väčšinou u žien s normálnou hmotnosťou v rôznych obdobiach tehotenstva. Zvýšenie hodnôt REE sa pohybovalo v rozmedzí od 0,5 % do 18,3 % (8-239 kcal) medzi začiatkom a prostredným obdobím tehotenstva, a od 6,4 % do 29,6 % (93-416 kcal) medzi začiatkom a koncom tehotenstva. Medián zvýšenia REE medzi prvým a druhým obdobím je 5,3 %, t. j. 72 kcal; medzi prostredným a posledným obdobím 9,9 % (153 kcal), a 18,0 % (252 kcal) medzi začiatkom a koncom tehotenstva. Článok potvrdzuje, že dochádza k zvýšeniu hodnôt REE a TEE počas tehotenstva, najmä na jeho konci. Avšak REE je variabilné a zdá sa, že je závislý od jednotlivých parametrov pred tehotenstvom ako napr. hmotnosť, s tým súvisiace BMI a pod.. (Savard et al. 2020)

Tabuľka č. 9: Tabuľka z prehľadového článku od Savard et al.

| Autor Rok a krajina | Počet žien | Počet meraní a ich špecifikácia | REE [kcal/deň] | Signifikantná zmena REE medzi obdobiami [%] a hodnota <i>p</i>-value |
|--|-------------------|---|--|---|
| Banerjee et al. 1971, Singapur | 11 | 2 merania: v 2. a 3. trimestri | 2. trimester: 1310 3. trimester: 1440 | nie |
| Berggren et al. 2015, USA | 11 | 2 merania: pred počatím a 34.-36. tt | Pred: 1457 34.-36. tt: 1743 | 19,6 (<i>p</i> -value = 0,003) |
| Bugatto et al. 2017, Španielsko | 35 | 7 meraní: 12., 16., 20., 24., 28., 32., 36. tt | NW – OW 12. tt: 1378 – 1729 24. tt: 1390 – 1938 36. tt: 1654 – 1938 | 12. – 36. tt NW: 20,0; <i>p</i> -value < 0,001 12. – 36. tt OW: 22,1; <i>p</i> -value = 0,03 |
| Butte et al. 2004, USA | 63 | 5 meraní: Pred počatím, 9., 22., 36. tt a 27 týždňov po pôrode | UW – NW – OW Pred: 1201 – 1323 – 1505 9. tt: 1234 – 1350 – 1600 22. tt: 1330 – 1413- 1693 36. tt: 1573 – 1673 – 2016 | nie |
| Catalano et al. 1998, USA | 5 | 3 merania: Pred počatím, 12.-14. a 34.-36. tt | Pred: 1402 12.-14. tt: 1513 34.-36. tt: 1886 | Pred k 34.-36. tt: 34,5; <i>p</i> -value = 0,0001 12.-14. k 34.-36. tt: 24,7; <i>p</i> -value = 0,0001 |
| Cikrikci et al. 1999, Turecko | 24 | 3 merania: 1., 2. a 3. trimester | 1. trimester: 1245 2. trimester: 1382 3. trimester: 1524 | Medzi 1. a 2. trimestrom: 11,0; <i>p</i> -value < 0,01 Medzi 1. a 3. trimestrom: 22,4; <i>p</i> -value < 0,01 Medzi 2. a 3. trimestrom: 10,3; <i>p</i> -value < 0,001 |
| Damjanovic et al. 2009, Srbsko | 31 | 3 merania: 12., 26. a 36. tt | 12. tt: 1404 26. tt: 1479 36. tt: 1564 | 12. k 26. tt: 5,3; <i>p</i> -value < 0,001 12. k 36. tt: 11,4; <i>p</i> -value < 0,001 |
| Denize et al. 2019, Kanada | 10 | 3 merania: 15., 26. a 35. tt | 15. tt: 2124 26. tt: 2304 35. tt: 2506 | 15. k 35. tt: 18,0; <i>p</i> -value = 0,06 |
| Durnin et al. 1991, Škótsko | 162 | 11 meraní: Pred počatím, 1., 20., 21.-28., 29.-40. tt | x | Nie je zvýšenie do 16. tt, až na konci tehotenstva, zvýšenie o 400 kcal/deň |
| Emerson et al. 1972, USA | 10 | 7 meraní: Pre počatím, 0.-20., 24., 28., 32., 36., 38.-41. tt | Pred: 1470 0.-20. tt: 1488 28. tt: 1590 38.-41. tt: 1753 | nie |
| Eto et al. 2018, Japonsko | 103 | 4 merania: Do 15., 16.-27., 28. tt a 4-5 týždňov po pôrode | 0.-15. tt: 1461 16.-27. tt: 1491 | 0.-15. k > 28. tt: 12,1; <i>p</i> -value < 0,05 16.-27. k > 28. tt: 10,3; <i>p</i> -value < 0,05 |

| Autor Rok a krajina | Počet žien | Počet meraní a ich špecifikácia | REE [kcal/deň] | Signifikantná zmena REE medzi obdobiami [%] a hodnota <i>p</i> -value |
|---|------------|--|--|---|
| | | | 28. tt > : 1644 | |
| Forsum et al. 1992, Švédsko | 22 | 3 merania: Pred počatím, 16.-18. a 30. tt | Pred: 1340 16.-18. tt: 1435 30. tt: 1651 | Pred k 30. tt: 23,2; <i>p</i> -value < 0,001 |
| Goldberg et al. 1993, Anglicko | 12 | 4 merania: 12., 18., 24. a 30. tt | 12. tt: 1490 24. tt: 1582 30. tt: 1652 | nie |
| Hagobian et al. 2015, USA | 16 | 3 merania: 12.-16., 24.-26. a 32.-34. tt | 12.-16. tt: 1458 24.-26. tt: 1580 32.-34. tt: 1830 | 12.-16. k 24.-26. tt: 8,4; <i>p</i> -value < 0,05 12.-16. k 32.-34. tt: 25,5; <i>p</i> -value < 0,05 24.-26. k 32.-34. tt: 15,8; <i>p</i> -value < 0,05 |
| Hronek et al. 2011, ČR | 31 | 4 merania: 0.-20., 21.-29., 30.-36. a 37.-39. tt | 0.-20. tt: 1407 21.-29. tt: 1493 37.-39. tt: 1655 | 21.-29. k 37.-39. tt: 10,9; <i>p</i> -value < 0,0001 |
| Illingworth et al. 1987, Škótsko | 7 | 4 merania: 12.-15., 25.-28., 34.-36. tt a počas laktácie | 12.-15. tt: 1457 25.-28. tt: 1506 34.-36. tt: 1550 | nie |
| Kopp-Hoolihan et al. 1999, USA | 10 | 5 meraní: Pred počatím, 8.-10., 24.-26., 34.-36. tt a 4-6 týždňov po pôrode | Pred: 1315 8.-10. tt: 1306 24.-26. tt: 1545 34.-36. tt: 1693 | nie |
| Lof et al. 2005, Švédsko | 22 | 6 meraní: Pred počatím, 8., 14., 20., 32., 35. tt | Pred: 1299 8. tt: 1325 20. tt: 1373 35. tt: 1718 | Pred k 35. tt: 32,3; <i>p</i> -value < 0,001 |
| Martin et al. 2001, Austrália | 8 | 3 merania: 19. a 36. tt a 16 týždňov po pôrode | 19. tt: 1416 36. tt: 1590 | 12,3; <i>p</i> -value < 0,05 |
| Nagy et al. 1983, USA | 5 | 4 merania: 15.-25., 25.-30., 30.-35., 35.-40. tt | 15.-25. tt: 1454 25.-30. tt: 1483 30.-35. tt: 1613 35.-40. tt: 1656 | Medzi 15.-25. a 35.-40. tt s <i>p</i> -value < 0,05 |
| Okereke et al. 2004, USA | 8 | 3 merania: Pred počatím, 12.-14. a 34.-36. tt | Pred: 1488 12.-14. tt: 1600 34.-36. tt: 1897 | Pred k 34.-36. tt: 27,5; <i>p</i> -value = 0,0001 |
| Pierrs et al. 1995, India | 18 | 3 merania: 12., 24., 34. tt | 12. tt: 1226 24. tt: 1347 34. tt: 1478 | 12. k 24. tt: 9,9; <i>p</i> -value < 0,05 12. k 34. tt: 20,6; <i>p</i> -value < 0,05 24. k 34. tt: 9,7; <i>p</i> -value < 0,05 |

| Autor Rok a krajina | Počet žien | Počet meraní a ich špecifikácia | REE [kcal/deň] | Signifikantná zmena REE medzi obdobiami [%] a hodnota <i>p</i> -value |
|---|------------|--|--|--|
| Poppitt et al. 1993, Gambia | 9 | 5 meraní: Pred počatím, 18., 24., 30., 36. tt | Pred: 1244 18. tt: 1224 30. tt: 1306 | nie |
| Prentice et al. 1989, Anglicko | 8 | 3 merania: 18., 24. a 30. tt | 18. tt: 1466 24. tt: 1529 30. tt: 1647 | nie |
| Spaaij et al. 1994, Holandsko | 26 | 4 merania: Pred počatím, 13., 24., 35. tt | Pred: 1323 13. tt: 1381 24. tt: 1499 35. tt: 1619 | Pred k 24. tt: 13,3; <i>p</i> -value < 0,05 Pred k 35. tt: 22,4; <i>p</i> -value < 0,05 13. k 24. tt: 8,5; <i>p</i> -value < 0,05 13. k 35. tt: 17,2; <i>p</i> -value < 0,05 24. k 35. tt: 8,0; <i>p</i> -value < 0,05 |
| Spaanderman et al. 2000, Holandsko | 12 | 5 meraní: Pred počatím, 6., 8., 10., 12. tt | pred: 1496 6. tt: 1536 8. tt: 1451 10. tt: 1486 12. tt: 1426 | nie |
| Tuazon et al. 1987, Filipíny | 40 | 7 meraní: 11.-16., 17.-22., 23.-28., 29.-34., 35.-40. tt a 6. a 12. týždeň po pôrode | 11.-16. tt: 1196 23.-28. tt: 1292 35.-40. tt: 1411 | nie |
| Van Raaij et al. 1989, Holandsko | 23 | 5 meraní: Pred počatím, 4.-8., 10.-14., 22.-26., 34.-38. tt | Pred: 1452 10.-14. tt: 1503 22.-26. tt: 1541 34.-38. tt: 1742 | Pred k 34.-38. tt: 20,0; <i>p</i> -value < 0,001 |
| Willommet et al. 1992, Gambia | 9 | 3 merania: 11., 23. a 33. tt | 11. tt: 1253 23. tt: 1325 33. tt: 1426 | 11. k 23. tt: 5,7; <i>p</i> -value < 0,05 11. k 33. tt: 13,8; <i>p</i> -value < 0,01 23. k 33. tt: 7,6; <i>p</i> -value < 0,05 |

Vysvetlivky: REE – pokojová energetická potreba; tt – týždeň tehotenstva; UW – podváha z hľadiska BMI; NW – normálna hmotnosť z hľadiska BMI ; OW – nadváha alebo obezita z hľadiska BMI

(Upravené a prevzaté Savard et al. 2020)

Melzer et al. v prehľadovom článku z roku 2014 porovnávajú vývoj respiračných kvocientov a s tým súvisiaci vývoj podielu oxidácie sacharidov, a tukov v priebehu gravidity v štúdiách. Ako je spomínané v článku tieto informácie umožňujú odporučiť tehotným ženám zmeny v príjme makroživín k dosiahnutiu vyváženého príjmu. Štúdie, ktoré sú v článku spomenuté boli buď longitudinálne, alebo prierezové a pri sledovaní RQ využívali metódu nepriamej kalorimetrie, okrem jednej štúdie, ktorá využívala 24-hodinovú izbovú kalorimetriu. Prehľad týchto štúdií je v tabuľka č. 10 a štúdia s odlišnou metodikou je označená *. V tabuľke č.10 sú štúdie rozdelené podľa typu štúdie. Väčšina štúdií odhalila zvýšenie RQ, hlavne v poslednom trimestri tehotenstva oproti stavu pred alebo po tehotenstve, čo naznačuje zvýšenie využitia sacharidov a zníženie oxidácie tukov. Aj zistenie, že zvýšenie RQ nesúvisí s REE počas tehotenstva (r -value = 0,079; p -value = 0,7). (Melzer et al. 2014)

Tabuľka č. 10: Tabuľka z prehľadového článku od Melzer et al.

| Štúdia, rok | Obdobia merania | Namerané hodnoty: RQ, váhový prírastok [%] a zvýšenie RMR [%] | Signifikatná zmena (<i>p</i> -value) |
|------------------------------------|--|---|---|
| Longitudinálne štúdie | | | |
| Butte et al., 1999 | 37. tt 3 a 6 mesiacov po pôrode | RQ 37. tt = 0,84 RQ 3 mes. = 0,81 RQ 6 mes. = 0,80 | Áno, RQ vyšší počas tehotenstva oproti obdobiu laktácie |
| Knuttgen and Emerson, 1974* | 36. tt 6 týždňov po pôrode | RQ 36. tt = 0,87; RQ 6 týždňov po = 0,76 RMR 36. tt = 23 Váhový prírastok = 23 | Áno, RQ vyšší počas tehotenstva oproti obdobiu laktácie |
| Piers et al., 1995 | Pred počatím a 6., 12., 24., 36. tt | RQ pred = 0,85 a 0,84 RQ 6. tt = 0,79 RQ 12. tt = 0,80 RQ 24. tt = 0,83 RQ 36. tt = 0,82 Váhový prírastok = 21 RMR = 19 | Áno, signifikantne vyšší RQ vo vyššom štádiu tehotenstva ako pred počatím |
| Assel et al., 1993 | 13., 25. a 34. tt + kontrola (netehotné) | RQ 13. tt = 0,79 RQ 25. tt = 0,86 RQ 34. tt = 0,89 RQ kontrola = 0,75 Váhový prírastok = 17 RMR = 15 | Áno, RQ v 34. tt oproti 13. tt a kontrole |
| Catalano et al., 1998 | Pred počatím, 12.-14. a 34.-36. tt | RQ pred = 0,84 RQ v 12.-14. tt = 0,85 RQ v 34.-36. tt = 0,84 Váhový prírastok = 24 RMR = 26 | Nie |
| Spaaij et al., 1994 | Pred počatím, 13., 24. a 35. tt | RQ pred = 0,88 RQ 13. tt = 0,88 RQ 24. tt = 0,88 RQ 35. tt = 0,87 Váhový prírastok = 19 RMR = 19 | Nie |
| Spaanderman et al., 2000 | Pred počatím, 6., 8., 10. a 12. tt | RQ pred = 0,88 RQ 6. tt = 0,87 RQ 8. tt = 0,92 RQ 10. tt = 0,92 RQ 12. tt = 0,89 Váhový prírastok = 0 RMR = 5 | Nie |
| Prierezové štúdie | | | |
| Nagy and King, 1984 | 10.-20. a 30.-40. tt + kontrola (netehotné) | RQ 10.-20. tt = 0,81 RQ 30.-40. tt = 0,85 RQ kontrola = 0,84 RMR = 16 | Nie |
| Bronstein et al., 1995 | 30.-35. tt + kontrola (netehotné) | RQ 30.-35. tt = 0,80 RQ kontrola = 0,75 RMR = 19 | Áno, RQ u tehotných oproti kontrole |

Vysvetlivky: RQ – respiračný kvocient; RMR = REE – pokojová energetická potreba; tt – týždeň tehotenstva; mes – mesiac; * - štúdia využívala 24-hodinovú izbovú kalorimetriu, ostatné štúdie nepriamu kalorimetriu

(Upravené a prevzaté Melzer et al. 2014)

Staršia štúdia prevádzaná v USA v roku 1995 sa zaoberala termickým efektom potravy u tehotných žien s normálnou váhou a nadváhou v porovnaní s netehotnými ženami. Bronstein a kol. porovnával odpoveď metabolizmu po príjem definovanej potravy medzi týmito ženami. Išlo buď o jedlo s vysokým obsahom sacharidov (5 % bielkovín, 10 % tuku a 85 % sacharidov) alebo jedlo s vyváženejšou kombináciou zložiek v pomere 15 % bielkovín, 35 % tuku a 50 % sacharidov. V štúdií bolo sledovaných 9 netehotných žien s normálnou hmotnosťou a 8 netehotných žien s nadváhou, ktoré sa porovnávali s tehotnými ženami počas 30.-35. týždňa gravidity – 8 s normálnou hmotnosťou a 6 s nadváhou (klasifikované podľa BMI pred tehotenstvom). Ženy mali 4 dni pred vyšetrením definovanú stravu, ktorú mali konzumovať. Na vyšetrení im bolo prevedené meranie REE nepriamou kalorimetriou a následne podané jedno z definovaných jedál a odoberané hladiny glukózy a inzulínu v pravidelných intervaloch, rovnako ako prevádzané kalorimetrické vyšetrenia. Výsledky štúdie preukázali u žien štatisticky významné zvýšenie REE ($p < 0,001$) s hmotnosťou aj s tehotenstvom. Obe jedlá zvýšili štatisticky významne energetický výdaj na jedlo ($p < 0,01$), ale iba u vysoko-sacharidového jedla sa štatisticky významne zvyšoval termický efekt potravy s hmotnosťou ($p < 0,02$). Hodnotené boli aj NPRQ pred a po podaní jedla. NPRQ nalačno bolo štatisticky významne vyššie v tehotenstve ($p < 0,02$) ako u netehotných žien, čo naznačuje vyšší podiel využitia sacharidov u tehotných žien. Ďalej bola významná interakcia potravy s hmotnosťou ($p < 0,004$). U postprandiálneho merania bol NPRQ významný účinok jedla ($p < 0,001$), ale u zmiešaného jedla bolo NPRQ nižšie. Po pôrode sa sledovala hmotnosť a dĺžka novorodencov, kde mali signifikantne vyššiu hmotnosť a dĺžku novorodenci u žien s nadváhou pred tehotenstvom, pre obe s p -hodnotou $< 0,05$. Do tabuľky č. 11 boli uvedené len hodnoty REE a NPRQ pred príjmom potravy, t. j. na lačno, nakoľko sú predmetom sledovania tejto práce. (Bronstein et al. 1995)

Catalano et al. sledovali zmeny energetického výdaja, zloženie telesnej kompozície vo vzťahu k metabolizmu sacharidov u tehotných žien s normálnym alebo abnormálnym metabolizmom glukózy. V štúdií bolo zapojených 6 žien s normálnou glukózovou toleranciou a 10 žien s abnormálnou glukózovou toleranciou. Ženy sa pozorovali v dvoch obdobiach – prvé medzi 12.-14. týždňom tehotenstva a druhé

medzi 34.-36. týždňom tehotenstva. K vyšetreniu jednotlivých parametrov sa využívala nepriama kalorimetria, hydrodenzitometria a ďalšie metódy. Výsledky štúdie ukazujú k menšiemu nárastu tukovej hmoty na začiatku tehotenstva ($p < 0,04$) u žien s abnormálnou glukózovou toleranciou oproti tehotným ženám. Za to na konci tehotenstva je štatisticky významné zvýšenie spotreby kyslíka s koreláciou na FFM ($p < 0,04$) alebo bez korelácie na FFM ($p < 0,002$), REE ($p < 0,0001$) a neoxidačný metabolizmus sacharidov ($p < 0,0003$). V poslednom štádiu tehotenstva spôsobuje inzulín zvýšenie spotreby objemu kyslíka ($p < 0,005$), REE ($p < 0,0001$) a oxidáciu tukov ($p < 0,0001$). Ďalej sa zvyšuje aj bazálny neproteínový RQ na konci tehotenstva u oboch skupín, ale bez štatistickej významnosti; bazálna oxidácia sacharidov o 55 až 80 % ($p = 0,0001$). Avšak, dochádza k poklesu RQ ($p < 0,0001$), oxidácie sacharidov ($p = 0,002$) s dĺžkou tehotenstva počas inzulínovej infúzie. (Catalano et al. 1998)

Staršou študovanou témou od Butte et al. bol energetický výdaj a oxidácia substrátov u 76 tehotných žien v poslednom období gravidity, t. j. 37. týždeň tehotenstva a v období laktácie, konkrétne 3 a 6 mesiacov po pôrode. Štúdia sledovala u žien zmeny energetického výdaja, stavbu tela, koncentrácie hormónov, metabolitov a katecholamínov. Energetický výdaj bol meraný izbovou kalorimetriou. Výsledky štúdie ukazujú na vyšší energetický výdaj – celkový aj pokojový, vyššie využitie sacharidov o 15 – 26 % počas tehotenstva ako po pôrode. Zvýšený RQ a využitie sacharidov v tehotenstve bolo spôsobené prednostným využitím glukózy k rastu a výžive plodu, a mliečnej žľazy. (Butte et al. 1999)

Kopp-Hoolihan et al. sledovali vo svojej štúdií 10 žien od obdobia pred počatím, v 8.-10. týždni tehotenstva, 24.-26. týždni tehotenstva, 34.-36. týždni tehotenstva a 4 až 6 týždňov po pôrode. V rámci výskumu sa snažili posúdiť ako u dobre živených žien je ovplyvnený energetický metabolizmus. Výsledky pokojového energetického výdaja narastajú v priebehu tehotenstva, ale ako vidíme aj v tabuľke č. 11, tak bez signifikantnej zmeny. Z výsledkov bolo pozorovaná negatívna korelácia a to, že ženy s najväčším kumulatívnym zvýšením REE uložili najmenej FM ($r = - 0,64$; $p < 0,05$). (Kopp-Hoolihan et al. 1999)

Ďalšou zaujímavou štúdiou od Butte et al. je sledovanie energetických nárokov vo vzťahu k výdaju a ukladaniu energie. V štúdií bolo zapojených 63 žien, s tým, že 17 bolo

klasifikovaných ako podvyživené podľa BMI (pred tehotenstvom), 34 s normálnou hmotnosťou podľa BMI a 12 malo nadváhu podľa hodnoty BMI. REE sa meral 24-hodinovou izbovou kalorimetriou, TEE dvojito značenou vodou. Výsledky štúdie hovoria, že REE sa postupne zvyšovalo počas tehotenstva cca 10,7 kcal/týždeň, zatiaľ čo TEE o 5,2 kcal/týždeň. Energetický metabolizmus bol ovplyvnení aj BMI ($p < 0,02$) a dĺžkou tehotenstva – v prvom trimestri sa nároky zvýšili zanedbateľne, v druhom o 350 kcal/deň a v poslednom o 500 kcal/deň, ale medzi skupinami nebol rozdiel, pokiaľ sa hodnoty upravili na jednotku hmotnosti alebo FFM. Čo sa týka korelácií, tak hodnoty REE a TEE pozitívne korelovali so zmenou hmotnosti a FFM ($r = 0,28-0,44$; $p = 0,05$), ale FM v 1. trimestri, v 2. trimestri ($r = 0,35-0,52$; $p = 0,01$) a rovnako aj v 3. trimestri ($r = 0,37-0,38$; $p = 0,01$). (Butte et al. 2004)

Rovnako aj Okereke et al. sledovali vo svojej štúdií zmeny metabolizmu u tehotných obéznych žien. Jednotlivé parametre porovnávali medzi tehotnými ženami s nadváhou, ktoré buď mali normálnu alebo zhoršenú toleranciu glukózy. Celkovo bolo v štúdií zapojených 15 žien – 8 s normálnou reakciou na glukózu a 7 s gestačným diabetom. Všetky ženy mali pred počatím najmenej 25 % telesného tuku z celkovej hmotnosti. Merania využívajúce metódu nepriamej kalorimetrie prebiehali pred počatím a v dvoch obdobiach gravidity – prvé medzi 12.-14. týždňom a druhé medzi 34.-36. týždňom. Z antropometrického hľadiska došlo k výraznému zvýšeniu hmotnosti ($p = 0,0001$) a 20 % z celkového prírastku tvorila tuková hmota. Ďalšie výsledky ukazujú zvýšenie bazálnej spotreby kyslíka o 30 % ($p < 0,0001$), vyšší u skupiny s gestačným diabetom, medzi obdobím pred počatím a druhým meraním. V rovnakom porovnaní období došlo k zvýšeniu oxidácie tukov ($p < 0,0001$). Toto zvýšenie pravdepodobne súvisí so zvýšenou hladinou leptínu v sére matky. REE vzťahnuté na kilogram FFM za deň bol u oboch skupín signifikantne zvýšený o 14-21 % ($p = 0,0001$) a hoci došlo aj k zvýšeniu oxidácie sacharidov o 22-30 %, tak v priebehu času to nebolo významné ($p = 0,14$). U sledovaných žien došlo k významnému zníženiu citlivosti na inzulín, konkrétne o 50 % u oboch skupín ($p = 0,001$), menej u tehotných žien s diabetom ($p = 0,03$) v porovnaní so tehotnými ženami s normálnou glukózovou toleranciou. (Okereke et al. 2004)

Lof et al. sledovali zmeny pokojovej energetickej potreby počas tehotenstva a tento vzťah k telesnej hmotnosti, zloženiu tela a ďalším parametrom. V štúdií bolo pozorovaných 22 zdravých tehotných žien, ich REE, jednotlivé parametre telesnej kompozície, ale aj sérové hladiny hormónov v rôznych obdobiach. Prvé sledované obdobie bolo pred počatím, potom v 14. gestačnom týždni a v 32. gestačnom týždni. Pracovníci v tejto štúdií zistili, že zvýšenie REE pri prvom vyšetrení počas gravidity korelovalo s telesnou hmotnosťou a s percentom telesného tuku. Rovnako aj počas 32. týždňa gravidity korelovalo zvýšenie REE so všetkými sledovanými parametrami, t. j. telesná hmotnosť ($r = 0,570$; $p = 0,05$); FFM, percento telesného tuku ($r = 0,457$; $p = 0,05$), srdcový výdaj, hladiny voľného trijódtyronínu a sérové hladiny rastového faktora inzulínu. (Lof et al. 2005)

Hronek et al. sledovali tehotné i netehotné ženy a vzťah medzi pokojovým energetickým výdajom a antropometrickými parametrami, ktorý porovnávali medzi týmito dvomi skupinami. Pokojový energetický výdaj bol meraný nepriamou kalorimetriou u tehotných žien v štyroch obdobiach gravidity a raz u netehotných žien. Výsledky preukazujú signifikantné zmeny medzi prvým a posledným obdobím tehotenstva v parametroch ako je zvýšenie hmotnosti ($p = 0,005$), s tým súvisiace BMI ($p = 0,002$), FM ($p = 0,029$) a FFM ($p = 0,0024$). V období tehotenstva došlo aj k štatisticky významnému zvýšeniu REE-IC ($p = 0,006$) i REE-IC vzťahnutému k BSA ($p = 0,03$). U tehotných žien bola zistená aj signifikantná korelácia medzi REE s hmotnosťou ($r = 0,54$; $p < 0,0001$); BSA a FFM ($r = 0,70$; $p < 0,0001$). (Hronek et al. 2011)

Ajimaporn et al. sledovali vo svojej prierezovej štúdií metabolické a kardiorespiračné zmeny v tehotenstve. Počas výskumu sledovali 42 zdravých tehotných žien, ktoré boli rozdelené do troch skupín podľa týždňa gravidity. Ženám boli merané rôzne parametre ako spotreba kyslíka a produkcia oxidu uhličitého, REE, RQ atď. pomocou nepriamej kalorimetrie, ale aj antropometrické merania. Z antropometrických parametrov sa s dĺžkou tehotenstva signifikantne ($p < 0,05$) zvyšovala hmotnosť a BMI. Z kardiorespiračných parametrov sa odhalil iba štatisticky významný nárast srdcového tepu ($p < 0,05$). Ďalšie údaje ukazovali, že ženám sa v priebehu tehotenstva zvyšovala spotreba kyslíka a REE, ale obe bez štatistickej významnosti. Signifikantné zvýšenie mal RQ medzi 2. a 3. trimestrom ($p < 0,05$). Naopak signifikantne sa znížila produkcia oxidu

uhlíčitého medzi prvým a tretím trimestrom; prostredným a posledným trimestrom, obe s p -hodnotou $< 0,05$. (Ajimapon et al. 2014)

Buggato et al. pozorovali vplyv BMI na RQ počas tehotenstva. Súčasne hodnotili s tým súvisiace zmeny energetického výdaja a oxidáciu substrátov. Do štúdie sa zapojilo 40 zdravých tehotných žien, ktoré boli klasifikované do dvoch skupín podľa hodnoty BMI pred tehotenstvom, t. j. s normálnym BMI a BMI ukazujúce nadváhu. Výsledky získané z nepriamej kalorimetrie hovoria, že došlo u všetkých sledovaných žien k výraznému nárastu spotreby kyslíka (NW s $p < 0,0001$; OW s $p = 0,03$), produkcie oxidu uhličitého (NW s $p < 0,0001$; OW s $p = 0,02$) a REE (NW s $p < 0,0001$; OW s $p = 0,03$). Hodnoty RQ u žien mali rovnaký trend, avšak u žien s nadváhou s nižšími hodnotami. RQ dosahoval najvyššie hodnoty počas 1. trimestra, v 2. trimestri sa znížili a v poslednom sa opäť zvýšili. V oboch skupinách boli v tomto pozorovaní zistené signifikantné zmeny, konkrétne v 20. týždni gravidity dosahovali hodnoty RQ u žien s normálnou hmotnosťou 0,85 oproti ženám s nadváhou RQ = 0,81; $p = 0,009$ a počas 36. týždňa tehotenstva RQ NW = 0,87; RQ OW = 0,80; $p = 0,01$. Čo sa týka oxidácie jednotlivých substrátov, tak trend je znova veľmi podobný, ale hodnoty sú u žien s nadváhou vyššie. Číselne je oxidácia sacharidov v 20. týždni tehotenstva NW = 44 %, OW = 30 %; $p = 0,02$ a v 36. týždni gravidity NW = 52 %; OW = 28 %; $p = 0,01$ a oxidácia lipidov v 20. týždni tehotenstva NW = 36 %; OW = 55 %; $p = 0,003$ a v 36. týždni gravidity NW = 33 %; OW = 59 %; $p = 0,007$. V štúdií sa zistili aj významné korelácie medzi niektorými parametrami ako napr. medzi BMI tehotnej ženy a oxidáciou lipidov počas každého merania ($r = 0,46$; $p = 0,006$ v 12. týždni; $r = 0,44$; $p = 0,001$ v 16. týždni; $r = 0,43$; $p = 0,01$ v 20. týždni; $r = 0,38$; $p = 0,03$ v 24. týždni; $r = 0,38$; $p = 0,04$ v 28. týždni; $r = 0,37$; $p = 0,04$ v 32. týždni a $r = 0,64$; $p < 0,001$ v 36. týždni tehotenstva). Z negatívnych korelácií je to vzťah medzi RQ v 36. týždňom gravidity a BMI pred tehotenstvom ($r = -0,58$; $p = 0,001$), ale aj RQ a BMI v 36. týždni tehotenstva $r = -0,64$; $p = 0,001$). Z týchto údajov vyplýva, že BMI matky v tehotenstve ovplyvňuje oxidáciu lipidov aj RQ počas tehotenstva. (Buggato et al. 2017)

Eto et al. sledovali u zdravých tehotných žien a tehotných žien s diabetom v Japonsku pokojový energetický výdaj a zloženie tela. 103 zdravých tehotných žien a 41 tehotných žien s diabetom boli pozorované 4-krát, t. j. v každom trimestri

tehotenstva a raz po pôrode. Pred začiatkom tehotenstva mali ženy diabetičky signifikantne vyššie ($p < 0,01$) hodnoty telesnej hmotnosti i BMI oproti druhej skupine tehotných žien. Výsledky štúdie ukazujú, že zdravé tehotné ženy mali signifikantne vyšší ($p < 0,05$) pokojový energetický výdaj v poslednom trimestri oproti v 1., 2. trimestru a po pôrode, zatiaľ čo tehotné diabetičky nemali signifikantnú zmenu v žiadnom období. K štatisticky významným vzťahom patria vzťahy: u zdravých tehotných žien medzi BMI a REE počas gravidity a po pôrode, kde p -hodnota bola $< 0,05$, zatiaľ čo u tehotných diabetičiek bol tento vzťah signifikantný len v 1. a 2. trimestri medzi p -hodnotou $< 0,05$. V štúdií bola porovnávaná súvislosť REE oboch skupín ku glykemickej odpovedi, kde bola slabá glykemická odpoveď signifikantná v oboch skupinách s p -hodnotou $< 0,05$ vo všetkých obdobiach. Porovnávali sa hodnoty FM a FFM medzi oboma skupinami, ale iba hodnoty FFM dosahovali štatisticky významné zmeny u oboch skupín medzi 1., 2. trimestrom, obdobím po pôrode a 3. trimestrom s p -hodnotou $< 0,05$. V štúdií boli zistené štatisticky významné korelácie napr. medzi REE a FFM u žien bez diabetu ($r = 0,51$; $p < 0,001$) aj s diabetom ($r = 0,34$; $p < 0,001$). (Eto et al. 2018)

Tinius et al. sledovali tehotné ženy s cieľom pozorovať možnú súvislosť medzi nadváhou/obezitou, inzulínovou rezistenciou a zápalom po jedle s vysokým obsahom tukov. Štúdie sa zúčastnilo 64 tehotných žien medzi 32.-38. týždňom tehotenstva. Pozorované ženy boli klasifikované podľa hodnoty BMI pred tehotenstvom na štíhle, respektíve s normálnou váhou, v počte 35 a ženy s nadváhou, ktorých bolo 29. V období pred graviditou bol štatisticky významný rozdiel ($p < 0,001$) medzi sledovanými skupinami v BMI a percentuálnom zastúpení tukového podielu v tele. Preprandiálne výsledky REE boli signifikantne rozdielne medzi oboma skupinami ($p < 0,05$), ale aj s dĺžkou tehotenstva ($p < 0,001$). Na základe výsledkov bolo zrejmé, že štíhle ženy mali výrazne vyššiu metabolickú odpoveď a oxidáciu sacharidov v porovnaní s tehotnými ženami s nadváhou. Signifikantné rozdiely medzi skupinami boli aj v stanovovaných hodnotách IL-6, IL-8 a CRP v krvi. (Tinius et al. 2020)

Maples et al. sledovali u tehotných žien vplyv oxidácie lipidov na prírastok hmotnosti počas tehotenstva a antropometriou novorodenca. Do štúdie bolo zapojených 32 tehotných žien s nízkym BMI pred počatím a merania sa prevádzali počas neskorého tehotenstva. Tehotné ženy boli hodnotené podľa ich prírastku

telesnej hmotnosti, t. j. nízky, adekvátny alebo vyšší váhový prírastok. Hodnotenie oxidácie lipidov bolo zabezpečené nepriamou kalorimetriou pred a po konzumácií jedla s vysokým obsahom tuku. Výsledky štúdie hovoria, že oxidácia lipidov nalačno bola vyššia ($p = 0,003$) u žien, ktoré prekročili odporúčaný váhový prírastok. Váhový prírastok bol signifikantne vyšší ($p < 0,001$) ako pred obdobím tehotenstva i medzi skupinami ($p < 0,05$). Naopak, RQ štatisticky významne klesal v priebehu tehotenstva ($p = 0,006$), aj u žien s nadmerným váhovým prírastom počas všetkých meraní ($p < 0,05$) oproti ženám s adekvátnym prírastkom. Hodnota váhového prírastku pozitívne korelovala s hodnotou oxidácie lipidov pri meraní nalačno ($r = 0,507$, $p = 0,003$), 2 hodiny po jedle ($r = 0,531$, $p = 0,002$), aj 4 hodiny po jedle ($r = 0,546$, $p < 0,001$). S oxidáciou lipidov tehotnej ženy pozitívne korelovali aj hodnoty pôrodnej hmotnosti novorodenca (nalačno $r = 0,426$, $p = 0,015$; 2 hodiny po jedle $r = 0,393$, $p = 0,026$ a 4 hodiny po jedle $r = 0,540$, $p = 0,001$) a hmotnosťou tuku novorodenca (nalačno $r = 0,493$, $p = 0,004$; 2 hodiny po jedle $r = 0,450$, $p = 0,010$ a 4 hodiny po jedle $r = 0,552$, $p = 0,001$). (Maples et al. 2021)

Na základe meraní pokojového energetického výdaja sa Zhao et al. snažili odporučiť vhodný gestačný prírastok tehotných ženám s nadváhou a obezitou. Do tejto štúdie bolo zapojených celkom 68 tehotných žien, ktoré boli rozdelené do intervenčnej skupiny v počte 35 a 33 žien do kontrolnej skupiny. Všetky tehotné ženy absolvovali 3 merania REE pomocou nepriamej kalorimetrie – v každom trimestri jedno. Následne sa na základe REE a fyzickej aktivity vypočítala TEE. Intervenčnej skupine boli podané odporúčania na základe REE, zatiaľ čo kontrolnej skupine bola vypočítaná TEE na základe hmotnosti a BMI pred tehotenstvom. Výsledky štúdie naznačujú, že zmena celkovej dennej energie sa medzi jednotlivými trimestrami u intervenčnej skupiny líšili, tým, že bola nižšia ako u kontrolnej ($p = 0,03$), a rovnako, aj REE v 3. trimestri bol signifikantne nižší ($p = 0,02$) u intervenčnej skupiny oproti kontrolnej. Odporúčaný prírastok hmotnosti bol nižší u intervenčnej skupiny ako u kontrolnej ($p = 0,03$). (Zhao et al. 2022)

Tabuľka č. 11: Súhrnné výsledky uvedených štúdií

| Autor štúdie, rok | REE [kcal/deň] | RQ, NPRQ | VO ₂ [l/min], VCO ₂ [l/min] | Oxidácia sacharidov [g/deň] alebo [%] | Oxidácia lipidov [g/deň] alebo [%] | Oxidácia proteínov [%] |
|-------------------------------|---|---|---|--|--|---|
| Bronstein et al., 1995 | NW: 1579 OW: 1992 | NPRQ NW sacharidová strava: 0,83 NPRQ NW mix strava: 0,81 NPRQ OW sacharidová strava: 0,81 NPRQ OW mix strava: 0,8 | x | x | x | X |
| Catalano et al., 1998 | Pred K: 1402 12.-14. tt K: 1513 34.-36. tt K: 1886 Pred AR: 1529 12.-14. tt AR: 1555 34.-36. tt AR: 1875 | Pred K NPRQ: 0,84 12.-14. tt K NPRQ: 0,85 34.-36. tt K NPRQ: 0,88 Pred AR NPRQ: 0,84 12.-14. tt AR NPRQ: 0,85 34.-36. tt AR NPRQ: 0,86 | Pred K CO ₂ : 0,200 12.-14. tt K CO ₂ : 0,215 34.-36. tt K CO ₂ : 0,266 Pred AR CO ₂ : 0,219 12.-14. tt AR CO ₂ : 0,222 34.-36. tt AR CO ₂ : 0,277 | [g/deň] Pred K: 130 (g/deň) 12.-14. tt K: 156 34.-36. tt K: 236 Pred AR: 141 12.-14. tt AR: 150 34.-36. tt AR: 219 | [g/deň] Pred K: 62 12.-14. tt K: 62 34.-36. tt K: 72 Pred AR: 68 12.-14. tt AR: 72 34.-36. tt AR: 84 | X |
| Butte et al., 1999 | 37. tt: 1734 | RQ v 37.tt: 0,83 | 37tt CO ₂ : 0,208 37tt O ₂ : 0,251 | x | X | x |
| Okereke et al., 2004 | NO 12.-14. tt: 1600 NO 34.-36. tt: 1897 DIA 12.-14. tt: 1661 DIA 34.-36. tt: 2070 | NO 12.-14. tt NPRQ: 0,88 NO 34.-36. tt NPRQ: 0,85 DIA 12.-14. tt NPRQ: 0,87 DIA 34.-36. tt NPRQ: 0,84 | NO 12.-14. tt O ₂ : 0,228 NO 34.-36. tt O ₂ : 0,271 DIA 12.-14. tt O ₂ : 0,236 DIA 34.-36. tt O ₂ : 0,297 | [g/deň] NO 12.-14. tt: 187 NO 34.-36. tt: 205 DIA 12.-14. tt: 183 DIA 34.-36. tt: 199 | [g/deň] NO 12.-14. tt: 59 NO 34.-36. tt: 86 DIA 12.-14. tt: 66 DIA 34.-36. tt: 105 | x |
| Hronek et al., 2011 | 0.-20. tt: 1455* 21.-29. tt: 1538* 30.-36. tt: 1618* 37.-39. tt: 1665* | X | x | x | x | X |
| Ajimaporn et al., 2014 | 1. trimester: 1816 2. trimester: 1816 3. trimester: 2081 | RQ 1.: 0,79 RQ 2.: 0,86 RQ 3.: 0,91 | CO ₂ 1.: 0,254 CO ₂ 2.: 0,262 CO ₂ 3.: 0,298 O ₂ 1.: 0,205 O ₂ 2.: 0,226 O ₂ 3.: 0,268 | x | x | x |
| Buggato et al., 2017 | K 12. tt: 1378 K 16. tt: 1336 K 20. tt: 1361 K 24. tt: 1390 K 28. tt: 1474 | K 12. tt: 0,88 K 16. tt: 0,85 K 20. tt: 0,85 K 24. tt: 0,84 K 28. tt: 0,80 | VO ₂ K 12. tt: 0,19 K 16. tt: 0,19 K 20. tt: 0,19 K 24. tt: 0,20 | [%] K 12. tt: 52 K 16. tt: 42,4 K 20. tt: 44 K 24. tt: 42 | [%] K 12. tt: 28,3 K 16. tt: 38,8 K 20. tt: 36,8 K 24. tt: 39,6 | [%] K 12. tt: 19,3 K 16. tt: 18,6 K 20. tt: 18,8 K 24. tt: 18,2 |

| Autor štúdie, rok | REE [kcal/deň] | RQ, NPRQ | VO ₂ [l/min], VCO ₂ [l/min] | Oxidácia sacharidov [g/deň] alebo [%] | Oxidácia lipidov [g/deň] alebo [%] | Oxidácia proteínov [%] |
|----------------------------|---|---|---|---|---|---|
| | K 32. tt: 1540 K 36. tt: 1654 OW 12. tt: 1729 OW 16. tt: 1824 OW 20. tt: 1738 OW 24. tt: 1938 OW 28. tt: 1925 OW 32. tt: 2002 OW 36. tt: 2111 | K 32. tt: 0,85 K 36. tt: 0,87 OW 12. tt: 0,85 OW 16. tt: 0,83 OW 20. tt: 0,81 OW 24. tt: 0,81 OW 28. tt: 0,82 OW 32. tt: 0,83 OW 36. tt: 0,80 | K 28. tt: 0,21 K 32. tt: 0,22 K 36. tt: 0,23 OW 12. tt: 0,24 OW 16. tt: 0,26 OW 20. tt: 0,25 OW 24. tt: 0,28 OW 28. tt: 0,28 OW 32. tt: 0,28 OW 36. tt: 0,30 | K 28. tt: 37 K 32. tt: 47,2 K 36. tt: 52,8 OW 12. tt: 47,1 OW 16. tt: 40,2 OW 20. tt: 30 OW 24. tt: 31,8 OW 28. tt: 35,8 OW 32. tt: 41 OW 36. tt: 28,4 | K 28. tt: 44,7 K 32. tt: 39,2 K 36. tt: 33,6 OW 12. tt: 40,3 OW 16. tt: 46,7 OW 20. tt: 55,2 OW 24. tt: 51,1 OW 28. tt: 50,3 OW 32. tt: 48,4 OW 36. tt: 59,6 | K 28. tt: 18,1 K 32. tt: 13,5 K 36. tt: 13,7 OW 12. tt: 12,6 OW 16. tt: 12,7 OW 20. tt: 15 OW 24. tt: 16,8 OW 28. tt: 13,8 OW 32. tt: 10,3 OW 36. tt: 12,2 |
| Eto et al., 2018 | NO G1: 1461 NO G2: 1491 NO G3: 1644 NO po: 1419 | DIA G1: 1568 DIA G2: 1710 DIA G3: 1716 DIA po: 1567 | X | x | x | x |
| Tinius et al., 2020 | NW: 1731 OW: 2124 | RQ NW: 0,82 RQ OW: 0,82 | | NW: 202 OW: 230 | NW: 115 OW: 130 | x |
| Maples et al., 2021 | x | RQ (nízky prírastok): 0,84 RQ (normálna prírastok): 0,85 RQ (vyššie prírastok): 0,78 | x | x | [g/deň] Nízka prírastok: 84 Normálna prírastok: 82 Vyššia prírastok: 147 | x |
| Zhao et al., 2022 | 1. trimester: 1128 2. trimester: 1521 3. trimester: 1607 | X | x | x | x | x |

Vysvetlivky: REE – pokojová energetická potreba; RQ – respiračný kvocient; NPRQ – neproteínový respiračný kvocient; VO₂ – objem kyslíka; VCO₂ – objem oxidu uhličitého; NW – normálna hmotnosť podľa BMI; OW – nadváha podľa BMI; tt – týždeň tehotenstva; Pred = pred tehotenstvom; K – kontrolná skupina; AR – skupina s abnormálnou reakciou na glukózu; NO – skupina s normálnou reakciou/odpoveďou organizmu; DIA – skupina s diabetom mellitus; G1 = 1. trimester; G2 = 2. trimester; G3 = 3. trimester; * - priemer dvoch meraní v štúdií

(Upravené a pravzaté Bronstein et al. 1995, Catalano et al. 1998, Butte et al. 1999, Okereke et al. 2004, Hronek et al. 2011, Ajimaporn et al. 2014, Buggato et al. 2017, Eto et al. 2018, Tinius et al. 2020, Maples et al. 2021, Zhao et al. 2022)

Posledné dva uvedené články sledovali zmeny hladín dusíka počas tehotenstva a s tým súvisiacich aminokyselín. Dôležité výsledky sú uvedené v tabuľke č. 12.

Kalhan et al. porovnávali štúdie zaoberajúce sa ukladaním dusíka v tele matky a v plode počas tehotenstva. Sledované štúdie využívali najmä metódu so stabilne izotovo označenými indikátormi (napr. leucínu). V štúdiách sa zistilo, že na začiatku tehotenstva dochádza k zmenám ako sú pokles syntézy močoviny, pokles α -amino dusíka, nižšej rýchlosti transaminácie bielkovín s rozvetveným reťazcom, aby sa v ďalšom období tehotenstva zabezpečila celková ochrana dusíka, a zvýšila sa syntéza bielkovín, ktorá je dôležitá pre potreby matky, a plodu k podpore rastu nového organizmu, aj nových tkanív matky. (Kalhan 2000)

King vo svojom článku popisuje fyziologické zmeny a metabolizmus nutričov v tehotenstve. Popisuje zmeny v metabolizme proteínov, aby si organizmus matky vytvoril zásoby dusíka, ktorý v poslednom trimestri využije pre potreby plodu. V tabuľke č. 12 môžeme vidieť z daného článku množstvo vylučovaného dusíka v dvoch obdobiach tehotenstva. S dĺžkou tehotenstva vylučovanie dusík klesá, čo je spôsobené zníženým vylučovaním močoviny, ale dej je kompenzovaný zvýšeným vylučovaním kyseliny močovej, amoniaku a kreatinínu. Z toho vyplýva, že rozdiel medzi celkovou stratou dusíka medzi jednotlivými obdobiami je nie významný. Ďalej sa v článku popisujú zmeny energetického metabolizmu zo štúdií spomínaných vyššie, či pozitívnu koreláciu medzi zvýšením bazálneho metabolizmu a veľkosťou plodu ($r = 0,759$; $p < 0,05$). (King 2000)

Tabuľka č. 12: Výsledky sledovaných parametrov z uvedených článkov

| Autor, rok | Sledovaný parameter | Hodnota sledovaného parametra |
|--------------|--|---|
| Kalhan, 2000 | Močovina [$\text{mg z N/kg}^{-1}/\text{d}^{-1}$] | 1. trimester: 98 2. trimester: 107 3. trimester: 89 |
| King, 2000 | N celkovo [g/deň] | 10.-20. tt: 10,52 30.-40. tt: 9,02 |
| | Močovina z celkového N [%] | 10.-20. tt: 83 30.-40. tt: 77 |
| | Amoniak z celkového N [%] | 10.-20. tt: 6,8 30.-40. tt: 8 |
| | Kreatinín z celkového N [%] | 10.-20. tt: 4,3 30.-40. tt: 5 |

Vysvetlivky: N – dusík; tt – týždeň tehotenstva

(Upravené a prevzaté Kalhan 2000, King 2000)

6. EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

6.1 Základné informácie o štúdií

Longitudinálna klinická štúdia pod vedením doc. PharmDr. Miloslava Hronka PhD. sa radí medzi jedno-centrické štúdie nakoľko prebieha len v Hradci Králové. Zaoberá sa výskumom tehotných žien v troch obdobiach gravidity, ale aj kojacich žien v štyroch obdobiach laktácie. Tieto ženy sú v štúdií dobrovoľne a kedykoľvek môžu zo štúdie odstúpiť. Vyšetrenia žien prebiehajú v ambulancií klinickej fyziológie na novom kampuse Karlovej Univerzity v Hradci Králové v spolupráci s Pôrodnickou a gynekologickou klinikou Fakultnej nemocnice v Hradci Králové. FN HK zabezpečila schválenie danej štúdie ich Etickou komisiou. V rámci štúdie dochádza aj k spolupráci s Ústavom klinickej biochémie a diagnostiky vo FN HK.

Vyšetrenia žien zabezpečuje doc. PharmDr. Miloslav Hronek PhD., ktorý vedie dané vyšetrenie a jednotlivé merania zabezpečujú študenti/ky Farmaceutickej fakulty UK. Na začiatku vyšetrenia je potrebné podpísanie informovaného súhlasu pozorovanej ženy. Potom prebiehajú merania mnohých parametrov rôznymi metódami ako napríklad nepriama kalorimetria, dynamometria, spirometria a iné. Po skončení meraní sa žene na základe predchádzajúceho vyšetrenia odporučia zmeny, v ktorých sa zachytili nedostatky, prípadne môže žena položiť otázky, ktoré ju zaujímajú. Tehotné ženy so sebou prinesú na vyšetrenie vyplnené nutričné záznamy – s pohybovými aktivitami za posledných 7 dní pred vyšetrením a zozbieranú moč za 24 hodín pred vyšetrením pre stanovenie odpadového dusíka.

Táto diplomová práca je zameraná na zhodnotenie dát z nepriamej kalorimetrie a oxidácie substrátov a kolegyňa – Natália Žídková, ktorá s nami spolupracovala pri vyšetreniach tehotných žien, má prácu zameranú na porovnanie telesnej kompozície rôznymi metódami.

6.2 Metodika štúdie

V rámci nami sledovaného obdobia sa pozorovalo celkom 19 žien v troch obdobiach tehotenstva, ktoré sa označili ako G1 až G3. Označenie obdobia G1 je v rozmedzí od 17. po 27. týždeň tehotenstva, obdobie G2 v 28.-35. týždni tehotenstva a posledné obdobie G3 pred termínom pôrodu, čiže 36.-38. týždeň tehotenstva. Ale, iba u 5 žien boli zaznamenané všetky 3 obdobia, pretože priebeh štúdie bol ovplyvnený pandemiou COVID-19, kedy došlo k prerušeniu štúdie a strate sledovaných žien. Taktiež, niektoré tehotné ženy len vstúpili do štúdie na konci nami sledovaného obdobia, prípadne zo štúdie odstúpili, spravidla zo zdravotných dôvodov.

6.2.1 Nepriama kalorimetria a stanovanie dusíku v moči

K meraniu sa využíval nepriamy kalorimeter Vmax Encore Series, V6200 Autobox, SencorMedics Corporation, California, USA. Pred každým vyšetrením sa prístroj kalibroval. Žene sa nasadila čistá a vydezinfikovaná kanopa s dostatočným prívodom kyslíka a následne prebiehalo meranie. Dĺžka merania bola asi 20 minút, kým sa hodnoty ustálili na jednej hladine. Po ukončení merania sa kanopa zložila a vydezinfikovala.

Pre ženu a okolité prostredie bolo potrebné splnenie určitých podmienok, aby sa zabezpečili validné výsledky nepriamej kalorimetrie. Súčasťou podmienok na okolie bola vyvetraná, zatemnená a klimatizovaná miestnosť s minimom hluku, a izbovou teplotou. Žena absolvovala vyšetrenie po celonočnom min. 12 hodinovom hladovaní. Počas merania ležala v psychickom a fyzickom pokoji, v pohodlnej polohe na chrbte pod kanopou so zatvorenými očami, ale v bdelom stave za paravánom.

Nepriamou kalorimetriou sa na základe spotreby objemu kyslíka a množstva vydychovaného oxidu uhličitého vyhodnocuje pokojový energetický výdaj a oxidácia nutričných substrátov. K vyhodnoteniu oxidácie proteínov je potrebné laboratórne vyšetrenie vzorky moču, konkrétne koncentrácia dusíka v moči za 24 hod. Toto vyhodnotenie zabezpečuje Ústav klinickej biochémie a diagnostiky vo FN HK. Pracovisko využíva metódu štandardného kinetického UV testu v prístroji

Roche/Hitachi 917 analyzátor k stanoveniu dusíka v moči. Z vyšetrenej vzorky moču nás zaujímali hladiny kreatinínu a dusíka, obe hodnoty za 24 hodín.

6.2.2 Antropometrické parametre

K zmeraniu základných antropometrických parametrov sa využili rôzne metódy. Výška tehotnej ženy sa merala len pri prvom vyšetrení a iné parametre, napr. hmotnosť, sa dokumentovali pri každom vyšetrení. Pri meraniach boli ženy oblečené len v spodnej bielizni a naboso.

Kalibrovanou digitálnou váhou – Body Composition Monitor InnerScan (Tanita Corporation, Tokio Japonsko) sa merala u žien hmotnosť, množstvo telesného tuku, vody, viscelárneho tuku, hmotnosť kostí a odhadovaný metabolický vek. Predtým ako sa žena postavila na váhu bolo potrebné nastaviť jej pohlavie, vek a výšku.

Bližšie hodnotenie antropometrických parametrov sa v tejto diplomovej práci neuvádza, pretože nie sú jej predmetom, ale kolegyne – Natálie Žídkovej.

6.3 Základné informácie sledovaného súboru

V tabuľke č. 13 je vidieť základné informácie a antropometrické údaje pred začiatkom tehotenstva všetkých sledovaných žien, aj obdobia, ktoré boli sledované. Z 19 žien máme len 5 žien, kde sú kompletne údaje zo všetkých sledovaných období. U týchto žien sa prevádzalo štatistické hodnotenie a v tabuľke č. 13 sú odlíšené zelenou farbou.

Najmladšia sledovaná tehotná žena mala 23 rokov, najstaršia bola vo veku 36 rokov a medián daného parametra je 32 rokov. Čo sa týka váhy, tak paradoxne najmladšia žena mala najvyššiu váhu pred tehotenstvom, a to 99 kg. Najľahšia žena vážila pred tehotenstvom v porovnaní s „najťažšou“ sledovanou ženou viac ako polovicu jej váhy, a to 53 kg, medián hmotnosti je 65 kg. Ďalším paradoxom je, že najstaršia sledovaná budúca mamička bola najnižšia – s výškou 157 cm. Oproti tomu najvyššia sledovaná budúca mamička merala pri prvom vyšetrení 170 cm a medián výšky je 165 cm.

Z odmeraných parametrov – výška a váha, boli vypočítali hodnoty BMI jednotlivých žien pred tehotenstvom, ktoré nám zhruba určuje prítomnosť obezity, prípadne podvýživy. Medián BMI je 24,47 čo značí normálnu hmotnosť, t. j. bez prítomnej obezity či podvýživy. Ale medzi sledovanými ženami bola žena s prítomnou obezitou, jej BMI dosahovalo hodnotu 34,66 a aj žena s podvýživou, ktorá mala BMI 18,34. V tabuľke č. 13 môžeme vidieť aj informácie o ploche povrchu tela a ideálnej hmotnosti.

Tabuľka č. 13: Základné informácie a antropometrické údaje u žien pred začiatkom tehotenstva

| Žena č. | Vek [roky] | Váha PG [kg] | Výška [cm] | BMI PG [kg/m ²] | BSA PG [m ²] | NW PG [kg] | Sledované obdobia |
|----------------|------------|--------------|------------|-----------------------------|--------------------------|------------|-------------------|
| 1 | 23 | 99 | 169 | 34,66 | 2,09 | 61,62 | G1-G3 |
| 2 | 35 | 55 | 165 | 20,20 | 1,04 | 59,23 | G1-G3 |
| 3 | 36 | 80 | 157 | 32,46 | 1,81 | 54,5 | G1-G3 |
| 4 | 32 | 53 | 170 | 18,34 | 1,61 | 62,21 | G1-G3 |
| 5 | 29 | 67 | 164 | 24,91 | 1,73 | 58,65 | G1 |
| 6 | 30 | 55 | 165 | 20,20 | 1,60 | 59,25 | G1 |
| 7 | 32 | 65 | 163 | 24,47 | 1,70 | 58,06 | G1-G3 |
| 8 | 32 | 53 | 162 | 20,20 | 1,55 | 57,47 | G2-G3 |
| 9 | 31 | 58 | 173 | 19,38 | 1,69 | 63,99 | G2 |
| 10 | 34 | 60 | 167 | 21,33 | 1,67 | 60,43 | G2 |
| 11 | 27 | 77 | 167 | 27,61 | 1,86 | 60,43 | G2 |
| 12 | 23 | 63 | 172 | 21,30 | 1,75 | 63,40 | G2 |
| 13 | 31 | 60 | 170 | 20,76 | 1,69 | 62,21 | G2-3 |
| 14 | 33 | 72 | 171 | 24,62 | 1,84 | 62,80 | G2-G3 |
| 15 | 26 | 84 | 172 | 28,40 | 1,97 | 63,40 | G2 |
| 16 | 29 | 84 | 162 | 32,01 | 1,89 | 57,47 | G3 |
| 17 | 28 | 62 | 163 | 23,34 | 1,67 | 58,06 | G3 |
| 18 | 32 | 80 | 169 | 28,18 | 1,90 | 61,32 | G3 |
| 19 | 33 | 62 | 165 | 22,77 | 1,68 | 59,25 | G3 |
| Minimum | 23 | 53 | 157 | 18,34 | 1,04 | 54,50 | |
| P 25 | 32 | 55 | 163 | 20,20 | 1,61 | 58,06 | |
| Medián | 32 | 65 | 165 | 24,47 | 1,70 | 59,23 | |
| P75 | 35 | 80 | 169 | 32,46 | 1,81 | 61,62 | |
| Maximum | 36 | 99 | 170 | 34,66 | 2,09 | 62,21 | |

Vysvetlivky : PG – pred graviditou; BMI – index telesnej hmotnosti [kg/m²]; BSA – povrch tela [m²]; NW – ideálna hmotnosť [kg]; P 25 – percentil 25; P 75 – percentil 75; G1 -17.-27. týždeň tehotenstva; G2 -28.-35.týždeň tehotenstva; G3 – 36.-38.týždeň tehotenstva, zelená farba – označenie žien, u ktorých máme údaje zo všetkých troch období a ich štatistické zhodnotenie

7. VÝSLEDKY

7.1 Štatistické spracovanie výsledkov

K štatistickému spracovaniu výsledkov sa využil program Microsoft Excel 365. Na spracovanie a vyhodnotenie dát sa využila popisná štatistika. Na základe testov normality (Shapiro-Wilkov test) sa zistilo u nami sledovaného súboru nenormálne rozdelenie, a preto sa ďalej využívali k hodnoteniu minimá, maximá, mediány, percentily 25 a percentily 75. Bol využitý Friedmanov test, t. j. neparametrický párový test. Tento test hodnotil či sa hodnoty medzi jednotlivými obdobiami štatisticky významne menia alebo nie. K štatisticky významným zmenám dochádza pokiaľ bola hladina významnosti $p \leq 0,05$.

Využíval sa aj Mann-Whitneyho test na porovnanie dvoch metód pri meraní rovnakého parametru, aby sme zistili či sú metódy medzi sebou zameniteľné.

Nakoniec sa prevádzala korelačná analýza s využitím Spearmannovej korelácie. Táto analýza sledovala súvislosti medzi jednotlivými sledovanými parametrami.

7.2 Namerané hodnoty

V tabuľke č. 14 a tabuľke č. 15 je vidieť zmena antropometrických parametrov počas tehotenstva. Ide prevažne o zvyšovanie hodnôt väčšiny parametrov čo môžeme vidieť, aj na jednotlivých mediánoch, keďže nejde o normálne rozdelenie. V tabuľke č. 14 sú hodnoty hmotnosti, BMI a BSA, ktoré boli namerané počas tehotenstva a v tabuľke č. 15 sú hodnoty z antropometrickej váhy Tanita.

Celková telesná hmotnosť sledovaných žien sa zvyšovala s dĺžkou gravidity, rovnako ako aj BMI a plocha povrchu tela. Z nameraných hodnôt je štatisticky významný rozdiel medzi všetkými kombináciami období, kedy hladina významnosti $p < 0,05$, okrem obdobia pred tehotenstvom a obdobiem G1, kde bola hladina významnosti $p > 0,05$, čo neznačí štatisticky významný rozdiel.

Čo sa týka hodnôt získaných z antropometrickej váhy Tanita, taktiež, potvrdzuje Friedmanov test štatisticky významné zvyšovanie telesného tuku medzi všetkými kombináciami období gravidity. U percentuálneho obsahu viscerálneho tuku a

hmotnosti tukovej hmoty sa štatisticky významné zvyšovanie dokázalo len medzi všetkými obdobiami tehotenstva (G1-G2-G3) a medzi prvým a posledným obdobím gravidity, t. j. G1 a G3. A len u odhadovaného bazálneho metabolizmu potvrdil Friedmanov test štatisticky významné zvyšovanie hodnôt medzi prvým a prostredným obdobím tehotenstva, čiže medzi obdobiami G1 a G2. Ďalšie merané parametre ako obsah vody, hmotnosť minerálnych látok a odhadovaný metabolický vek, ako vidíme v tabuľke č. 15 nedosahujú štatisticky významnú zmenu.

Nasledujúca tabuľka (Tabuľka č. 16) zobrazuje vyhodnotenie sledovaných parametrov v moči. Mediány hladín kreatinínu sa s dĺžkou gravidity zvyšujú, ale Friedmanov test nedokazuje štatisticky významný rozdiel medzi jednotlivými obdobiami. Ďalšie mediány majú kolísavý charakter, napr. medián objemu moči sa medzi obdobím G1 a G2 sa zvyšuje a následne dochádza k nepatrnému zvýšeniu medzi obdobím G2 a G3. Zaujímavé sú zmeny hladín močoviny v moči – pokiaľ ide o hladinu močoviny v danom momente, tak dochádza k zvýšeniu medzi obdobiami G1 a G2, následne k výraznejšiemu poklesu hladiny v období G3. Zatiaľ to u sledovanej hladiny močoviny v moči za 24 hodín dochádza k kontinuálnemu poklesu, bez štatistického významu. Ďalším kolísavým mediánom je stanovené množstvo dusíka v moči za 24 hodín, kde pozorujeme pokles množstvo N v moči medzi obdobím G1 a G2, následnej nepatrné zvýšenie medzi prostredným a posledným obdobím tehotenstva.

Ani u jedného sledovaného parametra nebol Friedmanovým testom dokázaná štatisticky významná zmena hladín.

Z údajov, ktoré sme sledovali v močoch je dôležitá hlavne hladina dusíka v moči za 24 hodín, ktorá sa ďalej využíva k výpočtom ako neproteínový respiračný kvocient, oxidácia bielkovín, celkový energetický výdaj atď. (viď Teoretická časť – Metódy sledovania energetického výdaja).

Tabuľka č. 14: Základné antropometrické parametre v rôznych obdobiach tehotenstva

| Žena | Váha [kg] | | | BMI [kg/m ²] | | | BSA [m ²] | | |
|----------------|---|--------|--------|---|-------|-------|---|------|------|
| | G1 | G2 | G3 | G1 | G2 | G3 | G1 | G2 | G3 |
| 1 | 103,20 | 107,80 | 114,70 | 36,13 | 37,74 | 40,16 | 2,13 | 2,16 | 2,22 |
| 2 | 73,30 | 78,85 | 84,35 | 26,92 | 28,96 | 30,98 | 1,81 | 1,86 | 1,92 |
| 3 | 79,50 | 81,70 | 85,90 | 32,25 | 33,15 | 34,85 | 1,80 | 1,82 | 1,86 |
| 4 | 64,35 | 68,40 | 69,85 | 22,27 | 23,67 | 24,17 | 1,75 | 1,79 | 1,81 |
| 5 | 69,40 | 73,45 | 77,70 | 26,12 | 27,64 | 29,24 | 1,75 | 1,79 | 1,83 |
| P25 | 69,40 | 73,45 | 77,70 | 26,12 | 27,64 | 29,24 | 1,75 | 1,79 | 1,83 |
| Medián | 73,30 | 78,85 | 84,35 | 26,92 | 28,96 | 30,98 | 1,80 | 1,82 | 1,86 |
| P75 | 79,50 | 81,70 | 85,90 | 32,25 | 33,15 | 34,85 | 1,81 | 1,86 | 1,92 |
| Maximum | 103,20 | 107,80 | 114,70 | 36,13 | 37,74 | 40,16 | 2,13 | 2,16 | 2,22 |
| p-value | 0,003 A,C,D 0,180 B 0,007 * 0,025 **, ***, **** | | | 0,003 A,C,D 0,180 B 0,007 * 0,025 **, ***, **** | | | 0,003 A,C,D 0,180 B 0,007 * 0,025 **, ***, **** | | |

Vysvetlivky: P 25 – percentil 25; P 75 – percentil 75; G1 -17.-27. týždeň tehotenstva; G2 -28.-35.týždeň tehotenstva; G3 – 36.-38.týždeň tehotenstva; BMI – body mass index [kg/m²]; BSA – povrch tela [m²]; A - *p*-hodnota medzi všetkými obdobiami (PG-G1-G2-G3); B - *p*-hodnota medzi PG a G1; C - *p*-hodnota medzi PG a G2; D - *p*-hodnota medzi PG a G3; * - *p*-hodnota medzi všetkými obdobiami tehotenstva (G1-G2-G3); ** - *p*-hodnota medzi G1 a G2; *** - *p*-hodnota medzi G1 a G3; **** - *p*-hodnota medzi G2 a G3

Tabuľka č. 15: Antropometrické parametre z antropometrickej váhy Tanita v rôznych obdobiach tehotenstva

| Žena | Telesný tuk [%] | | | Obsah vody [%] | | | Viscerálny tuk [%] | | | Hmotnosť FM [kg] | | | Hmotnosť minerálnych látok [kg] | | | Odhadovaný bazálny metabolizmus [kcal] | | | Odhadovaný metabolický vek [roky] | | |
|---------|--------------------------------|-------|-------|---------------------------------------|-------|-------|--|------|-------|--|-------|-------|--|------|------|--|------|------|--|----|----|
| | Obdobie | G1 | G2 | G3 | G1 | G2 | G3 | G1 | G2 | G3 | G1 | G2 | G3 | G1 | G2 | G3 | G1 | G2 | G3 | G1 | G2 |
| 1 | 42,40 | 43,50 | 45,40 | 42,10 | 42,00 | 42,20 | 8,00 | 9,00 | 10,00 | 56,45 | 57,85 | 59,50 | 3,00 | 3,10 | 3,20 | 1880 | 1932 | 2002 | 38 | 38 | 38 |
| 2 | 35,80 | 36,30 | 40,30 | 45,00 | 42,10 | 40,90 | 5,50 | 6,00 | 7,50 | 44,70 | 47,85 | 47,80 | 2,40 | 2,50 | 2,60 | 1439 | 1531 | 1555 | 49 | 50 | 20 |
| 3 | 37,60 | 37,80 | 39,40 | 43,30 | 42,40 | 41,50 | 7,50 | 7,50 | 8,50 | 47,15 | 48,25 | 49,40 | 2,50 | 2,60 | 2,60 | 1518 | 1554 | 1597 | 51 | 51 | 51 |
| 4 | 28,00 | 30,50 | 31,00 | 50,50 | 48,10 | 47,20 | 2,50 | 3,50 | 3,50 | 44,00 | 45,15 | 45,75 | 2,40 | 2,40 | 2,40 | 1396 | 1438 | 1455 | 28 | 34 | 36 |
| 5 | 28,80 | 31,20 | 34,10 | 47,40 | 48,80 | 48,60 | 3,50 | 4,50 | 5,50 | 49,95 | 48,00 | 51,50 | 2,50 | 2,60 | 2,40 | 1484 | 1525 | 1448 | 31 | 37 | 43 |
| Minimum | 28,00 | 30,50 | 31,00 | 42,10 | 42,00 | 40,90 | 2,50 | 3,50 | 3,50 | 44,00 | 45,15 | 45,75 | 2,40 | 2,40 | 2,40 | 1396 | 1438 | 1448 | 28 | 34 | 20 |
| P25 | 28,80 | 31,20 | 34,10 | 43,30 | 42,10 | 41,50 | 3,50 | 4,50 | 5,50 | 44,70 | 47,85 | 47,80 | 2,40 | 2,50 | 2,40 | 1439 | 1525 | 1455 | 31 | 37 | 36 |
| Medián | 35,80 | 36,30 | 39,40 | 45,00 | 42,20 | 42,20 | 5,50 | 6,00 | 7,50 | 47,15 | 48,00 | 49,40 | 2,50 | 2,60 | 2,60 | 1484 | 1531 | 1555 | 38 | 38 | 38 |
| P75 | 37,60 | 37,80 | 40,30 | 47,40 | 48,10 | 47,20 | 7,50 | 7,50 | 8,50 | 49,95 | 48,25 | 51,50 | 2,50 | 2,60 | 2,60 | 1518 | 1554 | 1597 | 49 | 50 | 43 |
| Maximum | 42,40 | 43,50 | 45,40 | 50,50 | 48,80 | 48,60 | 8,00 | 9,00 | 10,00 | 56,45 | 57,85 | 59,50 | 3,00 | 3,10 | 3,20 | 1880 | 1932 | 2002 | 51 | 51 | 51 |
| p-value | 0,007 * 0,025 **, ***, **** | | | 0,449* 0,180 **, **** 0,655 *** | | | 0,017 * 0,074 **, **** 0,025 *** | | | 0,041 * 0,180 **, **** 0,025 *** | | | 0,259 * 0,074 ** 0,371 *** 0,655 **** | | | 0,074 * 0,025 ** 0,180 ***, **** | | | 0,549 * 0,180 ** 0,655 ***, **** | | |

Vysvetlivky: P 25 – percentil 25; P 75 – percentil 75; G1 -17.-27. týždeň tehotenstva; G2 -28.-35.týždeň tehotenstva; G3 – 36.-38.týždeň tehotenstva; FM – fat mass/tuková hmota; * - p-hodnota medzi všetkými obdobiami tehotenstva (G1-G2-G3); ** - p-hodnota medzi G1 a G2; *** - p-hodnota medzi G1 a G3; **** - p-hodnota medzi G2 a G3

Tabuľka č. 16: Parametre sledované v moči u žien v rôznych obdobiach tehotenstva

| Žena | Kreatinín v moči [mmol/l] | | | Kreatinín v moči za 24 hod [mmol/l] | | | Objem moči za 24 hod [ml] | | | Urea v moči [mmol/l] | | | Urea v moči za 24 hodín [mmol/l] | | | N v moči za 24 hodín [g/deň] | | |
|----------------|--|-------|-------|--|-------|-------|--|------|------|--|--------|--------|----------------------------------|--------|--------|--------------------------------|-------|-------|
| | G1 | G2 | G3 | G1 | G2 | G3 | G1 | G2 | G3 | G1 | G2 | G3 | G1 | G2 | G3 | G1 | G2 | G3 |
| 1 | 8,30 | 12,30 | 18,80 | 14,90 | 15,00 | 14,50 | 1800 | 1220 | 770 | 238,00 | 338,00 | 442,00 | 428,40 | 412,40 | 340,30 | 17,49 | 17,10 | 14,88 |
| 2 | 5,20 | 4,60 | X | 13,60 | 10,50 | x | 2620 | 2290 | 2300 | 173,00 | 156,00 | 158,00 | 453,30 | 357,20 | 362,00 | 17,43 | 14,37 | 14,69 |
| 3 | 3,60 | 4,70 | 3,50 | 6,60 | 16,30 | 13,70 | 1830 | 3470 | 3910 | 77,00 | 103,00 | 95,00 | 140,90 | 357,40 | 371,50 | 7,10 | 14,50 | 15,06 |
| 4 | 5,90 | 5,40 | 30,30 | 14,20 | 9,50 | 53,60 | 2400 | 1750 | 1770 | 171,00 | 245,00 | 81,00 | 410,40 | 376,30 | 143,40 | 15,72 | 14,70 | 6,91 |
| 5 | 4,40 | 6,80 | 6,30 | 12,90 | 17,60 | 18,70 | 2940 | 2583 | 2970 | 144,00 | 199,00 | 173,00 | 423,40 | 514,00 | 513,80 | 16,31 | 19,47 | 19,60 |
| Minimum | 3,60 | 4,60 | 3,50 | 6,60 | 9,50 | 13,70 | 1800 | 1220 | 770 | 77,00 | 103,00 | 81,00 | 140,90 | 357,20 | 143,40 | 7,10 | 14,37 | 6,91 |
| P 25 | 4,40 | 4,70 | 5,60 | 12,90 | 10,50 | 14,30 | 1830 | 1750 | 1770 | 144,00 | 156,00 | 95,00 | 410,40 | 357,40 | 340,30 | 15,72 | 14,50 | 14,69 |
| Medián | 5,20 | 5,40 | 12,55 | 13,60 | 15,00 | 16,60 | 2400 | 2290 | 2300 | 171,00 | 199,00 | 158,00 | 423,40 | 376,30 | 362,00 | 16,31 | 14,70 | 14,88 |
| P 75 | 5,90 | 6,80 | 21,68 | 14,20 | 16,30 | 27,43 | 2620 | 2583 | 2970 | 173,00 | 245,00 | 173,00 | 428,40 | 412,40 | 371,50 | 17,43 | 17,10 | 15,06 |
| Maximum | 8,30 | 12,30 | 30,30 | 14,90 | 17,60 | 53,60 | 2940 | 3470 | 3910 | 238,00 | 338,00 | 442,00 | 453,30 | 514,00 | 513,80 | 17,49 | 19,47 | 19,60 |
| p-value | 0,472 * 0,655 ** 0,317 *** 1,000 **** | | | 0,472 * 0,655 ** 0,317 *** 1,000 **** | | | 0,247 * 0,180 **, **** 0,655 *** | | | 0,449 * 0,180 ** 0,655 ***, **** | | | 0,819 * 0,655 **, ***, **** | | | 0,819 * 0,655 **, ***, **** | | |

Vysvetlivky: P 25 – percentil 25; P 75 – percentil 75; G1 -17.-27. týždeň tehotenstva; G2 -28.-35.týždeň tehotenstva; G3 – 36.-38.týždeň tehotenstva; N – množstvo dusíka v moči za deň; * - *p*-hodnota medzi všetkými obdobiami tehotenstva (G1-G2-G3); ** - *p*-hodnota medzi G1 a G2; *** - *p*-hodnota medzi G1 a G3; **** - *p*-hodnota medzi G2 a G3

Množstvo dýchacích plynov, konkrétne kyslíka a oxidu uhličitého v litroch za minútu získaných z nepriameho kalorimetra, hodnoty respiračného kvocientu a neproteínového respiračného kvocientu a ich štatistické zhodnotenie sú zobrazené v tabuľke č. 17. Z údajom môžeme povedať, že objemy kyslíka i oxidu uhličitého stúpajú s dĺžkou tehotenstva, ale bez štatisticky významného rozdielu. Rovnako, tak sa zvyšuje hodnota neproteínového respiračného kvocienta. Z danej tabuľky, jedine u respiračného kvocientu dokazuje Friedmanov test štatisticky významné zvýšenie hodnôt, a to medzi všetkými obdobiami tehotenstva, medzi obdobím G1 a G3 a ešte medzi prostredným a posledným obdobím gravidity.

Nepriamy kalorimeter nám zmeral a vyhodnotil výsledky pokojového energetického výdaja v jednotke [kcal/deň]. Hodnota tejto jednotky má nasledujúce správanie. Ide o zvyšovanie mediánov pokojového energetického výdaja s dĺžkou tehotenstva, výraznejšie medzi prvým a prostredným obdobím a nepatrným zvýšením medzi obdobím G2 a G3. Avšak, Friedmanov test nepotvrdil štatisticky významné zvýšenie medzi jednotlivými obdobiami, čo môžeme vidieť v tabuľke č. 18.

V rovnakej tabuľke (Tabuľka č. 18) máme aj vypočítanú hodnotu pokojového energetického výdaja podľa Harris-Benedictovej rovnice (Teoretická časť – Vzorec č. 1: Harris-Benedictova rovnica pre ženu), kde nám Friedmanov test potvrdil štatisticky významný rozdiel. Ide o zvyšovanie REE medzi obdobím G2 a G3. V ostatných obdobiach nebola potvrdená štatisticky významná zmena. V danej tabuľke sú zobrazené aj hodnoty predikovaného REE v percentách, REE vzťahnuté na telesnú hmotnosť ženy alebo jej jednotku povrchu tela – rovnako bez štatisticky významných zmien.

Tabuľka č. 17: Množstvo plynov získaných z nepriameho kalorimetra z rôznych období tehotenstva

| Žena | VO ₂ [l/min] | | | VCO ₂ [l/min] | | | Respiratory quotient (RQ) | | | NPRQ | | |
|-----------------|--|-------|-------|--------------------------------|-------|-------|--|-------|-------|--|-------|-------|
| Obdobie | G1 | G2 | G3 | G1 | G2 | G3 | G1 | G2 | G3 | G1 | G2 | G3 |
| 1 | 0,265 | 0,297 | 0,285 | 0,224 | 0,263 | 0,260 | 0,840 | 0,880 | 0,910 | 0,860 | 0,910 | 0,940 |
| 2 | 0,207 | 0,225 | 0,240 | 0,175 | 0,198 | 0,229 | 0,850 | 0,880 | 0,950 | 0,862 | 0,904 | 1,000 |
| 3 | 0,200 | 0,210 | 0,202 | 0,164 | 0,168 | 0,192 | 0,820 | 0,800 | 0,950 | 0,820 | 0,790 | 1,020 |
| 4 | 0,209 | 0,211 | 0,224 | 0,192 | 0,193 | 0,208 | 0,920 | 0,910 | 0,930 | 0,970 | 0,960 | 0,950 |
| 5 | 0,246 | 0,235 | 0,226 | 0,189 | 0,183 | 0,188 | 0,770 | 0,780 | 0,830 | 0,750 | 0,760 | 0,840 |
| Minimum | 0,200 | 0,210 | 0,202 | 0,164 | 0,168 | 0,188 | 0,770 | 0,780 | 0,830 | 0,750 | 0,760 | 0,840 |
| P 25 | 0,207 | 0,211 | 0,224 | 0,175 | 0,183 | 0,192 | 0,820 | 0,800 | 0,910 | 0,820 | 0,790 | 0,940 |
| Medián | 0,209 | 0,225 | 0,226 | 0,189 | 0,193 | 0,208 | 0,840 | 0,880 | 0,930 | 0,860 | 0,904 | 0,950 |
| P 75 | 0,246 | 0,235 | 0,240 | 0,192 | 0,198 | 0,229 | 0,850 | 0,880 | 0,950 | 0,862 | 0,910 | 1,000 |
| Maximum | 0,265 | 0,297 | 0,285 | 0,224 | 0,263 | 0,260 | 0,920 | 0,910 | 0,950 | 0,970 | 0,960 | 1,020 |
| <i>p</i> -value | 0,247 * 0,180 **, *** 0,655 **** | | | 0,165 * 0,180 **, ***, **** | | | 0,022 * 0,655 ** 0,025 ***, **** | | | 0,247 * 0,655 ** 0,180 ***, **** | | |

Vysvetlivky: P 25 – percentil 25; P 75 – percentil 75; G1 -17.-27. týždeň tehotenstva; G2 -28.-35.týždeň tehotenstva; G3 – 36.-38.týždeň tehotenstva; VO₂ – objem kyslíka [l/min]; VCO₂ – objem oxidu uhličitého [l/min]; RQ – respiračný kvocient; NPRQ – non-protein respiratory quotient/ neproteínový respiračný kvocient; * - *p*-hodnota medzi všetkými obdobiami tehotenstva (G1-G2-G3); ** - *p*-hodnota medzi G1 a G2; *** - *p*-hodnota medzi G1 a G3; **** - *p*-hodnota medzi G2 a G3

Tabuľka č. 18: Výsledky z nepriameho kalorimetra z rôznych období tehotenstva

| Žena | REE-IC [kcal/deň] | | | REE-HB [kcal/deň] | | | REE [% predicted] | | | REE/kg [kcal/kg] | | | REE/BSA [kcal/m ²] | | |
|----------------|--|------|------|--|------|------|--------------------------------|-----|-----|--|----|----|--------------------------------|-----|-----|
| | G1 | G2 | G3 | G1 | G2 | G3 | G1 | G2 | G3 | G1 | G2 | G3 | G1 | G2 | G3 |
| 1 | 1822 | 2067 | 1999 | 1955 | 1891 | 1957 | 93 | 109 | 102 | 18 | 19 | 17 | 857 | 955 | 899 |
| 2 | 1415 | 1561 | 1694 | 1661 | 1551 | 1603 | 85 | 101 | 107 | 19 | 20 | 20 | 784 | 838 | 884 |
| 3 | 1380 | 1428 | 1419 | 1537 | 1558 | 1599 | 90 | 92 | 89 | 17 | 17 | 17 | 766 | 783 | 762 |
| 4 | 1457 | 1473 | 1587 | 1435 | 1474 | 1483 | 102 | 100 | 107 | 23 | 22 | 23 | 835 | 822 | 878 |
| 5 | 1661 | 1582 | 1539 | 1471 | 1509 | 1545 | 113 | 105 | 100 | 24 | 22 | 20 | 950 | 884 | 839 |
| Minimum | 1380 | 1428 | 1419 | 1435 | 1474 | 1483 | 85 | 92 | 89 | 17 | 17 | 17 | 766 | 783 | 762 |
| P 25 | 1415 | 1473 | 1539 | 1471 | 1509 | 1545 | 90 | 100 | 100 | 18 | 19 | 17 | 784 | 822 | 839 |
| Medián | 1457 | 1561 | 1587 | 1537 | 1551 | 1599 | 93 | 101 | 102 | 19 | 20 | 20 | 835 | 838 | 878 |
| P 75 | 1661 | 1582 | 1694 | 1661 | 1558 | 1603 | 102 | 105 | 107 | 23 | 22 | 20 | 857 | 884 | 884 |
| Maximum | 1822 | 2067 | 1999 | 1955 | 1891 | 1957 | 113 | 109 | 107 | 24 | 22 | 23 | 950 | 955 | 899 |
| p-value | 0,247 * 0,180 **, *** 0,655 **** | | | 0,091 * 0,655 ** 0,180 *** 0,025 **** | | | 0,819 * 0,655 **, ***, **** | | | 0,951 * 1,000 **, **** 0,655 *** | | | 0,819 * 0,655 **, ***, **** | | |

Vysvetlivky: P 25 – percentil 25; P 75 – percentil 75; G1 -17.-27. týždeň tehotenstva; G2 -28.-35.týždeň tehotenstva; G3 – 36.-38.týždeň tehotenstva; REE-IC [kcal/deň] – pokojový energetický výdaj meraný nepriamou kalorimetriou [kcal/deň]; REE-HB - REE-IC – pokojový energetický výdaj počítaný Harris-Benedictovou rovnicou [kcal/deň]; REE – pokojový energetický výdaj [predikované %]; REE/kg – pokojový energetický výdaj vztiahnutý na jednotku hmotnosti [kcal/kg]; REE/BSA - pokojový energetický výdaj vztiahnutý na jednotku povrchu tela [kcal/m²]; * - p-hodnota medzi všetkými obdobiami tehotenstva (G1-G2-G3); ** - p-hodnota medzi G1 a G2; *** - p-hodnota medzi G1 a G3; **** - p-hodnota medzi G2 a G3

V nasledujúcich tabuľkách a škatuľových grafoch sú zobrazené výsledky a zhodnotenie oxidácie jednotlivých substrátov, konkrétne sacharidy v tabuľke č. 19 a Grafe č. 1, lipidy v tabuľke č. 20 a Grafe č. 2 a proteíny v tabuľke č. 21 a Grafe č. 3.

Oxidácia sacharidov (Tabuľka č. 19) u tehotných žien sa podľa mediánov zvyšovala počas tehotenstva, s potvrdením štatistickej významnosti medzi všetkými obdobiami, medzi obdobiami G1 a G3 a medzi obdobiami G2 a G3 vo počítaných jednotkách, t. j. [kcal/deň] a percentuálne zastúpenie.

Naopak, oxidácia tukov (Tabuľka č. 20) u tehotných žien sa podľa mediánov znižovala s dĺžkou gravidity, ale bez štatisticky významného potvrdenia Friedmanovým testom.

Posledným substrátom, ktorý sme sledovali boli bielkoviny (Tabuľka č. 21). Ich medián oxidácie bol kolísavý, najskôr dochádzalo k zníženiu medzi obdobiami G1 a G2, potom k nepatrnému zvýšeniu medzi obdobiami G2 a G3. Obe bez štatisticky potvrdenej významnosti u sledovanej jednotky [kcal/deň]. Jedine pri percentuálnom zastúpení dochádzalo, naopak, k nepatrnému zvýšeniu oxidácie medzi obdobím G1 a G2, následnej k výraznejšiemu zníženiu medzi obdobím G2 a G3. Ale, rovnako bez štatisticky potvrdeného významu.

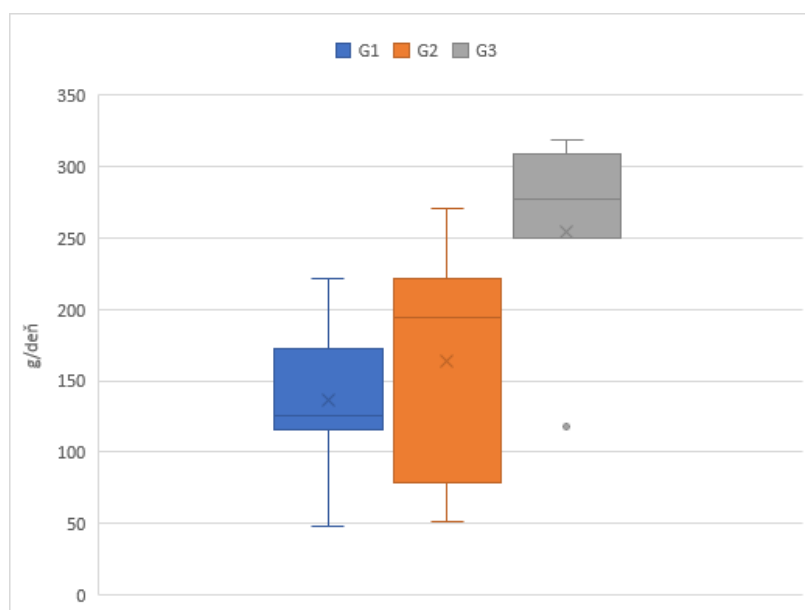
Tabuľka č. 19: Výsledky oxidácie sacharidov v rôznych obdobiach tehotenstva

| Žena | g/deň | | | kcal/deň | | | % | | |
|---------|--|--------|--------|--|---------|---------|--|-------|-------|
| | G1 | G2 | G3 | G1 | G2 | G3 | G1 | G2 | G3 |
| 1 | 172,85 | 270,92 | 309,03 | 722,52 | 1132,44 | 1291,77 | 39,77 | 54,92 | 64,77 |
| 2 | 125,61 | 194,27 | 318,49 | 525,05 | 812,07 | 1331,27 | 37,20 | 52,15 | 77,81 |
| 3 | 115,93 | 79,11 | 250,35 | 485,59 | 330,66 | 1044,48 | 35,26 | 23,26 | 74,36 |
| 4 | 222,31 | 222,46 | 276,70 | 929,25 | 929,87 | 1156,37 | 63,83 | 63,23 | 73,00 |
| 5 | 48,05 | 50,53 | 117,56 | 200,84 | 211,24 | 491,39 | 12,15 | 13,41 | 32,02 |
| Minimum | 48,05 | 50,53 | 117,56 | 200,84 | 211,24 | 491,39 | 12,15 | 13,41 | 32,02 |
| P 25 | 115,93 | 79,11 | 250,35 | 485,59 | 330,66 | 1044,48 | 35,26 | 23,26 | 64,77 |
| Medián | 125,61 | 194,27 | 276,70 | 525,05 | 812,07 | 1156,37 | 37,20 | 52,15 | 73,00 |
| P 75 | 172,85 | 222,46 | 309,03 | 722,52 | 929,87 | 1291,77 | 39,77 | 54,92 | 74,36 |
| Maximum | 222,31 | 270,92 | 318,49 | 929,25 | 1132,44 | 1331,27 | 63,82 | 63,23 | 77,81 |
| p-value | 0,058 * 0,371 ** 0,025 ***, **** | | | 0,015 * 0,180 ** 0,025 ***, **** | | | 0,022 * 0,655 ** 0,025 ***, **** | | |

Vysvetlivky: P 25 – percentil 25; P 75 – percentil 75; G1 -17.-27. týždeň tehotenstva; G2 -28.-35.týždeň tehotenstva; G3 – 36.-38.týždeň tehotenstva; * - p-hodnota medzi všetkými

obdobiami tehotenstva (G1-G2-G3); ** - *p*-hodnota medzi G1 a G2; *** - *p*-hodnota medzi G1 a G3; **** - *p*-hodnota medzi G2 a G3

Graf č. 1: Zmena oxidácie sacharidov u tehotných žien v priebehu gravidity



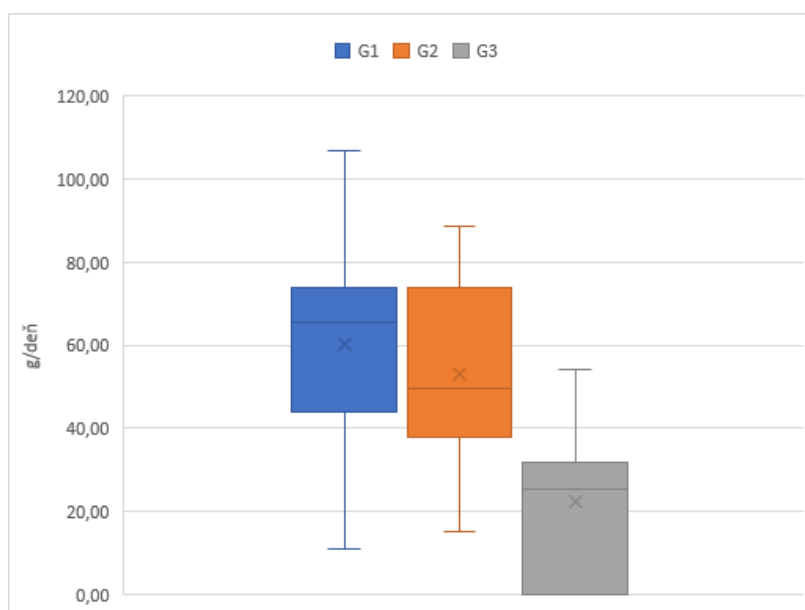
Vysvetlivky: horná čiara nad obdĺžnikom = maximum; horná strana obdĺžnika = percentil 75; x = priemer; vodorovná čiara v obdĺžniku = medián; dolná strana obdĺžnika = percentil 25; dolná čiara pod obdĺžnikom = minimum; šedá bodka = minimum

Tabuľka č. 20: Výsledky oxidácie lipidov v rôznych obdobiach tehotenstva

| Žena | g/deň | | | Kcal/deň | | | % | | |
|-----------------|--|-------|-------|--|--------|--------|--------------------------------|-------|-------|
| | G1 | G2 | G3 | G1 | G2 | G3 | G1 | G2 | G3 |
| 1 | 65,74 | 49,49 | 31,90 | 621,85 | 468,14 | 301,79 | 34,23 | 22,70 | 15,16 |
| 2 | 43,96 | 37,75 | 0,00 | 415,89 | 357,14 | 0,00 | 29,46 | 22,94 | 0,00 |
| 3 | 73,73 | 74,06 | 0,00 | 697,44 | 700,57 | 0,00 | 50,75 | 49,28 | 0,00 |
| 4 | 10,80 | 15,23 | 25,48 | 102,20 | 144,03 | 241,05 | 7,02 | 9,79 | 15,22 |
| 5 | 106,95 | 88,63 | 54,35 | 1011,71 | 838,48 | 514,15 | 61,21 | 53,22 | 33,50 |
| Minimum | 10,80 | 15,23 | 0,00 | 102,20 | 144,03 | 0,00 | 7,02 | 9,79 | 0,00 |
| P 25 | 43,96 | 37,75 | 0,00 | 415,89 | 357,14 | 0,00 | 29,46 | 22,70 | 0,00 |
| Medián | 65,74 | 49,49 | 25,48 | 621,85 | 468,14 | 241,05 | 34,23 | 22,94 | 15,16 |
| P 75 | 73,73 | 74,06 | 31,90 | 697,44 | 700,57 | 301,79 | 50,75 | 49,28 | 15,22 |
| Maximum | 106,95 | 88,63 | 54,35 | 1011,71 | 838,48 | 514,15 | 61,21 | 53,22 | 33,50 |
| <i>p</i> -value | 0,247 * 0,655 ** 0,180 ***, **** | | | 0,247 * 0,655 ** 0,180 ***, **** | | | 0,165 * 0,180 **, ***, **** | | |

Vysvetlivky: P 25 – percentil 25; P 75 – percentil 75; G1 -17.-27. týždeň tehotenstva; G2 -28.-35.týždeň tehotenstva; G3 – 36.-38.týždeň tehotenstva; * - *p*-hodnota medzi všetkými obdobiami tehotenstva (G1-G2-G3); ** - *p*-hodnota medzi G1 a G2; *** - *p*-hodnota medzi G1 a G3; **** - *p*-hodnota medzi G2 a G3

Graf č. 2: Zmena oxidácie lipidov u tehotných žien v priebehu gravidity



Vysvetlivky: horná čiara nad obdĺžnikom = maximum; horná strana obdĺžnika = percentil 75; x = priemer; vodorovná čiara v obdĺžniku = medián; dolná strana obdĺžnika = percentil 25; dolná čiara pod obdĺžnikom = minimum

Tabuľka č. 21: Výsledky oxidácie proteínov v rôznych obdobiach tehotenstva

| Žena | g/deň | | | Kcal/deň | | | % | | |
|----------------|--------------------------------|--------|--------|--------------------------------|--------|--------|--------------------------------|-------|-------|
| | G1 | G2 | G3 | G1 | G2 | G3 | G1 | G2 | G3 |
| 1 | 109,31 | 106,82 | 92,97 | 472,24 | 461,45 | 401,62 | 26,00 | 22,38 | 20,13 |
| 2 | 108,94 | 89,80 | 91,84 | 470,61 | 387,92 | 396,73 | 33,34 | 24,91 | 23,19 |
| 3 | 44,50 | 90,37 | 94,12 | 192,22 | 390,41 | 406,60 | 14,00 | 27,46 | 28,97 |
| 4 | 98,25 | 91,89 | 43,21 | 424,44 | 396,78 | 186,67 | 29,15 | 26,98 | 11,78 |
| 5 | 101,93 | 121,71 | 112,47 | 440,32 | 525,80 | 529,06 | 26,64 | 33,37 | 34,48 |
| Minimum | 44,50 | 89,80 | 43,21 | 192,22 | 387,92 | 186,67 | 14,00 | 22,38 | 11,78 |
| P 25 | 71,38 | 90,09 | 67,53 | 308,33 | 389,17 | 291,70 | 20,00 | 23,65 | 15,96 |
| Medián | 101,93 | 91,89 | 92,97 | 440,32 | 396,78 | 401,62 | 26,64 | 26,98 | 23,19 |
| P 75 | 108,94 | 106,82 | 94,12 | 470,61 | 461,45 | 406,60 | 29,15 | 27,46 | 28,97 |
| Maximum | 109,31 | 121,71 | 112,47 | 472,24 | 525,80 | 529,06 | 33,34 | 33,37 | 34,48 |
| p-value | 0,819 * 0,655 **, ***, **** | | | 0,819 * 0,655 **, ***, **** | | | 0,819 * 0,655 **, ***, **** | | |

Vysvetlivky: P 25 – percentil 25; P 75 – percentil 75; G1 -17.-27. týždeň tehotenstva; G2 -28.-35.týždeň tehotenstva; G3 – 36.-38.týždeň tehotenstva; * - p-hodnota medzi všetkými obdobiami tehotenstva (G1-G2-G3); ** - p-hodnota medzi G1 a G2; *** - p-hodnota medzi G1 a G3; **** - p-hodnota medzi G2 a G3

Graf č. 3: Zmena oxidácie proteínov u tehotných žien v priebehu gravidity



Vysvetlivky: horná čiara nad obdĺžnikom = maximum; horná strana obdĺžnika = percentil 75; x = priemer; vodorovná čiara v obdĺžniku = medián; dolná strana obdĺžnika = percentil 25; dolná čiara pod obdĺžnikom = minimum; šedá bodka nad šedým obdĺžnikom = maximum G3

7.3 Korelácie

V nasledujúcich tabuľkách sú zobrazené Spearmanové korelačné koeficienty, ktoré vyjadrujú mieru súvislosti medzi jednotlivými sledovanými parametrami s oxidáciou substrátov v rovnakom období tehotenstva – v tabuľke č. 22 so sacharidmi, v tabuľke č. 23 s lipidmi a v tabuľke č. 24 s proteínmi. Štatisticky významne korelácie sú hrubo zvýraznené spoločne s hviezdíčkou.

Oxidácia sacharidov má štatisticky významné korelácie v období G1 s výškou, hodnotou respiračného kvocientu a neproteínového respiračného kvocientu. Vo všetkých prípadoch ide o veľmi silnú pozitívnu koreláciu (r -value = 0,9). Ďalej, to je veľmi silná negatívna korelácia (r -value = -0,9) v období G2 s objemom moči. Ostatné korelácie bez štatistického významu môžeme vidieť v tabuľke č. 22.

V tabuľke č. 23 nachádzame štatisticky významné i nevýznamné korelácie oxidácie lipidov so sledovanými parametrami. Z tých štatisticky významných ide v prvom období gravidity o veľmi silnú negatívnu koreláciu (r -value = -1) s hodnotou respiračného kvocientu a neproteínového respiračného kvocientu. Počas prostredného obdobia tehotenstva je to veľmi silná pozitívna korelácia (r -value = 1) s hladinou kreatinínu v moči za 24 hodín, ale aj veľmi silnú negatívnu koreláciu s hodnotou RQ (r -value = -1) a NPRQ (r -value = -0,9). V poslednom období tehotenstva je rovnako ako v predchádzajúcich obdobiach nájdená veľmi silná negatívna korelácia s hodnotami RQ (r -value = -1) a NPRQ (r -value = -1).

Štatisticky významné korelácie sa nachádzajú medzi oxidáciou proteínov so sledovanými parametrami. V období G1 je to veľmi silná pozitívna korelácia s hladinou močoviny (r -value = 0,9), hladinou močoviny za 24 hodín (r -value = 0,9) a množstvom dusíka v moči za 24 hodín (r -value = 1) vo vzorke. V období G2 ide, tiež, o veľmi silné pozitívne korelácie s hladinami kreatinínu moči (r -value = 0,9), urey v moči za 24 hodín (r -value = 1) a množstvom dusíka v moči za 24 hodín (r -value = 1). V poslednom období, t. j. G3 nachádzame rovnako ako v predchádzajúcich obdobiach veľmi silnú pozitívnu koreláciu s hladinou urey v moči za 24 hodín (r -value = 0,9) a množstvom dusíka v moči za 24 hodín (r -value = 1). Ostatné, žiaľ, štatisticky nevýznamné korelácie s oxidáciou proteínov môžeme vidieť v tabuľke č. 24.

Tabuľka č. 22: Korelácie oxidácie sacharidov so sledovanými parametrami.

| Sacharidy | | G1 | G2 | G3 |
|----------------------------|----------------|-------------|--------------|------|
| Vek | <i>r-value</i> | -0,4 | -0,6 | -0,1 |
| Váha PG | <i>r-value</i> | -0,3 | 0,1 | -0,1 |
| Výška | <i>r-value</i> | 0,9* | 0,8 | 0,5 |
| BMI PG | <i>r-value</i> | -0,3 | 0,1 | -0,1 |
| BSA PG | <i>r-value</i> | -0,1 | 0,2 | -0,3 |
| Kreatinín v moči | <i>r-value</i> | 0,8 | 0,3 | 0,6 |
| Kreatinín v moči za 24 hod | <i>r-value</i> | 0,8 | -0,7 | 0 |
| Objem moči | <i>r-value</i> | -0,5 | -0,9* | -0,6 |
| Urea v moči | <i>r-value</i> | 0,6 | 0,7 | 0,1 |
| Urea v moči za 24 hod | <i>r-value</i> | 0,1 | -0,1 | -0,6 |
| N v moči za 24 hod | <i>r-value</i> | 0,2 | -0,1 | -0,7 |
| O ₂ | <i>r-value</i> | 0,2 | 0,3 | 0,6 |
| CO ₂ | <i>r-value</i> | 0,6 | 0,8 | 0,9 |
| RQ | <i>r-value</i> | 0,9* | 0,8 | 0,5 |
| NPRQ | <i>r-value</i> | 0,9* | 0,9 | 0,3 |
| REE-IC (kcal/deň) | <i>r-value</i> | 0,2 | 0,3 | 0,8 |
| REE-HB | <i>r-value</i> | 0 | 0,3 | 0,6 |
| REE | <i>r-value</i> | -0,1 | 0,3 | 0,8 |
| REE/kg | <i>r-value</i> | -0,1 | -0,2 | 0,2 |
| REE/BSA | <i>r-value</i> | -0,1 | 0,3 | 0,8 |
| Váha | <i>r-value</i> | -0,1 | 0,3 | 0,3 |
| BMI | <i>r-value</i> | -0,1 | 0,3 | 0,3 |
| BSA | <i>r-value</i> | 0,2 | 0,6 | 0,6 |
| Telesný tuk | <i>r-value</i> | -0,1 | 0,3 | 0,6 |
| Objem vody | <i>r-value</i> | 0,1 | -0,7 | -0,7 |
| Viscerálny tuk | <i>r-value</i> | -0,1 | 0,3 | 0,3 |
| FM | <i>r-value</i> | -0,4 | 0,1 | -0,2 |
| Minerálne látky | <i>r-value</i> | -0,3 | 0,1 | 0,6 |
| Bazálny metabolizmus | <i>r-value</i> | -0,3 | 0,3 | 0,5 |
| Odhadovaný metabolický vek | <i>r-value</i> | -0,4 | -0,2 | -0,8 |

Vysvetlivky: *r-value* – Spearmanov korelačný koeficient; PG – pred graviditou/tehotenstvom; G1 -17.-27. týždeň tehotenstva; G2 -28.-35. týždeň tehotenstva; G3 – 36.-38. týždeň tehotenstva; BMI – body mass index [kg/m²]; BSA – povrch tela (m²); FM - fat mass/tuková hmotnosť; O₂ – kyslík; CO₂ – oxid uhličitý; RQ – respiračný kvocient; NPRQ – non-protein respiratory quotient/ neproteínový respiračný kvocient; REE-IC [kcal/deň] – pokojový energetický výdaj meraný nepriamou kalorimetriou [kcal/deň]; REE-HB - REE-IC – pokojový energetický výdaj počítaný Harris-Benedictovou rovnicou [kcal/deň]; REE – pokojový energetický výdaj [predikované %]; REE/kg – pokojový energetický výdaj vztiahnutý na

jednotku hmotnosti [kcal/kg]; REE/BSA - pokojový energetický výdaj vztiahnutý na jednotku povrchu tela [kcal/m²]; * - štatisticky významná korelácia

Tabuľka č. 23: Korelácie oxidácie lipidov so sledovanými parametrami.

| Lipidy | | G1 | G2 | G3 |
|----------------------------|----------------|--------------|--------------|--------------|
| Vek | <i>r-value</i> | 0,1 | 0,2 | -0,8 |
| Váha PG | <i>r-value</i> | 0,6 | 0,6 | 0,2 |
| Výška | <i>r-value</i> | -0,8 | -0,8 | 0,2 |
| BMI PG | <i>r-value</i> | 0,6 | 0,6 | 0,2 |
| BSA PG | <i>r-value</i> | 0,5 | 0,5 | 0,4 |
| Kreatinín v moči | <i>r-value</i> | -0,6 | 0,3 | 0,3 |
| Kreatinín v moči za 24 hod | <i>r-value</i> | -0,6 | 1,0* | 0,5 |
| Objem moči | <i>r-value</i> | 0,2 | 0,6 | -0,3 |
| Urea v moči | <i>r-value</i> | -0,5 | -0,3 | 0,6 |
| Urea v moči za 24 hod | <i>r-value</i> | -0,2 | 0,5 | 0,2 |
| N v moči za 24 hod | <i>r-value</i> | -0,1 | 0,5 | 0,4 |
| O ₂ | <i>r-value</i> | 0,1 | 0,5 | 0,4 |
| CO ₂ | <i>r-value</i> | -0,3 | -0,5 | -0,2 |
| RQ | <i>r-value</i> | -1,0* | -1,0* | -1,0* |
| NPRQ | <i>r-value</i> | -1,0* | -0,9* | -1,0* |
| REE-IC (kcal/deň) | <i>r-value</i> | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| REE-HB | <i>r-value</i> | 0,1 | 0,3 | -0,2 |
| REE | <i>r-value</i> | 0,3 | 0,2 | -0,2 |
| REE/kg | <i>r-value</i> | 0 | -0,2 | -0,1 |
| REE/BSA | <i>r-value</i> | 0,3 | 0,2 | 0,2 |
| Váha | <i>r-value</i> | 0,3 | 0,3 | -0,2 |
| BMI | <i>r-value</i> | 0,3 | 0,3 | -0,2 |
| BSA | <i>r-value</i> | -0,1 | -0,1 | -0,2 |
| Telesný tuk | <i>r-value</i> | 0,6 | 0,3 | -0,2 |
| Objem vody | <i>r-value</i> | -0,3 | 0,3 | 0,9 |
| Viscélny tuk | <i>r-value</i> | 0,3 | 0,3 | -0,2 |
| FM | <i>r-value</i> | 0,7 | 0,6 | 0,6 |
| Minerálne látky | <i>r-value</i> | 0,6 | 0,7 | -0,3 |
| Bazálny metabolizmus | <i>r-value</i> | 0,6 | 0,3 | -0,4 |
| Odhadovaný metabolický vek | <i>r-value</i> | 0,3 | 0,3 | 0,2 |

Vysvetlivky: *r-value* – Spearmanov korelačný koeficient; PG – pred graviditou/tehotenstvom; G1 -17.-27. týždeň tehotenstva; G2 -28.-35. týždeň tehotenstva; G3 – 36.-38. týždeň tehotenstva; BMI – body mass index [kg/m²]; BSA – povrch tela (m²); FM - fat mass/tuková hmotnosť; O₂ – kyslík; CO₂ – oxid uhličitý; RQ – respiračný kvocient; NPRQ – non-protein respiratory quotient/ neproteínový respiračný kvocient; REE-IC [kcal/deň] – pokojový energetický výdaj meraný nepriamou kalorimetriou [kcal/deň]; REE-HB - REE-IC – pokojový

energetický výdaj počítaný Harris-Benedictovou rovnicou [kcal/deň]; REE – pokojový energetický výdaj [predikované %]; REE/kg – pokojový energetický výdaj vzťahnutý na jednotku hmotnosti [kcal/kg]; REE/BSA - pokojový energetický výdaj vzťahnutý na jednotku povrchu tela [kcal/m²]; * - štatisticky významná korelácia

Tabuľka č. 24: Korelácie oxidácie proteínov so sledovanými parametrami.

| Proteíny | | G1 | G2 | G3 |
|----------------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|
| Vek | <i>r-value</i> | -0,7 | -0,7 | 0,1 |
| Váha PG | <i>r-value</i> | 0,3 | 0,3 | 0,6 |
| Výška | <i>r-value</i> | 0,4 | 0,1 | -0,8 |
| BMI PG | <i>r-value</i> | 0,3 | 0,3 | 0,6 |
| BSA PG | <i>r-value</i> | 0,1 | 0,5 | 0,5 |
| Kreatinín v moči | <i>r-value</i> | 0,7 | 0,9* | -0,8 |
| Kreatinín v moči za 24 hod | <i>r-value</i> | 0,7 | 0,5 | -0,5 |
| Objem moči | <i>r-value</i> | -0,1 | -0,2 | 0,6 |
| Urea v moči | <i>r-value</i> | 0,9* | 0,6 | 0,5 |
| Urea v moči za 24 hod | <i>r-value</i> | 0,9* | 1,0* | 0,9* |
| N v moči za 24 hod | <i>r-value</i> | 1,0* | 1,0* | 1,0* |
| O ₂ | <i>r-value</i> | 0,7 | 0,6 | -0,1 |
| CO ₂ | <i>r-value</i> | 0,6 | 0 | -0,6 |
| RQ | <i>r-value</i> | 0,1 | -0,4 | -0,4 |
| NPRQ | <i>r-value</i> | 0,1 | -0,2 | -0,3 |
| REE-IC (kcal/deň) | <i>r-value</i> | 0,7 | 0,6 | -0,5 |
| REE-HB | <i>r-value</i> | 0,7 | -0,1 | 0,1 |
| REE | <i>r-value</i> | -0,1 | 0,6 | -0,8 |
| REE/kg | <i>r-value</i> | 0,1 | 0,4 | -0,7 |
| REE/BSA | <i>r-value</i> | 0,5 | 0,6 | -0,5 |
| Váha | <i>r-value</i> | 0,4 | -0,1 | 0,3 |
| BMI | <i>r-value</i> | 0,4 | -0,1 | 0,3 |
| BSA | <i>r-value</i> | 0,7 | -0,3 | 0,1 |
| Telesný tuk | <i>r-value</i> | 0,4 | -0,1 | 0,1 |
| Objem vody | <i>r-value</i> | -0,4 | 0,4 | 0,3 |
| Viscerálny tuk | <i>r-value</i> | 0,4 | -0,1 | 0,3 |
| FM | <i>r-value</i> | 0,5 | 0,3 | 0,7 |
| Minerálne látky | <i>r-value</i> | 0,3 | 0,5 | 0 |
| Bazálny metabolizmus | <i>r-value</i> | 0,3 | -0,1 | -0,1 |
| Odhadovaný metabolický vek | <i>r-value</i> | -0,1 | -0,6 | 0,8 |

Vysvetlivky: *r-value* – Spearmanov korelačný koeficient; PG – pred graviditou/tehotenstvom; G1 -17.-27. týždeň tehotenstva; G2 -28.-35. týždeň tehotenstva; G3 – 36.-38. týždeň tehotenstva; BMI – body mass index [kg/m²]; BSA – povrch tela (m²); FM - fat mass/tuková hmotnosť; O₂ – kyslík; CO₂ – oxid uhličitý; RQ – respiračný kvocient; NPRQ – non-protein

respiratory quotient/ neproteínový respiračný kvocient; REE-IC [kcal/deň] – pokojový energetický výdaj meraný nepriamou kalorimetriou [kcal/deň]; REE-HB - REE-IC – pokojový energetický výdaj počítaný Harris-Benedictovou rovnicou [kcal/deň]; REE – pokojový energetický výdaj [predikované %]; REE/kg – pokojový energetický výdaj vzťahnutý na jednotku hmotnosti [kcal/kg]; REE/BSA - pokojový energetický výdaj vzťahnutý na jednotku povrchu tela [kcal/m²]; * - štatisticky významná korelácia

8. DISKUSIA

Témou tejto práce je oxidácia nutričných substrátov, ale, aby sme sa prepracovali k požadovaným výsledkom, je potrebné najprv zhodnotiť parametre dýchacích plynov, respiračných kvocientov, neproteínových respiračných kvocientov, pokojové energetické výdaje a množstvá dusíka vylučovaného v močoch.

Limitom štúdie bolo pomerne krátke obdobie – jeden rok v priebehu, ktorého sme sledovali tehotné ženy. Počas sledovaného obdobia prebiehala pandémia COVID-19, ktorá ovplyvnila priebeh tejto štúdie, čo spôsobilo jej pozastavenie a stratu niektorých sledovaných žien. K ďalším limitom štúdie patrí aj jej jednocentrickosť, nakoľko prebieha v Hradci Králové a sledované parametre sa môžu líšiť aj v rámci demografických, sociálne-ekonomických faktorov či životného prostredia v jednotlivých oblastiach Českej republiky. Rovnako aj sledované tehotné ženy boli priberané do štúdie na základe určitých limitov (napr. jednopočetné tehotenstvo).

Z dýchacích plynov bol meraný objem oxidu uhličitého a kyslíka. Množstvo spotrebovaného kyslíka sa s dĺžkou tehotenstva zvyšovalo u nami sledovaných žien. Tento trend bol pozorovaný aj štúdiách od (Buggato et al. 2017), (Ajimaporu et al. 2014) a (Okereke et al. 2004). Rovnako sa zvyšovalo množstvo vyprodukovaného oxidu uhličitého, čo potvrdzujú aj štúdie od (Catalano et al. 1998) a (Ajimaporu et al. 2014).

Na základe množstva dýchacích plynov boli odvodené hodnoty RQ, respektíve NPRQ, keďže sme mali k dispozícii množstvo dusíka získane biochemickou analýzou. U nami sledovaných žien sme spozorovali zvyšovanie RQ a NPRQ, a naopak hladiny množstva dusíka vo vylučovanom moči sa znižovali počas tehotenstva. Hodnoty respiračných kvocientov sa v štúdiách líšili a rôzne menili, ale rovnaký trend s nižšími hodnotami bol uvádzaný v štúdiách od Piers et al., Assel et al. a Nagy & King z prehľadového článku od (Melzer et al. 2014); (Ajimaporu et al. 2014) a (Buggato et al. 2017). Čo sa týka NPRQ tam sa nám podobnosť sledovaného trendu potvrdila len u staršej štúdie od (Catalano et al. 1998) a novšia štúdia pozorovala u žien s dĺžkou tehotenstva znižovanie NPRQ (Okereke et al. 2004). Nižšie množstvo vylučovaného dusíka koncom tehotenstva oproti začiatku sledoval aj (King 2000) v jeho prehľadovom článku.

V ďalšom kroku k získaniu hodnôt oxidácie jednotlivých substrátov bol pokojový energetický výdaj. Tento parameter sa u všetkých štúdií uvedených v teoretickej časti zvyšoval s dĺžkou tehotenstva. REE z prehľadového článku od (Savard et al. 2020) bol oproti, našim hodnotám nižší u štúdií od Banerjee et al., Pierrs et al., Poppitt et al., Tuazon et al. a Willomment et al.. Naopak naše hodnoty REE boli nižšie ako u štúdií od Berggon et al., Catalano et al., Denize et al., Goldberg et al., Hagobian et al., Okereke et al. a Spaaij et al. v prehľadom článku. Podobnosť REE bola len v niektorých obdobiach – konkrétne u Butte et al. počas 24. a 36. týždňa tehotenstva; v poslednom trimestri oproti Cikrikci et al.; v 26. a 36. tt u Damjanovic et al.; medzi 16. až 27. tt u Eto et al.; oproti Forsum et al. v období 16.-18. tt; u Hronek et al. v období G2 a G3; počas prvého a posledného trimestra s llingworth et al.; u Koop-Hoolihan medzi 24.-26. tt; ďalej to bolo Nagy et al. medzi 15.-30. tt a v období 22.-26. týždňa gravidity v pozorovaniach Van Raaj et al.. Z ďalších uvedených štúdií v teoretickej časti bola hodnota REE podobná ženám s normálnou hmotnosťou v štúdií od (Bronstein et al. 1995) a (Buggato et al. 2017). Podobnosť počas prvých dvoch období tehotenstva bola u štúdie od (Eto et al. 2018) a v rámci druhého trimestra bola podobná u sledovaných žien ako u štúdie od (Zhao et al. 2022).

So zvyšujúcimi sa hodnotami REE podľa štúdií od (Butte et al. 2004, Okereke et al. 2004, Lof et al. 2005, Hronek et al. 2011) súvisí zvyšovanie hmotnosti, a s tým súvisiaca hodnota BMI, čo bolo spozorované aj v našej práci.

Na základe predchádzajúcich získaných parametrov sme sa dopracovali k výsledkom oxidácie substrátov, kde sme zistili jednotlivé výsledky, ktoré sa nie vždy podobali. Oxidácia lipidov sa s dĺžkou tehotenstva u našich žien znižovala, zatiaľ čo u žien v štúdiách od (Catalano et al. 1998) a (Okereke et al. 2004) zvyšovala. Iný trend bol zase pozorovaný u tehotných žien v štúdií od (Buggato et al. 2017). Opačný charakter bol sledovaný u oxidácie sacharidov, ktorých oxidácia sa zvyšovala s dĺžkou gravidity, čo potvrdzujú aj štúdie od (Catalano et al. 1998) a (Ajimaporn et al. 2014). Posledným sledovaným substrátom boli proteíny – u našich tehotných žien bol medzi prvým a druhým sledovaným obdobím pozorovaný pokles a následne mierne zvýšenie v poslednom meranom období. Oxidáciu proteínov pozorovala len jedna uvedená

štúdiá v teoretickej časti, konkrétne (Buggato et al. 2017), kde sa oxidácia s dĺžkou tehotenstva znižovala.

U oxidácie jednotlivých nutričných substrátov bolo u nami sledovaných žien pozorovaných niekoľko súvislostí. Pri oxidácií sacharidov bola spozorovaná pozitívna korelácia s množstvom spotrebovaného kyslíka v obdobiach G2 a G3. Tento jav bol spozorovaný aj v štúdií od (Catalano et al. 1998). Ďalšou pozitívnou súvislosťou bol nárast hodnôt RQ, NPRQ a oxidácie sacharidov v prvom období tehotenstva. A samozrejme, pri poslednom meraní pozitívna korelácia medzi REE, REE/BSA, BSA s oxidáciou sacharidov. Z negatívnych korelácií u oxidácie sacharidov je to súvislosť medzi objemom vylúčenej moči počas obdobia G2.

Pri oxidácií lipidov boli spozorované pozitívne korelácie s hodnotami vylúčeného kreatinínu v moči v období G2 a hodnotami FM vo všetkých obdobiach tehotenstva. Naopak, medzi NPRQ, RQ a oxidáciou lipidov bola sledovaná negatívne korelácia pri každom meraní v priebehu tehotenstva. V uvedenej štúdií od (Maples et al. 2021) bola pozorovaná súvislosť zvyšovania telesnej hmotnosti s oxidáciou lipidov, ale u nami sledovaných žien bola táto súvislosť pozorovaná iba počas prvých dvoch meraní. Rovnako (Maples et al. 2021) uvádza pozitívnu koreláciu medzi oxidáciou lipidov a hmotnosťou, hmotnosťou tuku u novorodenca. U nami sledovaných žien sme nepozorovali súvislosť medzi oxidáciou lipidov a množstve spotrebovaného kyslíka ako v štúdií od (Catalano et al. 1998), ani súvislosť medzi oxidáciou lipidov a hodnotnou BMI ako (Buggato et al. 2017) v jeho štúdií.

Jedine u proteínov sme spozorovali pozitívne korelácie s hodnotami vylúčenými v moči, konkrétne kreatinín, močovina a dusík, čo je logické, pretože z týchto parametrov sa vypočíta oxidácia proteínov.

9. ZÁVER

Tehotenstvo je obdobie v živote ženy, typické svojou dynamickou zmenou počas, ktorého sa v tele matky vyvíja plod, ktorý sa po narodení stáva novorodencom. V priebehu tohto obdobia sa v organizme mení väčšina procesov a jeho orientácia sa obracia na správny vývin a rast plodu. S rastom plodu nepochybne súvisí jeho výživa, ktorá je v plnej réžii tehotnej matky.

V rámci tejto diplomovej práce bolo nami sledovaných 5 žien v troch obdobiach tehotenstva. Pri vyšetreniach sa na hodnotenie pokojového energetického výdaja a oxidácie nutričných substrátov využívala nepriama kalorimetria.

Výsledky jednotlivých parametrov ukazujú na signifikantne sa zvyšujúce hodnoty respiračných kvocientov ($p = 0,022$) a oxidácie sacharidov ($p = 0,015$) s dĺžkou tehotenstva. Naopak, dochádzalo k znižovaniu hodnôt oxidácie lipidov a proteínov bez štatistickej významnosti. Rovnako bez štatistickej významnosti sa v priebehu tehotenstva zvyšovali hodnoty spotreby kyslíka, vyprodukovaného oxidu uhličitého a pokojového energetického výdaja.

K spozorovaným štatisticky významným koreláciám patria tieto: medzi oxidáciou sacharidov a objemom vylúčenej moči ($r = -0,9$; $p < 0,05$); medzi oxidáciou sacharidov a RQ ($r = 0,9$; $p < 0,05$), NPRQ ($r = 0,9$; $p < 0,05$); medzi oxidáciou lipidov a vylúčeným kreatinínom v moči ($r = 1$; $p < 0,05$), RQ ($r = -1$; $p < 0,05$), NPRQ ($r = -0,9-1$; $p < 0,05$); medzi oxidáciou proteínov a množstvom kreatinínu ($r = 0,9$; $p < 0,05$), dusík ($r = 0,9-1$; $p < 0,05$) a močoviny ($r = 0,9$; $p < 0,05$) vo vylúčenom moči.

10. POUŽITÉ SKRATKY A VYSVETLIVKY

Skratky sú vysvetlené v danom štýle:

Skratka – väčšina skratiek je z angličtiny, ale uvádza sa len slovenský preklad skratky, prípadne v hranatej zátvorke je merná jednotka/hodnota alebo v okrúhlej zátvorke je využitie

| | |
|---|--|
| A – vek [roky] | Et al. – a kolektív |
| AEE – aktuálny energetický výdaj [kcal/deň] | FAT – oxidácia lipidov [g/deň] |
| AF – faktor aktivity (k výpočtu AEE) | FAT_K – oxidácia lipidov [kcal/deň] |
| A pod. – a podobne | FFM – netuková hmota |
| AR – abnormálna reakcia na glukózu | FM – telesný tuk |
| Atď. – a tak ďalej | FN HK – Fakultná nemocnica Hradec Králové |
| ATP – adenosíntrifosfát | G1 – 1. sledované obdobie tehotenstva v čase 17.-27. týždňa tehotenstva alebo 1. trimester tehotenstva |
| B – prítomnosť popáleniny | G2 – 2. sledované obdobie tehotenstva v čase 28.-35. týždňa tehotenstva alebo 2. trimester tehotenstva |
| BEE – bazálny energetický výdaj [kcal/deň] | G3 – 3. sledované obdobie tehotenstva v čase 36.-38. týždňa tehotenstva alebo 3. trimester tehotenstva |
| BMI – index telesnej hmotnosti [kg/m ²] | H – výška [cm] |
| BMR – rýchlosť bazálneho metabolizmu [kcal/deň] | HK – Hradec Králové |
| BSA – plocha povrchu tela [m ²] | CHO – oxidácia sacharidov [g/deň] |
| CNS – centrálny nervový systém | CHO_K – oxidácia sacharidov [kcal/deň] |
| ČR – Česká republika | I – prítomnosť zranenia |
| DIA – tehotné ženy s diabetom mellitus | |
| DHA – dokosahehexaenová kyselina | |
| doc. – docent | |

| | |
|--|--|
| IC – indirektná/nepriama kalometria | PRO_K – protein oxidation, oxidácia proteínov [kcal/24hod] |
| IF – faktor poškodenia | REE – pokojový energetický výdaj [kcal/deň] = RMR |
| K – kontrolná skupina | REE-IC – pokojový energetický výdaj meraný nepriamou kalorimetriou [kcal/deň] |
| L – hodnota respiračného kvocientu lipidov | REE-HB - pokojový energetický výdaj meraný pomocou rovnice Harris-Benedicta [kcal/deň] |
| mes. – mesiac | REE/kg – pokojový energetický výdaj vzťahnutý na jednotku hmotnosti [kcal/kg] |
| min. – minimálne | REE/BSA – pokojový energetický výdaj vzťahnutý na jednotku povrchu tela [kcal/m ²] |
| N – dusík | <i>r</i> - <i>r</i> -value, <i>r</i> -hodnota, Spearmanov korelačný koeficient |
| napr. – napríklad | RQ – respiračný kvocient |
| NO – normálna reakcia na glukózu | RMR – rýchlosť pokojového metabolizmu [kcal/deň] = REE |
| NW – normálna hmotnosť klasifikovaná podľa BMI alebo ideálna hmotnosť [kg] | S – hodnota respiračného kvocientu sacharidov, pohlavie, špecifický faktor |
| NPRQ – neproteínový / nebielkovinový kvocient | t. j. – to jest, to je |
| O – obezita | TF – faktor teplota (k výpočtu AEE) |
| OW – nadváha/obezita na základe klasifikácie podľa BMI | TOT_KCAL – celkový pokojový energetický výdaj [kcal/deň] |
| <i>p</i> - <i>p</i> -value, <i>p</i> -hodnota (k vyhodnoteniu významnosti) | tt. týždeň tehotenstva |
| P 25 – percentil 25 | |
| P 75 – percentil 75 | |
| PharmDr. – doktor farmácie | |
| Ph.D – doktor | |
| PG – pred graviditou, pred tehotenstvom | |
| PRO – oxidácia proteínov [g/24hod] | |

tzv. – takzvaná

UK – Karlova Univerzita

UN – množství odpadového dusíka
v moči [g alebo g/24hod]

USA – Spojené štáty americké

UW – podváha klasifikovaná podľa
hodnoty BMI

VCO_2 – objem vylúčeného oxidu
uhličitého [l/24hod]

VO_2 – objem spotrebovaného kyslíka
[l/24hod]

W – hmotnosť, váha [kg]

11. ZOZNAM TABULIEK

| | |
|---|----|
| Tabuľka č. 1: Faktor poškodenia slúži k výpočtu AEE | 18 |
| Tabuľka č. 2: Faktor aktivity slúži k výpočtu AEE | 18 |
| Tabuľka č. 3: Faktor teploty slúži k výpočtu AEE | 18 |
| Tabuľka č. 4: Vzťah NPRQ a metabolizmu nutričných substrátov | 21 |
| Tabuľka č. 5: Vzorce k výpočtu pokojového energetického výdaja podľa hodnôt RQ, NPRQ a UN | 24 |
| Tabuľka č. 6: Výpočtové vzorce k oxidácií sacharidov podľa hodnôt NPRQ | 25 |
| Tabuľka č. 7: Výpočtové vzorce k oxidácií lipidov podľa hodnôt NPRQ | 25 |
| Tabuľka č. 8: Výpočtové vzorce k oxidácií proteínov podľa hodnôt NPRQ | 25 |
| Tabuľka č. 9: Tabuľka z prehľadového článku od Savard et al. | 28 |
| Tabuľka č. 10: Tabuľka z prehľadového článku od Melzer et al. | 32 |
| Tabuľka č. 11: Súhrnné výsledky uvedených štúdií | 40 |
| Tabuľka č. 12: Výsledky sledovaných parametrov z uvedených článkov | 42 |
| Tabuľka č. 13: Základné informácie a antropometrické údaje u žien pred začiatkom tehotenstva | 46 |
| Tabuľka č. 14: Základné antropometrické parametre v rôznych obdobiach tehotenstva | 49 |
| Tabuľka č. 15: Antropometrické parametre z antropometrickej váhy Tanita v rôznych obdobiach tehotenstva | 50 |
| Tabuľka č. 16: Parametre sledované v moči u žien v rôznych obdobiach tehotenstva | 51 |
| Tabuľka č. 17: Množstvo plynov získaných z nepriameho kalorimetra z rôznych období tehotenstva | 53 |
| Tabuľka č. 18: Výsledky z nepriameho kalorimetra z rôznych období tehotenstva | 54 |
| Tabuľka č. 19: Výsledky oxidácie sacharidov v rôznych obdobiach tehotenstva | 55 |
| Tabuľka č. 20: Výsledky oxidácie lipidov v rôznych obdobiach tehotenstva | 56 |
| Tabuľka č. 21: Výsledky oxidácie proteínov v rôznych obdobiach tehotenstva | 57 |
| Tabuľka č. 22: Korelácie oxidácie sacharidov so sledovanými parametrami | 60 |
| Tabuľka č. 23: Korelácie oxidácie lipidov so sledovanými parametrami | 61 |
| Tabuľka č. 24: Korelácie oxidácie proteínov so sledovanými parametrami | 62 |

12. ZOZNAM VZORCOV

| | |
|---|----|
| Vzorec č. 1: Harris-Benedictova rovnica pre ženu..... | 16 |
| Vzorec č. 2: Harris-Benedictova rovnica pre muža..... | 16 |
| Vzorec č. 3: Kleiberova rovnica pre ženu | 17 |
| Vzorec č. 4: Kleiberova rovnica pre muža | 17 |
| Vzorec č. 5: Vzorec výpočtu aktuálneho energetického výdaja | 17 |
| Vzorec č. 6: Ireton-Jonesova rovnica pre pacienta, ktorý dýcha sám | 18 |
| Vzorec č. 7: Ireton-Jonesova rovnica pre pacienta na respirátore..... | 18 |
| Vzorec č. 8: Výpočet respiračného kvocienta | 20 |
| Vzorec č. 9: Výpočet neproteínového respiračného kvocienta | 21 |
| Vzorec č. 10: Výpočet respiračného kvocientu sacharidov..... | 22 |
| Vzorec č. 11: Výpočet respiračného kvocientu lipidov..... | 23 |
| Vzorec č. 12: Výpočet oxidácie proteínov | 23 |
| Vzorec č. 13: Výpočet celkového objemu kyslíka | 23 |
| Vzorec č. 14: Výpočet celkového objemu oxidu uhličitého | 23 |
| Vzorec č. 15: Pôvodná Weirova rovnica pre výpočet pokojového energetického výdaja | 24 |
| Vzorec č. 16: Vzorec k výpočtu celkového pokojového energetického výdaja..... | 26 |

13. ZOZNAM GRAFOV

| | |
|---|----|
| Graf č. 1: Zmena oxidácie sacharidov u tehotných žien v priebehu gravidity..... | 56 |
| Graf č. 2: Zmena oxidácie lipidov u tehotných žien v priebehu gravidity | 57 |
| Graf č. 3: Zmena oxidácie proteínov u tehotných žien v priebehu gravidity | 58 |

14. POUŽITÁ LETERATÚRA

1. Ajimaporn, A., Somprasit, Ch., Chaunchaiyakul, R. A Cross-sectional Study of Resting Cardio-respiratory and Metabolic Changes in Pregnant Women. *The Society of Physical Therapy Science*. 2014, 26(5): 779-782. Dostupné na doi: 10.1589/jpts.26.779
2. Binder, T. et al. *Porodnictví*. 1. vydání. Praha, Nakladatelství Karolinum, 2011, s. 298. ISBN 978-80-246-1907-1. Kapitola 1: Fyziologie těhotenství, s. 9-34.
3. Bronstein, M. N., Mak, R. P., King, J. C. The thermic effect of food in normal-weight and overweight pregnant women. *British Journal of Nutrition*. 1995, 74(2): 261-275. Dostupné na doi: 10.1079/BJN19950129
4. Buggato, F., Quintero-Prado, R., Vilar-Sánchez J. M., Perdomo, G., Torrejón, R., Bartha, J. L. Pregnancy body mass index influences lipid oxidation rate during pregnancy. *Acta Obstetrica et Gynecologica Scandinavica*. 2017, 96(2): 207-215. Dostupné na: doi: 10.1111/aogs.13058
5. Butte, N. F., Hopkinson, J. M., Mehta, N., Moon, J. K, Smith, E. O´B. Adjustments in energy expenditure and substrate utilization during late pregnancy and lactation. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1999, 69(2): 299-307. Dostupné na doi: 10.1093/ajcn/69.2.299
6. Butte, N. F., Wong, W. W, Treuth, M. S, Ellis, K. J., Smith, E. O´B. Energy requirements during pregnancy based on total energy expenditure and energy deposition. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2004, 79(6): 1078-1087. Dostupné na doi: 10.1093/ajcn/79.6.1078
7. Catalano, P. M., Roman-Drago, N. M., Amini, S. B., Sims, E. A. Longitudinal changes in body composition and energy balance in lean women with normal with normal and abnormal glucose tolerance during pregnancy. *American Journal of Obstetrics & Gynecology*. 1998, 179(1): 156-65. Dostupné na doi: 10.1016/s0002-9378(98)70269-4
8. D Garner, C., Lockwood, Ch. J., Seres, D. Nutrition in pregnancy: Dietary requirements and supplements. UpToDate. [online]. [cit. 2023-01-08].

Dostupné na <https://www-uptodate-com.ezproxy.is.cuni.cz/contents/nutrition-in-pregnancy-dietary-requirements-and-supplements>

9. Delsoglio, M., Achamrah, N., Berger, M. M., Pichard, C. Indirect Calorimetry in Clinical Practice. *Journal of Clinical Medicine*. 2019, 5; 8(9): 1387. Dostupné na doi: 10.3390/jcm8091387
10. Eto, E., Maki, J., Tamada, S., Mitsui, T., Hayata, K., Hiramatsu Y., Masayama, H. Assessment of resting energy expenditure and body composition in Japanese pregnant women with diabetes. *Journal of Diabetes Investigation*. 2018, 9(4): 959-966. Dostupné na doi: 10.1111/jdi.12795
11. Farias, P. M., Marcelino, G., Santana, L. F., de Almeida, E. B., Avellaneda Guimarães, R. d C., Pott, A., Hiane, P. A., Freitas K. d C. Minerals in Pregnancy and Their Impact on Child Growth and Development. *Molecules*. 2020, 25(23): 5630. Dostupné na doi: 10.3390/molecules25235630
12. Gupta, R. D., Ramachandran, R., Venkatesan, P., Anoop, S., Joseph, M., Thomas, N. Indirect Calorimetry: From Bench to Bedside. *Indian Journal of Endocrinology and Metabolism*. 2017, 21(4): 594-599. Dostupné na doi: 10.4103/ijem.IJEM_484_16
13. Hronek, M., Klemra, P., Tosner, J., Hrnčiarikova, D., Zadak, Z. Anthropometric measured fat-free mass as essential determinant of reasting energy expenditure for pregnant and non-pregnant women. *Nutrition*. 2011, 27(9): 855-90. Dostupné na doi: 10.1016/j.nut.2010.09.001
14. Hájek, Z., Čech, E., Maršál, K. et al. *Porodnictví*. 3., zcela přepracované a doplněné vydání. Praha 7, Grada Publishing, a.s., 2014, s. 579. ISBN 978-80-247-4529-9. Kapitola 3: Fyziologické těhotenství, s. 23-45.
15. Kalhan, S. C. Protein metabolism in pregnancy. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2000, 71(5 Suppl): 1249S-55S. Dostupné na doi: 10.1093/ajcn/71.5.1249s
16. Kasper, H. *Výživa v medicíně a dietetika*. 1. české vydání. Praha 7, Grada Publishing, a.s., 2015, s. 592. ISBN 978-80-247-4533-6. Kapitola 15: Těhotenství a gynekologická onemocnění, s. 443-448.

17. King, J. C. Physiology of pregnancy and nutrient metabolism. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2000, 71(5 Suppl): 1218S-25S. Dostupné na doi: 10.1093/ajcn/71.5.1218s
18. Kominiarek, M. A., Rajan, P. Nutrition Recommendations in Pregnancy and Lactation. *Medical Clinics of North America*. 2016, 100(6): 1199-1215. Dostupné na doi: 10.1016/j.mcna.2016.06.004
19. Kopp-Hoolihan, L. E., van Loan, M. D., Wong, W. W., King, J. C. Longitudinal assessment of energy balance in well-nourished, pregnant women. *American Society for Clinical Nutrition*. 1999, 69(4): 697-704. Dostupné na doi: 10.1093/ajcn/69.4.697
20. Lof, M., Olausson, H., Bostrom, K., Janerot-Sjoberg, B., Sohlstrom, A., Forsum, E. Changes in basal metabolic rate during pregnancy in relation to changes in body weight and composition, cardiac output, insulin-like growth factor I, and thyroid hormones and in relation to fetal growth. *American Society for Clinical Nutrition*. 2005, 81(3): 678-85. Dostupné na doi: 10.1093/ajcn/81.3.678
21. Maples, J. M., Ehrlich, S. F., Zite, N. B., Pearson, K. J., Cade, W. T., Riedinger, C. J., Blankenship, M. M., Tinius, R. A. Elevated lipid oxidation is associated with exceeding gestational weight gain recommendations and increased neonatal anthropometrics: a cross-sectional analysis. *Pregnancy and Childbirth*. 2021, 21(1): 575. Dostupné na doi: 10.1186/s12884-021-04053-4
22. Melzer, K., Kayser, B., Schutz, Y. 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*. 2014, 176: 5-9. Dostupné na doi: 10.1016/j.ejogrb.2014.02.014
23. Mtaweh, H., Tuira, L., Floh, A. A., Parshuram, Ch. S. Indirect Calorimetry: History, Technology, and Application. *Frontiers in Pediatrics*. 2018, 19;6: 257. Dostupné na doi: 10.3389/fped.2018.00257
24. Okereke, N. C., Huston-Presley, L., Amini, S. B., Kalhan, S., Catalano, P. M. Longitudinal changes in energy expenditure and body composition in obese women with normal and impaired glucose tolerance. *American Journal of*

- Physiology-Endocrinology and Metabolism. 2004, 287(3): E472-9. Dostupné na doi: 10.1152/ajpendo.00589.2003
25. Plečaš, D., Plešinac S., Kontić Vučinić, O. Nutrition in Pregnancy: Basic Principles and Recommendations. Srpski arhiv za celokupno lekarstvo. 2014, 142(1-2): 125-130. Dostupné na doi: 10.2298/SARH1402125P
26. Roztočil, A. et al. Moderní porodnictví. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha 7, Publishing, a.s., 2017, s. 656. ISBN 978-80-247-5753-7. Kapitola 6: Těhotenské změny v organismu ženy, s. 105-118.
27. Savard, C., Lebrun, A., O'Connor, S., Fontaine-Bisson, B., Haman, F., Morisset, A.-S. Energy expenditure during pregnancy: a systematic review. Nutrition Reviews. 2020, 79(4): 394-409. Dostupné na doi: 10.1093/nutrit/nuaa093
28. Soma-Pollay, P., Nelson-Piercy, C., Tolppanen, H., Mebazaa, A. Physiological changes in pregnancy. Cardiovascular Journal of Africa. 2016, 27(2): 89-94. Dostupné na doi: 10.5830/CVJA-2016-021
29. Svačina, Š. et al. Klinická dietologie. 1. vydání. Praha 7, Grada Publishing, a.s., 2008, s. 384. ISBN 978-80-247-2256-6. Kapitola 4 Energetický metabolismus, s. 47-50.
30. Tinius, R. A., Blankeship, M. M., Furgal, K. E., Cade, W. T., Pearson, K. J., Rowland, N. S., Pearson, R. C., Hoover, D. L., Maples, J. M. Metabolic flexibility is impaired in women who are pregnant and overweight/obese and related to insulin resistance and inflammation. Metabolism. 2020, 104: 154142. Dostupné na doi: 10.1016/j.metabol.2020.154142
31. Williamson, C. S. Nutrition in pregnancy. Nutrition Bulletin. 2006, 31(1): 28-59. Dostupné na doi: 10.1111/j.1467-3010.2006.00541.x
32. Zadák, Z., Květina, J. et al. Metodologie předklinického a klinického výzkumu v metabolismu, výživě, imunologii a farmakologii. 1. vydání. Praha 5, Galén, 2011, s. 350. ISBN 978-80-7262-855-1. Kapitola 18: Stanovení potřeby energie, s. 255-269.

33. Zhao, X., Wen, S. W., Ma, W., Xu, P., Zhang, C., Jiang, S., Gaudet L. M., Gao, L. Management of gestational weight gain in obese or overweight women based on resting energy expenditure: A pilot cohort study. *Medicine*. 2022, 101(49): e31683. Dostupné na doi: [10.1097/MD.00000000000031683](https://doi.org/10.1097/MD.00000000000031683)