

UNIVERZITA KARLOVA

FARMACEUTICKÁ FAKULTA V HRADCI KRÁLOVÉ

KATEDRA BIOLOGICKÝCH A LÉKAŘSKÝCH VĚD



DIPLOMOVÁ PRÁCE

ZMĚNY KLIDOVÉHO ENERGETICKÉHO VÝDEJE U KOJÍCÍCH ŽEN

Nancy Mrózková

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

HRADEC KRÁLOVÉ

2020/2021

Poděkování

Ráda bych poděkovala panu doc. PharmDr. Miloslavu Hronkovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, ochotu, čas a trpělivost, které mi věnoval při psaní této práce. Dále bych chtěla poděkovat Mgr. Simoně Najpaverové za odborné vedení při experimentální části výzkumu.

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

V Hradci Králové 29. 4. 2021

Nancy Mrózková

OBSAH

ABSTRAKT	6
ABSTRACT	7
1. ÚVOD	8
2. ZADÁNÍ – CÍL PRÁCE	9
3. TEORETICKÁ ČÁST	10
3.1 Laktace	10
3.1.1 Fyziologie laktace	10
3.1.2 Úspěšnost laktace	11
3.2 Metabolismus	11
3.3 Přehled metod určení energetického výdeje	13
3.3.1 Nekalorimetrické metody	14
3.3.2 Metoda dvojité značené vody	15
3.3.3 Kalorimetrie	15
3.4 Přímá kalorimetrie	16
3.5 Nepřímá kalorimetrie	17
3.5.1 Podstata IC	17
3.5.2 Podmínky pro správné měření IC	19
3.5.3 Faktory ovlivňující měření IC	20
3.6 Výpočty podstatné u měření metabolismu	21
3.6.1 Výpočet bazálního energetického výdeje	21
3.6.2 Výpočet aktuálního energetického výdeje	22
3.6.3 Respirační kvocient a jeho výpočet	23
3.6.4 Výpočet klidového energetického výdeje	25
3.6.5 Výpočet oxidace jednotlivých nutričních substrátů	26
3.7 Energetická potřeba při laktaci	29
3.7.1 Studie z let 2010–2020	30
3.7.2 Studie z let 2000–2010	32
3.7.3 Studie z let 1990–2000	33
4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	39
4.1 Úvod studie	39
4.2 Metodika	39
4.2.1 Odsátí mateřského mléka	39

4.2.2	Hmotnost, viscerální tuk, BMI	40
4.2.3	Nepřímá kalorimetrie	41
4.3	VÝSLEDKY	43
4.3.1	Statistické vyhodnocení	43
4.3.2	Mateřské mléko	43
4.3.3	Hmotnost, viscerální tuk a BMI	46
4.3.4	Nepřímá kalorimetrie	47
4.3.5	Oxidace jednotlivých substrátů	51
4.3.6	Klidový energetický výdej	55
5.	DISKUSE	61
6.	ZÁVĚR	65
7.	POUŽITÉ ZKRATKY	66
8.	SEZNAM TABULEK	68
9.	SEZNAM OBRÁZKŮ	69
10.	SEZNAM GRAFŮ	69
11.	POUŽITÁ LITERATURA	70
11.1	Zahraniční literatura	70
11.2	Česká literatura	73

ABSTRAKT

Cílem této práce bylo zhodnotit změny klidového energetického výdeje (REE) deseti kojících žen v období mezi třemi týdny a devíti měsíci po porodu a zjistit souvislosti s dalšími sledovanými parametry.

Vyšetření se opakovalo po porodu celkem čtyřikrát. Ve 3 týdnech a ve 3, 6 a 9 měsících po porodu. Vždy probíhalo ráno po nočním lačnění (12 hodin). Metodou pro měření REE byla zvolena nepřímá kalorimetrie s pomocí kanopy, v leže v bdělém stavu po dobu přibližně 25 minut. V místnosti bylo přítomí, minimální hluk a teplota kolem 20 °C. K upřesnění výsledků byla zanalyzována koncentrace dusíku v moči nasbírané za 24 hodin.

Medián REE byl v období 3 týdny po porodu 1591,86 kcal/den, 3 měsíce 1398,08 kcal/den, 6 měsíců 1401,78 kcal/den a 9 měsíců po porodu 1455,03 kcal/den. Hodnoty REE na kilogram váhy byly $21,8 \pm 0,36$ kcal/kg a vyšly konzistentní napříč měřeními. U zhodnocení oxidace substrátů bylo jednoznačně dominantní spalování lipidů a nejnižší byla oxidace sacharidů po celou dobu sledování žen. Byly prokázány korelace u hmotnosti a REE na kilogram, mateřského mléka a respiračního kvocientu (RQ), délky gravidity s RQ/ objemem vydechovaného oxidu uhličitého/ objemu vdechovaného kyslíku, dále mezi oxidací proteinů a délkou gravidity, a také s výškou a hmotností narozeného dítěte. Dále mezi REE a parametry: délka trvání porodu v hodinách, hmotnost a výška dítěte po porodu, změna hmotnosti matky při kojení, rozdíl hmotnosti od ideální hmotnosti dané ženy v laktaci, hmotnost a tělesný povrch kojící ženy.

Výše zmíněné korelace mezi zkoumanými parametry by mohly být předmětem dalšího zkoumání. Také byla potvrzena odlišnost predikčních hodnot z Harris-Benedictovy rovnice od REE naměřených nepřímou kalorimetrií a vytvořena lineární regrese pro možnost predikce hodnot REE pro ženy v průběhu kojení.

Klíčová slova: klidový energetický výdej, laktace

ABSTRACT

The aim of this thesis was to evaluate changes in resting energy expenditure (REE) in ten lactating women between three weeks and nine months postpartum to find out whether there is any link with the parameters presented in this study.

Measurements were taken at four intervals. At three weeks and at three, six and nine months postpartum. They were taken in the morning after a night fast (12 hours) and used indirect calorimetry with a canopy in awake lying subjects for approximately 25 minutes. The room was shaded with minimal noise with a temperature around 20 °C. Urine was collected over 24 hours and was examined for nitrogen concentration.

The median REE was 1591,86 kcal/day at 3 weeks postpartum, 1398,08 kcal/day at 3 months, 1401,78 kcal/day at 6 months and 1455,03 kcal/day at 9 months postpartum. Values of REE per kilogram of body weight are $21,8 \pm 0,36$ kcal/kg and are consistent throughout the measurement period. The oxidation of lipids was dominant compared to other substrates and the lowest was oxidation of sacharides during the whole observation period. Correlations were found in parameters such as, body weight and REE per kilogram, breast milk and respiratory quotient (RQ), length of gravidity with RQ/ volume of exhaled carboxydioxide/ volume of inhaled oxygen. Another was between protein oxidation and length of gravidity, and height and weight of a newborn. Also, there was a correlation between REE and these parameters: Length of delivery time in hours, height and weight of a newborn, change in mother's body weight during breastfeeding, difference between body weight and ideal body weight in lactating women, body weight and body surface area of breastfeeding women.

The thesis high-lighted some interesting correlations between examined parameters which could be a topic for further research. Furthermore, the difference between the Harris-Benedict's equation and indirect calorimetry measurements was proved and a linear regression line was created to potentially predict REE for lactating women.

Key words: Resting energy expenditure, lactation

1. ÚVOD

Mateřství je jak z pohledu evoluce, tak i v osobní rovině velmi významným obdobím v životě ženy a přirozeně ho většinou provází produkce mateřského mléka. Dříve se kojení nedával tak velký význam, ale dnes už se ví, že mateřské mléko má na zdraví matky i dítěte příznivý vliv. Zlepšuje například imunitu dítěte a vědci se domnívají, že by kojení mohlo ovlivnit výskyt některých chorob spojených s vyšším věkem ženy. Produkce mléka je pro tělo energeticky náročný proces od přizpůsobení anatomické stavby prsu během těhotenství až po samotnou produkci mateřského mléka v období kojení. Po porodu některé ženy mohou trápit kila navíc nabraná během těhotenství, kterých se nemohou zbavit a zároveň strach, že ztratí mateřské mléko nedostatečným příjmem kalorií. Nebo jen jednoduše chtějí co nejlépe zabezpečit adekvátní příjem potravy pro sebe a své miminko.

Existuje mnoho predikčních rovnic, pomocí kterých si může každý vypočítat metabolickou potřebu svého těla dosazením jednoduše měřitelných parametrů jako je výška, váha, věk a podobně. Ale stačí tyto rovnice pro ženy v laktaci? Odpovídá skutečně potřeba kojící ženy tomuto matematickému odhadu? I těmito otázkami se zabývala tato práce. Hodnoty vypočítané Harris-Benedictovou predikční rovnicí byly porovnány s hodnotami zjištěnými pomocí metody nepřímé kalorimetrie, která měří a určuje složení vdechovaného a vydechovaného vzduchu a na tomto základě pak metabolismus těla.

V české ani světové literatuře není mnoho studií věnovaných zkoumání tohoto tématu, proto bylo cílem práce přispět k porozumění metabolismu a jeho změny během kojení v takto specifické a jedinečné skupině a zjištění případných souvislostí s dalšími měřenými parametry.

2. ZADÁNÍ – CÍL PRÁCE

Cílem této práce bylo zhodnotit změny klidového energetického výdeje kojících žen v době od tří týdnů do devíti měsíců po porodu a zjistit souvislosti s dalšími sledovanými parametry.

3. TEORETICKÁ ČÁST

3.1 Laktace

Laktace je dynamický proces, který ústí v produkci biologické mnohasložkové tekutiny sloužící k výživě novorozence. Dle mezinárodních doporučení by dítě ideálně mělo být výhradně kojeno do 6 měsíce jeho věku. Po půlroce se může dítě začít přikrmovat, ale kojení by mělo pokračovat alespoň do 2 let věku dítěte. Kojení je prokazatelně velmi zdravotně prospěšné jak pro matku, tak pro dítě. Existují studie, které dokládají snížení výdajů za zdravotní péči u plně kojených dětí. Například italská studie poukázala na rozdíl mezi plně kojenou skupinou dětí a skupinou přikrmovanou, kde výdaje za ambulantní péči byly 34,69 euro za plně kojené dítě za rok ve srovnání s druhou skupinou, kde byly náklady 54,59 euro. V nemocniční péči byly rozdíly ve výdajích u plně kojeného dítěte 133.43 euro za rok a dítě kojené a přikrmované 254.03 euro za rok. (Eglash et al. 2008)

3.1.1 Fyziologie laktace

Laktace je složitý fyziologický proces. Nejdříve dochází ke změně prsní tkáně a vývinu prsních žláz pomocí lokálních faktorů a regulace systémových hormonů. Při dozrání prsních tkání v průběhu těhotenství a poté v laktaci dochází k zvýšené metabolické aktivitě a tím se prokrvení prsu zvyšuje zhruba na dvojnásobek. Tyto žlázy slouží po dozrání k vnější sekreci. Po ukončení kojení dochází k návratu prsní tkáně do velmi podobného stavu jako před laktací. Cyklus se při hormonální stimulaci může během života několikrát opakovat. Některé metabolické nemoci, jako například diabetes mohou narušit vývoj žláz a tím i následnou laktaci.

Zhruba v polovině těhotenství začíná laktogeneze. Při první fázi, někdy nazývané také jako iniciace neboli zahájení, dochází k diferenciaci prsních epiteliálních buněk. Prolaktin stimuluje laktocyty a tím je umožněna produkce a sekrece kolostra. Kolostrum neboli mlezivo je prvotní mléko. Jeho tvorba začíná ještě před porodem a produkce probíhá první 4 dny po porodu. Množství bývá kolem 30 ml za 24 hodin. Při srovnání s mateřským mlékem (dále jen MM) obsahuje kolostrum nižší hladiny

vápníku a draslíku a vyšší hladiny magnézia, chloru a sodíku, nicméně jeho hlavní funkce je spíše imunologická. Obsahuje totiž také imunoglobuliny, které jsou součástí imunitního systému. Poté přichází přechodné období 10 až 15 dnů kdy nastává druhá fáze laktogeneze neboli aktivace. Rychle se zvyšuje objem a mění složení produkované tekutiny, než se ustálí tvorba zralého MM v jeho finální podobě. Průměrný objem MM bývá okolo 750 až 800 ml za den a množství se ustálí zhruba po prvním měsíci kojení a přetrvává zhruba do šestého měsíce kojení. Dítě málokdy vyprázdní celý prs. Průměrně si při kojení odebere z jednoho prsu 67 % MM.

Objem mléka se řídí četností kojení a množstvím mléka, které dítě vypije. Na začátku kojení je produkce MM řízena endokrinně, postupně však řízení přejde na autokrinní a produkce je řízena odběrem MM. Po 48 hodin může být MM uloženo v prsu, které má kapacitu od 80 do 600 ml. Poté pokud nedojde k odběru MM, dochází ke snížení jeho produkce (princip „use it or lose it“). V některých případech může být laktace po porodu opožděna. Většinou se jedná o ženy trpící obezitou, diabetem a podobně. (Truchet a Honvo-Houéto 2017)

3.1.2 Úspěšnost laktace

Jak už bylo zmíněno výše, kojení má značné benefity pro matku i dítě. Některé matky však z dosud neznámého důvodu MM po porodu produkují nedostatečně, nebo vůbec. Obecně je prevalence nedostatečné produkce mléka u matek kolem 10-15 %, v USA se číslo pohybuje dokonce kolem 40-50 %. Na mezinárodní úrovni pak dochází k odstavení dětí před 6 měsícem jejich věku v 60-90 % s odůvodněním jako nedostatečná produkce MM, nebo nespokojenost dítěte s MM. (Lee a Kelleher 2016)

3.2 Metabolismus

Metabolismus je definován jako látková přeměna v živém organismu. Díky tomuto procesu tělo získává nezbytné substráty a energii pro jeho správné fungování. Na metabolismus můžeme nahlížet na úrovni tělesné a na úrovni buněčné. Jedná se o vzájemně propojený systém příjmu a výdeje energie, který tvoří jeden celek.

Za běžných okolností se přijatá potrava stráví a jednotlivě vzniklé komponenty se vstřebávají v gastrointestinálním traktu. Dále tyto živiny putují tělem k buňkám

a tam jsou zpracovávány aerobním procesem. Zjednodušeně se jakýkoliv substrát zbavuje vodíku, který se navázáním na kyslík přemění ve vodu. Uhlík se také naváže na kyslík a je v podobě oxidu uhličitého vylučován plicemi z těla ven. Tento proces se také nazývá oxidace substrátů. Vzniklá energie je v těle zužitkována v podobě adenosintrifosfátu (ATP), který je dále využit jako univerzální zdroj energie pro další děje v těle. Například procesy chemické v podobě biosyntézy, osmotické sloužící k transportům látek a mechanické procesy sloužící mimo jiné třeba ke svalové kontrakci. Menší část energie se pak uvolní ve formě tepla, které se podílí na udržení stabilní tělesné teploty člověka. (Mourek 2012).

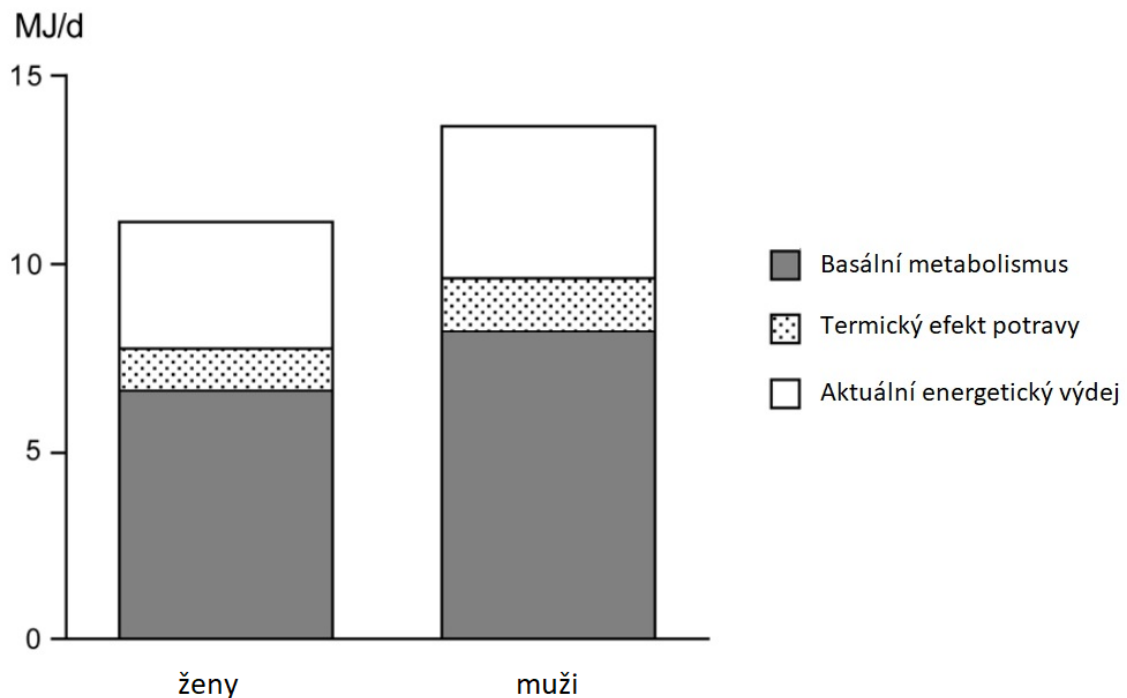
Minimální množství potřebné energie k zachování funkce životně důležitých orgánů se nazývá **bazální metabolismus** (BMR – basal metabolic rate). Toto množství energie je nezbytné pro přežití organismu za bazálních podmínek, kdy je tělo v klidu v bdělém stavu a na lačno a teplota okolí se výrazně neliší od teploty těla (termoneutrální zóna). V praxi je velmi složité měřit BMR, a proto se zavedly další termíny vhodnější pro klinickou praxi a běžné použití, které jsou uvedeny níže. Nicméně se dá alternativně předpovědět BMR díky Schofieldovým rovnicím. Tyto rovnice jsou oficiálně používány WHO pro jejich reporty. (Westerterp 2013)

Bazální energetický výdej (BEE – Basal Energy Expenditure) definuje nejnižší energetický výdej, který je měřitelný po nočním lačnění ráno těsně po probuzení. Jedná se o minimální produkci tepla organismu. Je ovlivněn věkem, pohlavím a tělesnou teplotou. Neukazuje však na výdej energie v průběhu celého dne. Jeho výpočet se provádí z predikčních rovnic.

Klidový energetický výdej (REE – Resting Energy Expenditure) se měří nejméně dvě hodiny po jídle. Nutný je klid na lůžku v délce kolem třiceti minut v termoneutrální zóně. Ukazuje klidovou energetickou potřebu organismu v kteroukoliv denní dobu. Při správné metodice nepřesahuje odchylka podle Dastycha 4-7 %. (Svačina 2008) Může se také spočítat z rovnic a matematických modelů vytvořených za účelem jednoduššího individuálního určení REE.

Aktuální energetický výdej (AEE – Activity Energy Expenditure) je jednou ze součástí celkového energetického výdeje. Je to nejvíce proměnlivá komponenta a zahrnuje všechny volní i nevolní aktivity. Pro jeho určení je užívána metoda dvojité

značené vody (viz kapitola 6.3.2) a poté výpočet. Jedná se tedy o všechny formy aktivity v průběhu každodenního života. (Neilson et al. 2008) Pro porovnávání u jednotlivých lidí či věkových skupin se užívá jednotka AEE na kilogram tělesné hmoty nebo na kilogram netučné tělesné hmoty.



Obrázek 1 Jednotlivé podíly u celkového energetického výdeje pro průměrnou ženu a muže, upraveno z publikace (Westertep 2013), figure 2

Celkový energetický výdej (TEE – Total Energy Expenditure) je složen ze tří hlavních komponent: AEE zahrnujícího veškerou fyzickou aktivitu, termického efektu jídla, který také spotřebovává určitou energii a BMR, který je většinou hlavní složkou TEE. Definován je jinak také jako množství tepelné energie ke každodennímu fungování lidského těla. Termický efekt jídla je odhadován na 5-10 % z TEE, pokud se jedná o jídlo vyvážené. Ostatní složky jsou velmi proměnné v závislosti na individuálních rozdílnostech, zobecnit by se však tyto hodnoty mohly na zhruba 60-65 % BMR a 25-30 % AEE. (Gupta et al. 2017)

3.3 Přehled metod určení energetického výdeje

Určit energetickou potřebu organismu se dá různými způsoby a metodami. Asi nejjednodušší metodou je zaznamenávání a přímé pozorování organismu. Účelem této metody bylo zlepšit efektivitu a produktivitu pracovníků na začátku 20. století. Jednalo

se o analýzu subjektivních zdrojů informací jako dotazníky, denní záznamy a zprávy o frekvenci, intenzitě, trvání a typu fyzické aktivity. (Lam a Ravussin 2016)

3.3.1 Nekalorimetrické metody

Výdej energie můžeme hodnotit kinematickým měřením a záznamem fyzické aktivity. Veškerá aktivita se zaznamenává v konkrétním daném časovém úseku (např. 7 dní). Z toho se vypočítá výdej energie vynásobením ekvivalentu energie vynaložené na aktivitu (obecná hodnota zjištěná z kalorimetrického měření či predikcí pomocí matematických modelů) s časem stráveným danou aktivitou. Jednou z možností kinematického měření je použití krokoměřů, které ale nedokážou rozlišit intenzitu fyzické aktivity, pouze počet kroků. Dále se používá akcelerometr neboli snímač zrychlení, který je schopen detekovat posun těla. Nicméně bylo zjištěno, že toto měření vykazuje velké chyby a regresní rovnice musely být specifické pro každé konkrétní měřící zařízení. Metoda byla populární u klinického výzkumu z důvodu nízkých nákladů a neinvazivity, bohužel se však výsledky nedají použít pro obecné předpovídání výdeje energie.

Další metodou je monitorování ventilace a srdeční frekvence. Při té se měří objem inspirovaného kyslíku (VO_2) a exspirovaného oxidu uhličitého (VCO_2) a srdeční frekvence během sérií fyzického zatížení těla od lehké po velmi namáhavou aktivitu. Z těchto měření byla snaha určit rovnice pro jednotlivé fyzické aktivity (běh, cyklistika atd.). Při aktivitě, kdy se mění srdeční frekvence, ale VO_2 zůstává téměř stejné, nebo u přerušovaného cvičení, neplatí výše zmíněný lineární vztah VO_2 a srdeční frekvence. Podle některých názorů je ventilace je lepším ukazatelem výdeje energie oproti srdeční frekvenci, protože je méně citlivá na stres (fyzický i duševní), který ovlivňuje predikci výdeje energie. V roce 1950 byly touto metodou stanoveny výdeje energie pro většinu běžných činností každodenního života.

U obou těchto metod hrají roli proměnné jako je věk, pohlaví, kondice a výkonnost jednotlivce. Používají se primárně k měření fyzických aktivit. (Lam a Ravussin 2016)

3.3.2 Metoda dvojitě značené vody

Touto metodou se měří TEE ve variabilním časovém úseku dlouhém několik desítek hodin až několik týdnů. Zároveň se měření provádí při běžném denním fungování jedince a nejsou k tomu potřeba žádné speciální podmínky. Přesnost tohoto měření je kolem 12 %. Principem metody je vypít malého množství vody značené stabilním izotopem vodíku ^2H a izotopem ^{18}O . Voda je tedy ve formě $^2\text{H}_2\text{O}$ a H_2^{18}O . Je neradioaktivní a dá se najít i běžně v přírodě. V těle se tyto molekuly chovají jako obyčejná sloučenina H_2O . Molekuly $^2\text{H}_2\text{O}$ určují obrat vody v organismu, kdežto molekuly H_2^{18}O jsou navíc vylučovány ve formě oxidu uhličitého. Tento rozdíl je však korigován výpočtem. Energetický výdej je stanoven rozdílem ztrát těchto izotopů z těla v průběhu určeného období měření.

S touto metodou přišli pánové Schoeller a van Santen už v roce 1982. Výhodami je, že je metoda neinvazivní, neovlivňuje běžný život probanda a může být kombinována s dalšími metodami pro měření metabolismu. Nevýhodami jsou naopak finanční náklady na dvojitě značenou vodu a přístroje na její detekci (spektrometry) a menší přesnost u některých patologických stavů jako obezita a zvýšené množství extracelulární tekutiny. (Hronek et Zádák 2011)

3.3.3 Kalorimetrie

Kalorimetrie vznikla v 18. století, kdy páni Lavoisier a Laplace vyrobili první přístroj, který byl schopen měřit teplo uvolněné z organismu do prostředí. Od toho se také odvodil název metody, složený z latinského slova „calor“ (teplo) a řeckého „metrion“ (měření). První kalorimetr byl takzvaný ledový. Sestával z vnitřní vrstvy, kterou tvořil led, a vrstvy vnější naplněné sněhem izolujícím led od tepla okolního prostředí. Uprostřed vznikla schránka, do které dali vědci živé morče. Teplo, které zvířecí tělo produkovalo, zahřívalo vrstvu ledu, který se začal rozpouštět. Vznikající voda stékala do nádoby a z jejího množství bylo vypočítáno teplo, které led přijal od morčete. Vědci také určili množství vydechaného oxidu uhličitého daného zvířete. Pomocí měření produkce tepla a CO_2 při pálení dřevěného uhlí mohli pak předpokládat množství ztráty tepla na jednotku vydechaného oxidu uhličitého. Těmito přepočty zjistili, že hodnoty

jedné metody se velmi blíží hodnotám druhé, a takto se postupně začaly vyvíjet metody přímé a nepřímé kalorimetrie.

Obě kalorimetrie jsou velmi významnými technikami k hodnocení energetického výdeje, ale je třeba upozornit, že výsledek měření nepřináší stejnou hodnotu energie. Zatímco nepřímá kalorimetrie zjišťuje spotřebu kyslíku a výdej oxidu uhličitého během dýchání, přímá kalorimetrie umožňuje rovnou stanovit produkci tepla pocházejícího z aerobního a anaerobního metabolismu díky výměně tepla mezi tělem a jeho okolím. (Kenny et al. 2017)

3.4 Přímá kalorimetrie

Objev přímé kalorimetrie byl podstatný pro pochopení metabolismu jak zdravého, tak nemocného organismu. Jak již bylo zmíněno výše, tato metoda byla vyvinuta za účelem přesně změřit metabolickou tepelnou produkci. Tato hodnota je přímo úměrná energetickému výdeji a tím pádem i hodnotě metabolismu. Dnes se využívá hlavně pro zkoumání termoregulace a výměny tepla těla s okolním. Platí zde zákon zachování energie, který říká, že se v izolovaném systému nemůže energie ztratit či objevit, ale může přecházet na jinou formu. Měření spočívá v umístění probanda do malé izolované komory. Ta může mít různé tvary či formy od velkých místností až po obleky přizpůsobené tvaru těla, musí se však jednat o uzavřené systémy, aby byla jistota, že měřicí zařízení zaznamená veškeré uvolněné teplo. Kvůli vysokým nákladům na provoz a údržbu se přímá kalorie nikdy nedočkala velkého rozmachu. Klíčová byla také technická komplexita zařízení, která byla vždy limitována technologickým pokrokem dané doby. (Kenny et al. 2017)

Dnes v době technologického pokroku se však situace poněkud mění. Objevují se technologie, které mohou organismus monitorovat celý den a jejich velikost a umístění na těle je málo patrné. Nevadí tak člověku v běžném každodenním fungování. Jedná se o takzvané „wearables“ neboli nositelné technologie, které znovu probudily zájem o metodu přímé kalorimetrie. Zařízení ve stylu pažního pásu jsou v dnešní době schopné změřit kožní teplotu, její změnu a také ztrátu tepla z povrchu kůže. Měly by být proto v blízké budoucnosti schopny měřit nepřetržitě výdej energie v delším časovém úseku. Současné studie ukázaly, že jsou výsledky při srovnání s nepřímou

kalorimetrií měření v termoneutrálním prostředí opravdu shodné. Limitacemi jsou však intenzivní fyzická aktivita a teplota kolem sledovaného subjektu v hodnotě mimo termicky neutrální spektrum. (Lam a Ravussin 2016)

3.5 Nepřímá kalorimetrie

Tato metoda je užívána již přes dvě století. Její název je odvozen z anglického indirect calorimetry (IC) a poukazuje na fakt, že se tepelná produkce neměří přímo. Z praktického důvodu se stala IC metodou volby pro rutinní měření metabolismu celého těla a energetického výdeje. Dovoluje vědcům měřit spotřebu energie u širokého spektra aktivit za různých okolních podmínek (např. plavání, lezení po skalách, cyklistika a podobě) a je často využívána v klinickém výzkumu. Tato metoda má několik výhod, jako je vysoká přesnost a rychlá reakce na jakoukoliv změnu pozorovaného organismu.

Nejdříve bylo používáno zařízení na měření v podobě vzduchotěsné dýchací komory, kdy se jednalo o uzavřený obvod, ale postupně se vyvinuly i další poněkud praktičtější nástroje pro měření, které mají obvod otevřený. Ten se používá v dnešní době nejčastěji. Typicky se jedná o kombinaci automatické a průběžné metabolické analýzy plynu, kdy elektronická čidla zaznamenávají průtok plynu a měří ventilaci. Ta jsou připojena k počítači s programy, které dělají potřebné výpočty. (Kenny et al. 2017)

3.5.1 Podstata IC

Pomocí určení rozdílu kyslíkové složky a složky oxidu uhličitého mezi vdechovaným a vydechovaným vzduchem se měří metabolická potřeba organismu. Princip metody je, že energetický výdej je přímo úměrný spotřebě kyslíku organismem. V dnešní době se užívají otevřené systémy, kdy se může jednat o dvoucestný ventil či kontinuální cirkulaci vzduchu připojenou trubicí na část snímající dech pacienta, což je například kanopa, obličejová maska či náustek se současným použitím nosního klipu.

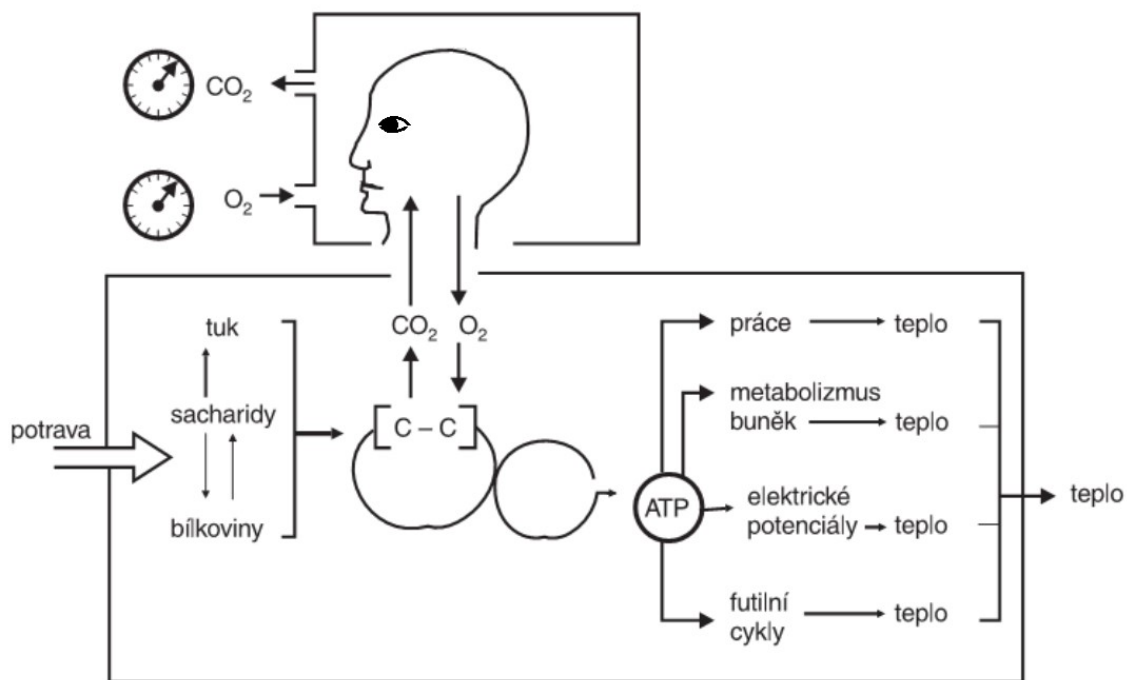


Obrázek 2 Kanopa

zdroj: *medics.cz, brožura Q-NRG*

http://www.s-medics.cz/katalogy/Q-NRG_brochure_A3_C04672-02-93_CZ_print.pdf

Průtok přesně určeného množství vzduchu se známým složením kyslíku a oxidu uhličitého zajišťuje vzduchové čerpadlo. Pacient tento vzduch vdechuje a spotřebovává kyslík (VO_2), čímž snižuje jeho hladinu a vydechuje oxid uhličitý (VCO_2), jehož hladina se v analyzovaném vzduchu zvýší. Vzduch průběžně po celou dobu měření putuje do analyzátoru plynů, který přesně stanovuje změnu koncentrace obou složek.



Obrázek 3 Schéma principu nepřímé kalorimetrie

zdroj: *Hronek et Zadák 2011, str 259*

Sofistikovaný software umí v dnešní době vypočítat rozdíl plynů spolu s minutovou ventilací a umožňuje vyhodnotit spotřebu VO_2 a produkci VCO_2 , které jsou následně

použity k výpočtům oxidace substrátů. Rovněž je určen respirační kvocient (RQ). (Hronek et Zadák 2011)

Pomocí kalorických ekvivalentů pro makronutrienty můžeme díky těmto rovnicím vypočítat energetický výdej. V základní Weirově rovnici došlo k vypuštění hodnot pro oxidaci proteinů, protože chyba bez tohoto korekčního údaje byla pouze 1 %. Po této úpravě je rovnice pro výpočet energetické potřeby (EE) ve tvaru:

$$EE [kcal/den] = VO_2 \times 3,9 + VCO_2 \times 1,1$$

U stavů jakýmkoliv způsobem odlišných od normálu, jako jsou patologické stavy, těhotenství či laktace se nedoporučuje faktor oxidace proteinů zanedbat. (Zadák 2008)

3.5.2 Podmínky pro správné měření IC

Aby byly výsledné hodnoty při použití kalorimetru co nejpřesnější, je nezbytná správná kalibrace analyzátoru. Plyny proudící skrz analyzátory by měly být vždy pod stejným tlakem, teplotou, vlhkostí a rychlostí průtoku. Vyšetření by se mělo provádět v přítomí v tiché místnosti, avšak efektu hluku na výsledek měření nebyl blíže určen. (Mtaweh et al. 2018)

Místnost by měla být vyvětrána, zároveň by však teplota prostředí měla být udržována kolem 20-25 °C. Mělo by se zde nacházet zdravotní lůžko či lehátko, protože se vyšetření provádí v leže. Jedinec by měl být po dvanáctihodinovém lačnění, neměl by být ve stresu a napětí. Před samotným měřením by mělo být probandovi umožněno se pohodlně uložit na lůžko do vodorovné polohy, uvolnit se a dostat se do klidového režimu. Člověk ovšem nesmí usnout, protože se měření musí provádět v bdělém stavu. V průběhu měření by se nemělo chodit kolem vyšetřovaného a do místnosti by rovněž neměli vstupovat další lidé. Nemělo by se větrat či jinak napomáhat výměně vzduchu. Neměnná by měla zůstat také intenzita světla. (Hronek a Zadák 2011)

Při dodržení těchto podmínek by mělo při měření po chvíli dojít k takzvanému ustálenému stavu neboli „steady-state“ (SS). Je to stav, kdy se míra výměny plynů v dýchacích cestách přibližně rovná výměně plynů na buněčné úrovni. McClave a spol. SS definují jako časový úsek pěti minut, ve kterém se měřený VO_2 a VCO_2 neliší o více než 10 %. S tímto údajem se shodují i další studie, které říkají, že při dodržení této

podmínky se dostaneme k dostatečně odpovídajícím výsledkům. Reeves a jeho kolegové porovnávali výše zmíněný pětiminutový interval s úseky tří a čtyř minut u zdravých a lehce chronicky nemocných jedincích a výsledek ukázal malé rozdíly ve výsledných hodnotách, které mohly být akceptovány. Zároveň došlo k nárůstu jedinců, kterým se podařilo SS dosáhnout. (Da Rocha et al. 2006)

Tabulka 1 Podmínky pro měření nepřímé kalorimetrie

	IDEÁLNÍ ZMĚNA	AKCEPTOVATELNÁ ZMĚNA
	[%]	[%]
MINUTOVÁ VENTILACE	< 5	< 10
SRDEČNÍ VÝDEJ	< 5	< 10
INSPIRAČNÍ KONCENTRACE O₂	< 0,5	< 2
SPOTŘEBA O₂	< 2	< 5
PRODUKCE CO₂	< 2	< 5

Zdroj: Hronek a Zadák 2011, str. 266

3.5.3 Faktory ovlivňující měření IC

Ať už jde o faktory ovlivnitelné či neovlivnitelné, všechny tyto podmínky mohou ve velké míře zkreslit výsledky IC a být případným zdrojem chyb při měření. Jejich přehled je uveden v tabulce 2. Vždy se snažíme nastavit podmínky měření tak, aby byly stejné jak v sérii měření jednoho člověka, tak i při měření různých lidí, aby bylo možné výsledné hodnoty mezi sebou porovnávat. (Gupta et al. 2017)

Další faktor, který má vliv na REE a není zanesen do tabulky, je například věk. Novorozené děti mají nízký energetický výdej, který roste a dosahuje maxima zhruba v pátém roce. Poté znovu vzroste v předpubertálním období a ve 21 letech se ustálí na hodnotě kolem 40 kcal/ (m²× h). Rozdíl najdeme také mezi muži a ženami, kdy muži dosahují vyšších hodnot REE. Výjimkou je však období těhotenství a laktace. Zajímavý je i pohled na rasové rozdíly. Pokud bychom si určili jako normu průměrného Evropana, Číňané mají energetický výdej trochu nižší, kdežto Eskymáci z okolí Baffinova zálivu mají REE o 33% vyšší než námi zvolená norma. Pokud se bavíme o teplotě prostředí, je pro tělo normální tepla někde kolem 20-25°C. V tomto případě je REE nízké. Pokud se

však teplota začne zvyšovat či snižovat, hodnoty REE budou stoupat. Při znázornění na grafu by křivka měla tvar písmene U. Také mentální činnosti zvyšují buněčný metabolismus, a to někdy s rozdílem od klidové hodnoty o více než 40 %. (Hronek et Zadák 2011)

Tabulka 2 Faktory ovlivňující klidový energetický výdej (REE)

Vyšší REE	Nižší REE
Okolní chlad (chladné podnebí)	Okolní horké podnebí
Vyšší nadmořská výška	Spánek (o 10 %)
Cvičení, svalová námaha	Dlouhodobé půsty (až o 40 %)
Těhotenství, laktace	
Stres, úzkost	Apatie, deprese
Cushingův syndrom	Addisonův syndrom
Hyperfunkce štítné žlázy	Hypofunkce štítné žlázy
Infekce, horečka	
Kofein, nikotin, katecholaminy	Sedativa, beta-blokátory

Zdroje: Gupta et al 2017, Hronek et Zadák 2011

3.6 Výpočty podstatné u měření metabolismu

Díky metodám měření energetického výdeje zmíněných v předchozích kapitolách se vědcům podařilo vytvořit matematické modely, podle kterých by si každý člověk měl být schopen vypočítat metabolismus podle specifikací vlastního těla. Tyto rovnice jsou často používány v menších klinikách, kde nemají dostatečné vybavení na provádění vlastního měření pomocí drahých přístrojů.

V dnešní době existuje okolo 138 rovnic publikovaných 40 různými autory, avšak u většiny novějších matematických modelů zůstávají jednotlivé rozdíly a případné výhody užívání daného výpočtu nejasné. (Da Rocha et al. 2006)

3.6.1 Výpočet bazálního energetického výdeje

Na začátku 18. století to byli Harris a Benedict, kteří vytvořili rovnici výpočtu BEE. Pro tuto rovnici potřebujeme znát hodnoty hmotnosti (H) v kilogramech, výšky (W) v centimetrech a věku (A) v letech. Celkový výsledek BEE vyjde v jednotkách [kcal/den].

U mužů je rovnice ve tvaru:

$$BEE = 66,473 + 13,7516 \cdot W + 5,0033 \cdot H - 6,755 \cdot A$$

U žen ve tvaru:

$$BEE = 655,0955 + 9,5634 \cdot W + 1,8496 \cdot H - 4,6756 \cdot A$$

Dle zkušeností výsledky odpovídají hodnotě průměrného zdravého dospělého jedince, rovnice se ale nedá použít pro patologické stavy, případně fyziologické stavy odlišné od běžného, jako je gravidita, laktace, dětský či seniorský věk. Je to nejstarší rovnice, z jejíhož základu vychází spousta dalších modelů méně používaných pro výpočet BMR. Pro zajímavost bude jako další zmíněna například Kleiberova rovnice, která je složitější a ne tak často používaná v klinické praxi. Ve svém výpočtu používá také hmotnost a věk. Výšku zohledňuje v rámci specifického faktoru, kde se dělí jednou třetinou váhy. (Hronek et Zadák 2011)

Dále jsou tady Schofieldovy rovnice, které byly vytvořeny na konci 18. století a jsou také velmi často používány. Ve výpočtu je zohledňováno pohlaví, věk a váha daného jedince. V praxi byly vytvořeny dvě tabulky. Jenda pro ženy, druhá pro muže. Poté si podle věku člověk najde ve vybrané tabulce rovnici, do které dosadí pouze svůj věk a vyjde mu výsledek v kilokaloriích nebo kilojoulech na den. (Johnstone et al. 2006)

3.6.2 Výpočet aktuálního energetického výdeje

Kvůli řadě faktorů ovlivňujících BEE se zavedly další rovnice, které tyto faktory zohledňují a upřesňují tak výpočet energetického výdeje. Těmito korekčními faktory jsou zde konkrétně faktor poškození (IF), aktivity (AF) a teploty (TF). Výsledkem rovnice je pak AEE.

$$AEE = BEE \cdot IF \cdot AF \cdot TF$$

Jednotlivé faktory jsou shrnuty v tabulce 3. Existuje ještě další možnost, jak vypočítat AEE, a to je rovnice Iretona a Jonese, která bere v potaz BMI pacienta a koriguje rovnici podle přítomnosti obezity, poranění a popálenin u daného jedince. Přítomnost dané skutečnosti dosazuje do rovnice hodnotu 1 a nepřítomnost hodnotu 0. Používá se převážně k odhadu AEE.

Tabulka 3 Faktory použité při výpočtu aktuálního energetického výdeje

Teplota	TF	Pacient	IF	Pacient	AF
38 °C	1,1	bez komplikací	1,0	umělé dýchání, analgezie	0,85
39 °C	1,2	pooperační stav	1,1	v bezvědomí	1,00
40 °C	1,3	fraktura	1,2	ležící	1,1
41 °C	1,4	sepsy	1,3	ležící ale mobilní	1,2
		mnohočetná poranění	1,4	mobilní	1,3
		popáleniny 30-50 %	1,7		
		popáleniny 50-70 %	1,8		
		popáleniny 70-90 %	2,0		

Převzato a upraveno z: Hronek et Zadák 2011, str 257

3.6.3 Respirační kvocient a jeho výpočet

Respirační kvocient (RQ) je v podstatě poměr využitého kyslíku a vyloučeného oxidu uhličitého na úrovni buňky. Tento kvocient se v ustáleném stavu (SS) rovná poměru plynů v dýchacím systému a tuto hodnotu potřebujeme znát k přesnějšímu určení REE.

RQ je dobrým ukazatelem toho, který substrát je v danou chvíli převážně metabolizován. Pokud jsou to tuky, vylučuje se méně oxidu uhličitého v poměru k spotřebovanému kyslíku. Metabolismus uhlovodíků zužitkuje stejně kyslíku jako vyprodukuje oxidu uhličitého (RQ=1). (Gupta et al. 2017)

Fyziologicky se RQ pohybuje mezi 0,67, což odpovídá metabolismu lipidů a tato hodnota se objevuje při půstu a maximálně 1,30.

- RQ < 0,67 nejspíš dochází k utíkání vzduchu v měřícím obvodu
- RQ = 0,7 výhradní metabolismus lipidů
- RQ = 0,8 metabolismus proteinů
- RQ = 0,84 smíšený metabolismus
- RQ = 1 metabolismus čistě jen sacharidů

Novější studie ukazují, že pro volbu nutriční terapie je použití RQ neadekvátní. Za různých okolností popsaných v tabulce 4 totiž může být RQ zvýšen nebo snížen podle aktuálního stavu pacienta. (Da Rocha et al. 2006)

Tabulka 4 Důvody, které mohou odchyliť výsledky měření od normálu

Snížený VCO ₂ a RQ	Zvýšený VCO ₂ a RQ	Snížený VO ₂	Zvýšený VO ₂
Metabolická alkalóza	Metabolická acidóza	Podchlazení organismu	Sepse
Hypoventilace	Hyperventilace	Snížená funkce štítné žlázy	Krevní transfuze, hemodialýza
Snížený metabolismus	Zvýšený metabolismus	Paralýza	Zvýšený metabolismus
Ketóza, hladovění, podvýživa	Nadměrný příjem sacharidů	Anestézie, sedace	Přehřátí organismu
Glukoneogeneze		Hluboký spánek, kóma	Nadměrný pohyb
Oxidace etanolu		Půst nebo hladovění	Přejídání
Únik vzduchu		Pokročilý věk	

VCO₂ – produkce oxidu uhličitého, RQ – respirační kvocient, VO₂ – spotřeba kyslíku,
zdroj: (Mtaweh et al. 2018)

Matematická formulace podílu přijímaného kyslíku a vylučovaného oxidu uhličitého je následující:

$$RQ = \frac{VCO_2}{VO_2}$$

Kvůli neúplné oxidaci proteinů se provádí korekce výpočtu RQ přímo na množství metabolizovaných proteinů. K tomu potřebujeme znát množství odpadu dusíku v moči, která se sbírá 24 hodin. Díky známému předpokladu, že 1 g dusíku odpovídá oxidaci 6,25 g bílkovin a že se u tohoto procesu spotřebuje 5,92 l O₂ a uvolní se 4,75 l CO₂, dostaneme tzv. nebílkovinný respirační kvocient (NRQ). Výpočet vypadá následovně:

$$NRQ = \frac{VCO_2 \cdot 4,8 UN}{VO_2 \cdot 5,9 UN}$$

Objemy plynů se uvádějí v jednotkách [l/den] a UN je odpad dusíku v moči v jednotkách [g/den]. (Hronek et Zadák 2011)

3.6.4 Výpočet klidového energetického výdeje

K výpočtu těchto rovnic jsou zapotřebí údaje naměřené při IC. V kapitole 6.5.1 je uvedena základní Weirova rovnice bez korekce na koncentraci urey z moči. Pro úplnost je zde doplněna i korigovaná rovnice:

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

Jednotky objemů plynů jsou opět v [l/den] a UN je odpad dusíku v moči v [g/den]. Rovnice vychází z dvou vzorců vyjadřujících vztah VO_2 a VCO_2 , které jsou odvozené ze stechiometrických schémat pro oxidaci sacharidů (S), lipidů (L) a určení množství odpadu dusíku v moči.

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

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

Pro zpřesnění výsledků se může Weirova rovnice upravit podle výsledků NRQ, a to následujícím způsobem:

Pokud je $NRQ < 0,706$

$$REE = (VO_2 \cdot 4360 + VCO_2 \cdot 450) \cdot 1,44 - UN \cdot 1,57$$

Pokud je $NRQ < 1,0$

$$REE = (VO_2 \cdot 3940 + VCO_2 \cdot 1106) \cdot 1,44 - UN \cdot 2,17$$

Pokud je $NRQ > 1,0$

$$REE = (VO_2 \cdot 3818 + VCO_2 \cdot 1223) \cdot 1,44 - UN \cdot 1,994$$

Softwary modernějších kalorimetrů mají tyto rovnice přednastaveny. Pokud však není možné získat hodnotu pro odpadní dusík, používají se rovnice v tomto tvaru:

Pokud je $RQ < 0,706$

$$REE = (VO_2 \cdot 4200 + VCO_2 \cdot 494) \cdot 1,44$$

Pokud je $RQ < 1,0$

$$REE = (VO_2 \cdot 3940 + VCO_2 \cdot 1106) \cdot 1,44$$

Pokud je $RQ > 1,0$

$$REE = (VO_2 \cdot 3677 + VCO_2 \cdot 1342) \cdot 1,44$$

Vyjádřit REE lze různě. Obecně se výpočet dělá v jednotkách buďto [kcal/den], nebo v [kJ/den]. Tyto dvě hodnoty se mezi sebou jednoduše dají přepočítat, protože 1 kcal = 4,184 kJ. Dále se může REE vyjádřit jako přepočet vztážený na povrch těla (REE/BSA) a udává se v jednotkách [kcal/m²]. Stejně tak se může vztáhnout k tělesné hmotnosti probanda v jednotkách [kcal/kg] (REE/kg). Pro úplnost je v tabulce 5 přehled fyziologických hodnot naměřených při IC. (Hronek et Zadák 2011)

Tabulka 5 Obvyklé hodnoty při měření nepřímé kalorimetrie

VO₂	250 ml/min	3,6 ml × min ⁻¹ × kg ⁻¹
VCO₂	200 ml/min	2,9 ml × min ⁻¹ × kg ⁻¹
RQ	0,65 – 1,25	

VO₂ – vdechovaný kyslík, **VCO₂** – vydechovaný oxid uhličitý, **RQ** – respirační koeficient;

Převzato z: (Hronek et Zadák 2011)

3.6.5 Výpočet oxidace jednotlivých nutričních substrátů

Z výše zmíněných proměnných, konkrétně vyloučeného dusíku močí (UN), spotřeby určitého VO₂ a produkce VCO₂ se taktéž dají vypočítat hodnoty oxidace proteinů (PRO), tuků (FAT) a sacharidů (CHO). Tyto rovnice se liší podle stavu organismu ve vztahu k jídlu. Pro stav po lačnění byly v roce 1963 vytvořeny následující rovnice:

$$CHO = VO_2 \cdot (-2,91) + VCO_2 \cdot 4,12 - 2,56 \cdot UN$$

$$FAT = VO_2 \cdot 1,69 + VCO_2 \cdot (-1,69) - 1,94 \cdot UN$$

$$PRO = 6,25 \cdot UN$$

Výsledky jsou v jednotkách [g/min], je však potřeba dbát na jednotky při dosazování hodnot (zde hlavně UN nikoliv množství za den, nýbrž za minutu)! Stejně tak tomu je i u jednotek objemu jednotlivých plynů. I zde jsou dosazovány hodnoty v jednotkách [l/min].

Při přebytku energie v těle, kdy je zkonsumováno větší množství energetických substrátů, než může být v danou chvíli oxidováno, je hodnota **NRQ > 1**. Předpokládá se,

že dochází k přeměně uhlovodíků na tuky (k lipogenezi) a na základě toho byly popsány tyto rovnice:

$$CHO = VO_2 \cdot 1,36 + VCO_2 \cdot (-0,16) - 7,47 \cdot UN$$

$$FAT = VO_2 \cdot (-1,67) + VCO_2 \cdot 1,67 + 2,0 \cdot UN$$

$$PRO = 6,25 \cdot UN$$

Vzhledem k různým možnostem metabolických cest se jedná spíše o odhadovanou hodnotu.

Pokud je **NRQ < 0,707**, tělo se nachází v energetickém deficitu a v tu chvíli jsou pravděpodobně oxidovány ketolátky (KETO) pro získání energie.

$$KETO = VO_2 \cdot 2,54 + VCO_2 \cdot (-3,59) + 2,05 \cdot UN$$

$$FAT = VCO_2 \cdot 0,70 - 3,39 \cdot UN$$

$$PRO = 6,25 \cdot UN$$

K tomuto stavu může docházet za několika situací. Může to být dietární restrikce nebo tento fakt může poukazovat na diabetes mellitus a současně snížený přísun energie. Při oxidaci tuků nevzniká žádný oxid uhličitý, pouze se spotřebovává kyslík. Pokud jsou ketony bez oxidace zadržovány či vylučovány, hodnoty NRQ se dostane pod výše zmíněnou hodnotu 0,707. (Westenskow et al. 1988)

V dnešní době jsou k dispozici přesnější a novější výpočty zmíněny níže, převzaty od autorů Hronek et Zadák 2011. Celkově platí, že pokud se sečtou hodnoty jednotlivých oxidovaných substrátů v [kcal/den], dostaneme celkový energetický výdej v klidu:

$$TOTAL_{kcal} = CHO_{kcal} + FAT_{kcal} + PRO_{kcal}$$

Opět jsou rovnice rozděleny podle RQ, pro úplnost jsou udané jednotlivé přepočty výsledných hodnot oxidace substrátů na různé jednotky, které jsou uvedeny v levém sloupci.

Pokud je **NRQ < 0,706**

$$\text{[g/min]} \quad CHO_1 = VO_2 \cdot 2,540 + VCO_2 \cdot (-3,590) + 2,050 \cdot UN_1$$

$$\text{[g/den]} \quad CHO_2 = 1440 \cdot (VO_2 \cdot 2,540 + VCO_2 \cdot (-3,590)) + 2,050 \cdot UN_2$$

$$\text{[kcal/den]} \quad CHO_{kcal} = CHO_2 \cdot 1,72$$

$$\text{[g/min]} \quad FAT_1 = VCO_2 \cdot 0,70 - 3,39 \cdot UN_1$$

$$\text{[g/den]} \quad FAT_2 = 1440 \cdot VCO_2 \cdot 0,70 - 3,39 \cdot UN_2$$

$$\text{[kcal/den]} \quad FAT_{kcal} = FAT_2 \cdot 9,46$$

Důležité je, že UN_1 se musí dosazovat v jednotkách [g/min] na rozdíl od UN_2 , který se dosazuje v [g/den]. VO_2 a VCO_2 jsou dosazovány vždy v [l/min]. Hodnota 1440 je v těchto rovnicích počet minut v jenom dni a tím pádem získáme hodnotu plynů v litech za den.

Pokud je **NRQ < 1,0**

$$\text{[g/min]} \quad CHO_1 = VO_2 \cdot (-2,909) + VCO_2 \cdot 4,115 - 2,539 \cdot UN_1$$

$$\text{[g/den]} \quad CHO_2 = 1440 \cdot (VO_2 \cdot (-2,909) + VCO_2 \cdot 4,115) - 2,539 \cdot UN_2$$

$$\text{[kcal/den]} \quad CHO_{kcal} = CHO_2 \cdot 4,18$$

$$\text{[g/min]} \quad FAT_1 = VO_2 \cdot 1,689 + VCO_2 \cdot (-1,689) - 1,943 \cdot UN_1$$

$$\text{[g/den]} \quad FAT_2 = 1440 \cdot (VO_2 \cdot 1,689 + VCO_2 \cdot (-1,689)) - 1,943 \cdot UN_2$$

$$\text{[kcal/den]} \quad FAT_{kcal} = FAT_2 \cdot 9,46$$

Jak je vidět po srovnání výpočtů starších vypsanych výše, rovnice se opravdu liší jenom málo. Jsou dodnes velmi aktuální a stále používané.

Pokud je **NRQ > 1,0**

$$\text{[g/min]} \quad CHO_1 = VO_2 \cdot 1,393 + VCO_2 \cdot (-0,187) - 6,892 \cdot UN_1$$

$$\text{[g/den]} \quad CHO_2 = 1440 \cdot (VO_2 \cdot 1,393 + VCO_2 \cdot (-0,187)) - 6,892 \cdot UN_2$$

$$\text{[kcal/den]} \quad CHO_{kcal} = CHO_2 \cdot 4,18$$

$$\text{[g/min]} \quad FAT_1 = VO_2 \cdot 1,689 + VCO_2 \cdot (-1,689) - 1,943 \cdot UN_1$$

$$\text{[g/den]} \quad FAT_2 = 1440 \cdot (VO_2 \cdot 1,689 + VCO_2 \cdot (-1,689)) - 1,943 \cdot UN_2$$

$$\text{[kcal/den]} \quad FAT_{kcal} = FAT_2 \cdot 1,089$$

U podílu bílkovin je mez jednotlivých rovnic **0,65 < NRQ < 1,25**.

$$\text{[g/den]} \quad PRO = 6,25 \cdot UN$$

$$\text{[kcal/den]} \quad PRO_{kcal} = 4,32 \cdot PRO$$

3.7 Energetická potřeba při laktaci

Energie potřebná k produkci dostatečného množství MM musí být připočítána k běžné energetické potřebě ženy. Nezávisle na socio-ekonomickém původu a kultuře je průměrné množství produkovaného MM přibližně stejné u všech žen. Pro určení energetické náročnosti produkce mléka zohledňujeme tyto tři atributy: Množství mléka vyprodukovaného a odebraného z ňadra a jeho energetickou hodnotu, která záleží hlavně na obsahu tuku a energii mobilizované z tkání ženy. Měření ukázalo, že v různých studiích dobře živých žen je do 24 měsíců laktace hodnota přibližného obsahu energie v MM 2,8 kJ/g (0,67 kcal/g).

Energie pro produkci MM je získávána buďto z kalorií přijímaných v podobě potravy, nebo z tukových zásob vytvořených v těle matky. Díky znalosti biochemických procesů byla vypočítána efektivita přeměny těchto kalorií na mléko, která byla odhadnuta na 80-85 %. Z této hodnoty dostáváme faktor efektivity (80 %), díky kterému je možný výpočet energetické náročnosti produkce MM.

Srovnání s ženami, které nejsou těhotné ani v laktaci není v BMR ani TEE žádný významný rozdíl. Tento fakt může vysvětlit energetický výdej potřebný k péči o kojence, jeho zvedání a nošení, které nahrazuje běžně vykonávanou fyzickou aktivitu u nekojících žen. Tudíž se dá říct, že energetická potřeba u kojících žen je velmi podobná jako před porodem, akorát navýšená o energetické nároky na produkci a sekreci MM. Pro ženy kojící své děti do věku 6 měsíců se tyto energetické nároky spočítají jako:

$$\text{Množství MM [g/den]} \times \text{energetický obsah MM [kJ/g]} \times \text{faktor efektivit}$$

Po dosazení číselných hodnot dostaneme rovnici ve tvaru:

$$807 \cdot 2,8 \cdot 0,80 = 2,8 \text{ MJ/den}$$

Energetické nároky jsou tedy 2800 kJ na den (675 kcal/den). Od 6.měsíce věku dítěte, kdy se začínají přidávat příkrmy a dítě je kojeno jen částečně, se produkce mléka sníží na průměrné množství 500 g/den a tím pádem se energetické nároky sníží na 1925 kJ/den (460 kcal/den). Tento energetický výdej je částečně pokryt ze zásoby tuku uloženého v průběhu těhotenství. Ze studií vyplynulo, že u dobře živěných žen dochází průměrně ke ztrátě 0,8 kg za měsíc. U podvyživených matek je to pouze 0,1 kg/měsíc, protože se tělo snaží uchovat co nejvíce energie pro jeho správné fungování. Proto u těchto žen musí být zvýšený příjem potravy, aby se naplnila energetická potřeba pro dostatečnou produkci MM. (FAO a Consultation 2005)

Než přejdeme ke studiím, bylo by dobré poznamenat, že v teoretické části byly u jednotlivých studií originální číselné hodnoty převedeny na jednotky shodující se s jednotkami v této práci pro jednodušší srovnávání dat. Také terminologie není celosvětově sjednocena, a ačkoliv se ve studiích v kapitole 6.7 používají pojmy jako RMR nebo BMR, které jsou v teorii této práce vysvětleny jako rozdílné, při porovnání metodiky lze říct, že se zde jedná o totéž.

3.7.1 Studie z let 2010–2020

V roce 2020 byla publikována pilotní studie z Varšavy, která srovnává hodnoty REE získané z měření metodou elektrické bio-impedance (REE-BIA) a 14 predikčních rovnic pro odhad REE založených na antropometrických parametrech, případně věku a/nebo

pohlaví (pREE). V této studii bylo vyšetřováno 40 výhradně kojících žen ve věku od 24 do 43 let. Vyšetřovány byly během prvního měsíce po porodu (během 3-4 týdne). Ženy byly zdravé, hodnoty BMI měly mezi 16,46 a 32,11 kg/m². Střední hodnota REE-BIA byla 1515,0 ± 68,4 kcal/den a hodnoty pREE vyšly od 1149,7 kcal/den při použití rovnice od Bernsteina et al. po 1576,8 kcal/den použitím rovnice od Müllera et al. Podle porovnání všech rovnic s hodnotou REE-BIA měla rovnice od Müllera et al. na individuální úrovni největší míru přesnosti, a proto byla v této studii vyhodnocena jako potenciálně nejlepší v klinické praxi pro predikci REE kojících žen. Jako limitace byla v této studii uvedena absence užití IC. (Bzikowska-Jura et al. 2020)

Další studie je z roku 2019 z USA. Jde o longitudinální observační studii, která porovnává výsledky měření IC s výsledky 17 predikčních rovnic pro REE. Metodou je měření kalorimetrie celého těla a probíhalo v 3. a 9. měsíci po porodu po dobu 60 minut, kdy 30 minut z toho byl čas pro aklimatizaci a zklidnění probanda. Vyšetření se provádělo po minimálně osmihodinovém lačnění. Měření REE se účastnilo ve 3. měsíci 52 žen a dokončilo jej v 9. měsíci 49 žen. Ženy byly zdravé, z 90 % šlo o bělošky nad 18 let a prvorodičky. Výsledky měření REE ve 3. měsíci byly 1483 ± 194 kcal/den, v 9. měsíci 1531 ± 222 kcal/den. Rozdíl těchto dvou měření je nárůst REE o 48 ± 108 kcal/den. Co se týká predikčních rovnic, na úrovni individuální byla nejlepší rovnice se 100 % přesností ve 3. měsících a 98 % přesností v 9. měsících po porodu vyhodnocena FAO/WHO/UNU rovnice (Food and Agriculture Organization/World Health Organization/United Nations University, česky přeloženo jako Organizace OSN pro výživu a zemědělství/Světová zdravotnická organizace/ Univerzita OSN). Na úrovni celé skupiny vyšetřovaných žen pak byla nejlepší rovnice „Dietary Reference Intake“ (rovnice dietního referenčního příjmu) ve 3. měsících a Harris-Benedictova v 9. měsících po porodu. Součástí této studie bylo také určení hmotnosti mléka a ta byla následující: Ve 3. měsíci po porodu byla hmotnost mléka 771 ± 261 g/den a 530 ± 225 g/den v 9. měsících. (Pereira et al. 2019)

Poslední studie v této podkapitole je z roku 2017 z Brazílie a zabývá se výdejem energie v období těsně po porodu a taktéž srovnává IC a 8 predikčních rovnic. Jedná se o průřezovou studii 79 žen, které byly zařazeny do studie mezi dnem 1. až 10. po porodu. Věk nebyl omezen, mediánem vyšetřovaných žen bylo 24 let. IC měření bylo

prováděno v leže pomocí kalorimetru s otevřeným obvodem po dvou až tříhodinovém lačnění. Výsledný medián REE-IC byl 1224 kcal/den (95 % CI, 1157,4–1330 kcal). Predikční rovnice vyšly v hodnotách od 1213,8 (95 % CI, 1207,3–1261,9 kcal) do 1553,1 kcal (95 % CI, 1430,8– 1488,5 kcal). Podle této studie byla nejlepší rovnice pro predikci REE Harris-Benedictova (H-B) s nejnižším rozdílem od IC měření. Když se ale zohlednilo použití H-B rovnice u každé matky zvlášť, výsledek nebyl uspokojivě přesný, proto by bylo dle autorů lepší tuto rovnici používat pouze ke skupinovému určení REE. Mezi matkami kojícími a nekojícími nebyl v hodnotě REE-IC téměř žádný rozdíl. V diskusi byl k tomuto zjištění komentář, že vzhledem k vyšetření průměrně 72 hodin po porodu by mohlo být ještě brzo pro reflektování laktace ve výsledcích měření. Nalezena byla také korelace s hmotností ($p = 0,036$) a netučnou hmotou ($p = 0,003$). (de Sousa et al. 2017)

3.7.2 Studie z let 2000–2010

V roce 2009 byla publikována longitudinální studie ze Švýcarska, která zkoumá změnu aktivního energetického výdeje a klidového metabolismu (dále jen RMR) související s těhotenstvím. Mimo měření probíhající v těhotenství ($38,2 \pm 1,5$ týdnů) bylo měření prováděno i po porodu ($40,0 \pm 7,2$ týdnů). RMR byl měřen ráno po nočním lačnění pomocí IC za použití kanopy (v angličtině též „ventilated hood“). Pro následný výpočet byla použita Weirova rovnice. Žen v období sledování po porodu bylo celkem 27 (z celkových 71). Ženy byly dobře živěné, zdravé ve věku mezi 23-40 lety. Jejich BMI před těhotenstvím bylo mezi 17,5 a 32,0 kg/m². Po porodu při vyšetření 14 žen kojilo a 13 už nekojilo, nicméně RMR mezi těmito dvěma skupinami nebylo významně statisticky jiné ($1455,5 \pm 161,6$ kcal/den pro kojící a $1489,9 \pm 199,6$ kcal/den pro nekojící, $p = 0,95$). Při srovnání výsledků RMR před porodem ($1788,7 \pm 265,8$ kcal/den) a po porodu ($1473,4 \pm 179,7$ kcal/den) byly hodnoty před porodem o $315,5 \pm 181,6$ kcal/den vyšší než po porodu (o 21,4 %). Při přepočtu RMR na kilogram tělesné váhy byly výsledky před porodem (RMR = $24,4 \pm 2,2$ kcal/kg) a po porodu (RMR = $23,9 \pm 2,6$ kcal/kg) podobné. (Melzer et al. 2009)

Studie z Kolumbie z roku 2002 se zabývá výzkumem energetického příjmu a výdeje u kojících kolumbijských žen žijících ve městě. Je to průřezová studie srovnávající ženy v laktaci s ženami nekojícími a netěhotnými. Měření BMR bylo

prováděno metodou IC dvakrát ve dvou po sobě jdoucích dnech v místě bydliště ženy po nočním lačnění, a to v období $2,4 \pm 0,8$, dále $5,5 \pm 0,8$ a $8,9 \pm 1,2$ měsíců po porodu u kojících žen a u skupiny nekojících netěhotných žen v 0, poté $3,5 \pm 0,6$ a $7,1 \pm 1,0$ měsících. Ženy byly z nižší socioekonomické vrstvy, věkem mezi 19-40 lety. Ženy v laktaci kojily svého potomka alespoň třikrát denně. Hodnoty BMR ve výše zmíněných časových intervalech byly $1263,5 \pm 191,1$ kcal/den, $1249,2 \pm 191,1$ kcal/den a $1249,2 \pm 191,1$ kcal/den u nekojících netěhotných žen, kterých bylo zařazeno do studie 48 a pro ženy v laktaci, kterých bylo ve studii 14, byly naměřené hodnoty BMR $1308,9 \pm 167,2$ kcal/den, $1242 \pm 167,2$ kcal/den a $1280,2 \pm 167,2$ kcal/den. Hodnoty byly vyšší u kojících žen v prvním a třetím období, ale statisticky rozdíl nebyl významný. Také nedošlo k významné změně mezi jednotlivými měřeními. Ve studii byly uvedeny také RQ a ani ty nebyly významně odlišné mezi dvěma skupinami žen. U kojících žen také nedošlo během období měření k snížení hmotnosti ani k úbytku tučné hmoty, která by se měla mobilizovat k pokrytí energetických nároků na laktaci. (Dufour et al. 2002)

Ve Velké Británii v roce 2001 vznikla studie, která se zabývá energetickými nároky kojících žen měřeními metodou dvojitě značené vody a energetický obsah produkovaného MM. Mimo jiné zkoumá také energetickou adaptaci BMR během kojení, která byla měřena IC v respirační komoře v 7 hodin ráno po 12hodinovém nočním lačnění. Po 20 minutách klidu vleže byly ženy měřeny 40 minut. Měření se provádělo v 3. měsíci po porodu a po odstavení dítěte a zástavě kojení v 18. nebo 24. měsíci po porodu. Jednalo se o 24 výhradně kojících dobře živených žen s průměrným věkem $30,4 \pm 3,2$ let. BMR vyšel v období 3 měsíců po porodu $1330,4 \pm 114,7$ kcal/den, po přerušení kojení byly hodnoty $1349,5 \pm 143,3$ kcal/den. Ve výsledku nebyl prokázán statisticky významný rozdíl mezi obdobími (ženy v laktaci a ženy po laktaci). (Butte et al. 2001)

3.7.3 Studie z let 1990–2000

V roce 1999 byla publikována longitudinální studie z Velké Británie ohledně úpravy energetického výdeje a spalování jednotlivých substrátů v pozdním těhotenství pro podporu růstu plodu a v laktaci pro tvorbu mléka. BMR byl měřen pomocí IC v respirační komoře velikosti 31 m^3 v 7 hodin ráno, ženy byly vzhůru a měření

probíhalo 40 minut. Byla sbírána moč v průběhu 24 hodin. Měření probíhala v období 37 týdnů těhotenství a 3 a 6 měsíců po porodu. Ve studii bylo celkem 76 žen různých ras, z toho 40 kojících a 36 nekojících ve věku 18-35 let, které měly před těhotenstvím BMI <30 kg/m². Výsledky jsou shrnuty v tabulce 6 a 7.

Tabulka 6 Souhrn výsledků kojících žen ze studie (Butte et al. 1999)

		Kojící		
		Těhotenství	3 měs. PP	6 měs. PP
BMR	[kcal/den]	1755,3 ± 185,9	1404,2 ± 172,1	1366,3 ± 172,1
VO₂	[l/min]	0,251 ± 0,028	0,202 ± 0,025	0,198 ± 0,027
VCO₂	[l/min]	0,208 ± 0,022	0,162 ± 0,020	0,159 ± 0,020
RQ		0,828 ± 0,032	0,802 ± 0,042	0,789 ± 0,042

PP – po porodu, **BMR** – bazální metabolismus, **VO₂** – spotřeba kyslíku, **VCO₂** – množství vydechaného oxidu uhličitého, **RQ** – respirační kvocient

Tabulka 7 Souhrn výsledků nekojících žen ze studie (Butte et al. 1999)

		Nekojící		
		Těhotenství	3 měs. PP	6 měs. PP
BMR	[kcal/den]	1727,7 ± 244,4	1338,8 ± 130,8	1325 ± 144,6
VO₂	[l/min]	0,245 ± 0,036	0,192 ± 0,020	0,191 ± 0,021
VCO₂	[l/min]	0,208 ± 0,028	0,156 ± 0,017	0,153 ± 0,018
RQ		0,844 ± 0,043	0,808 ± 0,051	0,801 ± 0,046

PP – po porodu, **BMR** – bazální metabolismus, **VO₂** – spotřeba kyslíku, **VCO₂** – množství vydechaného oxidu uhličitého, **RQ** – respirační kvocient

Rozdíly v BMR byly téměř signifikantní mezi kojícími a nekojícími ženami ve 3 měsících po porodu ($p = 0,06$) a v 6 měsících po porodu ($p = 0,09$). RQ byl výrazně vyšší během těhotenství než po porodu ($p = 0,001$). (Butte et al. 1999)

Další longitudinální studie je také z roku 1999, tentokrát z USA a pojednává o vyvážené energetické bilanci u dobře živých žen v těhotenství. Kromě vyšetření během těhotenství se také provádělo jedno měření 4-6 týdnů po porodu. Měření probíhalo kolem 8. hodiny ranní po nočním alespoň 10hodinovém půstu za pomoci IC s použitím kanopy. Měření probíhalo 30 minut, žena byla v bdělém stavu a v

absolutním klidu. RMR byl následně vypočítán pomocí Weirovy rovnice. Žen bylo ve studii 10, měly normální váhu a BMI 19-26 kg/m², všechny po porodu kojily a jednalo se o jejich 2. nebo 3. těhotenství. Výsledky RMR byly v období před otěhotněním 1313,8 ± 215,8 kcal/den, v období 8.-10. týdne těhotenství 1304,7 ± 207,2 kcal/den, 24-26 týden těhotenství 1543,7 ± 195,5 kcal/den, 34-36 týdnů 1691,0 ± 229,4 kcal/den a po porodu 1329,1 ± 170,9 kcal/den. RMR v laktaci nebyl signifikantně jiný od hodnoty před otěhotněním. (Kopp-Hoolihan et al. 1999)

Jako další byla vydána publikace studie z Mexika v roce 1997, která se zabývala energetickým výdejem a fyzickou aktivitou kojících žen z chudého venkovského prostředí patřících k původním obyvatelům střední Ameriky. Šlo mimo jiné o zkoumání možnosti těla dostat se do úsporného režimu, aby dokázalo pokrýt energetické nároky laktace. BMR byl měřen IC ráno při teplotě 20-22 °C a trvalo to zhruba 40 minut. Měření bylo prováděno ve 3 a 6 měsících po porodu, kdy 40 žen ve věku od 18 do 35 let bylo rozděleno do skupin podle poporodní hodnoty BMI. 21 žen mělo BMI 18,5 – 22,8 kg/m² a 19 žen 23,1 - 29,1 kg/m². Výsledky měření byly pro skupinu s nižším BMI ve 3 měsících 1270,1 ± 97,5 kcal/den a v 6 měsících 1287,3 ± 92,0 kcal/den pro skupinu s vyšší BMI byly výsledky BMR ve 3 měsících 1396,0 ± 86,0 kcal/den a v 9 měsících 1418,7 ± 100,6 kcal/den. Ve skupině s nižší hodnotou BMI byla hodnota BMR významně nižší než u skupiny s vyšším BMI ($p = 0,001$) a BMR mělo významnou korelaci s tělesnou hmotností ($p = 0,001$, $r = 0,80$ a $0,87$) a netučnou hmotou ($p = 0,001$, $r = 0,72$ a $0,75$) ve 3 a 6 měsících po porodu. Při přepočítání hodnoty BMR na hmotnost či netučnou hmotu se hodnoty BMR mezi dvěma skupinami nelišily. Tato studie měla několik důležitých zjištění, například oproti očekávání autorů nebyl pozorován tělesný režim šetření energie v rámci BMR u skupiny s nižším BMI. Dalším zjištěním bylo, že mobilizací tukových zásob se energetický výdej na kojení pokrýval pouze minimálně u obou skupin. Studie také uvádí, že zvýšená hodnota BMR může být způsobována reakcí těla na chladné teplotní podmínky. (Butte et al. 1997)

V Indii se také dělal výzkum ohledně změny výdeje energie, antropometrie a příjmu energie během těhotenství a laktace u dobře živých indických žen a byl publikován v roce 1995. Energetický výdej byl měřen metodou IC pomocí kanopy a výpočty byly prováděny přímo daným softwarem. Měření probíhalo 40 minut. Byly

sbírány také vzorky moči pro výpočet neproteinového RQ a oxidace jednotlivých substrátů. Vyšetření byla prováděna v těhotenství a poté po porodu a to ve 12 a 24 týdnech. Původně byly ženy rozděleny po 22 do dvou skupin. Po porodu kojící skupina čítala 17 žen a srovnávací nekojící netěhotná skupina 22 a u této skupiny bylo měření uskutečněno mezi 6. a 10. dnem menstruačního cyklu. Ženy byly všechny v produktivním věku, neměly žádná dietní omezení a patřily k vyšší střední socioekonomické vrstvě. Při měření ve 24 týdnech všechny ženy stále kojily, ale používaly příkrmy. Výsledky jsou shrnuty v tabulce 8

Tabulka 8 Souhrn výsledků nekojících žen ze studie (Piers et al. 1995)

		34 týdnů těhotenství	12 týdnů PP	24 týdnů PP	Kontrolní skupina
BMR	[kJ/min]	4,29 ± 0,55	3,54 ± 0,33	3,46 ± 0,41	3,21 ± 0,22
	[kcal/den]	1476,5 ± 189,3	1218,4 ± 113,6	1190,8 ± 141,1	1104,8 ± 75,7
Sach	[mg/min]	121,9 ± 34,9	90,2 ± 26,4	84,2 ± 63	65,1 ± 33,9
	[g/den]	175,54 ± 50,26	129,89 ± 38,02	121,25 ± 90,72	93,74 ± 48,82
Lip	[mg/min]	45,9 ± 15,6	37,8 ± 13,6	37,2 ± 22	35,3 ± 19,2
	[g/den]	66,10 ± 22,46	54,43 ± 19,58	53,57 ± 31,68	50,83 ± 27,65
Prot	[mg/min]	26,3 ± 9,8	31 ± 12,8	32,8 ± 14	39 ± 22,1
	[g/den]	37,87 ± 14,11	44,64 ± 18,43	47,23 ± 20,16	56,16 ± 31,82
NRQ		0,85 ± 0,05	0,85 ± 0,05	0,84 ± 0,10	0,84 ± 0,08

PP – po porodu, **BMR** – bazální metabolismus, **Sach** – sacharidy, **Lip** – lipidy, **Prot** – proteiny, **NRQ** – neproteinový respirační kvocient

Výsledky ukázaly, že BMR bylo signifikantně vyšší u kojících žen ve srovnání s kontrolní skupinou, při přepočítání na kilogram hmotnosti však výsledek významně statistický nebyl (kontrolní skupina a oxidace substrátů nebylo spojeno se žádným úsporným nakládáním s energií v těle během těhotenství a laktace. NRQ byly srovnatelné mezi skupinami ve všech obdobích kojení. Oxidace proteinů byla ve 12 týdnech u kojící skupiny nižší, ale ne významně. Spalování tuků bylo obdobné v obou skupinách. Oxidace sacharidů ve 12 týdnech po porodu však byla významně vyšší u kojících žen ($p < 0,05$). Vzhledem k minimálnímu úbytku hmotnosti se vědci v této studii domnívají, že během laktace došlo k minimální mobilizaci tuku ze zásob vytvořených během těhotenství. Ve studii podvyživených indických žen bylo BMR měřeno každý měsíc prvních 6 měsíců po porodu a výsledky byly obdobné jako pro kontrolní (nekojící netěhotnou) skupinu. Studii se však autorce nepodařilo dohledat. (Piers et al. 1995)

V roce 1994 se konala studie, které se účastnily ženy z Holandska a která se zabývala efektem laktace na RMR a termogenezi ovlivněnou jídlom a pohybovou aktivitou. Metabolismus byl měřen pod kanopou pomocí IC s otevřeným obvodem kolem 7 hodin ráno po 12hodinové lačnění po dobu asi 35 minut, kdy ženy sledovaly relaxační videonahrávky. Hodnoty byly vypočítány pomocí Weirovy rovnice. Studie se zúčastnilo 24 žen během těhotenství a po porodu, kdy bylo vyšetření konkrétně kolem 9. týdne po porodu. Jednalo se o ženy vyšší střední třídy z Holandska, Výsledky RMR byly před těhotenstvím $1307,8 \pm 120,5$ kcal/den a v průběhu laktace $1369,8 \pm 137,7$ kcal/den. Dále se změřila produkce mléka, která byla 718 ± 145 g/d a RQ, který byl u žen před těhotenstvím $0,85 \pm 0,03$ a v laktaci $0,82 \pm 0,03$. Během laktace bylo RMR významně vyšší než před těhotenstvím ($p = 0,03$). Změna RMR měla korelaci s BMI v 9 týdnech po porodu ($p = 0,04$, $r = 0,43$), nicméně neměla souvislost s množstvím odebraného mléka ($p = 0,31$) a s mlékem nesouvisela ani hodnota BMI ($p = 0,59$). Hodnota RQ byla v laktaci významně nižší než před těhotenstvím ($p = 0,0003$). (Spaaij et al. 1994)

Ve Švédsku byl publikován článek v roce 1992 ohledně celkového výdeje energie těhotných a kojících švédských žen. RMR byl měřen pomocí zachycování vydechovaného vzduchu do Douglasových vaků během dvou intervalů 8-12 minut. Obsah oxidu uhličitého a kyslíku v zachyceném vydechnutém vzduchu byl analyzován pomocí Scholanderovy metody a z toho byl poté vypočítán RMR podle Brouwera. Ve studii bylo zařazeno 28 zdravých žen. V měřeních, jejichž výsledky jsou relevantní pro tuto diplomovou práci ovšem figurovalo pouze 23 žen. Jejich věk byl kolem 28 let, BMI $22,2 \pm 3,3$ kg/m². Měření probíhalo před těhotenstvím, během těhotenství (poslední ve 36 týdnu těhotenství) a 2 a 6 měsíců po porodu. V 6 měsících po porodu bylo kojících 14 matek. Produkce mléka byla 740 ± 150 g ve 2 měsících a 500 ± 240 g v 6 měsících po porodu. Výsledky měření RMR před těhotenstvím byly $1338,4 \pm 143,4$ kcal/den, 2 měsíce po porodu $1410,1 \pm 167,3$ kcal/den a 6 měsíců po porodu $1434,0 \pm 143,4$ kcal/den. RMR hodnota v období kojení byla významně vyšší než před těhotenstvím, zatímco u žádné další hodnoty měřené v této studii nebyl signifikantní rozdíl sledán. (Forsum et al. 1992)

Studie z roku 1992 popisuje příjem a výdej energie a tělesnou kompozici chudých filipínských kojících žen během prvních 6 měsíců po porodu. Měření BMR bylo prováděno pomocí IC s otevřeným obvodem za použití techniky Douglasových vaků a použití výpočtu podle Weirovy rovnice. Měření se provádělo v 6, 12, 18, 24 a 30 týdnu laktace. Do studie bylo zahrnuto 40 zdravých žen z filipínského venkova, ve věku od 19 do 35 let, které porodily v dobu studie 2. až 4. potomka a měly nízký socioekonomický status. Výsledky BMR jsou následující: V 6 týdnech laktace 1247 ± 144 kcal/den ($26,7 \pm 2,8$ kcal/kg), ve 12 týdnech 1230 ± 157 kcal/den ($26,7 \pm 3,1$ kcal/kg), v 18 týdnech 1218 ± 165 kcal/den ($26,5 \pm 3,0$ kcal/kg), ve 24 týdnech 1235 ± 138 kcal/den ($27,2 \pm 2,8$ kcal/kg) a ve 30 týdnech laktace 1243 ± 137 kcal/den ($27,5 \pm 2,5$ kcal/kg). Hodnoty BMR byly velmi podobné během celého období laktace a nebyl v nich žádný signifikantní rozdíl. (Guillermo-Tuazon et al. 1992)

Poslední publikace této kapitoly je z roku 1991 z Velké Británie a longitudinální studie se zabývala komponenty energetické rovnováhy u dobře živěných kojících žen. BMR byl měřen pod kanopou metodou IC za naprostého klidu a bdělosti a minimálně po 12hodinovém lačnění. Měření se dělala v 36 týdnu těhotenství a poté 4, 8 a 12 týdnu laktace. Studie se účastnilo 10 žen, všechny byly ženami v domácnosti. Jedna žena měla dvě děti, čtyři ženy měly jedno dítě, zbylé byly prvorodičky. Byla zde i kontrolní skupina nekojících netěhotných žen. Výsledky měření objemu mléka byly ve 4 týdnech 802 ± 179 g/den, v 8 týdnech 795 ± 173 g/den a ve 12 týdnech po porodu 791 ± 176 g/den. BMR potom vyšlo ve 36 týdnu těhotenství $1738,8 \pm 130,3$ kcal/den, ve 4 týdnech po porodu $1407,0 \pm 111,6$ kcal/den, v 8 týdnech $1397,2 \pm 117,8$ kcal/den, ve 12 týdnech po porodu $1345,6 \pm 69,3$ kcal/den a pro kontrolní skupinu $1400,1 \pm 160,6$ kcal/den. Nebyla pozorována téměř žádná změna hodnot BMR v období laktace. Autoři se domnívají, že vlastní metabolismus matky musel být v určité míře potlačen, vzhledem k tomu, že nedošlo k navýšení BMR během laktace. (Goldberg et al. 1991)

4. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

4.1 Úvod studie

Tato práce byla součástí longitudinální studie, která byla schválena Etickou komisí Fakultní nemocnice v Hradci Králové a uskutečnila se za spolupráce s Porodnickou a gynekologickou klinikou Fakultní nemocnice v Hradci Králové. Většinová část výzkumu probíhala v ambulanci klinické fyziologie v novém kampusu Univerzity Karlovy v Hradci Králové pod vedením doc. PharmDr. Miloslava Hronka, Ph.D.

Pro tuto studii byly vybrány zdravé kojící ženy v reprodukčním období života. Vyšetřeno jich bylo deset ve věku mezi 24 a 33 lety. Průměrný věk byl 29 ± 3 roky. Nejnižší byla žena se 153 cm, nejvyšší se 177 cm a střední hodnota výšky byla 163,5 cm (viz. Tabulka 9). Ženy jsme vyšetřovali po porodu celkem čtyřikrát. První vyšetření proběhlo ve 3. týdnu po porodu, druhé ve 3. měsíci, třetí v 6. měsíci a poslední čtvrté v 9. měsíci po porodu.

Ženy chodily na vyšetření v čase mezi 7 a 11 hodinou ranní po nočním 12 hodin dlouhém lačnění. S sebou nosily moč nasbíranou za 24 hodin předchozího dne. Při příchodu vždy podepsala každá žena informovaný souhlas o průběhu vyšetření. Poté podstoupila antropometrická měření, změření REE a odběr MM.

4.2 Metodika

V tabulce číslo 9 jsou uvedené antropometrické parametry deseti vyšetřovaných žen, které se po dobu vyšetření a při změně stavu, konkrétně při těhotenství či v laktaci, neměnily. Věk je uveden při prvním vyšetření.

4.2.1 Odsátí mateřského mléka

Metodika odsátí spočívala v přiložení nástavce elektronické odsávačky na prs, ze kterého nebylo při posledním kojení či jinak odebráno mléko. Následně bylo MM přelito do odměrného válce a množství bylo odečteno z číselné stupnice.

Tabulka 9 Konstantní antropologické parametry vyšetřovaných kojících žen

ŽENA Č.	VĚK	VÝŠKA	HMOTNOST PŘED GRAVIDITOU	IDEÁLNÍ HMOTNOST
	[roky]	[cm]	[kg]	[kg]
1	29	160	60	56,3
2	29	162	70	57,5
3	33	175,5	71	65,5
4	29	153	52	52,1
5	31	156	66	53,9
6	24	168	47	61
7	24	164	70	58,1
8	30	163	67	58,1
9	28	177	100	66,4
10	30	177	65	66,4
M	29	163,5	66,5	58,1
P 0	24	153	47	52,1
P 25	28,18	162,25	65	57,6
P 75	30	173,63	70	64,4
P 100	33	177	100	66,4

M – medián, **P 0** – minimum, **P 25** – percentil 25, **P 75** – percentil 75, **P 100** – maximum

V tabulce 10-13 je vidět výsledek jednotlivých vyšetření. Chybějící hodnoty v tabulce značí, že z nějakého důvodu nebylo možné odebrat v danou chvíli MM. Například to byly bolestivé bradavky, případně modřiny způsobené domácím odsáváním mléka a celkovou citlivostí prsu. Pokud je v tabulce uvedena hodnota 0, pacientka přestala s produkcí mléka.

4.2.2 Hmotnost, viscerální tuk, BMI

Metodika měření hmotnosti byla založena na používání optimálního přístroje, kterým byl v našem případě *Body composition monitor InnerScan, BC-532* (Tanita corporation, Tokio, Japonsko). Po vytárování váhy na rovné podlaze se zadávaly informace o probandovi, konkrétně pohlaví, výška a věk. Žena se potom vždy postavila na váhu ve spodním prádle a s bosými chodidly. Po barevné signalizaci váhy se odečítala tělesná hmotnost a procento viscerálního tuku.



Obrázek 4 Body composition monitor InnerScan, BC-532,
Zdroj: tanita.com

Hodnoty hmotnosti z tohoto vyšetření jsou k nahlédnutí v tabulce 10-13. Z těchto hodnot vychází změna hodnoty v laktaci, například hmotnost před graviditou z tab. 9 odečtená od hmotnosti z tab. 10-13 je uvedena jako změna hmotnosti v laktaci v tab. 10-13.

BMI hodnota byla spočítána pomocí následující rovnice. Údaje do této rovnice byly použity z tabulek 9-13.

$$BMI = \frac{\text{tělesná váha}(kg)}{\text{tělesná výška}^2(m)}$$

4.2.3 Nepřímá kalorimetrie

Metodika spočívá ve vyhodnocení oxidace jednotlivých nutričních substrátů, k čemuž byl použit měřící přístroj Vmax Series, V6200 Autobox, SensorMedics Corporation, California, USA, který měřil množství vdechovaného kyslíku za minutu a vydechovaného oxidu uhličitého za minutu. Přístroj je založen na principu „breath-by-breath“.

Senzor oxidu uhličitého je infračervený a pro kyslík je na principu elektrochemického palivového článku. Přístroj využívá senzory hmotnostního průtoku a jsou připojeny ke konci ventilátoru. Před spuštěním měření byl řádně nakalibrován a před zahájením vyšetření propojen plastovou trubicí s kanopou. Dále byl přístroj

připojen k počítači, kde bylo možné na monitoru sledovat průběh vyšetření. (Mtaweh et al. 2018)

Žena byla po dvanáctihodinovém lačnění a bylo nezbytné, aby byla co nejvíce v klidu. Proto byly v místnosti vypnuté zářivky a rolety stínily denní světlo. Tím se vytvořilo přítmí. V místnosti byla snaha minimalizovat hluk a dodržet běžnou pokojovou teplotu (kolem 20 °C). Žena ležela na zádech, hlavu měla pod kanopou a měla zavřené oči. Po celou dobu měření byl kontrolován její bdělý stav. Na monitoru se sledovalo, jak se hodnoty postupně ustálily na jedné hladině (SS) a poté bylo měření ukončeno. Celý tento proces trval přibližně 25 minut.

Dále se získávala hodnota koncentrace dusíku v moči pomocí laboratorního vyšetření moči sbírané 24 hodin před vyšetřením, kterou žena přinesla s sebou. Tento údaj byl použit pro dosažení do rovnice pro výpočet množství oxidovaných proteinů.

4.3 VÝSLEDKY

4.3.1 Statistické vyhodnocení

Naměřená data byla zpracována a vyhodnocena pomocí deskriptivní statistiky, která nabízí řadu různých testů. K tomuto účelu byly použity programy Microsoft Excel a STATISTICA. Protože rozložení hodnot je nenormální, byly použity následné neparametrické testy.

Jako první byla použita Spaermanova korelace (SK), kde byly vybrány vysoce významné závislosti různých parametrů mezi sebou. Jako kritérium síly korelace je hodnota $p \leq 0,05$, aby byla prokázána statistická významnost. Jako další test byl zvolen Friedmanův test (FT), který proměřuje významnost změny jednoho parametru s časovým odstupem mezi jednotlivými měřeními. Opět je zde směrodatná hodnota $p \leq 0,05$ pro prokázání statistické významnosti. Jako poslední byl použit Mann-Whitneyho test (M-W) pro porovnání dvou metod měření stejného parametru. Závěr mohl potvrdit hypotézu, že se hodnoty neliší a jedna metoda se dá nahradit druhou bez rozdílu ve výsledku, nebo se hodnoty jednotlivých hodnot liší a bez matematické derivace není možné vyjádřit naměřenou hodnotu. Na základě odlišnosti hodnot se dá vytvořit lineární regrese, která umožní přepočítání jedné a druhé metody vzájemně mezi sebou.

4.3.2 Mateřské mléko

Jak bylo již naznačeno v kapitole metodiky odsávání MM, v tabulce 10-13 je výsledek měření v jednotlivých obdobích kojení. Při SK vyšla statistická významnost u množství MM a věku, kdy hodnota $p = 0.01$. Velmi zajímavá hodnota se zdá být i korelace MM a REE-IC, kde hodnota $p = 0.09$. Zde konkrétně se nedá hovořit o statistické významnosti, která by byla v případě, že $p \leq 0,05$, lze však očekávat, že by se hodnota p u většího vzorku probandů mohla změnit. Výsledek FT neukázal žádnou významnou změnu mezi jednotlivými obdobími.

Tabulka 10 Charakteristika antropometrických parametrů kojících žen tři týdny po porodu

ŽENA Č.	HMOTNOST	ZMĚNA HMOTNOSTI V LAKTACI	BMI	VISCERÁLNÍ TUK	OBJEM MLÉKA
1	58,75	-1,25	22,95	1,18	67
2	80,35	10,35	30,62	7,02	68
3	78,25	7,25	25,41	3,13	110
4	50,1	-1,9	21,40	0,50	31
5	67,1	1,1	27,57	4,03	58
6	52,85	5,85	18,73	0,53	72
7	77,2	7,2	28,70	3,86	13
8	74,5	7,5	28,04	3,35	
9	108,1	8,1	34,50	8,65	42
10	69,3	4,3	22,12	2,08	41
M	71,9	6,525	26,49	3,24	58
P 0	50,1	-1,9	18,73	0,50	13
P 25	67,65	4,44	22,94	2,34	41
P 75	77,99	7,44	28,54	3,98	68
P 100	108,1	10,35	34,50	8,65	110

M – medián, P 0 – minimum, P 25 – percentil 25, P 75 – percentil 75, P 100 – maximum

Tabulka 11 Charakteristika antropometrických parametrů kojících žen tři měsíce po porodu

ŽENA Č.	HMOTNOST	ZMĚNA HMOTNOSTI V LAKTACI	BMI	VISCERÁLNÍ TUK	OBJEM MLÉKA
1	59,5	-0,5	23,24	1,19	88
2	77,7	7,7	29,61	3,885	61
3	75,1	4,1	24,38	2,6285	150
4	52,9	0,9	22,60	1,058	49
5	62,35	-3,65	25,62	2,494	113
6	51,3	4,3	18,18	0,513	108
7	71,75	1,75	27,01	2,51125	0
8	71,25	4,25	26,82	2,85	60
9	105,6	5,6	33,71	8,448	25
10	70,3	5,3	22,44	1,406	43
M	70,78	4,18	25,00	2,50	60,5
P 0	51,3	-3,65	18,18	0,51	0
P 25	64,21	2,06	23,04	1,68	44,5
P 75	74,26	5,05	26,96	2,79	103
P 100	105,6	7,7	33,71	8,45	150

M – medián, P 0 – minimum, P 25 – percentil 25, P 75 – percentil 75, P 100 – maximum

Tabulka 12 Charakteristika antropometrických parametrů kojících žen šest měsíců po porodu

ŽENA Č.	HMOTNOST [kg]	ZMĚNA HMOTNOSTI V LAKTACI [kg]	BMI	VISCERÁLNÍ TUK [kg]	OBJEM MLÉKA [ml]
1	57,2	-2,8	22,34	1,14	23
2	74,25	4,25	28,29	2,94	100
3	73	2	23,70	2,92	152
4	52,95	0,95	22,62	1,06	
5	59,45	-6,55	24,43	1,78	130
6	47,9	0,9	16,97	0,48	95
7	71,25	1,25	26,82	2,49	0
8	70,4	3,4	26,50	2,82	10
9	109	9	34,79	7,09	45
10	68,85	3,85	21,98	1,38	50
M	69,63	1,63	24,06	2,14	50
P 0	47,9	-6,55	16,97	0,48	0
P 25	61,69	1,03	22,89	1,48	45
P 75	72,56	3,74	26,74	2,89	100
P 100	109	9	34,79	7,09	152

M – medián, P 0 – minimum, P 25 – percentil 25, P 75 – percentil 75, P 100 - maximum

Tabulka 13 Charakteristika antropometrických parametrů kojících žen devět měsíců po porodu

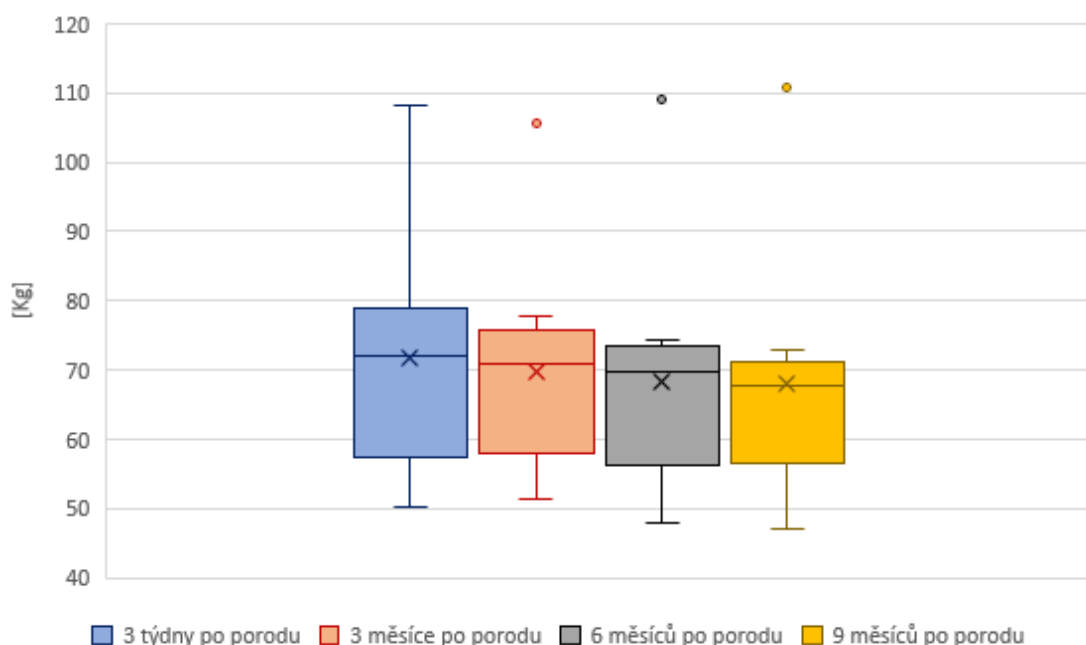
ŽENA Č.	HMOTNOST [kg]	ZMĚNA HMOTNOSTI V LAKTACI [kg]	BMI	VISCERÁLNÍ TUK [kg]	OBJEM MLÉKA [ml]
1	57,5	-2,5	22,46	0,86	31
2	69,9	-0,1	26,63	2,45	0,5
3	70,65	-0,35	22,94	1,77	46
4	53,25	1,25	22,75	1,07	0
5	61,7	-4,3	25,35	2,47	63
6	47,1	0,1	16,69	0,47	84
7	66,9	-3,1	25,18	1,67	0
8	73	6	27,48	3,29	
9	110,9	10,9	35,40	7,76	25
10	68,5	3,5	21,86	1,37	74
M	67,7	0	24,06	1,72	31
P 0	47,1	-4,3	16,69	0,47	0
P 25	63	-0,29	22,80	1,45	0,5
P 75	70,46	2,94	26,31	2,46	63
P 100	110,9	10,9	35,40	7,76	84

M – medián, P 0 – minimum, P 25 – percentil 25, P 75 – percentil 75, P 100 – maximum

4.3.3 Hmotnost, viscerální tuk a BMI

Měřené hodnoty hmotnosti jsou uvedeny v tabulce 10-13. Tyto hodnoty byly odečteny od hodnoty hmotnosti před graviditou v tabulce 9, aby se získaly hodnoty změny hmotnosti u jednotlivých žen v jednotlivých obdobích (tabulka 10-13). Významnou statistickou změnu v čase ukázal i FT, kdy hodnota $p = 0,045$. Graf 1 ukazuje porovnání změny hmotností v jednotlivých obdobích po porodu. Obecná tendence grafu je mírně klesající a to znamená, že obecně měly ženy tendenci snižovat hmotnost v průběhu laktace.

Graf 1 Změna hmotnosti po porodu v jednotlivých obdobích



V souvislosti s dalšími hodnotami v tabulce se dá poukázat na snižující se BMI, které je závislé na dosažení hmotnosti. Také hodnota $p = 1.45 \times 10^{-11}$ u SK a hodnota $p = 0,045$ u FT tuto hypotézu potvrzuje. U viscerálního tuku se neprokázala významná změna v průběhu času (hodnota $p = 0,23$ u FT).

Normální hodnoty BMI se pohybují v hodnotách od 18,5 – 25 kg/m². U vyšetřovaných žen se BMI od porodu pohybuje směrem dolů a už ve třetím měsíci po porodu je medián BMI na normální úrovni hodnot. U BMI vyšel FT ($p = 0,045$) jako statisticky významný vývoj v čase, což je přirozené vzhledem k použití hmotnosti ve výpočtu, protože je to v rovnici jediná proměnná.

4.3.4 Nepřímá kalorimetrie

Pomocí IC byly měřeny hodnoty exspirovaného oxidu uhličitého a inspirovaného kyslíku. Výsledná čísla byla porovnána v různých obdobích pomocí FT a neprokázala se významná statistická změna hodnot. Tato skutečnost je viditelná z tabulek 14-17. U VO_2 v jednotkách [l/min] byla hodnota $p = 0,88$. U VCO_2 ve stejných jednotkách vyšlo $p = 0,97$. Z hodnot VO_2 a VCO_2 vypočítaný RQ a s pomocí hodnot dusíku v moči za 24 hodin vypočítaný NRQ se v jednotlivých obdobích také statisticky nijak významně neměnily. V FT vyšly hodnoty $p = 0,10$ pro VO_2 a $p = 0,17$ pro VCO_2 . Opět je možné vidět v tabulkách 14-17.

Tabulka 14 Množství plynů a jejich poměry měřené tři týdny po porodu u kojících žen

ŽENA Č.	VO_2 [l/min]	VCO_2 [l/min]	RQ	NRQ
1	0,22	0,15	0,69	0,54
2	0,22	0,15	0,70	0,68
3	0,28	0,17	0,60	0,56
4	0,16	0,11	0,68	0,63
5	0,20	0,14	0,67	0,62
6	0,19	0,12	0,66	0,63
7	0,24	0,18	0,76	0,75
8	0,25	0,18	0,70	0,67
9	0,26	0,18	0,68	0,63
10	0,23	0,17	0,72	0,70
M	0,23	0,16	0,69	0,63
P 0	0,16	0,11	0,60	0,54
P 25	0,21	0,14	0,67	0,63
P 75	0,25	0,17	0,70	0,67
P 100	0,28	0,18	0,76	0,75

VO_2 – spotřeba kyslíku, VCO_2 – množství vydechaného oxidu uhličitého, RQ – respirační kvocient, NRQ – nebílkovinný respirační kvocient, M – medián, P 0 – minimum, P 25 – percentil 25, P 75 – percentil 75, P 100 – maximum

U SK byla pozorována zajímavá korelace s objemem MM, konkrétně u RQ $p = 0,02$. U plynů byla významná korelace s mlékem jen u VCO_2 , kdy $p = 0,01$. V případě VO_2 bylo $p = 0,06$. Poté zajímavá korelace vycházela s parametrem délka gravidity. Pro RQ $p = 0,05$, pro VCO_2 je $p = 5,6 \times 10^{-5}$ a VO_2 $p = 1,0 \times 10^{-5}$. FT žádnou statisticky významnou souvislost mezi jednotlivými měřeními neprokázal.

Tabulka 15 Množství plynů a jejich poměry měřené tři měsíce po porodu u kojících žen

ŽENA Č.	VO ₂	VCO ₂	RQ	NRQ
	[l/min]	[l/min]		
1	0,21	0,14	0,66	0,50
2	0,21	0,16	0,76	0,74
3	0,22	0,15	0,66	0,63
4	0,18	0,13	0,74	0,72
5	0,21	0,16	0,75	0,74
6	0,19	0,13	0,71	0,69
7	0,24	0,17	0,71	0,69
8	0,21	0,15	0,71	0,68
9	0,23	0,18	0,79	0,78
10	0,24	0,17	0,71	0,67
M	0,21	0,15	0,71	0,69
P 0	0,18	0,13	0,66	0,50
P 25	0,21	0,15	0,71	0,68
P 75	0,23	0,17	0,75	0,73
P 100	0,24	0,18	0,79	0,78

VO₂ – spotřeba kyslíku, VCO₂ – množství vydechaného oxidu uhličitého, RQ – respirační kvocient, NRQ – nebílkovinný respirační kvocient, M – medián, P 0 – minimum, P 25 – percentil 25, P 75 – percentil 75, P 100 – maximum

Tabulka 16 Množství plynů a jejich poměry měřené šest měsíců po porodu u kojících žen

ŽENA Č.	VO ₂	VCO ₂	RQ	NRQ
	[l/min]	[l/min]		
1	0,21	0,15	0,73	0,69
2	0,23	0,17	0,74	0,73
3	0,18	0,14	0,79	0,78
4	0,16	0,12	0,75	0,73
5	0,19	0,13	0,68	0,62
6	0,18	0,13	0,73	0,71
7	0,25	0,20	0,80	0,80
8	0,21	0,15	0,70	0,64
9	0,26	0,23	0,89	0,93
10	0,24	0,17	0,69	0,65
M	0,21	0,15	0,74	0,72
P 0	0,16	0,12	0,68	0,62
P 25	0,18	0,13	0,71	0,66
P 75	0,24	0,17	0,78	0,77
P 100	0,26	0,23	0,93	0,93

VO₂ – spotřeba kyslíku, VCO₂ – množství vydechaného oxidu uhličitého, RQ – respirační kvocient, NRQ – nebílkovinný respirační kvocient, M – medián, P 0 – minimum, P 25 – percentil 25, P 75 – percentil 75, P 100 – maximum

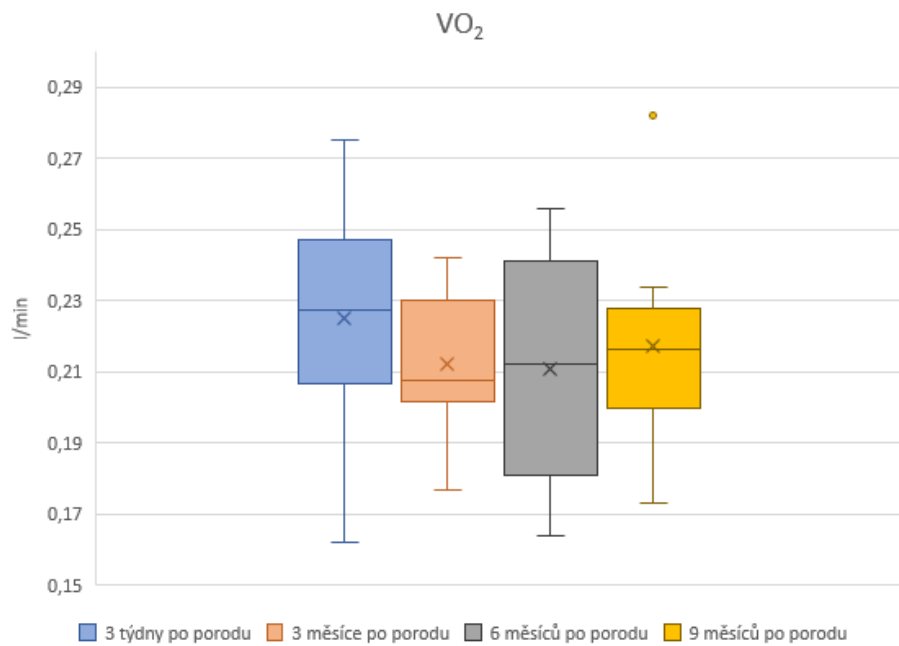
Naměřené hodnoty plynů se měnily v různých obdobích. Pro lepší ilustraci bylo zvoleno grafické znázornění (graf 2-4). Spotřeba VO_2 byla nejvyšší 3 týdny po porodu, v období 6 měsíců po porodu byl značný rozptyl hodnot jednotlivých probandů. Na rozdíl od hodnot VO_2 byly naměřené hodnoty VCO_2 za celou dobu měření relativně stejné.

Tabulka 17 Množství plynů a jejich poměry měřené devět měsíců po porodu u kojících žen

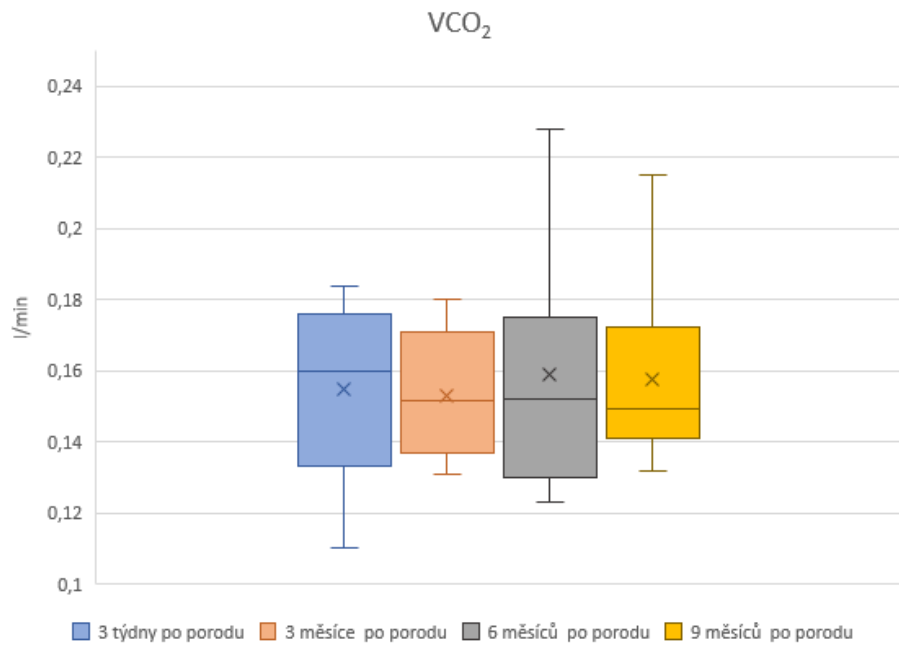
ŽENA Č.	VO_2 [l/min]	VCO_2 [l/min]	RQ	NRQ
1	0,20	0,15	0,73	0,68
2	0,22	0,15	0,70	0,66
3	0,22	0,16	0,70	0,66
4	0,17	0,13	0,76	0,76
5	0,21	0,14	0,69	0,65
6	0,20	0,14	0,70	0,68
7	0,23	0,17	0,74	0,72
8	0,22	0,17	0,79	0,79
9	0,28	0,22	0,76	0,74
10	0,23	0,15	0,66	0,60
M	0,22	0,15	0,72	0,68
P 0	0,17	0,13	0,66	0,60
P 25	0,21	0,14	0,70	0,66
P 75	0,23	0,17	0,76	0,73
P 100	0,28	0,22	0,79	0,79

VO_2 – spotřeba kyslíku, VCO_2 – množství vydechaného oxidu uhličitého, RQ – respirační kvocient, NRQ – nebiřkovinný respirační kvocient, M – medián, P 0 – minimum, P 25 – percentil 25, P 75 – percentil 75, P 100 – maximum

Graf 2 Přehled změny spotřeby kyslíku v jednotlivých obdobích



Graf 3 Přehled změny množství vydechovaného oxidu uhličitého v jednotlivých obdobích



Oba dva RQ měly stoupající tendenci s vrcholem v období 6 měsíců po porodu a pak došlo k mírnému poklesu.

Graf 4 Přehled změny respiračního kvocientu v jednotlivých obdobích



4.3.5 Oxidace jednotlivých substrátů

Tabulky v této kapitole vyhodnocují množství jednotlivých substrátů metabolizovaných v jednotlivých obdobích kojení. U každé živiny jsou uvedeny hodnoty ve třech jednotkách, výsledek je však stejný a nejedná se o rozdílné metody měření. U SK vyšla zajímavá korelace v souvislosti s délkou gravidity (v týdnech) v den porodu, kdy pro oxidované proteiny vyšlo $p \leq 0,05$, konkrétně pro výsledky v [g/den] i [kcal/den] $p = 0,001$ a [%] $p = 0,03$. Podle hodnoty $r > 0$ je závislost přímá (pokud je vyšší oxidace proteinů, je delší gravidita a obráceně). U délky trvání porodu v hodinách vyšla SK významná u lipidů, kdy u jednotek [g/den] i [kcal/den] $p = 0,008$ a závislost dle r hodnoty je opět přímá. Také u změny hmotnosti žen v průběhu těchto měření se objevila korelace s přímou závislostí se spalováním sacharidů, kdy $p_{[g/den]} = 0,0070$, $p_{[kcal/den]} = 0,0004$, $p_{[%]} = 0,0056$. A poslední korelace dle testu SK je přímá závislost spalování proteinů a porodní výšky a váhy dítěte. U výšky dítěte byla korelace [g/den] i [kcal/den] $p = 0,034$. U hmotnosti dítěte byly tyto hodnoty kdy [g/den] i [kcal/den] $p = 0,003$.

Tabulka 18 Oxidace substrátů tři týdny po porodu u kojících žen

ŽENA Č.	SACHARIDY			LIPIDY			PROTEINY		
	[g/den]	[kcal/den]	[%]	[g/den]	[kcal/den]	[%]	[g/den]	[kcal/den]	[%]
1	82,67	142,18	9,71	56,87	537,99	36,76	181,35	783,42	53,53
2	81,19	339,37	18,95	122,32	1157,14	64,62	68,12	294,29	16,43
3	171,81	295,51	16,25	127,44	1205,61	66,29	73,53	317,67	17,47
4	44,40	76,37	7,11	76,93	727,79	67,73	62,59	270,37	25,16
5	67,37	115,87	8,62	90,89	859,79	63,99	85,18	367,97	27,39
6	58,40	100,45	8,07	99,42	940,53	75,57	47,14	203,66	16,36
7	46,81	195,69	12,00	118,29	1118,98	68,60	73,28	316,55	19,41
8	32,15	55,30	3,33	133,26	1260,66	75,97	79,53	343,57	20,70
9	68,35	117,55	6,77	121,87	1152,91	66,38	107,96	466,41	26,85
10	6,05	10,41	0,67	135,41	1281,03	82,88	58,84	254,17	16,44
M	62,88	116,71	8,35	120,08	1135,94	67,05	73,40	317,11	20,05
P 0	6,05	10,41	0,67	56,87	537,99	36,76	47,14	203,66	16,36
P 25	45,01	82,39	6,85	101,63	961,46	66,31	63,97	276,35	16,70
P 75	77,98	182,31	11,43	126,16	1193,49	73,82	83,77	361,87	26,43
P 100	171,81	339,37	18,95	135,41	1281,03	82,88	181,35	783,42	53,53

M – medián, P 0 – minimum, P 25 – percentil 25, P 75 – percentil 75, P 100 – maximum

Tabulka 19 Oxidace substrátů tři měsíce po porodu u kojících žen

ŽENA Č.	SACHARIDY			LIPIDY			PROTEINY		
	[g/den]	[kcal/den]	[%]	[g/den]	[kcal/den]	[%]	[g/den]	[kcal/den]	[%]
1	101,17	174,01	12,82	50,15	474,45	34,97	163,99	708,46	52,21
2	36,82	153,91	11,04	101,42	959,41	68,83	64,95	280,57	20,13
3	73,87	127,06	8,53	116,66	1103,59	74,08	59,97	259,05	17,39
4	13,11	54,80	4,62	95,28	901,30	75,94	53,41	230,73	19,44
5	30,52	127,57	9,20	104,89	992,27	71,60	61,60	266,10	19,20
6	11,04	18,99	1,51	115,93	1096,70	87,03	33,43	144,43	11,46
7	13,04	22,42	1,40	134,54	1272,79	79,73	69,73	301,25	18,87
8	22,04	37,92	2,77	101,03	955,74	69,80	86,92	375,50	27,43
9	72,24	301,97	19,72	81,04	766,68	50,08	107,01	462,29	30,20
10	29,45	50,66	3,14	125,55	1187,66	73,71	86,32	372,92	23,14
M	29,99	90,93	6,57	103,15	975,84	72,65	67,34	290,91	19,78
P 0	11,04	18,99	1,40	50,15	474,45	34,97	33,43	144,43	11,46
P 25	15,34	41,10	2,86	101,13	956,65	69,07	60,37	260,82	18,95
P 75	63,39	147,32	10,58	116,48	1101,87	75,48	86,77	374,86	26,36
P 100	101,17	301,97	19,72	134,54	1272,79	87,03	163,99	708,46	52,21

M – medián, P 0 – minimum, P 25 – percentil 25, P 75 – percentil 75, P 100 – maximum

Tabulka 20 Oxidace substrátů šest měsíců po porodu u kojících žen

ŽENA Č.	SACHARIDY			LIPIDY			PROTEINY		
	[g/den]	[kcal/den]	[%]	[g/den]	[kcal/den]	[%]	[g/den]	[kcal/den]	[%]
1	8,67	14,91	1,07	94,56	894,52	64,23	111,86	483,24	34,70
2	21,42	89,52	5,92	121,44	1148,83	76,03	63,12	272,70	18,05
3	53,05	221,76	18,11	63,46	600,36	49,03	93,15	402,41	32,86
4	20,87	87,22	7,92	83,65	791,36	71,82	51,68	223,24	20,26
5	56,12	96,53	7,64	82,14	777,08	61,52	90,15	389,44	30,83
6	-0,93	-1,60	-0,14	91,82	868,57	73,65	72,32	312,41	26,49
7	114,44	478,36	28,24	99,36	939,95	55,50	63,74	275,35	16,26
8	43,03	74,00	5,23	92,10	871,27	61,53	108,96	470,71	33,24
9	228,52	955,20	53,98	29,72	281,20	15,89	123,44	533,27	30,13
10	48,28	83,04	5,24	113,97	1078,13	67,97	98,38	425,00	26,79
M	45,65	88,37	6,78	91,96	869,92	62,88	91,65	395,93	28,46
P 0	-0,93	-1,60	-0,14	29,72	281,20	15,89	51,68	223,24	16,26
P 25	26,82	84,09	5,41	82,52	780,65	56,55	65,88	284,61	21,82
P 75	55,36	190,46	15,56	98,16	928,60	70,86	106,31	459,28	32,36
P 100	228,52	955,20	53,98	121,44	1148,83	76,03	123,44	533,27	34,70

M – medián, P 0 – minimum, P 25 – percentil 25, P 75 – percentil 75, P 100 - maximum

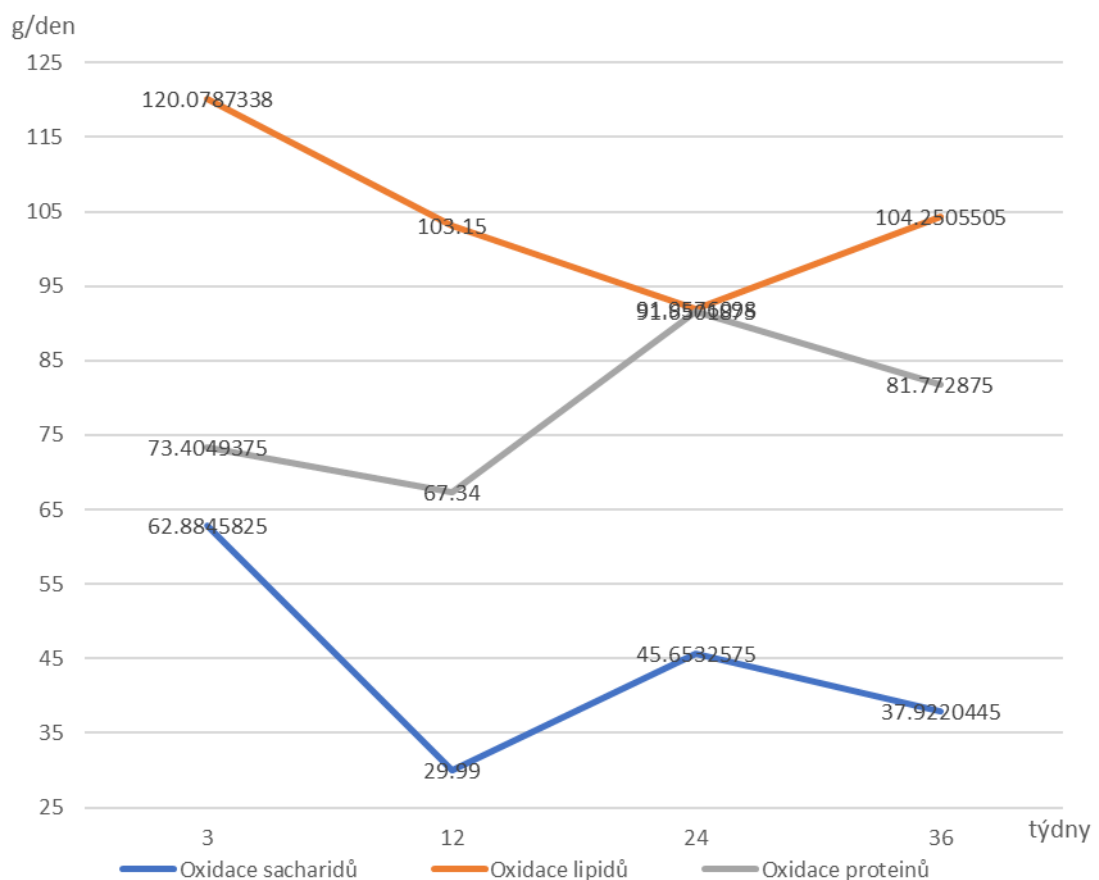
Tabulka 21 Oxidace substrátů devět měsíců po porodu u kojících žen

ŽENA Č.	SACHARIDY			LIPIDY			PROTEINY		
	[g/den]	[kcal/den]	[%]	[g/den]	[kcal/den]	[%]	[g/den]	[kcal/den]	[%]
1	14,36	24,70	1,86	83,50	789,88	59,40	119,25	515,14	38,74
2	35,95	61,84	4,31	108,35	1025,03	71,37	80,85	349,28	24,32
3	39,89	68,62	4,64	106,47	1007,22	68,04	93,61	404,41	27,32
4	43,45	181,63	15,49	88,98	841,72	71,78	34,55	149,27	12,73
5	44,24	76,09	5,56	102,03	965,20	70,52	75,79	327,40	23,92
6	18,77	32,28	2,46	113,83	1076,87	82,18	46,59	201,27	15,36
7	14,85	62,09	3,96	125,36	1185,90	75,65	73,99	319,64	20,39
8	76,61	320,21	21,79	83,74	792,18	53,90	82,69	357,24	24,31
9	34,25	143,18	7,60	118,21	1118,30	59,38	143,92	621,72	33,01
10	91,68	157,70	10,55	99,30	939,36	62,86	91,97	397,32	26,59
M	37,92	72,35	5,10	104,25	986,21	69,28	81,77	353,26	24,31
P 0	14,36	24,70	1,86	83,50	789,88	53,90	34,55	149,27	12,73
P 25	34,68	63,72	4,39	99,98	945,82	64,02	74,44	321,58	21,27
P 75	44,04	154,07	9,82	112,46	1063,91	71,68	93,20	402,64	27,14
P 100	91,68	320,21	21,79	125,36	1185,90	82,18	143,92	621,72	38,74

M – medián, P 0 – minimum, P 25 – percentil 25, P 75 – percentil 75, P 100 - maximum

FT neprokázal žádnou analyticky významnou změnu v čase, přesto je v grafu 5 znázorněno pozorování vývoje mediánů jednotlivých substrátů v čase, uvedených v tabulkách 18-21. Toto pozorování je specifické pro daný vzorek žen použitý v této diplomové práci. Oxidace sacharidů byla v porovnání s ostatními substráty nejnižší, což se po 12hodinovém lačnění očekává. Ve 3 měsících po porodu dosáhla svého minima s hodnotou $M = 29,99$ g/den. V jednotkách [kcal/den] však tato tendence byla u hodnot mediánů od prvního do posledního měření pouze klesající. U zbylých substrátů korelovaly tendence změny hodnot v kcal/den s hodnotami v g/den. U lipidů docházelo k postupnému snižování oxidace do 6. měsíce, kdy oxidace dosáhla svého minima na hodnotě $M = 91,69$ g/den a pak se v 9. měsíci opět zvýšila. Celou dobu spalování lipidů výrazně procentuálně převažovalo nad ostatními substráty (viz tab. 15-18). Spalování proteinů naopak dosáhlo svého vrcholu v 6. měsíci kojení s hodnotou $M = 91,65$ g/den.

Graf 5 Vývoj oxidace jednotlivých substrátů v čase za použití hodnot mediánů



4.3.6 Klidový energetický výdej

V této kapitole budou popsány výsledky analýzy hodnot REE naměřených při IC, dále REE predikovaných z naměřených hodnot pomocí dosazení do H-B rovnice. Je zde uveden poměr REE-IC a REE-HB vyjádřený v procentech poukazující na přesnost predikční rovnice v tomto specifickém fyziologickém stavu laktace. A poslední jsou uvedeny hodnoty REE vztažené na hmotnost kojící ženy a REE vztažené na ženin tělesný povrch. Všechny tyto hodnoty jsou uvedeny v tabulkách 22-25.

Tabulka 22 Klidový energetický výdej u kojících žen tři týdny po porodu

ŽENA Č.	REE-IC [kcal/den]	REE-HB [kcal/den]	REE [%]	REE/KG [kcal/kg]	REE/BSA [kcal/m ²]
1	1460,60	1377,29	106,05	24,86	908,55
2	1800,67	1658,80	108,55	20,51	935,80
3	1815,66	1573,74	115,37	23,20	935,05
4	1072,66	1281,62	83,70	21,41	737,50
5	1341,25	1440,39	93,12	19,99	803,10
6	1242,57	1359,04	91,43	23,51	780,39
7	1640,62	1584,51	103,54	21,25	892,57
8	1656,74	1528,79	108,37	22,24	919,15
9	1733,81	1885,36	91,96	16,04	773,53
10	1543,10	1504,95	102,53	22,27	831,64
M	1591,86	1516,87	103,04	21,82	862,10
P 0	1072,66	1281,62	83,70	16,04	737,50
P 25	1388,63	1456,53	92,25	20,69	786,07
P 75	1714,54	1581,82	107,79	22,97	916,50
P 100	1815,66	1885,36	115,37	24,86	935,80

REE-IC – klidový energetický výdej měřený nepřímou kalorimetrií, **REE-HB** – klidový energetický výdej určený predikční rovnicí Harris-Benedicta, **REE** – klidový energetický výdej jehož hodnota je poměr mezi REE-IC a REE-HB, **REE/kg** – klidový energetický výdej vztažený na tělesnou hmotnost, **REE-BSA** – klidový energetický výdej vztažený na tělesný povrch, **M** – medián, **P 0** – minimum, **P 25** – percentil 25, **P 75** – percentil 75, **P 100** – maximum

Tabulka 23 Klidový energetický výdej u kojících žen tři měsíce po porodu

ŽENA Č.	REE-IC	REE-HB	REE	REE/KG	REE/BSA
	[kcal/den]	[kcal/den]	[%]	[kcal/kg]	[kcal/m ²]
1	1354,14	1384,46	97,81	22,76	837,80
2	1401,93	1562,21	89,74	18,04	767,42
3	1487,20	1543,62	96,35	19,80	779,39
4	1194,32	1308,40	91,28	22,58	802,39
5	1394,23	1394,97	99,95	22,36	861,29
6	1258,12	1344,22	93,60	24,52	800,22
7	1593,83	1530,54	104,14	22,21	898,49
8	1366,77	1497,70	91,26	19,18	772,79
9	1537,43	1856,78	82,80	14,56	692,77
10	1608,50	1514,51	106,21	22,88	861,62
M	1398,08	1506,11	94,97	22,29	801,30
P 0	1194,32	1308,40	82,80	14,56	692,77
P 25	1373,64	1419,66	91,26	19,34	774,44
P 75	1524,87	1540,35	99,41	22,71	855,42
P 100	1608,50	1856,78	106,21	24,52	898,49

REE-IC – klidový energetický výdej měřený nepřímou kalorimetrií, **REE-HB** – klidový energetický výdej určený predikční rovnicí Harris-Benedicta, **REE** – klidový energetický výdej jehož hodnota je poměr mezi REE-IC a REE-HB, **REE/kg** – klidový energetický výdej vztažen na tělesnou hmotnost, **REE-BSA** – klidový energetický výdej vztažen na tělesný povrch, **M** – medián, **P 0** – minimum, **P 25** – percentil 25, **P 75** – percentil 75, **P 100** – maximum

Podle SK jsou zde určité zajímavé výsledky, které spolu souvisí. Například významné korelace byly mezi REE-IC a následujícími parametry: Délka trvání porodu v jednotkách hodin ($p = 5,8 \times 10^{-5}$), hmotnost dítěte po porodu ($p = 5,6 \times 10^{-3}$), výška dítěte po porodu ($p = 2,0 \times 10^{-6}$), změna hmotnosti při kojení ($p = 3,2 \times 10^{-7}$), rozdíl hmotnosti od ideální hmotnosti (viz tab. 6) dané ženy v laktaci ($p = 1,1 \times 10^{-7}$), hmotnost ($p = 4,3 \times 10^{-10}$) a tělesný povrch kojící ženy ($p = 3,0 \times 10^{-10}$). U všech těchto parametrů byla hodnota $r > 0$, což značí přímou závislost. U hmotnosti a REE/kg vyšla SK ($p = 1,5 \times 10^{-6}$; $r = -0,68$).

Tabulka 24 Klidový energetický výdej u kojících žen šest měsíců po porodu

ŽENA Č.	REE-IC	REE-HB	REE	REE/KG	REE/BSA
	[kcal/den]	[kcal/den]	[%]	[kcal/kg]	[kcal/m ²]
1	1390,16	1362,47	102,03	24,30	874,62
2	1520,61	1524,55	99,74	20,48	848,61
3	1229,59	1518,86	80,96	16,84	652,20
4	1108,42	1308,87	84,69	20,93	744,38
5	1260,77	1367,23	92,21	21,21	794,77
6	1177,35	1307,03	90,08	24,58	770,99
7	1701,86	1525,76	111,54	23,89	962,25
8	1413,41	1489,58	94,89	20,08	803,24
9	1772,70	1889,29	93,83	16,26	788,10
10	1583,39	1500,65	105,51	23,00	855,72
M	1401,78	1495,11	94,36	21,07	799,00
P 0	1108,42	1307,03	80,96	16,26	652,20
P 25	1237,39	1395,28	90,61	20,18	775,27
P 75	1567,70	1523,12	101,46	23,66	853,94
P 100	1772,70	1889,29	111,54	24,58	962,25

REE-IC – klidový energetický výdej měřený nepřímou kalorimetrií, **REE-HB** – klidový energetický výdej určený predikční rovnicí Harris-Benedicta, **REE** – klidový energetický výdej jehož hodnota je poměr mezi REE-IC a REE-HB, **REE/kg** – klidový energetický výdej vztažen na tělesnou hmotnost, **REE-BSA** – klidový energetický výdej vztažen na tělesný povrch, **M** – medián, **P 0** – minimum, **P 25** – percentil 25, **P 75** – percentil 75, **P 100** – maximum

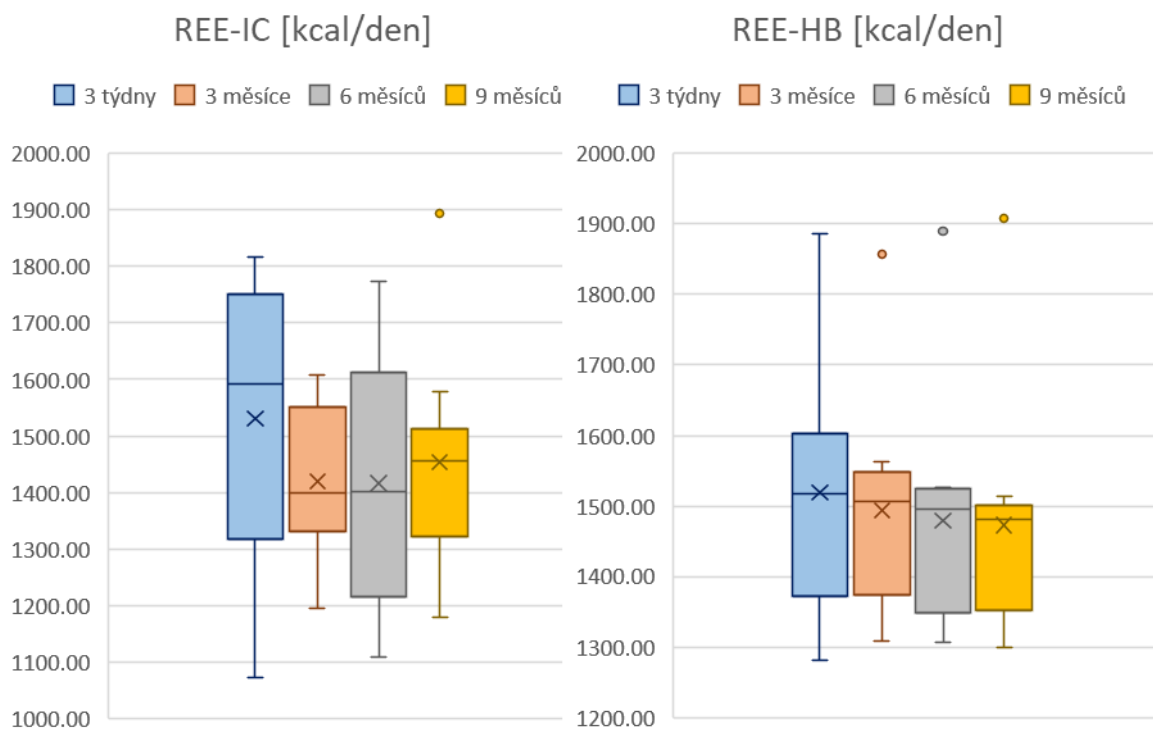
Tabulka 25 Klidový energetický výdej u kojících žen devět měsíců po porodu

ŽENA Č.	REE-IC	REE-HB	REE	REE/KG	REE/BSA
	[kcal/den]	[kcal/den]	[%]	[kcal/kg]	[kcal/m ²]
1	1327,26	1365,33	97,21	23,08	833,19
2	1433,67	1482,94	96,68	20,51	820,89
3	1477,66	1496,38	98,75	20,92	794,75
4	1179,76	1311,74	89,94	22,16	790,39
5	1366,33	1384,08	98,72	22,14	847,82
6	1308,29	1299,37	100,69	27,78	862,89
7	1577,46	1479,48	106,62	23,58	916,11
8	1476,39	1514,44	97,49	20,22	826,20
9	1892,40	1907,46	99,21	17,06	835,16
10	1491,72	1492,62	99,94	21,78	807,93
M	1455,03	1481,21	98,73	21,96	829,70
P 0	1179,76	1299,37	89,94	17,06	790,39
P 25	1383,16	1406,40	97,75	20,61	811,17
P 75	1488,20	1495,44	99,76	22,85	844,65
P 100	1892,40	1907,46	106,62	27,78	916,11

REE-IC – klidový energetický výdej měřený nepřímou kalorimetrií, **REE-HB** – klidový energetický výdej určený predikční rovnicí Harris-Benedicta, **REE** – klidový energetický výdej jehož hodnota je poměr mezi REE-IC a REE-HB, **REE/kg** – klidový energetický výdej vztažen na tělesnou hmotnost, **REE-BSA** – klidový energetický výdej vztažen na tělesný povrch, **M** – medián, **P 0** – minimum, **P 25** – percentil 25, **P 75** – percentil 75, **P 100** – maximum

Významnou souvislost podle FT mají pouze změny hodnot dle rovnice H-B v jednotlivých obdobích ($p = 0,045$), což je dáno podstatou predikční rovnice. Při grafickém znázornění vidíme na grafu 6 rozdílné tendence změny hodnot v daných obdobích. Tento graf také naznačuje, že H-B rovnice nezohledňuje fyziologickou změnu výdeje energie při laktaci. U hodnot měřených IC byl velký propad REE v období 3. měsíce a trval i v 6 měsících. V 9. měsíci hodnota opět stoupla. Stejný vývoj byl u REE vyjádřeného na povrch těla kojící ženy a v procentuálním pojetí REE hodnot. U REE vztaženého na hmotnost ženy byla hodnota mediánu maximální v období 3 měsíců po porodu, minimální pak v 6. měsíci po porodu. U REE predikovaného H-B rovnicí dochází k mírnému lineárnímu poklesu hodnot mediánů.

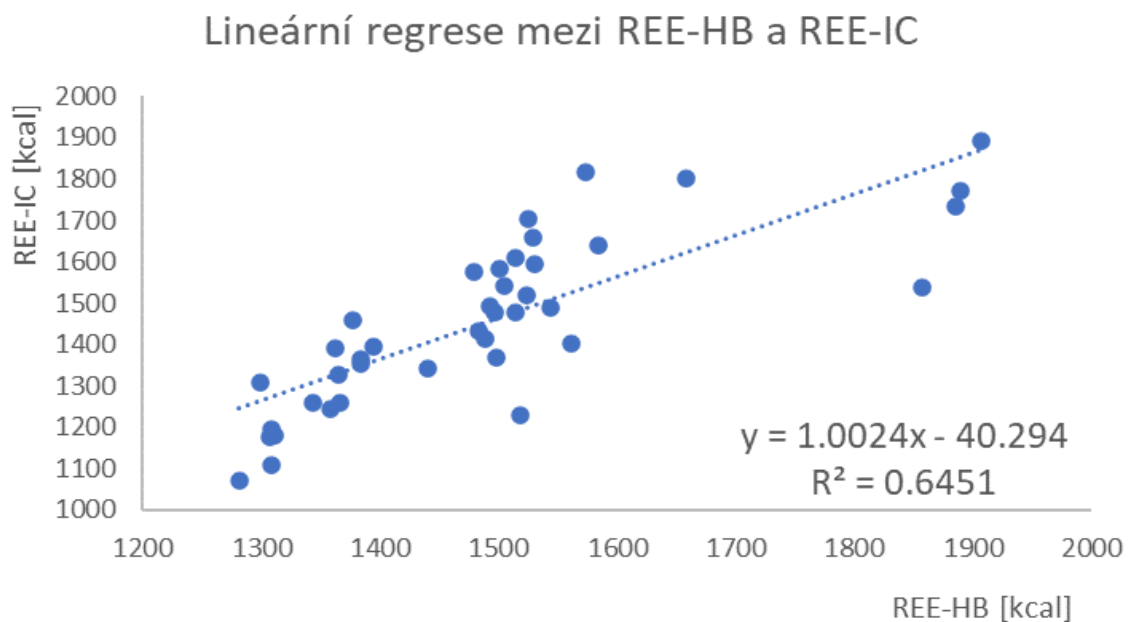
Graf 6 Porovnání změny hodnot klidového energetického výdeje v čase po porodu měřeného různými metodami



REE-IC – klidový energetický výdej měřený nepřímou kalorimetrií, **REE-HB** – klidový energetický výdej určený predikční rovnicí Harris-Benedicta

Pro přesnější zjištění souvislosti těchto dvou metod pro určení REE byl zvolen M-W test, kde musí být hodnota $p < 0,05$ pro prokázání nahraditelnosti jednotlivých metod bez změny ve výsledku. U srovnání metod v jednotlivých obdobích měření nám hodnota p vyšla v řádu desetin. Kvůli odlišnosti výsledků jednotlivých metod byla vytvořena lineární regrese (graf 7) umožňující přepočet jedné a druhé hodnoty. Tato rovnice může sloužit pro potřebu určení energetického výdeje kojících žen pro ty případy, kdy nelze použít IC.

Graf 7 lineární regrese mezi REE-HB a REE-IC



REE-IC – klidový energetický výdej měřený nepřímou, **REE-HB** – klidový energetický výdej určený predikční rovnicí Harris-Benedicta

5. DISKUSE

Studie měla za cíl zhodnotit změny klidového energetického výdeje žen v laktaci, a to konkrétně v období od tří týdnů do devíti měsíců po porodu, případně zjistit souvislosti s vybranými parametry. Ve studii bylo zahrnuto 10 žen mezi 24 a 33 lety s normální hodnotou BMI $24,90 \pm 0,84 \text{ kg/m}^2$. Mediány REE měřené IC metodou v této práci vyšly v období 3 týdny po porodu 1591,86 kcal/den, 3 měsíce 1398,08 kcal/den, 6 měsíců 1401,78 kcal/den a 9 měsíců po porodu 1455,03 kcal/den. Po třech týdnech docházelo k propadu hodnot a snížení REE, v devíti měsících se REE mírně zvýšily. Vysoká hodnota na začátku kojení může být jednak z důvodu energeticky náročné počáteční fáze tvorby mléka, ale také přechodná fáze, kdy se tělo po porodu hojí a dochází k regeneračním změnám.

Při porovnání hodnot REE-IC s hodnotami predikovanými rovnicí H-B byl procentuální rozdíl mediánů v jednotlivých obdobích následující. Ve 3 týdnech po porodu byla hodnota REE-IC o 3 % vyšší než predikovaná, ve 3 měsících však hodnota byla naopak o 5 % nižší než H-B. V 6 měsících byla naměřená hodnota také nižší o 5,4 % a v posledním období, tedy 9. měsíc po porodu, byla hodnota nižší, ale lišila se o pouhé 1,3 % a vrací se tedy pomalu do normálu. K podobným výsledkům došly i studie **Bzikowska-Jura et al. 2020** a **Pereira et al. 2019**, kdy druhá zmíněná tvrdí, že H-B rovnice vyšla ve srovnání jako nejlepší pouze v 9. měsíci.

Pokud budou porovnávána konkrétní čísla jednotlivých období se studiemi, nejbližší se ve 3 týdnech nachází hodnota $1515,0 \pm 68,4 \text{ kcal/den}$ ve studii z roku 2020 (**Bzikowska-Jura et al. 2020**). Dále v tomto období nemáme další studie ke srovnání. Ve 3 i 6 měsících je nejbližší hodnota ze studie **Butte et al. 1997**, a to $1396,0 \pm 86,0 \text{ kcal/den}$ a $1418,7 \pm 100,6 \text{ kcal/den}$. V obou případech je zde vidět nesignifikantní nepatrné zvýšení hodnoty REE o podobný rozdíl. V této publikaci byly zkoumány skupiny s rozlišným BMI a tyto dvě hodnoty odpovídají skupině s vyšším BMI. Při bližším pohledu na BMI by hodnoty v této práci spadaly do skupiny s vyšším BMI ve zmíněné studii, jak se dalo očekávat. Tato studie však uvádí, že při přepočítání hodnoty BMR na hmotnost či netučnou hmotu se hodnoty BMR mezi dvěma skupinami nelišily. Bohužel nebyly tyto konkrétní hodnoty uvedeny.

V 9 měsících se nejvíce přiblížil **Melzer et al. 2009** s hodnotou $1455,5 \pm 161,6$ kcal/den, opět se bohužel jednalo o jediné poporodní měření, tudíž nelze sledovat stoupající či klesající tendence.

Nejvíce dat ve studiích bylo nasbíráno v období okolo 3 a 6 měsíců. Z 12 hodnot bylo 9 nižších než hodnota naměřená v této práci a 3 vyšší v období 3 měsíců. Tři nejnižší výsledky pochází ze studií měřených v Mexiku, Indii a Filipínách (průměrně $1239,5 \pm 20,4$ kcal/den). V Mexiku a Filipínách je ve studii uveden nižší socioekonomický status žen, které jsou z venkova, což by mohlo být jedním z důležitých faktorů. Dalším podstatným faktorem by mohlo být podnebí. U všech tří míst se jedná o tropické oblasti, u zbylých studií se jedná o subtropy. Je známo, že teplota má vliv na metabolismus. Do jaké míry má však vliv na REE z dlouhodobého hlediska, se neví. U 6 měsíců to bylo obdobně. Ze 7 hodnot byly 4 nižší a 2 vyšší.

Co se týká pohybu hodnot mezi jednotlivými obdobími, stejnou tendenci propadu hodnot mezi 3 týdny a 3 měsíci měla studie **Goldberg et al. 1991** ($1407,0 \pm 111,6$ kcal/den a $1345,6 \pm 69,3$ kcal/den). Rozdíl však není tak velký, což by mohlo být dáno měřením až ve 4. týdnu po porodu. V tomto období dochází k poklesu metabolismu, ale jak rychlý a prudký pokles REE nastává, je těžké generalizovat. Jediná další studie, která prováděla měření v obou těchto obdobích, byla publikace **Guillermo-Tuazon et al. 1992**, ve které byl rozdíl hodnot minimální. Mezi 3 a 6 měsíci v podstatě k téměř žádné změně hodnot nedochází. Tři studie ukazovaly mírně klesající tendenci s průměrným rozdílem $44,1$ kcal/den, dvě stoupající s průměrným rozdílem $23,3$ kcal/den a mezi dalšími dvěma studii nebyl téměř žádný rozdíl ($11,1$ kcal/den). Průměrný rozdíl vyhodnocený v této práci je pouze $3,7$ kcal/den. K porovnání změny posledního období jsou k dispozici pouze dvě studie a obě ukazují podobný nárůst hodnot REE jako tato práce (**Dufour et al. 2002** a **Guillermo-Tuazon et al. 1992**).

Ve studii **Butte et al. 1999** jsou uvedeny také hodnoty RQ, VO_2 a VCO_2 z měření ve 3 a 6 měsíci po porodu. Hodnoty u VO_2 jsou $0,20$ a $0,20$ l/min, VCO_2 $0,16$ a $0,16$ l/min a RQ je $0,80$ a $0,79$. Naměřené výsledky v této studii jsou podobné a také zůstávají v těchto obdobích téměř neměnné (u VO_2 $0,21$ a $0,21$ l/min, VCO_2 $0,15$ a $0,15$ l/min a RQ je $0,71$ a $0,74$). Rozdíl v RQ poukazuje na výhradní metabolismus lipidů v této studii. Zvýšené RQ může být dáno mimo jiné nadměrným

příjmem sacharidů, ačkoliv ženy podstupovaly noční lačnění před měřením. Příčina také může být v různém životním stylu a výživě.

Studie **Piers et al. 1995** dává k dispozici výsledky měření hodnot oxidace sacharidů, lipidů a proteinů v období 12 a 24 týdnů po porodu. Nejvyšší je oxidace sacharidů v obou obdobích (129,89 g/den a 121,25 g/den). Hodnota oxidace sacharidů naměřená v této práci je 29,99 g/den a 45 g/den a tento substrát je ze všech substrátů oxidován nejméně. Nejvyšší hodnoty v této práci vyšly u oxidace lipidů (103,15 a 91,96 l/min). Při porovnání procentuálního zastoupení oxidace jednotlivých substrátů v gramech na den je to v této práci ve 3 měsících 15 % sacharidů, 51,5 % lipidů a 33,5 % proteinů. V uvedené studii je to ve stejném pořadí 56,5 %, 24 % a 19,5 %. Ve 24 týdnech je to potom obdobně: 20 %, 40 % a 40 % v této práci vs. studie s hodnotami 55 % 24 % a 21 %.

Ve studii **Guillermo-Tuazon et al. 1992** se objevily hodnoty REE/kg, které jsou ve všech měřených obdobích konzistentní ($26,92 \pm 0,34$ kcal/kg). Stejně vyjádřený parametr byl i ve studii **Melzer et al. 2009**, kdy RMR/kg po porodu byla 23,9 kcal/kg, měření proběhlo po porodu však pouze jednou. V této studii jsou hodnoty REE/kg nižší ($21,8 \pm 0,36$ kcal/kg), ale také velmi jednotné ve sledovaných obdobích. Tento výsledek je zajímavý, protože u parametrů hmotnosti a REE/kg vyšla SK ($p = 1,5 \times 10^{-6}$; $r = -0,68$), což by nebylo špatné dále prozkoumat, protože by se nejspíš dala odvodit rovnice, kdy by si žena mohla z BMR před otěhotněním vypočítat hodnotu pro energetickou potřebu při kojení.

Nakonec jsou uvedeny další zajímavé korelace, které se objevily v této práci. Souvislost se potvrdila díky SK třeba u MM a RQ ($p = 0,02$), délka gravidity a RQ $p = 0,05$, pro VCO_2 je $p = 5,6 \times 10^{-5}$ a VO_2 $p = 1,0 \times 10^{-5}$. U oxidace proteinů byla korelace s délkou gravidity (v týdnech) vyšla v [g/den] i [kcal/den] $p = 0,001$ a [%] $p = 0,03$ s přímou závislostí a s výškou [g/den] i [kcal/den] $p = 0,034$ a hmotností [g/den] i [kcal/den] $p = 0,003$ narozeného dítěte. Další významné korelace byly mezi REE-IC a parametry: Délka trvání porodu v hodinách ($p = 5,8 \times 10^{-5}$), hmotnost ($p = 5,6 \times 10^{-3}$) a výška dítěte po porodu ($p = 2,0 \times 10^{-6}$), změna hmotnosti matky při kojení ($p = 3,2 \times 10^{-7}$), rozdíl hmotnosti od ideální hmotnosti (viz tab. 6) dané ženy v laktaci ($p = 1,1 \times 10^{-7}$), hmotnost ($p = 4,3 \times 10^{-10}$) a tělesný povrch kojící ženy

($p = 3,0 \times 10^{-10}$). Nalezené korelace ukazují těsnou souvislost mezi stavbou těla u ženy a REE, tzn. vztahy které po verifikaci mohou být použity k predikci REE v době laktace.

Za limitaci v této práci lze považovat množství zahrnutých žen, což je dáno možnostmi délky asistence autorky práce na výzkumu, která může limitovat interpretaci výsledků. Je to i jedním z důvodů, proč tato práce navazuje na předchozí diplomovou práci „Klidový energetický výdej v průběhu laktace“ Michala Klečky, neboť je součástí longitudinální studie výzkumné skupiny „Klinické fyziologie výživy a metabolismu“ na Farmaceutické fakultě UK. Kontrolní skupina zdravých netěhotných žen nebyla realizována, vzhledem k možnosti relativně přesné predikce REE pomocí H-B rovnice, což bylo v minulosti v této výzkumné skupině prokázáno.

6. ZÁVĚR

Ve studii byla hodnocena změna klidového energetického výdeje pomocí metody IC u deseti kojících žen s normální hodnotou BMI od tří týdnů do devíti měsíců po porodu. Zjištěno bylo také mnoho korelací uvedených na konci závěru.

Hodnoty REE vyšly ve škále v porovnání se světovými studiemi nepatrně vyšší, a tendence hodnot byla od tří týdnů klesající, poté od 3 do 6 měsíců zůstala téměř stejná, a nakonec se zvýšila o čtvrtinu hodnoty propadu prvního období v 9 měsících. Pro zasazení těchto dat do kontextu světového měřítka nebyly nalezeny studie s podobným cílem a u částečných srovnání se výsledky studií různí. Výsledky REE se liší od hodnot predikovaných H-B rovnicí v 3 týdnů o 3 % a je vyšší. V 3 a 6 měsících je nižší o 5 % a 5,4 % a v 9 měsících je nižší pouze o 1,3 %, což nastiňuje návrat k normálním hodnotám metabolismu.

U hodnot RQ, VCO_2 , VO_2 se ukázaly výsledky podobné jako ve světě. V porovnání oxidace substrátů se objevily naprosto odlišné výsledky. U studie z roku 1995 převažovalo spalování sacharidů ve sledovaných obdobích a nejnižší byla oxidace proteinů. V této studii bylo naopak jednoznačně dominantní spalování lipidů a nejnižší byla oxidace sacharidů.

U parametru REE na kilogram hmotnosti těla ženy byly výsledky konzistentní skrz jednotlivá období, což se shoduje s ostatními studiemi. Vyšla zde i nepřímá korelace s hmotností, což mohlo být využito po verifikaci k predikci REE v době laktace.

Nakonec jsou uvedeny zajímavé korelace, které by stály za bližší zkoumání. Souvislost se potvrdila díky SK například u hmotnosti a REE/kg, MM a RQ, délka gravidity a RQ, VCO_2 , VO_2 . U oxidace proteinů byla korelace s délkou gravidity (v týdnech), dále s výškou a hmotností narozeného dítěte.

Další významné korelace byly mezi REE-IC a parametry: délka trvání porodu v hodinách, hmotnost a výška dítěte po porodu, změna hmotnosti matky při kojení, rozdíl hmotnosti od ideální hmotnosti dané ženy v laktaci, hmotnost a tělesný povrch kojící ženy.

7. POUŽITÉ ZKRATKY

Zkratka	Význam	Český překlad
A	Age	Věk; roky
AEE	Activity energy expenditure	Aktuální energetický výdej
AF	Activity factor	Faktor aktivity
ATP	Adenosine triphosphate	Adenosintrifosfát
BCM	Body cell mass	Intracelulární hmota
BEE	Basal Energy Expenditure	Bazální energetický výdej
BIA	Bioelectrical impedance analysis	Bioimpedanční analýza
BMI	Body mass index	Index tělesné hmotnosti
BMR	Basal metabolic rate	Bazální metabolismus
BSA	Body surface area	Plocha tělesného povrchu
CHO	Carbohydrates	Sacharidy
COV	Coefficient of variation	Variační koeficient
EE	Energy expenditure	Extracelulární hmota
FAT	Fats, lipids	Lipidy
FFM	Fat free mass	Tuku prostá tkáň
FT	Friedman test	Friedmanův test
H-B	Harris-Benedict	
IC	Indirect calorimetry	Nepřímá kalorimetrie
IF	Injury factor	Faktor poškození
IJR	Ireton-Jones equation	Rovnice Ireton-Jonesové
MM		Mateřské mléko
M-W	Mann-Whitney U-test	Mann-Whitneyho test
NRQ	Non-protein respiratory	Nebílkovinný respirační Kvocient

PRO	Proteins	Proteiny, bílkoviny
pREE	Predicted resting energy expenditure	Předpokládaný klidový energetický výdej
REE	Resting energy expenditure	Klidový energetický výdej
RQ	Respiratory quotient	Respirační kvocient
SK	Spearman correlation	Spearmanova korelace
SS	Steady state	Ustálený stav
TEE	Total energy expenditure	Celkový energetický výdej
TF	Thermic factor	Faktor teploty
UN	Urea nitrogen	Odpad dusíku v moči
VCO₂	Volume of exhaled carbon dioxide	Objem vydechaného oxidu uhličitého
VO₂	Volume of inhaled oxygen	Objem spotřebovaného kyslíku

8. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Podmínky pro měření nepřímé kalorimetrie.....	20
Tabulka 2 Faktory ovlivňující klidový energetický výdej (REE).....	21
Tabulka 3 Faktory použité při výpočtu aktuálního energetického výdeje.....	23
Tabulka 4 Důvody, které mohou odchýlit výsledky měření od normálu.....	24
Tabulka 5 Obvyklé hodnoty při měření nepřímé kalorimetrie.....	26
Tabulka 6 Souhrn výsledků kojících žen ze studie (Butte et al. 1999).....	34
Tabulka 7 Souhrn výsledků nekojících žen ze studie (Butte et al. 1999).....	34
Tabulka 8 Souhrn výsledků nekojících žen ze studie (Piers et al. 1995).....	36
Tabulka 9 Konstantní antropologické parametry vyšetřovaných kojících žen.....	40
Tabulka 10 Charakteristika antropometrických parametrů kojících žen tři týdny po porodu....	44
Tabulka 11 Charakteristika antropometrických parametrů kojících žen tři měsíce po porodu .	44
Tabulka 12 Charakteristika antropometrických parametrů kojících žen šest měsíců po porodu	45
Tabulka 13 Charakteristika antropometrických parametrů kojících žen devět měsíců po porodu	45
Tabulka 14 Množství plynů a jejich poměry měřené tři týdny po porodu u kojících žen	47
Tabulka 15 Množství plynů a jejich poměry měřené tři měsíce po porodu u kojících žen	48
Tabulka 16 Množství plynů a jejich poměry měřené šest měsíců po porodu u kojících žen	48
Tabulka 17 Množství plynů a jejich poměry měřené devět měsíců po porodu u kojících žen ...	49
Tabulka 18 Oxidace substrátů tři týdny po porodu u kojících žen.....	52
Tabulka 19 Oxidace substrátů tři měsíce po porodu u kojících žen.....	52
Tabulka 20 Oxidace substrátů šest měsíců po porodu u kojících žen.....	53
Tabulka 21 Oxidace substrátů devět měsíců po porodu u kojících žen.....	53
Tabulka 22 Klidový energetický výdej u kojících žen tři týdny po porodu.....	55
Tabulka 23 Klidový energetický výdej u kojících žen tři měsíce po porodu.....	55
Tabulka 24 Klidový energetický výdej u kojících žen šest měsíců po porodu.....	56
Tabulka 25 Klidový energetický výdej u kojících žen devět měsíců po porodu.....	58

9. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Jednotlivé podíly u celkového energetického výdeje pro průměrnou ženu a muže, 13	
Obrázek 2 Kanopa	18
Obrázek 3 Schéma principu nepřímé kalorimetrie	18
Obrázek 4 Body composition monitor InnerScan, BC-532,.....	41

10. SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Změna hmotnosti po porodu v jednotlivých obdobích.....	46
Graf 2 Přehled změny spotřeby kyslíku v jednotlivých obdobích	49
Graf 3 Přehled změny množství vydechovaného oxidu uhličitého v jednotlivých obdobích	50
Graf 4 Přehled změny respiračního kvocientu v jednotlivých obdobích	51
Graf 5 Vývoj oxidace jednotlivých substrátů v čase za použití hodnot mediánů.....	54
Graf 6 Porovnání změny hodnot klidového energetického výdeje v čase po porodu měřeného různými metodami	59
Graf 7 lineární regrese mezi REE-HB a REE-IC.....	60

11. POUŽITÁ LETERATURA

11.1 Zahraniční literatura

BUTTE, Nancy F., Lourdes BARBOSA, Salvador VILLALPANDO, William W. WONG a E. O. SMITH, 1997. Total energy expenditure and physical activity level of lactating Mesoamerindians. *Journal of Nutrition* [online]. **127**(2), 299–305. ISSN 00223166. Dostupné z: doi:10.1093/jn/127.2.299

BUTTE, Nancy F., Judy M. HOPKINSON, Nitesh MEHTA, Jon K. MOON a E. O. Brian SMITH, 1999. Adjustments in energy expenditure and substrate utilization during late pregnancy and lactation. *American Journal of Clinical Nutrition* [online]. **69**(2), 299–307. ISSN 00029165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/69.2.299

BUTTE, Nancy F., William W. WONG a Judy M. HOPKINSON, 2001. Energy requirements of lactating women derived from doubly labeled water and milk energy output. *Journal of Nutrition* [online]. **131**(1), 53–58. ISSN 00223166. Dostupné z: doi:10.1093/jn/131.1.53

BZIKOWSKA-JURA, Agnieszka, Adriana SZULIŃSKA a Dorota SZOSTAK-WĘGIEREK, 2020. Resting energy expenditure during breastfeeding: Body composition analysis vs. predictive equations based on anthropometric parameters. *Nutrients* [online]. **12**(5). ISSN 20726643. Dostupné z: doi:10.3390/nu12051274

DA ROCHA, Eduardo E. Moreira, Valéria Girard F. ALVES a Rosana Barcellos V. DA FONSECA, 2006. Indirect calorimetry: Methodology, instruments and clinical application. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care* [online]. **9**(3), 247–256. ISSN 13631950. Dostupné z: doi:10.1097/01.mco.0000222107.15548.f5

DE SOUSA, Taciana Maia, Tatiani Uceli MAIOLI, Ana Luiza Soares DOS SANTOS a Luana Caroline DOS SANTOS, 2017. Energy expenditure in the immediate postpartum period: Indirect calorimetry versus predictive equations. *Nutrition* [online]. **39–40**, 36–42. ISSN 18731244. Dostupné z: doi:10.1016/j.nut.2017.02.009

DUFOUR, D. L., J. C. REINA a G. B. SPURR, 2002. Energy intake and expenditure of free-living, lactating Colombian women in an urban setting. *European Journal of Clinical Nutrition* [online]. **56**(3), 205–213. ISSN 09543007. Dostupné z: doi:10.1038/sj.ejcn.1601302

EGLASH, Anne, Anne MONTGOMERY a Julie WOOD, 2008. Breastfeeding. *Disease-a-Month* [online]. **54**(6), 343–411. ISSN 00115029. Dostupné z: doi:10.1016/j.disamonth.2008.03.001

FAO, Joint a U N U Expert CONSULTATION, 2005. Human energy requirements: report of a joint FAO/ WHO/UNU Expert Consultation. *Food and nutrition bulletin*. **26**(1), 166. ISSN 03795721.

- FORSUM, E., N. KABIR, A. SADURSKIS a K. WESTERTERP, 1992. Total energy expenditure of healthy Swedish women during pregnancy and lactation. *American Journal of Clinical Nutrition* [online]. **56**(2), 334–342. ISSN 00029165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/56.2.334
- GOLDBERG, G. R., A. M. PRENTICE, W. A. COWARD, H. L. DAVIES, P. R. MURGATROYD, M. B. SAWYER, J. ASHFORD a A. E. BLACK, 1991. Longitudinal assessment of the components of energy balance in well-nourished lactating women. *American Journal of Clinical Nutrition* [online]. **54**(5), 788–798. ISSN 00029165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/54.5.788
- GUILLERMO-TUAZON, M. A., C. V.C. BARBA, J. M.A. VAN RAAIJ a J. G.A.J. HAUTVAST, 1992. Energy intake, energy expenditure, and body composition of poor rural Philippine women throughout the first 6 mo of lactation. *American Journal of Clinical Nutrition* [online]. **56**(5), 874–880. ISSN 00029165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/56.5.874
- GUNDERSON, Erica P., 2009. Childbearing and Obesity in Women: Weight Before, During, and After Pregnancy. *Obstetrics and Gynecology Clinics of North America* [online]. **36**(2), 317–332. ISSN 08898545. Dostupné z: doi:10.1016/j.ogc.2009.04.001
- GUPTA, Riddhi Das, Roshna RAMACHANDRAN, Padmanaban VENKATESAN, Shajith ANOOP, Mini JOSEPH a Nihal THOMAS, 2017. Indirect calorimetry: From bench to bedside. *Indian Journal of Endocrinology and Metabolism* [online]. **21**(4), 594–599. ISSN 22309500. Dostupné z: doi:10.4103/ijem.IJEM_484_16
- JOHNSTONE, A. M., K. A. RANCE, S. D. MURISON, J. S. DUNCAN a J. R. SPEAKMAN, 2006. Additional anthropometric measures may improve the predictability of basal metabolic rate in adult subjects. *European Journal of Clinical Nutrition* [online]. **60**(12), 1437–1444. ISSN 09543007. Dostupné z: doi:10.1038/sj.ejcn.1602477
- KENNY, Glen P., Sean R. NOTLEY a Daniel GAGNON, 2017. Direct calorimetry: a brief historical review of its use in the study of human metabolism and thermoregulation. *European Journal of Applied Physiology* [online]. **117**(9), 1765–1785. ISSN 14396319. Dostupné z: doi:10.1007/s00421-017-3670-5
- KOPP-HOOLIHAN, Lori E., Marta D. VAN LOAN, William W. WONG a Janet C. KING, 1999. Longitudinal assessment of energy balance in well-nourished, pregnant women. *American Journal of Clinical Nutrition* [online]. **69**(4), 697–704. ISSN 00029165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/69.4.697
- LAM, Yan Y. a Eric RAVUSSIN, 2016. Analysis of energy metabolism in humans: A review of methodologies. *Molecular Metabolism* [online]. **5**(11), 1057–1071. ISSN 22128778. Dostupné z: doi:10.1016/j.molmet.2016.09.005
- LEE, Sooyeon a Shannon L. KELLEHER, 2016. Biological underpinnings of breastfeeding challenges: The role of genetics, diet, and environment on lactation physiology. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism* [online]. **311**(2), E405–E422. ISSN 15221555. Dostupné z: doi:10.1152/ajpendo.00495.2015

MELZER, K., Y. SCHUTZ, M. BOULVAIN a B. KAYSER, 2009. Pregnancy-related changes in activity energy expenditure and resting metabolic rate in Switzerland. *European Journal of Clinical Nutrition* [online]. **63**(10), 1185–1191. ISSN 09543007. Dostupné z: doi:10.1038/ejcn.2009.49

MTAWEH, Haifa, Lori TUIRA, Alejandro A. FLOH a Christopher S. PARSHURAM, 2018. Indirect calorimetry: History, technology, and application. *Frontiers in Pediatrics* [online]. **6**(September), 1–8. ISSN 22962360. Dostupné z: doi:10.3389/fped.2018.00257

NEILSON, Heather K., Paula J. ROBSON, Christine M. FRIEDENREICH a Ilona CSIZMADI, 2008. Estimating activity energy expenditure: How valid are physical activity questionnaires? *American Journal of Clinical Nutrition* [online]. **87**(2), 279–291. ISSN 00029165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/87.2.279

PEREIRA, Leticia C.R., Sarah A. PURCELL, Sarah A. ELLIOTT, Linda J. MCCARGAR, Rhonda C. BELL, Paula J. ROBSON a Carla M. PRADO, 2019. The use of whole body calorimetry to compare measured versus predicted energy expenditure in postpartum women. *American Journal of Clinical Nutrition* [online]. **109**(3), 566–576. ISSN 19383207. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/nqy312

PIERS, Leonard S., Sumita N. DIGGAVI, Saral THANGAM, Joop M.A. VAN RAAIJ, Prakash S. SHETTY a Joseph G.A.J. HAUTVAST, 1995. Changes in energy expenditure, anthropometry, and energy intake during the course of pregnancy and lactation in well-nourished Indian women. *American Journal of Clinical Nutrition* [online]. **61**(3), 501–513. ISSN 00029165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/61.3.501

SPAAIJ, Caroline J.K., Joop M.A. VAN RAAIJ, Lisette C.P.G.M. DE GROOT, Lidwien J.M. VAN DER HEIJDEN, Harry A. BOEKHOLT a Joseph G.A.J. HAUTVAST, 1994. Effect of lactation on resting metabolic rate and on diet- and work-induced thermogenesis. *American Journal of Clinical Nutrition* [online]. **59**(1), 42–47. ISSN 00029165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/59.1.42

TRUCHET, Sandrine a Edith HONVO-HOUÉTO, 2017. Physiology of milk secretion. *Best Practice and Research: Clinical Endocrinology and Metabolism* [online]. **31**(4), 367–384. ISSN 15321908. Dostupné z: doi:10.1016/j.beem.2017.10.008

WESTENSKOW, Dwayne R., Constance A. SCHIPKE, Janice L. RAYMOND, Jeffrey R. SAFFLE, James M. BECKER, Elizabeth W. YOUNG a Christopher A. CUTLER, 1988. Calculation of Metabolic Expenditure and Substrate Utilization from Gas Exchange Measurements. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition* [online]. **12**(1), 20–24. ISSN 19412444. Dostupné z: doi:10.1177/014860718801200120

WESTERTERP, Klaas R., 2013. Physical activity and physical activity induced energy expenditure in humans: Measurement, determinants, and effects. *Frontiers in Physiology* [online]. **4 APR**(April), 1–11. ISSN 1664042X. Dostupné z: doi:10.3389/fphys.2013.00090

11.2 Česká literatura

MOUREK, Jindřich. *Fyziologie: učebnice pro studenty zdravotnických oborů*. 2., dopl. vyd. Praha: Grada, 2012. 82 s. Sestra (Grada). ISBN 978-80-247-3918-3

SVAČINA, Štěpán. *Klinická dietologie*. Praha: Grada, 2008. 47 s. ISBN 978-80-247-2256-4

ZADÁK, Zdeněk a Jaroslav KVĚTINA. *Metodologie předklinického a klinického výzkumu v metabolismu, výživě, imunologii a farmakologii*. Praha: Galén, c2011. 255-268 s. ISBN 978-80-7262-855-1

ZADÁK, Zdeněk. *Výživa v intenzivní péči*. 2., rozš. a aktualiz. vyd. Praha: Grada, 2008. 39-42 s. ISBN 978-80-247-7029-1.