

**UNIVERZITA KARLOVA
FARMACEUTICKÁ FAKULTA V HRADCI KRÁLOVÉ
KATEDRA BIOLOGICKÝCH A LÉKAŘSKÝCH VĚD**



DIPLOMOVÁ PRÁCE

KLIDOVÝ ENERGETICKÝ VÝDEJ V PRŮBĚHU LAKTACE

MICHAL KLEČKA

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

HRADEC KRÁLOVÉ, 2020

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval doc. PharmDr. Miloslavu Hronkovi, Ph.D. za jeho cenné rady, ochotu a trpělivost při vedení mé diplomové práce. Rovněž bych rád poděkoval Mgr. Simoně Najpaverové za odborné vedení při vyšetřování. V neposlední řadě bych poděkoval své ženě Dominice a celé rodině za obrovskou podporu v průběhu celého studia.

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

V Hradci Králové 4. 4. 2020

Michal Klečka

OBSAH

1. ABSTRAKT	5
2. ABSTRACT	6
3. ÚVOD	7
4. ZADÁNÍ – CÍL PRÁCE	8
5. TEORETICKÁ ČÁST	9
5.1 LAKTACE.....	9
5.2 ANTROPOMETRICKÉ HODNOTY.....	9
5.2.1 BMI.....	9
5.2.2 BSA.....	10
5.2.3 Kaliperace.....	10
5.2.4 FFM.....	10
5.2.5 Viscerální tuk.....	11
5.3 ENERGETICKÝ METABOLIZMUS.....	11
5.3.1 Energetický výdej.....	12
5.3.2 Bazální metabolismus.....	13
5.3.3 Klidový energetický výdej.....	15
5.4 KALORIMETRIE.....	17
5.4.1 Přímá kalorimetrie.....	17
5.4.2 Nepřímá kalorimetrie.....	17
5.4.3 Respirační kvocient.....	21
5.5 VÝPOČTY KLIDOVÉHO ENERGETICKÉHO VÝDEJE.....	23
5.5.1 Výpočty oxidací nutričních substrátů.....	24
5.6 STUDIE.....	26
5.6.1 Energetický výdej u kojících žen.....	26
5.6.2 Antropometrie.....	28
6. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	30
6.1 POPIS STUDIE.....	30
6.2 METODIKA.....	30
6.2.1 Nepřímá kalorimetrie.....	30
6.2.2 Měření obvodů, kožních řas, váhy, odsávání mateřského mléka.....	31
6.3 CHARAKTERISTIKA ŽEN V OBDOBÍ LAKTACE.....	32
6.4 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ.....	34
7. VÝSLEDKY	34
7.1 MĚŘENÁ MNOŽSTVÍ PLYNŮ A JEJICH POMĚR.....	34
7.2 OXIDACE SUBSTRÁTŮ.....	37
7.3 KLIDOVÝ ENERGETICKÝ VÝDEJ.....	41
7.4 KOŽNÍ ŘASY A OBVODY.....	44
7.5 KORELACE.....	50
8. DISKUZE	55
9. ZÁVĚR	58
10. POUŽITÉ ZKRATKY	59
11. SEZNAM TABULEK	61
12. SEZNAM OBRÁZKŮ	62
13. SEZNAM GRAFŮ	62
14. POUŽITÁ LITERATURA	63

1. ABSTRAKT

Cíl práce

Cílem diplomové práce bylo vyhodnotit klidový energetický výdej (REE – *resting energy expenditure*) a oxidaci nutričních substrátů (ONS – *oxidation of nutritional substrates*) u českých kojících žen a jejich vztah k naměřeným antropometrickým parametrům.

Metodika

K zhodnocení REE byla využita metoda nepřímé kalorimetrie, díky které byla následně vypočítána ONS. Zároveň byly kojícím ženám změřeny antropometrické parametry a zkoumala se společná závislost. Měření se opakovala celkem třikrát. První bylo v období tří týdnů po porodu, druhé pak tři měsíce po porodu a poslední šest měsíců po porodu.

Výsledky

U žen v období laktace byly naměřeny průměrné hodnoty REE tři týdny po porodu 1577 ± 193 kcal/den, ve třech měsících po porodu 1622 ± 140 kcal/den a v šesti měsících po porodu 1545 ± 180 kcal/den.

Signifikantní pozitivní korelační závislost byla prokázána mezi hodnotami REE a řasou nad tricepsem ($r = 0,98$; $P < 0,05$) a rovněž s obvodem hrudníku ($r = 0,99$; $P < 0,05$) v období tří týdnů po porodu.

Kojícím ženám byla u oxidace nutričních substrátů tři týdny po porodu naměřena hodnota oxidace lipidů 60 %, která se tři měsíce po porodu snížila na 46 % v důsledku prudkého nárůstu (z 8 % na 18 %) hodnot oxidace sacharidů. Tento nárůst by mohl odpovídat přednostnímu využití glukózy prsní žlázou.

Závěr

Studie prokázala korelace mezi REE, ONS a antropometrickými parametry. Také byly popsány různé mobilizace tukových zásob z období gravidity a jejich závislosti.

Klíčová slova: klidový energetický výdej, laktace

2. ABSTRACT

Background

The aim of diploma thesis was to evaluate resting energy expenditure (REE) and substrate oxidation in Czech lactating women and their relation to measured anthropometric parameters.

Methods

The indirect calorimetry was used to assess REE. Subsequently, the oxidation of substrates was calculated. At the same time were measured anthropometric parameters of breastfeeding women. Then the correlation was investigated. The total amount of examination were three times. First was in the time three weeks after birth, the second one was three months postpartum and the last was six months after birth.

Results

The mean values of REE in lactating women were 1577 ± 93 kcal/day in the time of three weeks after birth. Three months after birth it was 1622 ± 140 kcal/day. Six months after birth it was 1545 ± 80 kcal/day. Significant positive correlation was proved between REE and triceps skinfold thickness ($r = 0,98$; $P < 0,05$) and also chest circumference ($r = 0,99$; $P < 0,05$). Both were three weeks after birth.

Breastfeeding women had a value of lipid oxidation 60 % of substrate oxidation three weeks postpartum, which decreased to 46 % three months postpartum due to sharp increase (from 8 % to 18 %) of carbohydrate oxidation value. This increase could correspond to the preferential use of glucose by the mammary gland.

Conclusion

The study proved correlation between REE, substrate oxidation and anthropometric parameters. We also described various mobilization of fat stores from pregnancy and their relation.

Keywords: resting energy expenditure, lactation

3. ÚVOD

Z lidského reprodukčního života je laktace nejvíce energeticky náročná fáze. Navýšení energetických potřeb vzrůstá průměrně o 25 % oproti stavu mimo laktaci. Zvýšená potřeba energie může být pokryta díky zvýšení příjmu potravy, mobilizaci tukových tkání, snížení energetického výdeje nebo zvýšení metabolické účinnosti (Butte et al., 1997).

Ženy v období laktace prochází různými změnami, které se týkají hormonů, ale i energetických výdejů a řadou změn antropometrických parametrů. Tělo se připravuje na produkci mateřského mléka a dochází k využívání uložených tukových zásob z období těhotenství. O tom, zda antropometrické změny souvisí s klidovým energetickým výdejem u kojících žen a případně do jaké míry jsou závislé, neexistují v současné době v České republice data.

Metoda, která velmi přesně určí klidový energetický výdej a zároveň oxidaci substrátů, je velmi nákladná z hlediska přístrojového vybavení. Proto studií tohoto typu není mnoho. V ČR, vyjma našeho pracoviště, žádná. Jedná se o nepřímou kalorimetrii, která bývá označována jako zlatý standard pro změření energetického výdeje.

Bližší porozumění metabolismu kojících žen a jejich závislosti na antropometrických parametrech by mohlo v budoucnu znamenat přesnější odhad energetických výdejů u takto unikátní skupiny.

4. ZADÁNÍ – CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo vyhodnotit klidový energetický výdej a oxidaci nutričních substrátů u českých kojících žen a jejich vztah k naměřeným antropometrickým parametrům.

Naše diplomová práce se zabývala daty, která v České republice dosud neexistovala. Jednalo se tedy o prvotinu.

5. TEORETICKÁ ČÁST

5.1 Laktace

Období kojení je fáze, kdy začíná produkce mateřského mléka, které je vylučováno z prsních žláz. Toto období nastává po porodu jako reakce na dítě sající bradavku. Mléko poskytuje pasivní imunitu a perfektní výživu. V rámci kojení dochází k podstatnému zvýšení metabolismu u matky. Jsou spotřebovávány uložené zásoby z období těhotenství (Betts et al., 2013).

Řízení samotného procesu sekrece mléka souvisí s dvěma hormony: prolaktinem a oxytocinem. Prvně zmiňovaný hormon po porodu klesá na klidové hodnoty, které v těle matky byly již před otěhotněním, avšak na základě stimulace bradavek dochází k opakovanému nárůstu sekrece. Oxytocin způsobí kontrakce myoepiteliálních buněk, které vypudí mléko z alveolů mléčné žlázy (Kittnar et Miček, 2009).

Příjem energie kojících žen by měl být přibližně o 500 kcal/den za den vyšší, než u žen, které nejsou těhotné. Hodnota je odvozena od průměrného objemu mateřského mléka za den (780 ml) a zároveň od energetického obsahu mléka (67 kcal/100ml).

Během těhotenství většina žen uchovává ve tkáních zhruba dva až pět kilogramů zásob (zejména v tuku). V případě, že se dostanou do stavu, kdy nepřijímají odpovídající množství kalorií, přicházejí na řadu tělní zásoby.

Běžně se stává, že po prvním poporodním měsíci žena sníží váhu o 0,5 až 1 kilogram (Kominiarek et Rajan, 2016).

5.2 Antropometrické hodnoty

5.2.1 BMI

Index tělesné hmotnosti (BMI – *body mass index*) je jedním ze základních a hojně využívaných údajů, který se definuje jako poměr hmotnosti a druhé mocniny výšky. Jednotkou je kg/m² (Jabor, 2008).

BMI je pro predikci množství viscerálního (v břišní dutině, který obklopuje vnitřní orgány) tuku špatným ukazatelem.

Ideální zvýšení tělesné hmotnosti během těhotenství záleží na počáteční hmotnosti. U obézních (BMI > 26) by měl být přírůstek o 7 až 11,5 kg vyšší. Ženám s BMI < 19,8 se doporučuje zvýšit hmotnost o 12,5 až 18 kg. Pro střední skupinu, co se týká hodnot indexu, je vhodné navýšit hmotnost o 11,5 až 16 kg (Kasper, 2015).

5.2.2 BSA

Plocha tělesného povrchu (BSA – *body surface area*) má využití ve vícero oborech. Například při korigování renálních funkcí, dávkování léčiv nebo řízení nutriční podpory. Jde však pouze o odhad. Nejvíce se rozšířila rovnice D. Du Boise a E. F. Du Boise pocházející z roku 1916. Ta ale byla paradoxně pořízena na minimálním množství účastníků (Jabor, 2008).

$$BSA [m^2] = 0,007184 \cdot \text{hmotnost}^{0,425} \cdot \text{výška}^{0,725}$$

Kde je **BSA** – *body surface area*; plocha tělesného povrchu [m^2]

Průměrná hodnota tělesného povrchu dospělé osoby je přibližně 1,7 m² (Leifer, 2004).

5.2.3 Kaliperace

Jedná se o metodu, kterou jsme schopni stanovit množství podkožního tuku (ten totiž odráží celkové množství tuku). Základem je měření tloušťky jedné či několika kožních řas na exaktně daných místech na těle, kde se podkožní tuk shromažďuje více. Jde tedy o rychlou a jednoduchou metodu, která ale může vykazovat subjektivní chyby (záleží na měřeném místě, úchopu kožní řasy atd.). Vyšší hodnoty tlouštěk kožních řas bývají doprovázeny vyššími hodnotami sérového cholesterolu, TAG (triacylglycerolů) a krevního tlaku. Nicméně velmi nízké hodnoty kožních řas souvisejí se zvýšeným rizikem respiračního onemocnění (Hronek, 2013).

5.2.4 FFM

Tukuprostou tkáň (FFM – *fat free mass*) tvoří 60 % svalstva, 25 % opěrné a pojivové tkáně a 15 % vnitřních orgánů. FFM se skládá z intracelulární hmoty (BCM – *body cell mass*) a extracelulární hmoty (ECM – *extracellular mass*). Obsahuje též 72 % až 74 % vody (Pastucha, 2014).

Hodnotu FFM zjistíme pomocí duální rentgenové absorpciometrie (DEXA) nebo díky celkovému množství tělního draslíku (Gropper et al., 2004).

Dále zjišťujeme elektrický odpor těla pomocí analýzy bioelektrické impedance (BIA – *bioelectrical impedance analysis*), která zachycuje tělesný tuk. Poté lze odlišit netukovou tělesnou hmotu (Kasper, 2015).

Existuje studie, která tvrdí, že celodenní energetický výdej je primárně určen individuální velikostí netučné hmoty (Ravussin et al., 1986).

5.2.5 Viscerální tuk

Viscerální (útrobní) tuk lze označit jako tuk orgánový, který je lokalizován na peritoneu a mezi břišními orgány. Vyznačuje se vyšší metabolickou aktivitou než tuk podkožní. Obecný usus je, že nadbytek androgenů u žen je spojen s kumulací viscerálního tuku. U mužů tento vztah není tak silně vyjádřen (Vokurka, 2018).

Ke stanovení intraabdominálního tuku se uplatňuje počítačová tomografie (CT – *computed tomography*) (Kasper, 2015).

Fyziologické hodnoty shrnuje Tabulka 1.

Tabulka 1. Procentuální vyjádření fyziologických hodnot viscerálního tuku

Kategorie	Normální hodnota [%]	Nadbytek [%]
Viscerální tuk	1–12	>12

Zdroj: Hronek, 2013

5.3 Energetický metabolismus

Lidské tělo považujeme za otevřený systém, který se nachází ve stabilním stavu. Dochází k neustálé výměně mezi příjmem a výdejem energie. Potrava zajišťuje zdroj energie a to díky chemickým vazbám živin. Přijatá energie je posléze využita pro tvorbu tepla, práce, elektrické energie a jiných chemických vazeb.

Klíčová je rovnováha mezi příjmem a výdejem. Například při nárůstu výdeje dochází k poklesu tělesné hmotnosti. V druhém případě může následovat stav obezity (Hronek, 2013).

5.3.1 Energetický výdej

Celkový energetický výdej (TEE – *total energy expenditure*) je energetická potřeba lidského těla, která se rovná součtu bazálního energetického výdeje, fyzické aktivity a termického efektu z přijímané potravy. Při nemoci se zvedá energetický nárok v závislosti na tíži choroby (Svačina, 2008).

Energetické požadavky žen v období laktace jsou odvozeny od míry produkce mateřského mléka, energetické hodnoty tekutiny a zároveň od energie mobilizované z tkání (Butte et King, 2005).

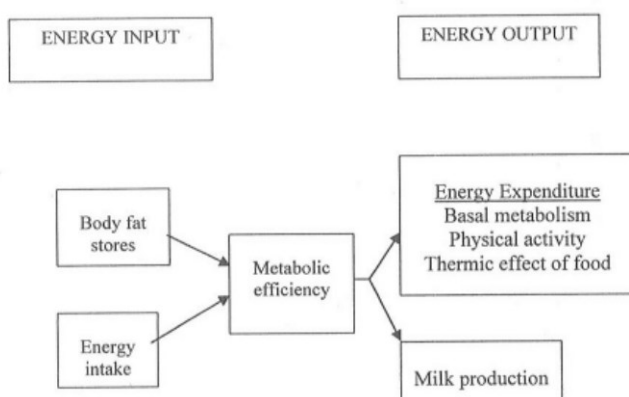
Kojení je v zásadě radikální energetický výdej. Dokonce se jedná o nesrovnatelně vyšší zátěž než sport (Svačina et Bretšnajdrová, 2008).

V Obrázku 1. je znázorněna energetická potřeba (energy input) a energetická spotřeba (energy output). Levá polovina popisuje způsoby, kterými tělo získá energii (tukové tělní zásoby, příjem ve stravě). Pravá polovina naopak udává energetický výdej v podobě bazálního metabolismu, fyzické aktivity, termického efektu potravy a produkce mateřského mléka.

V situaci, kdy naroste potřeba energii vydávat (output), například kvůli tvorbě mléka, může po několika dnech nastat nerovnováha. Možností je buď navýšit příjem potravy nebo využít tělesný tuk z doby těhotenství. Třetí variantou je snížit fyzickou aktivitu.

Druhá možnost se na první pohled zdá být nebezpečná u podvyživených žen nebo žen s nízkým příjmem potravy. Ukazuje se však, že i tyto matky uložily v graviditě dostačující množství tuku (Lederman, 2004).

Obrázek 1. Komponenty energetické rovnováhy kojící ženy



Zdroj: Lederman, 2004 (převzato)

5.3.1.1 Výpočet energetického výdeje

Výsledného energetického výdeje dosáhneme při součtu hodnot bazálního metabolismu, termického efektu potravy, termoregulace a práce.

$$EE [kJ; kcal] = BMR + TEF + TERMOREGULACE + PRÁCE$$

Kde je **EE** – energy expenditure; energetický výdej [kJ; kcal], **BMR** – basal metabolic rate; bazální metabolismus [kcal/den], **TEF** – thermic effect of food; termický efekt potravy

U osob, které žijí sedavým způsobem života, je BMR (*basal metabolic rate; bazální metabolismus*) kolem 60 %, TEF (*thermic effect of food; termický efekt potravy*) 10 %, termoregulace zaujímá taktéž 10 % a fyzická aktivita 20 % z celkového denního energetického výdeje (Holeček, 2006).

5.3.2 Bazální metabolismus

Definovat BMR můžeme jako základní nebo minimální energetickou přeměnu, která je potřeba pro řádné pokrytí vitálních funkcí. Hovoříme tedy o stavu neutrální teploty, tělesného a duševního klidu, stavu nalačno a samozřejmě bdělém stavu. Dalšími parametry, které zahrnujeme do měření jsou věk, pohlaví, hmotnost a tělesná výška. Na naměřených hodnotách se samozřejmě projeví veškeré aktivity včetně duševní (Mourek, 2012).

Záleží také na tělesné teplotě, stavu výživy, klimatických podmínkách, genetické predispozici a rovněž těhotenství či menstruaci.

Prakticky je velmi obtížné splnit veškeré okolnosti pro vlastní měření bazálního metabolismu. Z toho důvodu se využívá klidový energetický výdej neboli výdej měřený v klidu a nejméně dvě hodiny po jídle. Hodnoty jsou asi o 10 % vyšší než souhlasné hodnoty bazálního metabolismu (Hronek, 2013).

Ostatní faktory popisuje Tabulka 2.

Tabulka 2. Faktory ovlivňující hodnotu bazálního metabolismu

Faktory	Manifestace
Tělesný povrch	Čím vyšší, tím vyšší BMR
Genetické faktory	Především ovlivněn geny pro dopamin D2, UCP2, UCP3, α 2-adrenoreceptor a melanokortinový receptor; osoby s vrozeně sníženou aktivitou sympatiku mají nižší BMR (navíc mají zvýšenou tělesnou hmotnost)
Věk	U dětí je BMR (vztažený na jednotku tělesné hmotnosti i povrchu těla) větší; ve stáří BMR klesá
Pohlaví	Ženy mají BMR nižší zhruba o 10 %
Klima	Osoby přebývající v teplých krajinách mají nižší BMR
Tělesná teplota	Zvýšení tělesné teploty o 1° C zvýší BMR až o 14 %
Humorální vlivy	Tyreoidální hormony, katecholaminy a cytokiny zvýší BMR
Stav výživy	Dlouhodobé hladovění a podvýživa sníží BMR
Těhotenství a menstruace	Zvýší BMR

Vysvětlivky: **BMR** – basal metabolic rate; bazální metabolismus, **UCP** – uncoupling protein; odpřahující protein – mitochondriální bílkovina

Zdroj: Holeček, 2006 (přepřacováno z textu do tabulky)

5.3.2.1 Stanovení bazálního metabolismu

Pro odhad bazálního metabolismu bylo představeno velké množství predikčních rovnic (Faustova, Cunninghamova, Wangova, Schofieldova, Mifflinova a další).

Nejpoužívanější rovnice, která se uplatňuje stále v praxi, je z roku 1919. Jedná se o predikci podle J. A. Harrise a F. G. Benedicta (rovnice Harris-Benedicta), jež využívá základní antropometrické údaje (Hronek, 2013).

Muži:

$$\text{BM [kcal/den]} = 66,5 + 13,8 \cdot \text{hmotnost [kg]} + 5,0 \cdot \text{výška [cm]} - 6,8 \cdot \text{věk [roky]}$$

Ženy:

$$\text{BM [kcal/den]} = 655 + 9,6 \cdot \text{hmotnost [kg]} + 1,8 \cdot \text{výška [cm]} - 4,7 \cdot \text{věk [roky]}$$

Výpočet je jen orientační a zejména u obézních nemusí platit. Podobná situace je i u těhotných a kojících žen.

Z těchto důvodů (faktorů), které ovlivňují BMR, se v klinické praxi zavedl termín aktuální energetický výdej (AEE – *actual energy expenditure*). V rámci výpočtu se zahrnují faktory, které přibližují výpočet BMR k přesnějším hodnotám (Hronek et Zadák, 2011).

K výsledku AEE se dobereme, když vynásobíme BMR s faktory: poškození, aktivity a teploty.

$$\mathbf{AEE = BMR \cdot IF \cdot AF \cdot TF}$$

Kde je **AEE** – *actual energy expenditure*; aktuální energetický výdej [kcal/den], **BMR** – *basal metabolic rate*; bazální metabolismus [kcal/den], **IF** – faktor poškození, **AF** – faktor aktivity, **TF** – faktor teploty

AEE lze vyhodnotit i bez faktorů a to přes rovnici Ireton-Jonesové (IJR).

Pro spontánně dýchajícího pacienta [kcal/den] :

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

Kde je **AEE** – *actual energy expenditure*; aktuální energetický výdej [kcal/den], **A** – věk [rok], **W** – tělesná hmotnost [kg], **O** – přítomnost obezity (BMI > 27) [přítomno = 1; nepřítomno = 0]

5.3.3 Klidový energetický výdej

Klidový energetický výdej (REE – *resting energy expenditure*) je v porovnání s BMR lehce vyšší. Pohybuje se přibližně kolem 1 kcal/min (4,1 kJ · min⁻¹) (Hronek et Zadák, 2011).

Zaujímá přibližně 60 % až 75 % celkového energetického výdeje (Insel et al., 2010).

Poměrně rozsáhle se využívá v praxi, především díky schopnosti odrážet metabolické nároky těla v jakoukoliv denní dobu. Měření probíhá po půl hodinovém klidu na lůžku. Zároveň minimálně dvě hodiny po jídle. Důležitost se klade i na teplotu místnosti (20 °C až 25 °C).

Je nutné dodržet korektní metodiku. Poté lze dosáhnout odchylky 4 % až 7 % oproti hodnocení v průběhu čtyřadvaceti hodin podle Dastycha (Svačina, 2008).

Procentuální zastoupení vybraných tkání u člověka zachycuje Tabulka 3.

Tabulka 3. Přehled průměrných hodnot klidového energetického výdeje (REE) vybraných tkání člověka

Tkáň	Hmotnost [g]	REE [kcal/kg]	Celkový REE [%]
Ledviny	300	440	8
Srdce	350	440	9
Mozek	1500	240	20
Játra	1600	200	19
Tuková tkáň	14000	4,5	4
Kosterní sval	28000	13	22

Vysvětlivky: **REE** – resting energy expenditure; klidový energetický výdej
Zdroj: Rokyta, 2015

5.3.3.1 Možnosti formulace REE

Měření REE pomocí nepřímé kalorimetrie umožnilo vývoj v predikčních rovnicích, které jsou založeny na různých charakteristikách subjektu. Lze využít například váhu, povrch těla, pohlaví a další (Schoeller et Westerterp-Plantenga, 2017).

REE-IC – [kcal/den]

Hodnota klidového energetického výdeje naměřena nepřímým kalorimetrem.

Pro přepoččet platí 1kcal = 4,184 kJ

REE-IC – [kJ/den]

Hodnota klidového energetického výdeje naměřena nepřímým kalorimetrem.

REE-HB – [kcal/den]

Hodnota klidového energetického výdeje podle predikční rovnice Harris-Benedicta.

REE-HB – [%]

Hodnota klidového energetického výdeje pomocí procentního vyjádření mezi naměřenou hodnotou pomocí IC a výsledkem z rovnice Harris-Benedicta.

REE/kg – [kcal/kg]

Hodnota klidového energetického výdeje vztažena na tělesnou hmotnost.

REE/BSA – [kcal/m²]

BSA – body surface area; povrch těla

Hodnota klidového energetického výdeje vztažena na povrch těla.

5.4 Kalorimetrie

5.4.1 Přímá kalorimetrie

Syntéza i využití ATP (adenozintrifosfát) jsou energeticky neefektivní procesy, při kterých se uvolňuje velké množství tepla. Teplotní výdej organismu je tedy indikátorem tělesných přeměn, ke kterým v těle dochází.

Samotné měření může probíhat v metabolické komoře, která je speciálně přizpůsobena. Subjekty uvnitř vydávají teplo. Senzory následně vydané teplo detekují. Celkově se hodnota rovná energetickému výdeji. Tato metoda je kvůli fyzickému omezení místnosti nepraktická pro běžné použití. Na druhou stranu umožnila vývoj jiných metod, které zdařile simulují reálné situace (Sharma, 2018).

Nevýhodou je nutnost měření po delších časových úsecích i neschopnost stanovení utilizovaných živin. Využití je experimentální (Holeček, 2006).

5.4.2 Nepřímá kalorimetrie

Metoda nepřímé kalorimetrie (IC – *indirect calorimetry*) zůstává zlatým standardem při měření energetického výdeje v klinické praxi. Výhody, které přináší správně nastavená výživa pro zotavení z nemoci a pro chronicky nemocné, jsou dobře zdokumentovány. Vědecky podložený přístup maximalizuje výhody nutriční terapie. Zvýšené využití nepřímé kalorimetrie by mělo vést ke zlepšení výsledků léčby (Haugen et al., 2017).

Celá řada klinických studií doložila vhodnost této metody pro stanovení energetického výdeje, jak u zdravých lidí, tak i u kriticky nemocných pacientů (Hronek et Zadák, 2011).

Použití IC je v současné době omezeno různými překážkami. Především se jedná o nedostatek adekvátních přístrojů. Do budoucna se očekává vývoj nového kalorimetru, který poskytne praktické řešení limitací tím, že bude k dispozici lékařům pro ambulantní a lůžkové pacienty. Nutné je, aby splňoval přesnost, snadnost použití a cenovou dostupnost (Oshima et al., 2017).

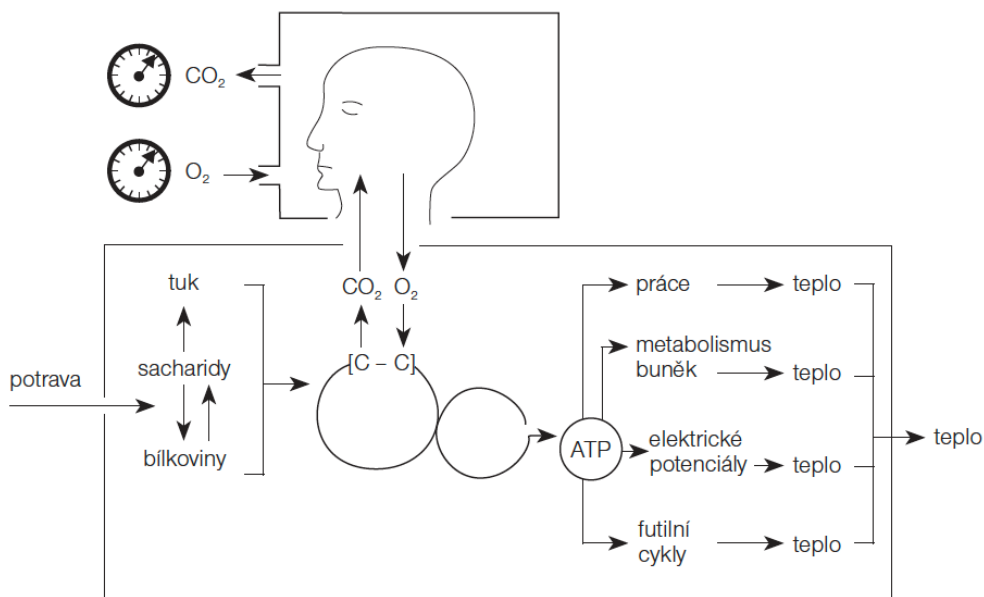
5.4.2.1 Princip IC

Lidská energie pramení z chemické energie, jež se uvolňuje ze živin pomocí oxidace. Živiny na bázi uhlíku jsou (jako palivo) přeměněny na CO₂ (oxid uhličitý), H₂O (vodu) a teplo v přítomnosti O₂ (kyslíku). IC vyhodnocuje množství tepla generovaného nepřímo díky kvantitě a struktuře substrátů a vzniklých vedlejších produktů (Gupta et al., 2017).

IC stanovuje metabolismus a utilizaci nutričních substrátů pomocí přesného měření příjmu O₂ a vydechovaného CO₂. K výpočtu musíme přidat množství katabolizovaných bílkovin, které získáme pomocí odpadu dusíku močovinou (Zadák, 2008).

V Obrázku 2. je znázorněn princip indirektní kalorimetrie se zaměřením na obecné biochemické pochody.

Obrázek 2. Schéma principu indirektní kalorimetrie



Zdroj: Hronek et Zadák, 2011 (převzato)

Přístroje konstruované před rokem 1970 byly zpravidla typu „uzavřeného systému“ dle Lavoisierova principu. Následné přístroje byly uspořádány na principech dechové analýzy (breath-by-breath), diluční techniky nebo na technologiích směšovacích komor.

Současné moderní přístroje využívají k měření „otevřené systémy“.

V tomto systému je přítomen buď dvoucestný ventil nebo souvislé proudění vzduchu. Pacient má přes obličej nasazenu kanopu nebo má fixovanou dechovou masku.

Mezi elementárními součástmi IC jsou analyzátor vydechovaného oxidu uhličitého, analyzátor spotřeby kyslíku, zařízení schopné uspokojivě přesně měřit objem vdechovaného a vydechovaného vzduchu a procesor, který průběžně zpracovává naměřená data (Zadák, 2008).

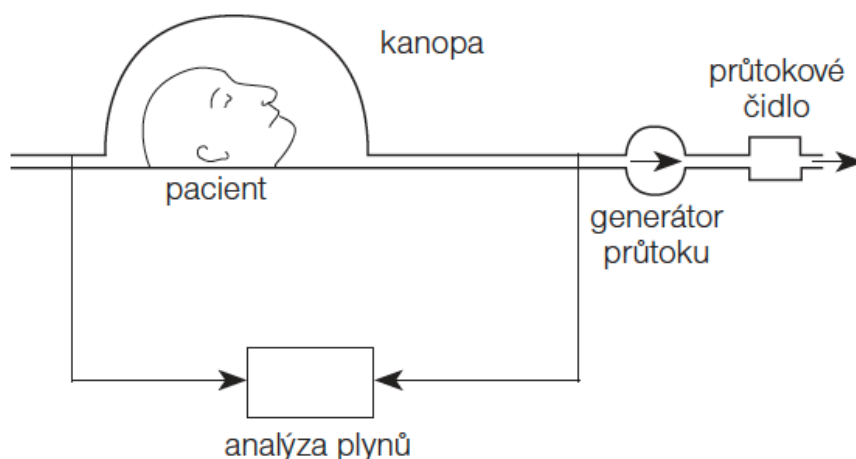
Přesná kalibrace analyzátorů plynu je jedním z nejdůležitějších požadavků. Navíc je nutné, aby plyny vstupující do analyzátoru, měly stále stejné podmínky. Dohlíží se například na tlak, průtok, vlhkost a teplotu (Mtaweh et al., 2018).

Vzduch z kanyly nebo dechové masky je přiveden do analyzátoru plynů. Ten exaktně stanoví koncentraci jak spotřeby kyslíku (VO_2), tak i vydechovaného oxidu uhličitého (VCO_2). Software z těchto hodnot udá energetický výdej a utilizaci jednotlivých substrátů (Hronek et Zadák, 2011).

Rovněž vypočte respirační kvocient (RQ - *respiratory quotient*).

Pro spontánně ventilujícího pacienta lze využít otevřený systém, který měří pomocí kanopy (viz Obrázek 3.).

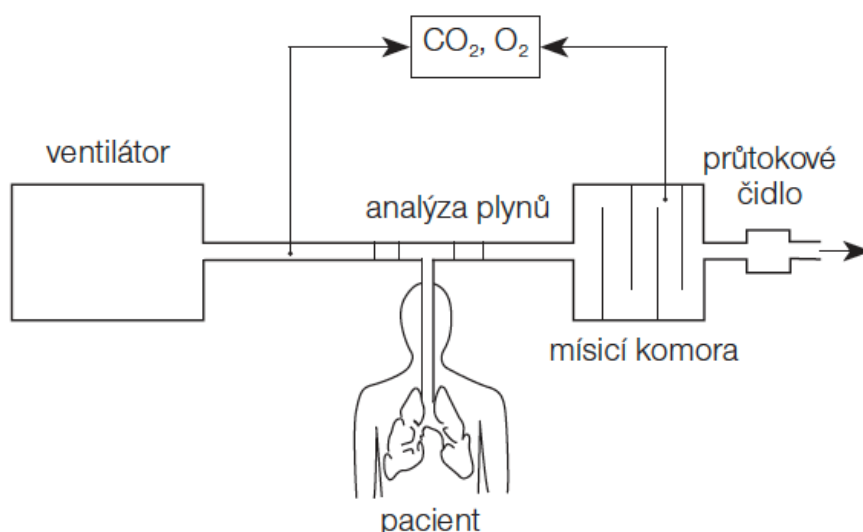
Obrázek 3. Otevřený systém měření pomocí kanopy u spontánně ventilujícího pacienta



Zdroj: Hronek et Zadák, 2011 (převzato)

U pacientů, kteří jsou na umělé ventilaci, je měření provedeno s mísící komorou (Obrázek 4.).

Obrázek 4. Otevřený systém s mísicí komorou pro měření nemocného na umělé ventilaci



Zdroj: Hronek et Zadák, 2011 (převzato)

5.4.2.2 Podmínky nepřímé kalorimetrie

Řada studií se soustředila na optimální podmínky při provádění IC. Pro přesné výsledky je nutné dodržet striktní vymezení. Měření by mělo být prováděno v klidném prostředí, kde jedinec relaxuje alespoň 10-15 minut před samotným začátkem. Jedinec by měl být po nejméně pětihodinovém lačnění, měl by se vyhnout cvičení, nikotinu, kofeinu a stimulačním doplňkům nejméně čtyři hodiny před měřením (Gupta et al., 2017).

K samotnému měření klidového energetického výdeje musí docházet při bdělém stavu, jelikož spánek snižuje metabolismus o 10 %.

Místnost musí být vyvětrána, nesmí se v ní kouřit a během samotného vyšetření do ní nesmějí vstupovat jiní lidé. Světla zůstávají zhasnutá a jsou vyrušeny všechny sluchové podněty. Pozornost je také na těsnění kolem kanopy (Hronek et Zadák, 2011).

5.4.2.3 Předpoklady IC

Principem metody je předpoklad, že spotřeba kyslíku uvnitř buněk a výdej oxidu uhličitého buňkami závisí kvantitativně na utilizaci nutričních substrátů.

Výhradní cesta spotřebovaného kyslíku a vylučovaného oxidu uhličitého je přes plíce do dechu.

Předpokládáme, že plyny se chovají jako „ideální plyn“ a zároveň, že se kyslík ani oxid uhličitý v těle nehromadí (Zadák, 2008).

5.4.2.4 Steady state (ustálený stav)

Podle studie je ustálený stav ideálně definován jako pět po sobě jdoucích minut, při kterých však nedochází k větší změně VO_2 a VCO_2 než 10 %. Klidový energetický výdej poté nejlépe koreluje s celodenním celkovým energetickým výdejem. Testování IC by mělo být skončeno až po dosažení steady state (McClave et al., 2016).

Existují však důkazy, že u pacientů s tumorem a zdravých dobrovolníků (žádný ze subjektů nepodstoupil chirurgický zákrok měsíc před zahájením studie) byla hodnota tři minuty dostačující k validní hodnotě klidového energetického výdeje (Reeves et al., 2004).

V momentě ustáleného stavu je výměna plynů kyslíku a oxidu uhličitého v dýchacích cestách analogická jako na buněčné úrovni. Existují určité parametry, které jsou esenciální pro správná data. Pro přehledné ucelení ideálních a přijatelných podmínek pro měření IC prezentuje Tabulka 4. různé parametry a jejich procentuální změnu.

Tabulka 4. Ideální a akceptovatelné podmínky pro měření IC

Parametry	Ideální změna [%]	Ještě akceptovatelná změna [%]
Minutová ventilace	<5	<10
Srdeční výdej	<5	<10
FiO_2	<0,5	<2
Spotřeba O_2	<2	<5
Produkce CO_2	<2	<5

Vysvětlivky: FiO_2 – fraction of inspired oxygen; frakce inspirované hladiny O_2

Zdroj: Hronek et Zadák, 2011

5.4.3 Respirační kvocient

Poměr vytvořeného oxidu uhličitého a spotřebovaného kyslíku je označován jako respirační kvocient (RQ – *respiratory quotient*). Z každé spotřebované molekuly O_2 vzniká jedna molekula CO_2 při oxidaci sacharidů. To znamená, že poměr pro sacharidy se rovná $RQ = 1$. V případě oxidace tuků vzniká již jen sedm molekul CO_2 na deset

molekul O₂. Tím pádem RQ = 0,7. Na závěr poměr bílkovin je RQ = 0,8 (Langmeier, 2009).

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

Kde je **RQ** – respiratory quotient; respirační kvocient, **VO₂** – spotřeba kyslíku [l/den], **VCO₂** – produkce oxidu uhličitého [l/den]

Když se organizmus dostane do stavu, kdy přísun sacharidů převyší potřebu, nadbytek se přemění na tuk. Simultánně vzniká dodatečné množství oxidu uhličitého. Respirační kvocient poté přestoupí hodnotu 1,0 (Kasper, 2015).

Při usilovné námaze se respirační kvocient zvýší, jelikož vzniká kyselina mléčná, která se mění na CO₂ a ten je vydechován. Při alkalóze RQ klesá a naopak při acidóze stoupá (Andresová et Novák, 2004).

Ostatní vlivy na hodnotu RQ shrnuje Tabulka 5.

Tabulka 5. Mimonutriční faktory ovlivňující hodnotu RQ

Vlivy zvyšující hodnotu RQ	Vlivy vedoucí k poklesu hodnoty RQ
Hyperventilace	Hypoventilace
Svalová práce	Splácení kyslíkového dluhu po svalové práci
Metabolická alkalóza	Metabolická alkalóza
Přeměna sacharidů na lipidy	Přeměna tuků na sacharidy
	Hladovění (využití ketoláték)

Vysvětlivky: **RQ** – respiratory quotient; respirační kvocient

Zdroj: Holeček, 2006

Jelikož metabolismus proteinů probíhá neúplně, výměna plynů se koriguje na množství metabolizovaných proteinů. Vznikne tak nebílkovinný respirační kvocient (NRQ – *non-protein respiratory quotient*) (Hronek et Zadák, 2011).

Kolik energie bylo uvolněno při oxidaci proteinů zjistíme pomocí exkrece dusíku ve formě urey močí. 1 gram dusíku urey se rovná oxidaci 6,25 g bílkovin. Známe-li energetickou hodnotu proteinů, i energetický ekvivalent kyslíku pro bílkoviny, můžeme pak z dusíku urey dopočítat několik hodnot. Například množství zoxidovaných proteinů (6,25 g), energii získanou oxidací (1 g proteinu = 17 kJ) a další (Holeček, 2006).

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

Kde je **NRQ** – non-protein respiratory quotient; nebílkovinný respirační kvocient, **VO₂** – spotřeba kyslíku [l/den], **VCO₂** – produkce oxidu uhličitého [l/den], **UN** – odpad dusíku v moči [g/den]

5.5 Výpočty klidového energetického výdeje

Již v roce 1949 publikoval J. B. Weir soubor výpočtů energetického výdeje. Využíval přitom konstanty kalorimetrického ekvivalentu kyslíku pro nutrienty. Z nich poté odvodil rovnici:

$$EE = VO_2 \cdot (3,94) + VCO_2 \cdot (1,11) - \text{odpad urey} \cdot (2,17)$$

Kde je **EE** – energy expenditure; energetický výdej [kcal/den], **VO₂** – spotřeba kyslíku [l/den], **VCO₂** – produkce oxidu uhličitého [l/den], odpad dusíku urey – zjištěno z moči [g/den]

Jak již bylo zmíněno výše, kvůli neúplné oxidaci proteinů zařadil Weir faktor 2,17. Později se však ukázalo, že odchylka, která nastane při nedodržení údajů, je pouze 1 %.

Nicméně u kriticky nemocných pacientů se nedoporučuje zanedbat tento faktor (Zadák, 2008).

Spotřeba kyslíku může být zvýšena nebo naopak snížena. Jednotlivé změny popisuje Tabulka 6.

Tabulka 6. Faktory působící na spotřebu O₂

Zvýší spotřebu O ₂	Sníží spotřebu O ₂
Sepse	Podchlazení (<34°C)
Hypermetabolismus	Hypotyreóza
Krevní transfúze	Ochrnutí
Nadměrný pohyb	Těžká sedace
Hemodialýza (do 4 hodin)	Hladovění
Přehřátí (>37°C)	Celková anestezie
Obezita	Kóma

Zdroj: Mtaweh et al., 2018

Současné moderní nepřímé kalorimetry obsahují programové vybavení pro výpočet energetického výdeje a oxidace sacharidů, tuků a proteinů.

Veškeré parametry se vyhodnocují v závislosti na naměřených hodnotách RQ a NRQ. Tím se stávají výsledky velice přesné (Hronek et Zadák, 2011).

V případě, kdy známe hodnotu odpadu urey z moči platí:

Je-li NRQ < 0,706

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

Je-li NRQ 0,706-1,0

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

Je-li NRQ >1,0

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

Kde je **NRQ** – non-protein respiratory quotient; nebílkovinný respirační kvocient, **REE** – resting energy expenditure; klidový energetický výdej [kcal/den], **VO₂** – spotřeba kyslíku [l/den], **VCO₂** – produkce oxidu uhličitého [l/den], **UN** – odpad dusíku urey – zjištěno z moči [g/den]

V případě, kdy neznáme hodnotu odpadu urey z moči platí:

Je-li RQ <0,706

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

Je-li RQ 0,706-1,0

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

Je-li RQ >1,0

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

Kde je **RQ** – respiratory quotient; respirační kvocient, **REE** – resting energy expenditure; klidový energetický výdej [kcal/den], **VO₂** – spotřeba kyslíku [l/den], **VCO₂** – produkce oxidu uhličitého [l/den]

Obvyklé hodnoty při měření IC

VO₂ – 250 ml · min⁻¹; 3,6 ml · min⁻¹ · kg⁻¹

VCO₂ – 200 ml · min⁻¹; 2,9 ml · min⁻¹ · kg⁻¹

RQ – 0,65 – 1,25

5.5.1 Výpočty oxidací nutričních substrátů

Pro výpočet oxidace nutričních substrátů je esenciální hodnota nebílkovinného respiračního kvocientu (NRQ – non-protein respiratory quotient). Základní premisa nepřímé kalorimetrie je, že nutriční substráty utilizované v těle

jsou kvantitativně stechiometricky spojeny s množstvím oxidovaných živin (Zadák, 2008).

Veškeré následující rovnice jsou převzaty (Hronek et Zadák, 2011).

A. Podíl sacharidů (CHO) [g/den]

Je-li NRQ < 0,706

$$\mathbf{CHO = -3,590 \cdot VCO_2 \cdot 1440 + 2,540 \cdot VO_2 \cdot 1440 + 2,050 \cdot UN}$$

Je-li NRQ 0,706-1,0

$$\mathbf{CHO = 4,115 \cdot VCO_2 \cdot 1440 - 2,909 \cdot VO_2 \cdot 1440 - 2,539 \cdot UN}$$

Je-li NRQ > 1,0

$$\mathbf{CHO = -0,187 \cdot VCO_2 \cdot 1440 + 1,393 \cdot VO_2 \cdot 1440 - 6,892 \cdot UN}$$

Kde je NRQ – non-protein respiratory quotient; nebílkovinný respirační kvocient, CHO – oxidace sacharidů [g/den], VO₂ – spotřeba kyslíku [l/den], VCO₂ – produkce oxidu uhličitého [l/den], UN – odpad dusíku v moči [g/den]

[kcal/den]

Je-li NRQ < 0,706

$$\mathbf{CHO_K = CHO \cdot 1,72}$$

Je-li NRQ > 0,706

$$\mathbf{CHO_K = CHO \cdot 4,18}$$

Kde je NRQ – non-protein respiratory quotient; nebílkovinný respirační kvocient, CHO_K – oxidace sacharidů [kcal/den], CHO – oxidace sacharidů [g/den]

B. Podíl z tuků (FAT) [g/den]

Je-li NRQ < 0,706

$$\mathbf{FAT = 0,70 \cdot VCO_2 \cdot 1440 - 3,39 \cdot UN}$$

Je-li NRQ > 0,706

$$\mathbf{FAT = 1,689 \cdot VO_2 \cdot 1440 - 1,689 \cdot VCO_2 \cdot 1440 - 1,943 \cdot UN}$$

Kde je NRQ – non-protein respiratory quotient; nebílkovinný respirační kvocient, FAT – oxidace tuků [g/den], VO₂ – spotřeba kyslíku [l/den], VCO₂ – produkce oxidu uhličitého [l/den], UN – odpad dusíku v moči [g/den]

[kcal/den]

Je-li NRQ < 0,706

$$\mathbf{FAT_K = FAT \cdot 9,46}$$

Je-li NRQ > 0,706

$$\text{FAT_K} = \text{FAT} \cdot 1,089$$

Kde je NRQ – non-protein respiratory quotient; nebílkovinný respirační kvocient, FAT_K – oxidace tuků [kcal/den], FAT – oxidace tuků [g/den]

C. Podíl z bílkovin (PRO) [g/den]

0,65 < NRQ < 1,25

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

Kde je NRQ – non-protein respiratory quotient; nebílkovinný respirační kvocient, PRO – oxidace proteinů [g/den], UN – odpad dusíku v moči [g/den]

[kcal/den]

$$\text{PRO_K} = 4,32 \cdot \text{PRO}$$

Kde je PRO_K – oxidace proteinů [kcal/den], PRO – oxidace proteinů [g/den]

D. Celkový klidový energetický výdej

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

Kde je TOT_KCAL – celkový klidový energetický výdej, CHO_K – oxidace sacharidů [kcal/den], FAT_K – oxidace tuků [kcal/den], PRO_K – oxidace proteinů [kcal/den]

5.6 Studie

5.6.1 Energetický výdej u kojících žen

V roce 2017 vyšla studie, která zkoumala přesnost prediktivních rovnic oproti výsledkům z nepřímé kalorimetrie.

Jednalo se o průřezovou studii, která obsahovala informace o vyšetření 79 žen bezprostředně po porodu. Ty probíhaly v porodnici Brazílské městské nemocnice. Zde byly shromážděny informace o věku, gestačním věku a zároveň naměřeny základní antropometrické hodnoty.

Kojící ženy byly změřeny indirektním kalorimetrem a zároveň se provedly predikce pomocí osmi rovnic. Následně proběhla analýza porovnání, která zahrnovala korelaci a přesnost.

Ukázalo se, že medián naměřené hodnoty REE byl 1224 kcal (95% interval spolehlivosti, 1157,4-1330). Předpokládaná hodnota se pohybovala od

1213,8 (95% interval spolehlivosti, 1207,3-1261,9) do 1553,1 kcal (95% interval spolehlivosti, 1430,8-1488,5).

Ve skupině kojících žen nebyl nalezen žádný rozdíl v REE oproti těm nekojícím ($P = 0,994$). Byla však potvrzena pozitivní korelace s netučnou hmotou ($r = 0,336$; $P = 0,003$) a hmotností ($r = 0,237$; $P = 0,036$).

Nejlepší rovnicí s predikcí klidového energetického výdeje byla rovnice Harris-Benedicta ($P = 0,876$). Následovala Schofieldova rovnice s vyšším procentem přesnosti (33,3 %).

V konečném důsledku se prokázalo, že rovnice mají nízkou přesnost. Ve většině případů byly výsledky dokonce nadhodnoceny. V závěru se objevila myšlenka, která nabádala k navrhnutí vhodnějších metod pro stanovení energetických požadavků pro takto specifickou populaci (de Sousa et al., 2017).

Při srovnání období samotného těhotenství a fáze po porodu vyšlo ve studii z roku 2009 najevo, že během třetího trimestru byl klidový energetický výdej přibližně o 836 kJ (zhruba 200 kcal) vyšší ve srovnání s obdobím po porodu. Rovněž došli k závěru, že zvýšená hodnota respiračního kvocientu a oxidace sacharidů, v závislosti na přednostním využití glukózy plodem nebo mléčnou žlázou, byla v průběhu těhotenství, tak i v období laktace. Dále pak hodnotili průměrnou hodnotu klidového energetického výdeje $40 \pm 7,2$ týdnů po porodu, která byla $1455,5 \pm 161,6$ kcal/den (Melzer et al., 2009).

Jedna ze starších studií se věnovala energetickému výdeji, přesněji výsledkům vycházejícím z bazálního metabolismu. Zde bylo zařazeno 76 žen, z toho 40 kojících a 36 nekojících. Tyto ženy se nacházely ve 37. týdnu těhotenství a dále ve 3. a 6. měsíci po porodu.

V rámci vyšetření se měřila celková spotřeba energie, bazální metabolický výdej a rychlost metabolismu při spánku. K výzkumu se využila respirační komora.

Výsledky poukázaly na zvýšení energetického výdeje a zároveň na přednostní utilizaci sacharidů, a to jak během těhotenství, tak i v období laktace (Butte et al., 1999).

Další práce se zúčastnilo 24 žen z Nizozemska. Z plného počtu bylo 9 žen v období laktace, přesněji 9 týdnů po porodu. U těchto kojících žen byl signifikantně zvýšen klidový energetický výdej oproti samotnému těhotenství

($+0,17 \pm 0,37$ kJ/min; $P = 0,03$). V porovnání s netěhotnými ženami byl REE zvýšen o 4,5 % po porodu (Spaaij et al., 1994).

K podobné hodnotě (5 %) se vědci přikláněli i ve své práci z roku 1988. V té se měřilo 23 žen po porodu (Sadurskis et al., 1988).

Se závěrem, že ženy nepodstupují zvýšení energetické účinnosti kvůli energetickým nákladům v období laktace, přišla studie z roku 2017.

Zahrnuto bylo celkem 33 kojících matek a jako kontrola 29 netěhotných žen ve věku 32 (± 4) let (Bender et al., 2017).

V roce 1990 se studie zaměřila na bazální metabolismus. Přesněji na porovnání mezi třemi skupinami. Jednalo se o ženy kojící, další skupinou byly ženy po porodu, které nekojily, a poslední ty, které nikdy nerodily. Po naměření hodnot pomocí IC se ukázalo, že hodnoty BMR zůstávají podobné u všech sledovaných. Rozdílnost byla patrná u postprandiálního metabolismu (PMR – *postprandial metabolism*), který vzrostl u kojících žen na rozdíl od nekojících (Motil et al., 1990).

Shoda závěru byla i u dalšího výzkumu, který probíhal na území Guatemaly. Zde hodnotili 18 kojících žen a 6 nekojících (několikanásobných matek). Průměrný příjem energie byl odhadnut na 1929 ± 360 kcal/den ($39,2$ kcal/kg) pro kojící a 1876 ± 404 kcal/den ($38,3$ kcal/kg) pro nekojící.

Práce nevykazovala žádné významné rozdíly v oblasti denního energetického výdeje a příjmu energie ani u jedné ze skupin žen. Energetické náklady na laktaci byly ve větší míře pokryty ztrátou tuků (Schutz et al., 1980).

Výzkumem bazálního metabolismu se zabývala i práce z roku 2014. I ta byla však v tomto ohledu nejednotná. Zde bylo uvedeno, že celková mateřská adaptace během období laktace zahrnovala navýšení bazálního metabolismu a mobilizaci zásob tuků. Zvedal se dokonce o 15 % až 20 % energetický výdej v závislosti na produkci mateřského mléka (Gunderson, 2014).

5.6.2 Antropometrie

Projev kojení na antropometrické hodnoty byl hodnocen ve studii, která zahrnovala 24 žen. Ty byly rozděleny podle způsobů kojení na skupinu, která pouze kojila (*exclusive breastfeeding*), poté kojící kombinovaně s příkrmem

(combination breast- and formula-feeding) a pouze krmící umělou výživou (formula-feeding only).

Jednalo se o zkoumání, které probíhalo každý měsíc do šestého měsíce po porodu. Postupně se zaznamenávaly antropometrické hodnoty.

Nejpodstatnější snížení obvodu boků (3,6 %) bylo u kojících matek, které kojily úplně nebo kombinovaně. U matek z poslední skupiny bylo snížení obvodu boků pouze o 0,68 % (Kramer et al., 1993).

Identické rozdělení matek využila studie z roku 1989, která se zaměřila na ukládání tukové tkáně a antropometrické změny u kojících a nekojících žen. Pouze výhradně kojící zaznamenaly významný úbytek hmotnosti v období třetího až šestého měsíce po porodu. To se projevilo snížením hodnot množství tuku na suprailiackální (bok) a subskapulární (pod lopatkou) řase. Zvýšení hodnot řasy nad tricepsem ve třetím měsíci ukazovalo přerozdělení tuku v rámci mobilizace zásob z gravidity (Brewer et al., 1989).

6. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

6.1 Popis studie

Výzkum probíhal v laboratoři klinické fyziologie v novém kampusu Univerzity Karlovy v Hradci Králové pod vedením doc. PharmDr. Miloslava Hronka, Ph.D. Vyšetření zahrnovalo nepřímou kalorimetrii, měření krevního tlaku, tělních obvodů, podkožního tuku pomocí kaliperace, bioimpedanční analýzu složení tělních tekutin, dynamometrii, odsátí mateřského mléka a na závěr spirometrii. Studie byla schválena Etickou komisí FN v Hradci Králové.

Vyšetřeno bylo 10 zdravých kojících žen v průměrném věku 28 ± 2 roky (nejmladší 24 a nejstarší 32 let) a s průměrnou výškou 165 ± 4 cm (min. 160, max. 172 cm).

Komplexní prohlídky se uskutečnily celkem třikrát. Před každým vyšetřením ženy podepsaly informovaný souhlas. První návštěva byla tři týdny po porodu, druhá pak tři měsíce a poslední šest měsíců po porodu. Jednotlivá setkání trvala přibližně hodinu. Začátek se pohyboval od sedmé do jedenácté hodiny ranní a to po dvanáctihodinovém lačnění.

Součástí byl rovněž týdenní dotazník, ve kterém účastnice výzkumu zaznamenávaly veškerou fyzickou činnost, příjem jídla a tekutin. Na základě získaných dat byla vyhodnocena energetická bilance a případně doporučeny postupy pro zajištění stabilizace hladin nutrientů, vitamínů a minerálů.

6.2 Metodika

6.2.1 Nepřímá kalorimetrie

Kojící ženy byly měřeny po dvanáctihodinovém lačnění s celodenním sběrem moči. U nich jsme zjistili tělesnou hmotnost a výšku. Vyšetření žen probíhalo v leže, v klidu na lůžku pod kanopou v bdělém stavu, se zavřenýma očima.

Místnost byla vyvětrána a klimatizována ideálně na $+20$ °C až $+25$ °C. Okna byla zatemněná a zároveň byl minimalizován hluk a to i ze strany vyšetřujících.

Celková doba měření trvala cca 20 minut. Na základě množství vydechaného oxidu uhličitého a spotřeby kyslíku byl zařízením vyhodnocen klidový energetický výdej a zároveň oxidace substrátů. Tu dopomohl zpřesnit celodenní sběr moči, díky kterému se dopočítávala exkrece dusíku.

Pro zpracování výsledků indirektní kalorimetrie jsme využili přístroj Vmax Series, V6200 Autobox, SensorMedics Corporation, California, USA, který byl před vyšetřením řádně nakalibrován.

6.2.2 Měření obvodů, kožních řas, váhy, odsávání mateřského mléka

Páskovou mírou (krejčovským metrem) byly na holém těle měřeny hodnoty obvodů u sledovaných oblastí (hrudník, pas, boky, levá paže, stehno, lýtko a další) s přesností na 0,5 cm.

Pomocí kaliperu typu Best od firmy Trystom s.r.o. z Olomouce byla po vytvoření kožní řasy, uchopením mezi palcem a ukazovákem, měřena její síla. Vybraná místa byla určena podle výskytu podkožního tuku, který se touto metodou stanovuje. Mezi ně patřila řasa na tváři, subskapulární, nad tricepsem, nad bicepsem, na předloktí, na hrudníku, supraspinální, na stehně-středu, na lýtku.

Na základě součtu čtyř kožních řas (nad bicepsem, nad tricepsem, supraspinálním a subskapulárním) a počítáním s konstantami jsme schopni získat hustotu těla podle rovnice Durnina a Womersleyho. Od roku 1974 je stále platné rozdělení podle hmotnosti a věku, které znázorňuje Tabulka 7.

Tabulka 7. Rovnice podle Durnina a Womerlseyho

Věk [roky]	Muži	Ženy
<17	$D = 1,1533 - (0,0643 \cdot L)$	$D = 1,1369 - (0,0598 \cdot L)$
17-19	$D = 1,1620 - (0,0630 \cdot L)$	$D = 1,1549 - (0,0678 \cdot L)$
20-29	$D = 1,1631 - (0,0632 \cdot L)$	$D = 1,1599 - (0,0717 \cdot L)$
30-39	$D = 1,1422 - (0,0544 \cdot L)$	$D = 1,1423 - (0,0632 \cdot L)$
40-49	$D = 1,1620 - (0,0700 \cdot L)$	$D = 1,1333 - (0,0612 \cdot L)$
>50	$D = 1,1715 - (0,0779 \cdot L)$	$D = 1,1339 - (0,0645 \cdot L)$

Vysvětlivky: **D** – hustota těla [g/ml], **L** – log součtu čtyř kožních řas (nad bicepsem, nad tricepsem, supraspinální a subskapulární)

Zdroj: Durnin et Womersley, 1974

Hodnota procent tělesného tuku byla poté predikována pomocí rovnice Siriho.

$$\text{Tělesný tuk [\%]} = (495/D) - 450$$

Kde je **D** – hustota těla [g/ml]

Ve spodním prádle byly ženy zváženy na kalibrované váze Body composition monitor Inner Scan, BC-532 (Tanita corporation, Tokio, Japonsko).

Na závěr si kojící ženy odsály mléko pomocí elektrické odsávačky z prsu, ze kterého naposledy nekojily, jehož objem byl následně změřen.

6.3 Charakteristika žen v období laktace

Základní antropometrické hodnoty popisuje Tabulka 8. V této tabulce jsou shrnuty hodnoty každé ženy zvlášť a barevně odděleny průměry, směrodatné odchylky, směrodatné chyby, variační koeficienty a mediány. V Tabulkách 9. a 10. jsou pouze parametry postupně se měnící v závislosti na čase.

Tabulka 8. Antropometrická charakteristika kojících žen tři měsíce po porodu

Iniciály žen	Věk [roky]	Výška [cm]	Váha [kg]	Váha před graviditou [kg]	Nárůst váhy v laktaci [kg]	BMI	Obvod hrudníku [cm]	Objem mléka [ml]
BD	29	171,0	77,3	68,0	9,3	26,4	107,0	95
GL	28	169,0	67,8	67,0	0,8	23,7	106,0	48
HM	31	166,0	75,7	76,6	-0,9	27,5	106,0	100
HP	29	167,0	57,1	57,5	-0,4	20,5	90,0	59
KK	32	170,0	87,4	80,0	7,4	30,2	105,5	26
KP	30	167,0	63,6	56,0	7,6	22,8	77,0	25
NA	29	161,5	65,6	61,0	4,6	25,2	93,0	134
LK	27	161,0	69,4	70,0	-0,6	26,8	94,0	83
NL	24	160,0	61,1	57,5	3,6	23,9	91,0	36
PH	25	172,0	56,8	53,0	3,8	19,2	85,0	88
Počet žen	10	10	10	10	10	10	10	10
Průměr	28	166,5	68,2	64,7	3,5	24,6	95,5	69
SD	3	4,5	9,7	9,1	3,7	3,3	10,5	36
SE	1	1,5	3,1	2,9	1,2	1,1	3,5	12
COV	9	2,5	14,2	14,1	106,1	13,5	11,0	52

Vysvětlivky: **BMI** – body mass index, **SD** – standard deviation; směrodatná odchylka, **SE** – standard error; směrodatná chyba, **COV** – coefficient of variation; variační koeficient

Tabulka 9. Antropometrická charakteristika kojících žen tři měsíce po porodu

Iniciály žen	Váha [kg]	Nárůst váhy v laktaci [kg]	BMI	Obvod hrudníku [cm]	Objem mléka [ml]
BD	76,3	8,3	26,1	105,0	95
GL	64,7	-2,3	22,7	99,5	24
HM	76,2	-0,4	27,7	105,0	122
HP	57,1	-0,4	20,5	89,0	26
KK	85,0	5,0	29,4	102,0	88
KP	61,2	5,2	21,9	88,0	140
NA	65,5	4,5	25,1	91,0	99
LK	67,0	-3,0	25,8	93,0	93
NL	60,2	2,7	23,5	87,0	59
PH	54,6	1,6	18,5	82,0	158
Počet žen	10	10	10	10	10
Průměr	66,8	2,1	24,1	94,0	90
SD	9,6	3,7	3,3	8,0	44
SE	3,0	1,2	1,1	2,5	14
COV	14,4	172,7	13,9	8,5	49

Vysvětlivky: **BMI** – body mass index, **SD** – standard deviation; směrodatná odchylka, **SE** – standard error; směrodatná chyba, **COV** – coefficient of variation; variační koeficient

Tabulka 10. Antropometrická charakteristika kojících žen šest měsíců po porodu

Iniciály žen	Váha [kg]	Nárůst váhy v laktaci [kg]	BMI	Obvod hrudníku [cm]	Objem mléka [ml]
BD	76,1	8,1	26	107,0	67
GL	65,6	-1,4	23	97,0	24
HM	78,0	1,4	28,3	106,0	41
HP	58,7	1,2	21,0	89,0	31
KK	83,1	3,1	28,8	98,0	60
KP	56,1	0,1	20,1	83,0	21
NA	64,7	3,7	24,8	87,0	30
LK	68,1	-1,9	26,3	95,0	65
NL	60,1	2,6	23,5	91,0	53
PH	54,3	1,3	18,4	86,0	147
Počet žen	10	10	10	10	10
Průměr	66,5	1,8	24	94,0	54
SD	9,8	2,9	3,5	8,0	37
SE	3,1	0,9	1,1	2,5	12
COV	14,7	156,7	14,4	8,5	69

Vysvětlivky: **BMI** – body mass index, **SD** – standard deviation; směrodatná odchylka, **SE** – standard error; směrodatná chyba, **COV** – coefficient of variation; variační koeficient

Z Tabulek 8.-10. můžeme zhodnotit, že u kojících žen soustavně klesala váha a s tím související BMI v průběhu všech období. U obvodu hrudníku se snižující tendence projevila pouze do období tří měsíců po porodu a poté stagnovala. Rozdílná situace byla u objemu mléka, kde byl průměr vzrůstající do období tří měsíců po porodu a poté klesal.

6.4 Statistické zpracování

Statistické vyhodnocení bylo provedeno pomocí programu STATISTICA – Pearsonova korelace, dále pak Microsoft Excel pro Mac 2016 a GraphPad Prism 8 for MacOS (deskriptivní statistika).

U sledovaných parametrů byl proveden D'Agostino-Pearsonův test normality dat a Q-Q graf. Dále dvouvýběrový t-test, jednofaktorová ANOVA a u parametrů, u kterých nebylo prokázáno normální rozdělení (oxidace substrátů), byly využity Mann-Whitneyho test a Kruskal-Wallisův test.

7. VÝSLEDKY

7.1 Měření množství plynů a jejich poměr

V Tabulkách 11.-13. byly vyhodnoceny u všech deseti žen parametry, které se týkaly výsledků z měření pomocí nepřímé kalorimetrie. Šlo o množství plynů a jejich vzájemný poměr.

Nejprve bylo porovnáno první období (Tabulka 11.) s druhým (Tabulka 12.) a poté první se třetím (Tabulka 13.).

Statisticky významné rozdíly vykazala pouze první část měření, tedy hodnocení dat u žen v době tří týdnů po porodu k hodnotám u žen v době tří měsíců po porodu. U respiračního kvocientu (kapitola 5.4.3) byla hladina $P=0,011$, u nebílkovinného respiračního kvocientu poté $P=0,041$.

Jednofaktorová ANOVA neprokázala statisticky významné rozdíly.

Analogickým způsobem bylo postupováno u Tabulek 14.-25.

Tabulka 11. Měřená množství plynů a jejich poměr u kojících žen tři týdny po porodu

Iniciály žen	VO ₂ [l/min]	VCO ₂ [l/min]	RQ	NRQ
BD	0,24	0,19	0,80	0,79
GL	0,26	0,18	0,67	0,63
HM	0,25	0,18	0,71	0,65
HP	0,19	0,14	0,72	0,68
KK	0,25	0,18	0,70	0,66
KP	0,28	0,26	0,94	1,02
NA	0,23	0,18	0,78	0,77
LK	0,21	0,15	0,72	0,66
NL	0,23	0,15	0,66	0,61
PH	0,21	0,18	0,88	0,89
Počet žen	10	10	10	10
Průměr	0,23	0,18	0,76	0,73
SD	0,03	0,03	0,09	0,13
COV	11,67	18,87	12,14	18,06
Minimum	0,19	0,14	0,66	0,61
Maximum	0,28	0,26	0,94	1,02
SE	0,01	0,01	0,03	0,04

Vysvětlivky: **VO₂** – spotřeba kyslíku, **VCO₂** – produkce oxidu uhličitého, **RQ** – respiratory quotient; respirační kvocient, **NRQ** – non-protein respiratory quotient; nebílkovinný respirační kvocient, **SD** – standard deviation; směrodatná odchylka, **SE** – standard error; směrodatná chyba, **COV** – coefficient of variation; variační koeficient

Tabulka 12. Měřená množství plynů a jejich poměr u kojících žen tři měsíce po porodu

Iniciály žen	VO ₂ [l/min]	VCO ₂ [l/min]	RQ	NRQ
BD	0,23	0,18	0,80	0,79
GL	0,27	0,19	0,72	0,69
HM	0,23	0,19	0,82	0,82
HP	0,27	0,23	0,85	0,85
KK	0,24	0,20	0,82	0,82
KP	0,23	0,23	1,00	1,10
NA	0,24	0,17	0,77	0,66
LK	0,21	0,16	0,77	0,76
NL	0,26	0,19	0,72	0,70
PH	0,21	0,18	0,85	0,86
Počet žen	10	10	10	10
Průměr	0,24	0,19	0,81	0,81
SD	0,02	0,02	0,08	0,12
COV	8,78	11,74	9,97	15,42
Minimum	0,21	0,16	0,72	0,66
Maximum	0,27	0,23	1	1,1
SE	0,01	0,01	0,08	0,04

Vysvětlivky: **VO₂** – spotřeba kyslíku, **VCO₂** – produkce oxidu uhličitého, **RQ** – respiratory quotient; respirační kvocient, **NRQ** – non-protein respiratory quotient; nebílkovinný respirační kvocient, **SD** – standard deviation; směrodatná odchylka, **SE** – standard error; směrodatná chyba, **COV** – coefficient of variation; variační koeficient

Tabulka 13. Měřená množství plynů a jejich poměr u kojících žen šest měsíců po porodu

Iniciály žen	VO ₂ [l/min]	VCO ₂ [l/min]	RQ	NRQ
BD	0,26	0,19	0,71	0,68
GL	0,23	0,17	0,77	0,76
HM	0,23	0,28	1,25	1,47
HP	0,17	0,14	0,86	0,94
KK	0,24	0,22	0,91	0,96
KP	0,24	0,22	0,95	1,02
NA	0,24	0,19	0,76	0,74
LK	0,21	0,17	0,82	0,84
NL	0,22	0,16	0,74	0,73
PH	0,24	0,18	0,77	0,76
Počet žen	10	10	10	10
Průměr	0,22	0,19	0,85	0,89
SD	0,02	0,04	0,16	0,23
COV	10,96	20,72	18,6	26,3
Minimum	0,17	0,14	0,71	0,68
Maximum	0,26	0,28	1,25	1,47
SE	0,01	0,01	0,05	0,07

Vysvětlivky: **VO₂** – spotřeba kyslíku, **VCO₂** – produkce oxidu uhličitého, **RQ** – respiratory quotient; respirační kvocient, **NRQ** – non-protein respiratory quotient; nebílkovinný respirační kvocient, **SD** – standard deviation; směrodatná odchylka, **SE** – standard error; směrodatná chyba, **COV** – coefficient of variation; variační koeficient

Průměrné hodnoty měřených množství plynů a jejich vzájemných poměrů vykazovaly změny napříč obdobími. U spotřeby kyslíku byl vrcholový průměr tři měsíce po porodu. Zatímco průměr produkce oxidu uhličitého od období tří měsíců po porodu do doby šesti měsíců po porodu zůstal shodný. U respiračních kvocientů se u průměrných hodnot objevila pouze vzrůstající tendence.

7.2 Oxidace substrátů

Následující Tabulky (14. až 16.) popisují spalování živin u žen ve sledovaných obdobích laktace. Z důvodu chyby při sběru dat byla u Tabulek 14. a 15. vynechána jedna žena (KP) a v Tabulce 16. dvě ženy (KP a HM).

U oxidace substrátů nebyl prokázán statisticky významný rozdíl.

Tabulka 14. Oxidace substrátů u kojících žen tři týdny po porodu

Iniciály žen	Oxid. sacharidů [kcal/den]	Oxid. sacharidů [kcal/kg]	Oxid. sacharidů [%]	Oxid. lipidů [kcal/den]	Oxid. lipidů [kcal/kg]	Oxid. lipidů [%]	Oxid. proteinů [kcal/den]	Oxid. proteinů [kcal/kg]	Oxid. proteinů [%]
BD	397	5,1	24	941	12,2	57	307	4,0	19
GL	141	2,1	8	1211	17,9	69	393	5,8	23
HM	80	1,1	5	991	13,1	59	595	7,9	36
HP	32	0,6	3	847	14,8	66	394	6,9	31
KK	71	0,8	4	1118	12,8	66	496	5,7	29
KP									
NA	228	3,5	15	795	12,1	53	488	7,4	32
LK	48	0,7	4	832	12,0	60	495	7,1	36
NL	145	2,4	10	994	16,3	67	352	5,8	24
PH	796	14,0	55	412	7,3	28	240	4,2	17
Počet žen	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Medián	141	2,1	8	941	12,8	60	394	5,8	29
Minimum	32	0,6	3	412	7,3	28	240	4,0	17
Maximum	796	14,0	55	1211	17,9	69	595	7,9	36

Poznámka: U ženy KP nejsou uvedeny hodnoty účelově z důvodu chyby při sběru dat.

Tabulka 15. Oxidace substrátů u kojících žen tři měsíce po porodu

Iniciály žen	Oxid. sacharidů [kcal/den]	Oxid. sacharidů [kcal/kg]	Oxid. sacharidů [%]	Oxid. lipidů [kcal/den]	Oxid. lipidů [kcal/kg]	Oxid. lipidů [%]	Oxid. proteinů [kcal/den]	Oxid. proteinů [kcal/kg]	Oxid. proteinů [%]
BD	285	3,7	18	633	8,3	41	625	8,2	41
GL	21	0,3	1	1373	21,2	77	393	6,1	22
HM	436	5,7	28	606	8,0	39	529	6,9	34
HP	784	13,7	43	703	12,3	38	353	6,2	19
KK	504	5,9	31	756	8,9	46	376	4,4	23
KP									
NA	228	3,5	15	795	12,1	53	488	7,5	32
LK	205	3,1	15	785	11,7	56	402	6,0	29
NL	6	0,1	0	1398	23,2	82	308	5,1	18
PH	581	10,6	40	476	8,7	33	383	7,0	27
Počet žen	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Medián	285	3,7	18	756	11,7	46	393	6,2	27
Minimum	6	0,1	0	473	8,0	33	308	4,4	18
Maximum	784	1,5	43	1398	23,2	82	625	8,2	41

Poznámka: U ženy KP nejsou uvedeny hodnoty účelově z důvodu chyby při sběru dat

Tabulka 16. Oxidace substrátů u kojících žen šest měsíců po porodu

Iniciály žen	Oxid. sacharidů [kcal/den]	Oxid. sacharidů [kcal/kg]	Oxid. sacharidů [%]	Oxid. lipidů [kcal/den]	Oxid. lipidů [kcal/kg]	Oxid. lipidů [%]	Oxid. proteinů [kcal/den]	Oxid. proteinů [kcal/kg]	Oxid. proteinů [%]
BD	39	0,5	2	1266	16,6	73	419	5,5	24
GL	229	3,5	15	983	15,0	64	313	4,8	21
HM									
HP	339	5,8	30	57	1,0	5	728	12,4	65
KK	1032	12,4	63	152	1,8	9	453	5,5	28
KP									
NA	228	3,5	15	795	12,3	53	488	7,5	32
LK	383	5,6	27	433	6,4	31	580	8,5	42
NL	100	1,7	7	1095	18,2	76	250	4,2	17
PH	241	4,4	15	956	17,6	60	387	7,1	24
Počet žen	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Medián	235	4,0	15	875	13,6	56	436	6,3	26
Minimum	39	0,5	2	57	1,0	5	250	4,2	17
Maximum	1032	12,4	63	1266	18,2	76	728	12,4	65

Poznámka: U žen HM a KP nejsou uvedeny hodnoty účelově z důvodu chyby při sběru dat.

Z důvodu, že u oxidace substrátů nebyla prokázána normalita dat, byly hodnoty vyjádřeny v mediánech. U oxidace sacharidů sledujeme, v závislosti na vyjádření, různé vývoje. Hodnoty mediánů u jednotek [kcal/den] vykazovaly nejvyšší bod v období tří měsíců po porodu, zatímco při přepočtu na kilogram tělesné hmotnosti [kcal/kg] a v procentuálním vyjádření [%] byla sledována pouze vzrůstající tendence hodnot mediánů.

Co se týká oxidace lipidů, zde byl trend klesající do období tří měsíců po porodu a poté rostl.

Oxidace proteinů byly opět rozdílné v závislosti na vyjádření. V jednotkách [kcal/den] byl vývoj nejprve mírně klesající (do období tří měsíců po porodu) a poté vzrůstající (šest měsíců po porodu). U jednotek [kcal/kg] byl vývoj hodnot mediánů čistě vzrůstající. Naopak u [%] čistě klesající.

7.3 Klidový energetický výdej

Následující Tabulky 17.-19. znázorňují klidový energetický výdej v závislosti na tělesných aspektech (kg, BSA) a také v závislosti na jednotkách (kcal/den, %). Dále je zde hodnota REE-HB, která není přístrojem změřena, ale je pomocí Harris-Benedictovy rovnice predikována.

Jednofaktorová ANOVA neprokázala významný rozdíl mezi sledovanými obdobími.

Naproti tomu dvouvýběrový párový t-test prokázal snížení predikované hodnoty klidového energetického výdeje (REE-HB) v období tří měsíců po porodu ve srovnání se třemi týdny po porodu ($P = 0,007$).

Tabulka 17. Klidový energetický výdej u kojících žen tři týdny po porodu

Iničiály žen	REE-IC [kcal/den]	REE-HB [kcal/den]	REE [%]	REE/kg [kcal/kg]	REE/BSA [kcal/m ²]
BD	1654	1575	105	21,4	873
GL	1742	1485	117	25,7	980
HM	1663	1541	108	22,0	904
HP	1272	1374	93	22,3	776
KK	1682	1656	102	19,2	846
KP	1925	1432	134	30,3	1122
NA	1518	1446	105	23,1	895
LK	1374	1490	92	19,8	792
NL	1488	1423	105	24,4	910
PH	1452	1400	104	25,6	870
Počet žen	10	10	10	10	10
Průměr	1577	1482	106	23,4	897
SD	193	87	12	3,3	99
COV	12	6	11	14,0	11
Minimum	1272	1374	92	19,2	776
Maximum	1925	1656	134	30,3	1122
SE	61	28	4	1,0	31

Vysvětlivky: **REE-IC** – resting energy expenditure-indirect calorimetry; klidový energetický výdej naměřený nepřímým kalorimetrem, **REE-HB** – resting energy expenditure Harris-Benedict; klidový energetický výdej podle predikční rovnice Harris Benedicta, **REE %** – klidový energetický výdej vyjádřen procentním poměrem mezi naměřenou hodnotou pomocí nepřímého kalorimetru a výsledkem z predikční rovnice HB, **REE-kg** – klidový energetický výdej vztažen na tělesnou hmotnost, **REE-BSA** – klidový energetický výdej vztažen na tělesný povrch, **SD** – standard deviation; směrodatná odchylka, **COV** – coefficient of variation; variační koeficient, **SE** – standard error; směrodatná chyba

Tabulka 18. Klidový energetický výdej u kojících žen tři měsíce po porodu

Iniciály žen	REE-IC [kcal/den]	REE-HB [kcal/den]	REE [%]	REE/kg [kcal/kg]	REE/BSA [kcal/m ²]
BD	1548	1565	99	20,3	821
GL	1785	1456	123	27,6	1024
HM	1576	1546	103	20,7	855
HP	1846	1370	135	32,3	1127
KK	1644	1633	101	19,3	836
KP	1656	1409	118	27,1	982
NA	1616	1445	112	24,7	953
LK	1399	1467	95	20,9	819
NL	1709	1415	121	28,4	1052
PH	1444	1374	105	26,5	879
Počet žen	10	10	10	10	10
Průměr	1622	1468	111	24,8	935
SD	140	87	13	4,3	109
COV	9	6	11	17,4	12
Minimum	1399	1370	95	19,3	819
Maximum	1846	1633	135	32,3	1127
SE	44	28	4	1,4	34

Vysvětlivky: **REE-IC** – resting energy expenditure-indirect calorimetry; klidový energetický výdej naměřený nepřímým kalorimetrem, **REE-HB** – resting energy expenditure Harris-Benedict; klidový energetický výdej podle predikční rovnice Harris Benedicta, **REE %** – klidový energetický výdej vyjádřen procentním poměrem mezi naměřenou hodnotou pomocí nepřímého kalorimetru a výsledkem z predikční rovnice HB, **REE-kg** – klidový energetický výdej vztažen na tělesnou hmotnost, **REE-BSA** – klidový energetický výdej vztažen na tělesný povrch, **SD** – standard deviation; směrodatná odchylka, **COV** – coefficient of variation; variační koeficient, **SE** – standard error; směrodatná chyba

Tabulka 19. Klidový energetický výdej u kojících žen šest měsíců po porodu

Iniciály žen	REE-IC [kcal/den]	REE-HB [kcal/den]	REE [%]	REE/kg [kcal/kg]	REE/BSA [kcal/m ²]
BD	1722	1559	110	22,6	914
GL	1534	1464	105	23,4	875
HM	1700	1558	109	21,8	913
HP	1124	1385	81	19,2	678
KK	1639	1615	102	19,7	842
KP	1653	1360	122	29,5	1016
NA	1635	1437	114	25,3	969
LK	1400	1478	95	20,6	814
NL	1455	1414	103	24,2	896
PH	1592	1371	116	29,3	972
Počet žen	10	10	10	10	10
Průměr	1545	1464	106	23,6	889
SD	180	88	12	3,6	96
COV	12	6	11	15,4	11
Minimum	1124	1360	81	19,2	678
Maximum	1722	1615	122	29,5	1016
SE	57	28	4	1,2	30

Vysvětlivky: **REE-IC** – resting energy expenditure-indirect calorimetry; klidový energetický výdej naměřený nepřímým kalorimetrem, **REE-HB** – resting energy expenditure Harris-Benedict; klidový energetický výdej podle predikční rovnice Harris Benedicta, **REE %** – klidový energetický výdej vyjádřen procentním poměrem mezi naměřenou hodnotou pomocí nepřímého kalorimetru a výsledkem z predikční rovnice HB, **REE-kg** – klidový energetický výdej vztážen na tělesnou hmotnost, **REE-BSA** – klidový energetický výdej vztážen na tělesný povrch, **SD** – standard deviation; směrodatná odchylka, **COV** – coefficient of variation; variační koeficient, **SE** – standard error; směrodatná chyba

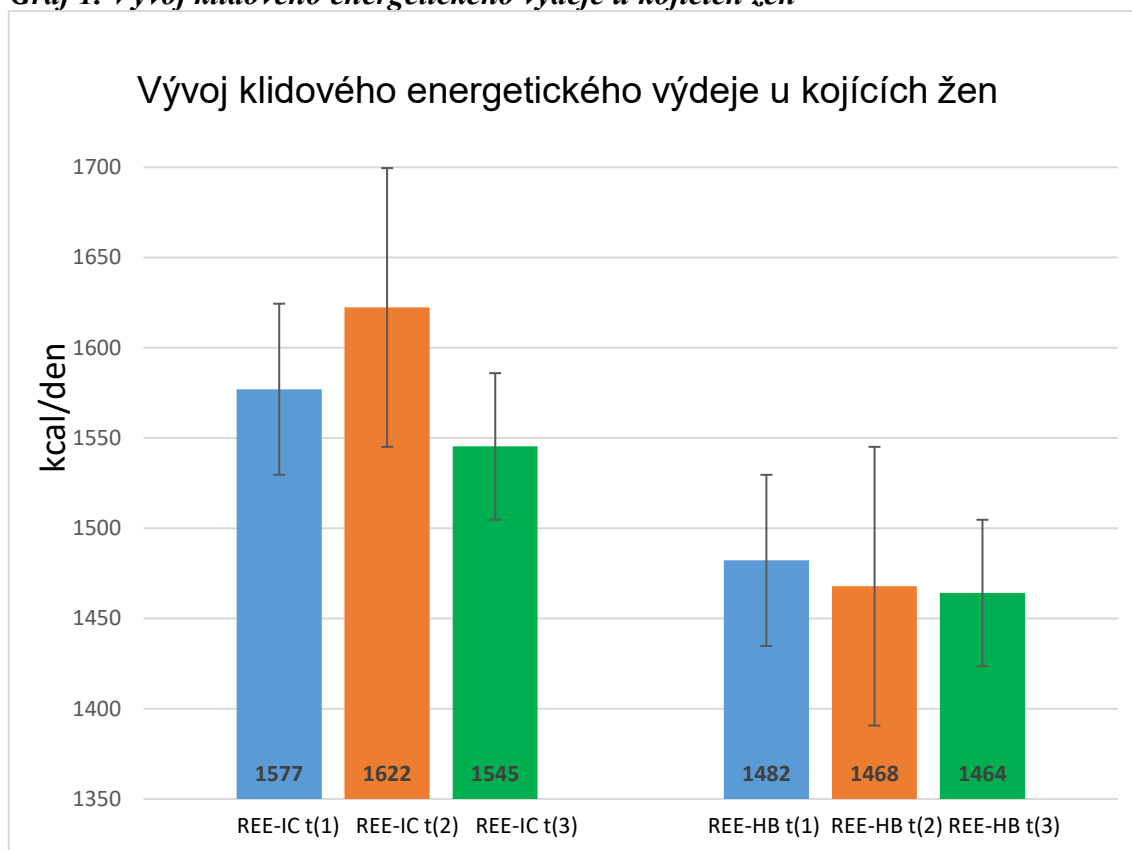
U srovnání klidového energetického výdeje (REE-IC, REE, REE/kg, REE/BSA) se prokázala společná shoda u průměrů naměřených hodnot. Jejich průměry totiž vzrostly v období tří měsíců po porodu a poté klesly v období šesti měsíců po porodu.

Jinak tomu bylo u predikované veličiny (REE-HB), která nezahrnovala skupinu kojících žen a tak předpokládala stále se snižující trend průměrných hodnot.

V Grafu 1. je srovnání průměrných hodnot vypočítaného energetického výdeje ve třech obdobích po porodu oproti predikci klidového energetického výdeje podle Harris-Benedictovy rovnice ve sledovaných termínech u kojících žen.

Při procentuálním vyjádření nárůstu naměřeného klidového energetického výdeje oproti predikované hodnotě vycházel na období tří týdnů po porodu nárůst 6,41 %. Tři měsíce po porodu byl nejvyšší nárůst 10,5 % a šest měsíců po porodu 5,53 %.

Graf 1. Vývoj klidového energetického výdeje u kojících žen



Vysvětlivky: **REE-IC** – resting energy expenditure-indirect calorimetry; klidový energetický výdej naměřený nepřímým kalorimetrem [kcal/den], **REE-HB** – resting energy expenditure Harris-Benedict; klidový energetický výdej podle predikční rovnice Harris-Benedicta [kcal/den], **t(1)** – období tří týdnů po porodu, **t(2)** – období tří měsíců po porodu, **t(3)** – období šesti měsíců po porodu

Poznámka: Výsledky jsou uvedeny jako průměr ± standardní chyba

7.4 Kožní řasy a obvody

V Tabulkách 20.-22. jsou hodnoty tloušťky kožních řas, které byly naměřeny pomocí metody kaliperace.

Dále pak v Tabulkách 23.-25. jsou data z měření obvodů vybraných partií kojících žen.

Z kožních řas prokázal dvouvýběrový párový t-test významný rozdíl pouze u subskapulární řasy. Došlo ke zmenšení tloušťky ve druhém období (tři měsíce po porodu) ve srovnání s prvním obdobím (tři týdny po porodu) ($P = 0,020$).

Z obvodů poté prokázal dvouvýběrový párový t-test významný pokles obvodu boků ve druhém období (tři měsíce po porodu) ve srovnání s prvním obdobím (tři týdny po porodu) ($P = 0,042$).

Při srovnání třetího období (šest měsíců po porodu) a prvního období t-test zjistil významný pokles obvodu pasu ($P = 0,015$) a stehna ($P = 0,019$).

Jednofaktorová ANOVA však neprokázala rozdíly mezi skupinami ani v případě obvodů ani tloušťky kožních řas.

Tabulka 20. Kožní řasy u kojících žen tři týdny po porodu

Iniciály žen	Sub-skapulární řasa [mm]	Řasa nad tricepsem [mm]	Supra-spinální řasa (bok) [mm]	Řasa stehno střed [mm]	Řasa na lýtku [mm]
BD	24	25	43	61	21
GL	26	22	27	31	21
HM	21	24	23	58	23
HP	15	13	23	39	11
KK	24	25	30	58	21
KP	19	18	24	43	19
NA	19	19		43	21
LK	17	12	28	25	17
NL	15	13	14	23	18
PH	14	14	11	15	13
Počet žen	10	10	9	10	10
Průměr	19	18	25	40	19
SD	4	5	9	16	4
COV	22	28	38	41	21
Minimum	14	12	11	15	11
Maximum	26	25	43	61	23
SE	1	2	3	5	1

Vysvětlivky: **Subskapulární řasa** – tloušťka kožní řasy pod dolním úhlem lopatky, **Supraspinální řasa** – tloušťka kožní řasy nad hřebenem kosti kyčelní v přední axilární čáře, **SD** – standard deviation; směrodatná odchylka, **COV** – coefficient of variation; variační koeficient, **SE** – standard error; směrodatná chyba

Poznámka: U ženy NA není uvedena hodnota supraspinální řasy z důvodu chyby při sběru dat.

Tabulka 21. Kožní řasy u kojících žen tři měsíce po porodu

Iniciály žen	Sub-skapulární řasa [mm]	Řasa nad tricepsem [mm]	Supra-spinální řasa (bok) [mm]	Řasa stehno střed [mm]	Řasa na lýtku [mm]
BD	20	23	36	55	21
GL	26	22	27	31	21
HM	20	26	27	60	23
HP	10	15	19	19	20
KK	23	22	29	44	18
KP	16	18	20	43	16
NA	19	19		43	21
LK	14	16	29	28	20
NL	15	18	13	25	20
PH	11	11	7	13	15
Počet žen	10	10	9	10	10
Průměr	17	19	23	36	20
SD	5	5	9	15	2
COV	30	25	40	43	13
Minimum	10	11	7	13	15
Maximum	26	26	36	60	23
SE	2	1	3	5	1

Vysvětlivky: **Subskapulární řasa** – tloušťka kožní řasy pod dolním úhlem lopatky, **Supraspinální řasa** – tloušťka kožní řasy nad hřebenem kosti kyčelní v přední axilární čáře, **SD** – standard deviation; směrodatná odchylka, **COV** – coefficient of variation; variační koeficient, **SE** – standard error; směrodatná chyba
 Poznámka: U ženy NA není uvedena hodnota supraspinální řasy z důvodu chyby při sběru dat.

Tabulka 22. Kožní řasy u kojících žen šest měsíců po porodu

Iniciály žen	Subskapulární řasa [mm]	Řasa nad tricepsem [mm]	Supraspinální řasa (bok) [mm]	Řasa stehno střed [mm]	Řasa na lýtku [mm]
BD	18	27	32	45	22
GL	20	13	21	25	14
HM	21	29	31	58	26
HP	14	18	24	31	14
KK	23	17	28	39	22
KP	10	10	10	27	8
NA	14	19	25	31	28
LK	17	18	27	31	25
NL	17	17	16	47	20
PH	7	12	5	11	13
Počet žen	10	10	10	10	10
Průměr	16	18	22	35	19
SD	5	6	9	13	7
COV	30	33	41	38	35
Minimum	7	10	5	11	8
Maximum	23	29	32	58	28
SE	2	2	3	4	2

Vysvětlivky: **Subskapulární řasa** – tloušťka kožní řasy pod dolním úhlem lopatky, **Supraspinální řasa** – tloušťka kožní řasy nad hřebenem kosti kyčelní v přední axilární čáře, **SD** – standard deviation; směrodatná odchylka, **COV** – coefficient of variation; variační koeficient, **SE** – standard error; směrodatná chyba

Průměrné hodnoty z Tabulek 20.-22. vykazují rozlišnou mobilizaci podkožního tuku v průběhu laktace. Zatímco průměrné hodnoty tloušťky kožní řasy subskapulární, supraspinální a řasy na stehně jsou klesajícího trendu po celou dobu, řasa nad tricepsem a řasa na lýtku vykazují nejvyšší průměrnou hodnotu v období tří měsíců po porodu.

Tabulka 23. Obvody u kojících žen tři týdny po porodu

Iniciály žen	Obvod hrudníku [cm]	Obvod pasu [cm]	Obvod boků [cm]	Obvod levé paže [cm]	Obvod stehna [cm]	Obvod lýtka [cm]
BD	107,0	106,0	111,0	29,0	69,0	36,0
GL	106,0	96,0	100,5	27,0	60,5	33,5
HM	106,0	97,0	110,0	29,5	69,0	39,0
HP	90,0	83,5	94,0	23,5	55,5	33,0
KK	105,5	103,5	115,5	33,5	72,0	41,0
KP	77,0	85,5	100,5	27,5	62,0	35,5
NA	93,0	92,5	106,0	26,5	65,0	36,0
LK	94,0	91,0	104,0	26,0	72,0	37,0
NL	91,0	84,0	100,0	25,0	67,0	35,0
PH	85,0	68,0	92,0	22,0	52,0	32,5
Počet žen	10	10	10	10	10	10
Průměr	95,5	91,0	103,5	24,0	64,5	36,0
SD	10,5	11,0	7,5	3,5	7,0	2,5
COV	11,0	12,0	7,0	12,0	11,0	7,5
Minimum	77,0	68,0	92,0	22,0	52,0	32,5
Maximum	107,0	106,0	115,5	33,5	72,0	41,0
SE	3,5	3,5	2,5	1,0	2,0	1,0

Vysvětlivky: **SD** – standard deviation; směrodatná odchylka, **COV** – coefficient of variation; variační koeficient, **SE** – standard error; směrodatná chyba

Tabulka 24. Obvody u kojících žen tři měsíce po porodu

Iniciály žen	Obvod hrudníku [cm]	Obvod pasu [cm]	Obvod boků [cm]	Obvod levé paže [cm]	Obvod stehna [cm]	Obvod lýtky [cm]
BD	105,0	103,0	108,5	28,5	66,0	37,5
GL	99,5	93,5	98,5	26,0	60,0	33,0
HM	105,0	95,0	110,5	30,0	67,0	39,5
HP	89,0	80,0	94,0	24,0	62,0	33,0
KK	102,0	99,0	113,0	32,0	69,0	40,0
KP	88,0	83,0	97,5	28,0	55,0	36,0
NA	91,0	88,5	106,5	27,0	64,5	36,5
LK	93,0	83,0	100,0	26,0	70,0	38,0
NL	87,0	81,0	101,0	27,0	71,0	36,0
PH	82,0	77,0	91,0	23,0	55,0	33,0
Počet žen	10	10	10	10	10	10
Průměr	94,0	88,5	102,0	27,0	64,0	36,5
SD	8,0	9,0	7,5	2,5	6,0	2,5
COV	8,5	10,0	7,5	10,0	9,0	7,0
Minimum	82,0	77,0	91,0	23,0	55,0	33,0
Maximum	105,0	103,0	113,0	32,0	71,0	40,0
SE	2,5	3,0	2,5	1,0	2,0	1,0

Vysvětlivky: **SD** – standard deviation; směrodatná odchylka, **COV** – coefficient of variation; variační koeficient, **SE** – standard error; směrodatná chyba

Tabulka 25. Obvody u kojících žen šest měsíců po porodu

Iniciály žen	Obvod hrudníku [cm]	Obvod pasu [cm]	Obvod boků [cm]	Obvod levé paže [cm]	Obvod stehna [cm]	Obvod lýtka [cm]
BD	107,0	95,0	108,0	28,0	64,0	37,0
GL	97,0	88,0	97,0	25,5	54,0	33,0
HM	106,0	96,5	115,0	31,5	67,5	38,5
HP	89,0	83,0	93,0	24,0	56,0	33,0
KK	98,0	99,0	110,0	31,0	68,0	38,0
KP	83,0	74,0	90,0	25,0	51,0	41,5
NA	87,0	77,0	103,5	25,5	63,0	37,0
LK	95,0	82,0	103,0	26,0	68,0	37,0
NL	91,0	82,0	101,5	27,5	61,5	35,5
PH	86,0	68,0	89,0	22,0	53,0	33,0
Počet žen	10	10	10	10	10	10
Průměr	94,0	84,5	101,0	26,5	60,5	36,5
SD	8,0	10,0	9,0	3,0	6,5	3,0
COV	9,0	12,0	9,0	11,0	11,0	7,5
Minimum	83,0	68,0	89,0	22,0	51,0	33,0
Maximum	107,0	99,0	115,0	31,5	68,0	41,5
SE	2,5	3,0	2,5	1,0	2,0	1,0

Vysvětlivky: **SD** – standard deviation; směrodatná odchylka, **COV** – coefficient of variation; variační koeficient, **SE** – standard error; směrodatná chyba

V souvislosti s výše zmiňovaným porovnáním průměrných hodnot u Tabulek 20. až 22. se u obvodů prokázala jednoznačná spojitost. Ačkoliv všechny průměry obvodů prokazují čistě klesající vývoj, průměry obvodů levé paže a lýtka potvrzují nejvyšší hodnotu v období tří měsíců po porodu.

7.5 Korelace

V Tabulkách 26. až 31. byly vyhodnoceny závislosti různých proměnných. Ty úzce souvisí buď s antropometrickými hodnotami, se spotřebou a produkcí plynů a jejich poměry, nebo s energetickým výdejem u kojících žen. Tabulky jsou rozděleny podle období vyšetření. To znamená tři týdny, tři měsíce a šest měsíců po porodu.

Veličiny, které jsou signifikantně závislé, na hladině významnosti $P < 0,05$, jsou zvýrazněny červeně.

Tabulka 26. Významné závislosti v období tří týdnů po porodu

3 týdny po porodu	VO ₂ [l/min]	VCO ₂ [l/min]	REE-IC [kcal/den]
Obvod hrudníku [cm]	0,97	0,98	0,99
Subskapulární řasa [mm]	0,92	0,97	0,96
Řasa nad tricepsem [mm]	0,96	0,96	0,98
Řasa nad bicepsem [mm]	0,97	0,88	0,96
Řasa nad L tricepsem [mm]	0,99	0,96	0,99
Řasa předloktí [mm]	0,85	0,97	0,9

Vysvětlivky: Signifikantně závislé hodnoty ($P < 0,05$) jsou zvýrazněny červeně, VO₂ – spotřeba kyslíku, VCO₂ – produkce oxidu uhličitého, REE-IC – resting energy expenditure-indirect calorimetry; klidový energetický výdej naměřený nepřímým kalorimetrem, **Subskapulární řasa** – tloušťka kožní řasy pod dolním úhlem lopatky

Tabulka 27. Významné závislosti u utilizací substrátů v období tří týdnů po porodu

3 týdny po porodu	Oxidace sacharidů [g/den]	Oxidace sacharidů [kcal/den]	Oxidace sacharidů [%]	Oxidace lipidů [g/den]	Oxidace lipidů [kcal/den]
Řasa na hrudníku [mm]	0,92	0,94	0,94	-0,09	-0,09
Supraspinální řasa [mm]	0,9	0,93	0,93	0,17	0,17
Hmotnost FFM [kg] BIA	0,14	-0,04	-0,07	0,93	0,93
Viscerální tuk [kg] BIA	0,42	0,22	0,19	0,89	0,89
Obvod levé paže [cm]	0,41	0,21	0,18	0,95	0,95
BSA [m ²]	0,58	0,41	0,38	0,9	0,9

Vysvětlivky: Signifikantně závislé hodnoty ($P < 0,05$) jsou zvýrazněny červeně, **Supraspinální řasa** – tloušťka kožní řasy nad hřebenem kosti kyčelní v přední axilární čáře, **FFM** – fat free mass; tukuprostá tkáň, **BIA** – bioelectrical impedance analysis; změřeno váhou pomocí metody bioimpedanční analýzy, **BSA** – body surface area; plocha tělesného povrchu

Tabulka 28. Významné závislosti u utilizací proteinů a REE-HB v období tří měsíců po porodu

3 měsíce po porodu	REE-HB [kcal/den]	Oxidace proteinů [g/den]	Oxidace proteinů [kcal/den]	Oxidace proteinů [%]
Viscerální tuk [%] BIA	0,97	0,51	0,51	0,55
Hmotnost kostí [kg] BIA	0,97	0,36	0,36	0,36
Obvod levé paže [cm]	0,93	0,33	0,33	0,32
Obvod hrudníku [cm]	0,88	0,82	0,82	0,8
Subskapulární řasa [mm]	0,97	0,51	0,51	0,51
Řasa stehno-střed [mm]	0,82	0,84	0,84	0,81
Suprascapulární řasa (bok) [mm]	0,74	0,81	0,81	0,86

Vysvětlivky: Signifikantně závislé hodnoty ($P < 0,05$) jsou zvýrazněny červeně, **REE-HB** – resting energy expenditure Harris-Benedict; klidový energetický výdej podle predikční rovnice Harris-Benedicta, **BIA** – bioelectrical impedance analysis; měřeno váhou pomocí metody bioimpedanční analýzy, **Subskapulární řasa** – tloušťka kožní řasy pod dolním úhlem lopatky, **Suprascapulární řasa** – tloušťka kožní řasy nad hřebenem kosti kyčelní v přední axilární čáře

Tabulka 29. Významné závislosti u spalování plynů a REE v období šesti měsíců po porodu

6 měsíců po porodu	VO ₂ [l/min]	VCO ₂ [l/min]	REE [%]	REE/BSA [kcal/m ²]	REE-HB [kcal/den]
Viscerální tuk [%] BIA	0,72	0,94	0,49	0,37	0,94
Obvod boků [cm]	0,88	0,92	0,73	0,66	0,89
Obvod lýtky [cm]	0,82	0,89	0,73	0,69	0,78
Tělesný tuk [%] BIA	0,81	0,91	0,96	0,47	0,96
Řasa na stehně [mm]	0,86	0,38	0,95	0,94	0,23

Vysvětlivky: Signifikantně závislé hodnoty ($P < 0,05$) jsou zvýrazněny červeně, **VO₂** – spotřeba kyslíku, **VCO₂** – produkce oxidu uhličitého, **REE [%]** – hodnota klidového energetického výdeje pomocí procentního vyjádření mezi naměřenou hodnotou pomocí IC a výsledkem z rovnice Harris-Benedicta, **REE/BSA** – hodnota klidového energetického výdeje vztažena na povrch těla, **REE-HB** – resting energy expenditure Harris-Benedict; klidový energetický výdej podle predikční rovnice Harris-Benedicta, **BIA** – bioelectrical impedance analysis; měřeno váhou pomocí metody bioimpedanční analýzy

Tabulka 30. Významné závislosti u utilizací lipidů v období šesti měsíců po porodu

6 měsíců po porodu	Oxidace lipidů [g/den]	Oxidace lipidů [kcal/den]	Oxidace lipidů [%]
Řasa na stehně [mm]	0,89	0,89	0,87
REE/kg [kcal/kg]	0,8	0,8	0,84

Vysvětlivky: Signifikantně závislé hodnoty ($P < 0,05$) jsou zvýrazněny červeně, **REE/kg** – Hodnota klidového energetického výdeje vztahena na tělesnou hmotnost

V Tabulce 31. jsou společné závislosti, které korelují ve všech třech sledovaných obdobích. Pro lepší názornost jsou hodnoty r , korelačního koeficientu, rozděleny do tří řádků. V každém je poté zaznamenána hodnota z vyšetření. Vrchní řádek (1) ukazuje hodnotu r z měření tří týdnů po porodu, prostřední (2) pak z období tří měsíců a spodní řádek (3) obsahuje korelační koeficient šest měsíců po porodu.

Tabulka 31. Společné závislosti pro všechna sledovaná období

Všetchna sledovaná období	REE-HB [kcal/den]	Durnin Womersley fat [%]
Obvod boků [cm]	1) 0,99	0,88
	2) 0,96	0,94
	3) 0,89	0,76
Subskapulární řasa [mm]	1) 0,92	0,99
	2) 0,97	0,94
	3) 0,89	0,64
Viscerální tuk [kg] BIA	1) 0,99	0,80
	2) 0,98	0,92
	3) 0,97	0,85

Vysvětlivky: Signifikantně závislé hodnoty ($P < 0,05$) jsou zvýrazněny červeně, **REE-HB** – resting energy expenditure Harris-Benedict; klidový energetický výdej podle predikční rovnice Harris-Benedicta, **Durnin Womersley fat** – odhad podílu tuku pomocí součtu čtyř kožních řas (nad tricepsem, bicepsem, supraspinálním a subskapulárním), **Subskapulární řasa** – tloušťka kožní řasy pod dolním úhlem lopatky, **BIA** – bioelectrical impedance analysis; měřeno váhou pomocí metody bioimpedanční analýzy

V souvislosti s produkcí mateřského mléka a s mobilizací tukových zásob z těhotenství vyšla v korelační analýze pozitivní závislost mezi obvodem hrudníku a klidovým energetickým výdejem v období tří týdnů po porodu ($r = 0,99; P < 0,05$) a mezi řasou nad tricipsem a klidovým energetickým výdejem ve stejném období ($r = 0,98; P < 0,05$).

U oxidací v období tří týdnů po porodu vyšla najevo pozitivní signifikantní závislost mezi řasou na hrudníku a oxidací sacharidů vyjádřenou v kcal/den ($r = 0,94; P < 0,05$). Dále pak mezi oxidací lipidů v kcal/den a obvodem levé paže ($r = 0,95; P < 0,05$).

8. DISKUZE

Na začátku studie bylo jako cíl vytyčeno vyhodnocení klidového energetického výdeje a oxidace nutričních substrátů u zdravých českých žen v období laktace a jejich vztah k naměřeným antropometrickým parametrům. Naší studie se zúčastnilo 10 kojících žen v průměrném věku 28 ± 2 roky (nejmladší 24 a nejstarší 32 let) a s průměrnou výškou 165 ± 4 cm (min. 160, max. 172 cm).

Větší část zahraničních vědeckých studií se zabývala obdobím samotného těhotenství nebo srovnáním období s laktací. Typologicky nejbližší studie s tou naší byla z roku 1999 (Butte et al., 1999) a zahrnovala 76 žen (kojících 39 v období tří měsíců po porodu a 32 v období šesti měsíců po porodu). Vykazovala hodnoty VO_2 (spotřeba kyslíku) v období tří měsíců po porodu $0,202\pm 0,025$ l/min oproti našim $0,239\pm 0,021$ l/min a v období šesti měsíců po porodu $0,198\pm 0,027$ l/min ve srovnání s naší hodnotou $0,225\pm 0,025$ l/min. Dalším zkoumaným parametrem byla VCO_2 (produkce oxidu uhličitého). Zde byla hodnota v období tří měsíců po porodu $0,162\pm 0,020$ l/min. Naše ženy pak průměrně produkovaly $0,192\pm 0,022$ l/min oxidu uhličitého. Vyšší tendence oproti zahraniční studii se prokazovala i u posledního období (šest měsíců po porodu), kdy $0,159$ l/min bylo opět nižší než $0,192$ l/min u českých žen. Jiným, stejně sledovaným parametrem, byl respirační kvocient (RQ). V období tří měsíců po porodu byla hodnota $0,802\pm 0,042$ oproti našim $0,812\pm 0,081$ a v období šesti měsíců po porodu $0,789\pm 0,042$ oproti našim $0,854\pm 0,159$. Důvodů, proč jsou hodnoty nižší, může být více. Například jednotlivé hodnoty byly počítány z bazálního metabolismu, zatímco naše výsledky vycházely z klidového energetického výdeje, který je vyšší. Dalším faktorem byla samozřejmě odlišnost v prostředí, životního stylu a nutrice.

Klidový energetický výdej u žen v období laktace naměřený nepřímým kalorimetrem byl vyjádřen jako průměr \pm směrodatná odchylka. V prvním období (tři týdny po porodu) byla hodnota $1577,0\pm 192,7$ kcal/den, v druhém (tři měsíce po porodu) $1622,3\pm 139,6$ kcal/den a ve třetím (šest měsíců po porodu) $1545,3\pm 180,2$ kcal/den. Srovnání se zahraniční prací lze provést u hodnot v posledním období (šest měsíců po porodu). V roce 2009 byla provedena studie na švýcarských ženách. V čase $40\pm 7,2$ týdnů po porodu bylo 13 žen změřeno

nepřímým kalorimetrem. Výsledkem poté byl $1455 \pm 161,6$ kcal/den (Melzer et al., 2009). Při přepočtu na kg tělesné hmotnosti byla hodnota námi provedené studie obdobná. Švýcarské ženy měly průměrně $23,9 \pm 2,6$ kcal/kg oproti hodnotě $23,5 \pm 3,6$ kcal/kg z našeho výzkumu.

Procentuální vyjádření navýšení klidového energetického výdeje (REE) lze chápat jako podíl mezi naměřenou hodnotou nepřímým kalorimetrem a predikovanou hodnotou pomocí rovnice Harris-Benedicta. Ta ovšem nezahrnuje skupinu kojících žen. Tři týdny po porodu vzrostl REE o 6,41 %. Tři měsíce po porodu o 10,50 % a jednalo se o nejvyšší rozdíl. Šest měsíců po porodu byl nárůst REE o 5,53 %. Celkovým průměrem byl 7,48% vzrůst REE. Studie z roku 1997 uvádí, že průměrný energetický nárůst činí 25 % (Butte et al., 1997). Z čehož vyplývá, že ženy využívaly i jiné mechanismy pro zvládnutí energeticky náročné fáze. Příkladem může být mobilizace tukových tkání.

Ohledně oxidace substrátů a především sacharidů se neshodujeme s již zmíněnou studií z roku 1999. Zde však byla využita rozdílná metodika. Ženy byly měřeny po dobu 24 hodin a během vyšetřování jedly. V naší práci však byly ženy měřeny nalačno a tudíž byla oxidace sacharidů nižších hodnot. Závěr zahraniční studie zhodnotil preferenční využití sacharidů. Výsledkem pak byla procenta vyjádřená z celkového energetického výdeje u 39 kojících žen v období tří měsíců po porodu a to 49 ± 8 % a v období šesti měsíců po porodu 50 ± 8 %, kde však bylo jen 32 kojících žen (Butte et al., 1999). Naše výsledky byly výrazně nižších hodnot (z důvodů výše zmíněných). Přesněji v období tří měsíců po porodu české ženy vykazovaly hodnoty 18% oxidace sacharidů a v období šesti měsíců po porodu 15%.

Celkově se oxidace substrátů vyvíjela v kontextu se sledovaným obdobím. Tři týdny po porodu ženy výrazně oxidovaly především lipidy (60 %). Hodnota mediánu oxidace sacharidů byla v tomto období vůbec nejnižší (8 %). Proteiny oxidované kojícími ženami byly na hladině 29 %. V období tří měsíců po porodu se hladiny mediánů výrazně měnily, především pak u sacharidů a lipidů. Více než dvojnásobný vzrůst oxidace sacharidů (18 %) doprovázelo snížení oxidace u lipidů (46 %). U oxidace proteinů nedošlo v tomto období k většímu rozdílu (27 %). Šest měsíců po porodu pak hodnota oxidace sacharidů mírně klesla (15 %) a u lipidů naopak vzrostla (56 %). U oxidace proteinů docházelo prakticky ke

stagnaci (26 %). V souvislosti s hodnotami lze usoudit, že tři týdny po porodu ženy využívaly oxidace lipidů (které uložily v době gravidity) k uspokojení energetických potřeb. V období tří měsíců po porodu byl sledován zvyšující se trend u oxidace sacharidů, který by odpovídal přednostnímu využití glukózy prsní žlázou, což popisovala i studie ze Švýcarska (Melzer et al., 2009). V posledním sledovaném období pak došlo ke stabilizaci poměrů hodnot mediánů oxidačních substrátů.

Co se týká antropometrických změn v období laktace, zde nám vyšlo zmenšení obvodu boků při srovnání prvního období (tři týdny po porodu) až třetího (šest měsíců po porodu) o 2,42 %. To je nižší hodnota, než uvádí studie z roku 1993, ve které 24 žen bylo rozděleno podle kojení či nekojení. Ženy, které kojily výhradně nebo kombinovaně, měly nejvýraznější pokles obvodu boků a to o 3,6 % (Kramer et al., 1993).

V závislosti na ukládání tuku jsme se shodli se zahraničními studii v nárůstu tuku v oblasti tricepsu. Naše ženy vykazovaly vzestupnou tendenci do třetího měsíce po porodu. Poté se v období šesti měsíců po porodu tloušťka kožní řasy snižovala. Ke stejnému závěru došla i studie z roku 1988, kde bylo 151 žen pozorováno s výsledkem, že do pátého měsíce po porodu hodnota tloušťky tricepsu stoupala a poté nabírala sestupnou tendenci (Dugdale et Eaton-Evans, 1988). Se závěrem, že dochází k redistribuci tukových zásob z těhotenství, vyšla studie, která opět potvrzovala vzrůstající tendenci hodnoty tloušťky kožní řasy nad tricipsem do třetího měsíce po porodu (Brewer et al., 1989).

V rámci korelační analýzy byla prokázána pozitivní signifikantní závislost klidového energetického výdeje, který byl naměřen nepřímým kalorimetrem, společně s obvodem hrudníku ($r = 0,99$; $P < 0,05$) a s řasou nad tricipsem ($r = 0,98$; $P < 0,05$). Obě pozitivní korelace se vztahují k období tří týdnů po porodu.

Jelikož se jedná o prvotinu v České republice, je zapotřebí navázat na studii a pro validní výsledky zahrnout více žen. Nízký počet žen proto limituje konkurenceschopnost se světovými studii, kterých ovšem také není mnoho. Navzdory tomu však studie potvrdila určité závislosti, které se opakují napříč světem.

9. ZÁVĚR

Do výzkumu se zapojilo 10 českých kojících žen, u kterých byl měřen klidový energetický výdej a zároveň antropometrické parametry. Vyšetřování se odehrávala ve třech obdobích.

Průměrné hodnoty klidového energetického výdeje u žen v období laktace byly tři týdny po porodu 1577 ± 193 kcal/den, tři měsíce po porodu 1622 ± 140 kcal/den a šest měsíců po porodu 1545 ± 180 kcal/den.

Všechny průměrné hodnoty byly vyšší než predikovala rovnice Harris-Benedicta, která ovšem nezahrnuje skupinu kojících žen. Největší nárůst (10,5%) byl tři měsíce po porodu, průměrný vzrůst byl o 7,48 %. K výsledku lze dodat, že kojící ženy využívaly více mechanismů (například mobilizaci tukových tkání) pro zvládnutí této fáze, jelikož dle Butte sahá energetický nárůst v období laktace v průměru až k 25 % (Butte et al., 1997).

U oxidací nutričních substrátů byl zaznamenán vývoj v závislosti na sledovaném období. Tři týdny po porodu ženy výrazně oxidovaly lipidy (60 %), což souviselo s metabolismem tukových zásob z gravidity. Tři měsíce po porodu však docházelo k náhlému zvýšení (z 8 % na 18%) hodnoty mediánu oxidace sacharidů. Zde se mohlo prokázat přednostní využití glukózy prsní žlázou.

V souladu se světovými studiemi jsme došli k závěru, že v rámci mobilizace tukových zásob docházelo ve třetím měsíci po porodu k navýšení tloušťky řasy nad tricepsem. Poté se hodnota snižovala.

Pearsonova korelace prokázala signifikantní pozitivní závislost mezi naměřenou hodnotou klidového energetického výdeje nepřímým kalorimetrem a řasou nad tricepsem ($r = 0,98$; $P < 0,05$) a zároveň mezi obvodem hrudníku ($r = 0,99$; $P < 0,05$). Obě pozitivní korelace vycházely z období tří týdnů po porodu.

10. POUŽITÉ ZKRATKY

Zkratka	Anglický význam	Český význam
A	Age	Věk; [roky]
AEE	Actual energy expenditure	Aktuální energetický výdej; [kcal/den]
AF	Activity factor	Faktor aktivity
ATP	Adenosine triphosphate	Adenosintrifosfát
BCM	Body cell mass	Intracelulární hmota
BIA	Bioelectrical impedance analysis	Bioimpedanční analýza
BMI	Body mass index	Index tělesné hmotnosti; [kg/m ²]
BMR	Basal metabolic rate	Bazální metabolismus; [kcal/den]
BSA	Body surface area	Plocha tělesného povrchu; [m ²]
COV	Coefficient of variation	Variační koeficient
CT	Computed tomography	Počítačová tomografie
DEXA	Dual-energy X-ray absorptiometry	Duální rentgenová absorpciometrie
ECM	Extracellular mass	Extracelulární hmota
EE	Energy expenditure	Energetický výdej; [kJ; kcal]
FFM	Fat free mass	Tukuprostá tkáň
FiO₂	Fraction of inspired oxygen	Frakce inspirované hladiny kyslíku
HB	Harris-Benedict	
IC	Indirect calorimetry	Nepřímá kalorimetrie
IF	Injury factor	Faktor poškození
IJR	Ireton-Jones equation	Rovnice Ireton-Jonesové (výpočet AEE bez korekčních faktorů); [kcal/den]
NRQ	Non-protein respiratory quotient	Nebílkovinný respirační kvocient

Zkratka	Anglický význam	Český význam
ONS	Oxidation of nutritional substrates	Oxidace nutričních substrátů
PMR	Postprandial metabolic rate	Postprandiální metabolismus
REE	Resting energy expenditure	Klidový energetický výdej
RQ	Respiratory quotient	Respirační kvocient
SD	Standard deviation	Směrodatná odchylka
SE	Standard error	Směrodatná chyba
TAG	Triacylglycerol	Triacylglycerol – složka rostlinného a živočišného tuku
TEE	Total energy expenditure	Celkový energetický výdej; [kcal/den]
TF	Thermic factor	Faktor teploty
UCP	Uncoupling protein	Odpřahující protein (mitochondriální)
UN	Urea nitrogen	Odpad dusíku v moči; [g/den]
VCO₂		Produkce vydechaného oxidu uhličitého; [l/den]
VO₂		Spotřeba kyslíku; [l/den]

11. SEZNAM TABULEK

TABULKA 1. PROCENTUÁLNÍ VYJÁDRĚNÍ FYZIOLOGICKÝCH HODNOT VISCERÁLNÍHO TUKU	11
TABULKA 2. FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ HODNOTU BAZÁLNÍHO METABOLIZMU	14
TABULKA 3. PŘEHLED PRŮMĚRNÝCH HODNOT KLIDOVÉHO ENERGETICKÉHO VÝDEJE (REE) VYBRANÝCH TKÁNÍ ČLOVĚKA	16
TABULKA 4. IDEÁLNÍ A AKCEPTOVATELNÉ PODMÍNKY PRO MĚŘENÍ IC	21
TABULKA 5. MIMONUTRIČNÍ FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ HODNOTU RQ.....	22
TABULKA 6. FAKTORY PŮSOBÍCÍ NA SPOTŘEBU O ₂	23
TABULKA 7. ROVNICE PODLE DURNINA A WOMERLSEYHO	31
TABULKA 8. ANTROPOMETRICKÁ CHARAKTERISTIKA KOJÍCÍCH ŽEN TŘI MĚSÍCE PO PORODU	32
TABULKA 9. ANTROPOMETRICKÁ CHARAKTERISTIKA KOJÍCÍCH ŽEN TŘI MĚSÍCE PO PORODU	33
TABULKA 10. ANTROPOMETRICKÁ CHARAKTERISTIKA KOJÍCÍCH ŽEN ŠEST MĚSÍCŮ PO PORODU	33
TABULKA 11. MĚŘENÁ MNOŽSTVÍ PLYNŮ A JEJICH POMĚR U KOJÍCÍCH ŽEN TŘI TÝDNY PO PORODU	35
TABULKA 12. MĚŘENÁ MNOŽSTVÍ PLYNŮ A JEJICH POMĚR U KOJÍCÍCH ŽEN TŘI MĚSÍCE PO PORODU.....	36
TABULKA 13. MĚŘENÁ MNOŽSTVÍ PLYNŮ A JEJICH POMĚR U KOJÍCÍCH ŽEN ŠEST MĚSÍCŮ PO PORODU.....	37
TABULKA 14. OXIDACE SUBSTRÁTŮ U KOJÍCÍCH ŽEN TŘI TÝDNY PO PORODU	38
TABULKA 15. OXIDACE SUBSTRÁTŮ U KOJÍCÍCH ŽEN TŘI MĚSÍCE PO PORODU.....	39
TABULKA 16. OXIDACE SUBSTRÁTŮ U KOJÍCÍCH ŽEN ŠEST MĚSÍCŮ PO PORODU.....	40
TABULKA 17. KLIDOVÝ ENERGETICKÝ VÝDEJ U KOJÍCÍCH ŽEN TŘI TÝDNY PO PORODU	41
TABULKA 18. KLIDOVÝ ENERGETICKÝ VÝDEJ U KOJÍCÍCH ŽEN TŘI MĚSÍCE PO PORODU	42
TABULKA 19. KLIDOVÝ ENERGETICKÝ VÝDEJ U KOJÍCÍCH ŽEN ŠEST MĚSÍCŮ PO PORODU	43
TABULKA 20. KOŽNÍ ŘASY U KOJÍCÍCH ŽEN TŘI TÝDNY PO PORODU	45
TABULKA 21. KOŽNÍ ŘASY U KOJÍCÍCH ŽEN TŘI MĚSÍCE PO PORODU	46
TABULKA 22. KOŽNÍ ŘASY U KOJÍCÍCH ŽEN ŠEST MĚSÍCŮ PO PORODU	47
TABULKA 23. OBVODY U KOJÍCÍCH ŽEN TŘI TÝDNY PO PORODU	48
TABULKA 24. OBVODY U KOJÍCÍCH ŽEN TŘI MĚSÍCE PO PORODU	49
TABULKA 25. OBVODY U KOJÍCÍCH ŽEN ŠEST MĚSÍCŮ PO PORODU	50
TABULKA 26. VÝZNAMNÉ ZÁVISLOSTI V OBDOBÍ TŘÍ TÝDNŮ PO PORODU	51
TABULKA 27. VÝZNAMNÉ ZÁVISLOSTI U UTILIZACÍ SUBSTRÁTŮ V OBDOBÍ TŘÍ TÝDNŮ PO PORODU	51
TABULKA 28. VÝZNAMNÉ ZÁVISLOSTI U UTILIZACÍ PROTEINŮ A REE-HB V OBDOBÍ TŘÍ MĚSÍCŮ PO PORODU	52
TABULKA 29. VÝZNAMNÉ ZÁVISLOSTI U SPALOVÁNÍ PLYNŮ A REE V OBDOBÍ ŠESTI MĚSÍCŮ PO PORODU	52
TABULKA 30. VÝZNAMNÉ ZÁVISLOSTI U UTILIZACÍ LIPIDŮ V OBDOBÍ ŠESTI MĚSÍCŮ PO PORODU	53
TABULKA 31. SPOLEČNÉ ZÁVISLOSTI PRO VŠECHNA SLEDOVANÁ OBDOBÍ.....	53

12. SEZNAM OBRÁZKŮ

OBRÁZEK 1. KOMPONENTY ENERGETICKÉ ROVNOVÁHY KOJÍCÍ ŽENY.....	12
OBRÁZEK 2. SCHÉMA PRINCIPU INDIRECTNÍ KALORIMETRIE.....	18
OBRÁZEK 3. OTEVŘENÝ SYSTÉM MĚŘENÍ POMOCÍ KANOPY U SPONTÁNNĚ VENTILUJÍCÍHO PACIENTA.....	19
OBRÁZEK 4. OTEVŘENÝ SYSTÉM S MÍSÍCÍ KOMOROU PRO MĚŘENÍ NEMOCNÉHO NA UMĚLÉ VENTILACI.....	20

13. SEZNAM GRAFŮ

GRAF 1. VÝVOJ KLIDOVÉHO ENERGETICKÉHO VÝDEJE U KOJÍCÍCH ŽEN.....	44
--	----

14. POUŽITÁ LITERATURA

- 1) ANDRESOVÁ Markéta, NOVÁK Ivan. *Měření energetické potřeby organismu metodou nepřímé kalorimetrie a její užití v praxi. Pediatrie po promoci: časopis postgraduálního vzdělávání dětských lékařů*. Praha: Medical Tribune CZ, 2004; 1: 56. ISSN 1214-6773.
- 2) BENDER, Richard L., Heather S. WILLIAMS a Darna L. DUFOUR. No change in energy efficiency in lactation: Insights from a longitudinal study. *American Journal of Human Biology* [online]. 2017, **29**(6) [cit. 2019-07-17]. DOI: 10.1002/ajhb.23051. ISSN 10420533. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/ajhb.23051>
- 3) BETTS, J Gordon. *Anatomy & physiology*. 2013. Rice University: Openstax, 2013. ISBN 9781938168130.
- 4) BREWER, M M, M R BATES a L P VANNOY. Postpartum changes in maternal weight and body fat depots in lactating vs nonlactating women. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 1989, **49**(2), 259-265 [cit. 2019-07-17]. DOI: 10.1093/ajcn/49.2.259. ISSN 0002-9165. Dostupné z: <https://academic.oup.com/ajcn/article/49/2/259/4732786>
- 5) BUTTE, Nancy F a Janet C KING. Energy requirements during pregnancy and lactation. *Public Health Nutrition* [online]. 2005, **8**(7a), 1010-1027 [cit. 2019-07-04]. DOI: 10.1079/PHN2005793. ISSN 1368-9800. Dostupné z: https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S136898000500131X/type/journal_article
- 6) BUTTE, Nancy F, Judy M HOPKINSON, Nitesh MEHTA, Jon K MOON a E O'Brian SMITH. Adjustments in energy expenditure and substrate utilization during late pregnancy and lactation. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 1999, **69**(2), 299-307 [cit. 2019-07-16]. DOI: 10.1093/ajcn/69.2.299. ISSN 0002-9165. Dostupné z: <https://academic.oup.com/ajcn/article/69/2/299/4694158>
- 7) BUTTE, Nancy F., Lourdes BARBOSA, Salvador VILLALPANDO, William W. WONG a E. O. SMITH. Total Energy Expenditure and Physical Activity Level of Lactating Mesoamericans. *The Journal of Nutrition*[online]. 1997, **127**(2), 299-305 [cit. 2020-01-24]. DOI: 10.1093/jn/127.2.299. ISSN 0022-3166. Dostupné z: <https://academic.oup.com/jn/article/127/2/299/4728722>
- 8) DE SOUSA, Taciana Maia, Tatiani Uceli MAIOLI, Ana Luiza Soares DOS SANTOS a Luana Caroline DOS SANTOS. Energy expenditure in the immediate postpartum period: Indirect calorimetry versus predictive equations. *Nutrition* [online]. 2017, **39-40**, 36-42 [cit. 2019-07-16]. DOI: 10.1016/j.nut.2017.02.009. ISSN 08999007. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0899900717300412>
- 9) DUGDALE, A. E. a J. EATON-EVANS. The effect of lactation and other factors on post-partum changes in body-weight and triceps skinfold thickness. *British Journal of Nutrition* [online]. 1989, **61**(2), 149-153 [cit. 2020-01-19]. DOI: 10.1079/BJN19890105. ISSN 0007-1145. Dostupné z: https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0007114589000243/type/journal_article
- 10) DURBIN, J. V. G. A. a J. WOMERSLEY. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 Years. *British Journal of Nutrition* [online]. 1974, **32**(01), 77-97 [cit. 2020-01-17]. DOI: 10.1079/BJN19740060. ISSN

- 0007-1145. Dostupné z:
http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0007114574000614
- 11) GROPPER, Sareen Annora Stepnick, Jack L. SMITH a James L. GROFF. *Advanced nutrition and human metabolism*. 4th ed. Belmont, CA: Thomson/Wadsworth, c2004. 534 s. ISBN 0534559867.
 - 12) GUNDERSON, Erica P. Impact of Breastfeeding on Maternal Metabolism: Implications for Women with Gestational Diabetes. *Current Diabetes Reports* [online]. 2014, **14**(2) [cit. 2019-07-17]. DOI: 10.1007/s11892-013-0460-2. ISSN 1534-4827. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s11892-013-0460-2>
 - 13) GUPTA, RiddhiDas, Roshna RAMACHANDRAN, Padmanaban VENKATESAN, Shajith ANOOP, Mini JOSEPH a Nihal THOMAS. Indirect calorimetry: From bench to bedside. *Indian Journal of Endocrinology and Metabolism* [online]. 2017, **21**(4) [cit. 2019-07-09]. DOI: 10.4103/ijem.IJEM_484_16. ISSN 2230-8210. Dostupné z: <http://www.ijem.in/text.asp?2017/21/4/594/207698>
 - 14) HAUGEN, Heather A., Lingtak-Neander CHAN a Fanny LI. Indirect Calorimetry: A Practical Guide for Clinicians. *Nutrition in Clinical Practice* [online]. 2017, **22**(4), 377-388 [cit. 2019-07-09]. DOI: 10.1177/0115426507022004377. ISSN 0884-5336. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1177/0115426507022004377>
 - 15) HOLEČEK, Milan. *Regulace metabolismu cukrů, tuků, bílkovin a aminokyselin*. Praha: Grada, 2006. 80-81, 84-85 s. ISBN 80-247-1562-7.
 - 16) HRONEK, Miloslav. *Praktická cvičení z morfologie a fyziologie pro posluchače Farmaceutické fakulty*. Praha: Karolinum, 2013. 71-72, 75-77 s. ISBN 978-80-246-2293-4.
 - 17) INSEL, Paul M., R. Elaine TURNER a Don ROSS. *Discovering nutrition*. 3rd ed. Sudbury, Mass.: Jones and Bartlett Publishers, c2010. 279 s. ISBN 076375873
 - 18) JABOR, Antonín. *Vnitřní prostředí*. Praha: Grada, 2008. 476, 487 s. ISBN 978-80-247-1221-5.
 - 19) KASPER, Heinrich. *Výživa v medicíně a dietetika*. Praha: Grada, 2015. 255, 443, 500 s. ISBN 978-80-247-4533-6.
 - 20) KITTNAR, Otomar a Mikuláš MLČEK. *Atlas fyziologických regulací: 329 schémat*. Praha: Grada, 2009. 276 s. ISBN 978-80-247-2722-6.
 - 21) KOMINIAREK, Michelle A. a Priya RAJAN. Nutrition Recommendations in Pregnancy and Lactation. *Medical Clinics of North America* [online]. 2016, **100**(6), 1199-1215 [cit. 2019-07-15]. DOI: 10.1016/j.mcna.2016.06.004. ISSN 00257125. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025712516372959>
 - 22) KRAMER, F. Matthew, Albert J STUNKARD, Kathleen A MARSHALL, Shortie MCKINNEY a Jane LIEBSCHUTZ. Breast-feeding reduces maternal lower-body fat. *Journal of the American Dietetic Association* [online]. 1993, **93**(4), 429-433 [cit. 2020-02-27]. DOI: 10.1016/0002-8223(93)92289-A. ISSN 00028223. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/000282239392289A>
 - 23) LANGMEIER, Miloš. *Základy lékařské fyziologie*. Praha: Grada, 2009. 161 s. ISBN 978-80-247-2526-0.
 - 24) LEDERMAN, Sally Ann. Influence of Lactation on Body Weight Regulation. *Nutrition Reviews* [online]. 2004, **62**, S112-S119 [cit. 2019-07-17].

- DOI: 10.1111/j.1753-4887.2004.tb00080.x. ISSN 00296643. Dostupné z:
<https://academic.oup.com/nutritionreviews/article-lookup/doi/10.1111/j.1753-4887.2004.tb00080.x>
- 25) LEIFER, Gloria. *Úvod do porodnického a pediatrického ošetrovatelství*. Vyd. 1. české. Praha: Grada, 2004. 590 s. ISBN 80-247-0668-7.
- 26) MCCLAVE, SA, DA SPAIN, JL SKOLNICK, CC LOWEN, MJ KLEBER, PS WICKERHAM, JR VOGT a SW LOONEY. Achievement of steady state optimizes results when performing indirect calorimetry. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition* [online]. 2016, **27**(1), 16-20 [cit. 2019-07-09]. DOI: 10.1177/014860710302700116. ISSN 0148-6071. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1177/014860710302700116>
- 27) MELZER, K, Y SCHUTZ, M BOULVAIN a B KAYSER. Pregnancy-related changes in activity energy expenditure and resting metabolic rate in Switzerland. *European Journal of Clinical Nutrition* [online]. 2009, **63**(10), 1185-1191 [cit. 2020-01-18]. DOI: 10.1038/ejcn.2009.49. ISSN 0954-3007. Dostupné z: <http://www.nature.com/articles/ejcn200949>
- 28) MOTIL, K J, C M MONTANDON a C GARZA. Basal and postprandial metabolic rates in lactating and nonlactating women. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 1990, **52**(4), 610-615 [cit. 2019-07-17]. DOI: 10.1093/ajcn/52.4.610. ISSN 0002-9165. Dostupné z: <https://academic.oup.com/ajcn/article/52/4/610/4650958>
- 29) MOUREK, Jindřich. *Fyziologie: učebnice pro studenty zdravotnických oborů*. 2., dopl. vyd. Praha: Grada, 2012. 82 s. Sestra (Grada). ISBN 978-80-247-3918-2.
- 30) MTAWEH, Haifa, Lori TUIRA, Alejandro A. FLOH a Christopher S. PARSHURAM. Indirect Calorimetry: History, Technology, and Application. *Frontiers in Pediatrics* [online]. 2018, **6** [cit. 2019-07-09]. DOI: 10.3389/fped.2018.00257. ISSN 2296-2360. Dostupné z: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fped.2018.00257/full>
- 31) OSHIMA, Taku, Mette M. BERGER, Elisabeth DE WAELE, et al. Indirect calorimetry in nutritional therapy. A position paper by the ICALIC study group. *Clinical Nutrition* [online]. 2017, **36**(3), 651-662 [cit. 2019-07-17]. DOI: 10.1016/j.clnu.2016.06.010. ISSN 02615614. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S026156141630142X>
- 32) PASTUCHA, Dalibor. *Tělovýchovné lékařství: vybrané kapitoly*. Praha: Grada, 2014. 105 s. ISBN 978-80-247-4837-5.
- 33) RAVUSSIN, E, S LILLIOJA, T E ANDERSON, L CHRISTIN a C BOGARDUS. Determinants of 24-hour energy expenditure in man. Methods and results using a respiratory chamber. *Journal of Clinical Investigation* [online]. 1986, **78**(6), 1568-1578 [cit. 2019-07-04]. DOI: 10.1172/JCI112749. ISSN 0021-9738. Dostupné z: <http://www.jci.org/articles/view/112749>
- 34) REEVES, Marina M., Peter S. W. DAVIES, Judith BAUER a Diana BATTISTUTTA. Reducing the time period of steady state does not affect the accuracy of energy expenditure measurements by indirect calorimetry. *Journal of Applied Physiology* [online]. 2004, **97**(1), 130-134 [cit. 2019-07-09]. DOI: 10.1152/jappphysiol.01212.2003. ISSN 8750-7587. Dostupné z: <http://www.physiology.org/doi/10.1152/jappphysiol.01212.2003>
- 35) ROKYTA, Richard. *Fyziologie a patologická fyziologie: pro klinickou praxi*. Praha: Grada Publishing, 2015. 258 s. ISBN 978-80-247-4867-2.

- 36) SADURSKIS, A, N KABIR, J WAGER a E FORSUM. Energy metabolism, body composition, and milk production in healthy Swedish women during lactation. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 1988, **48**(1), 44-49 [cit. 2019-07-16]. DOI: 10.1093/ajcn/48.1.44. ISSN 0002-9165. Dostupné z: <https://academic.oup.com/ajcn/article/48/1/44/4694887>
- 37) SHARMA, Sangita. *Klinická výživa a dietologie: v kostce*. Přeložil Hana POSPÍŠILOVÁ. Praha: Grada Publishing, 2018. 12 s. Sestra (Grada). ISBN 978-80-271-0228-0.
- 38) SCHOELLER, Dale A. a Margriet S. WESTERTERP-PLANTENGA. *Advances in the assessment of dietary intake*. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, [2017]. ISBN 9781498749329.
- 39) SCHUTZ, Y, A LECHTIG a R B BRADFIELD. Energy expenditures and food intakes of lactating women in Guatemala. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 1980, **33**(4), 892-902 [cit. 2019-07-17]. DOI: 10.1093/ajcn/33.4.892. ISSN 0002-9165. Dostupné z: <https://academic.oup.com/ajcn/article/33/4/892/4692578>
- 40) SPAAIJ, C J, J M VAN RAAIJ, L C DE GROOT, L J VAN DER HEIJDEN, H A BOEKHOLT a J G HAUTVAST. Effect of lactation on resting metabolic rate and on diet- and work-induced thermogenesis. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 1994, **59**(1), 42-47 [cit. 2019-07-16]. DOI: 10.1093/ajcn/59.1.42. ISSN 0002-9165. Dostupné z: <https://academic.oup.com/ajcn/article/59/1/42/4732478>
- 41) SVAČINA, Štěpán a Alena BRETŠNAJDROVÁ. *Jak na obezitu a její komplikace*. Praha: Grada, 2008. 108 s. Doktor radí. ISBN 978-80-247-2395-2.
- 42) SVAČINA, Štěpán. *Klinická dietologie*. Praha: Grada, 2008. 47 s. ISBN 978-80-247-2256-6.
- 43) VOKURKA, Martin. *Patofyziologie pro nelékařské směry*. 4., upravené vydání. Praha: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2018. 123 s. ISBN 978-80-246-3563-7.
- 44) ZADÁK, Zdeněk a Jaroslav KVĚTINA. *Metodologie předklinického a klinického výzkumu v metabolismu, výživě, imunologii a farmakologii*. Praha: Galén, c2011. 255-268 s. ISBN 978-80-7262-748-6.
- 45) ZADÁK, Zdeněk. *Výživa v intenzivní péči*. 2., rozš. a aktualiz. vyd. Praha: Grada, 2008. 39-42 s. ISBN 978-80-247-2844-5.