

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



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**ASOCIACE PŘÍJMU ENERGIE A PARAMETRŮ
ENERGETICKÉHO METABOLISMU TĚHOTNÝCH A
KOJÍCÍCH ŽEN**

MONIKA DANIELISOVÁ

Vedoucí diplomové práce: PharmDr. MIROSLAV KOVAŘÍK, Ph.D.

HRADEC KRÁLOVÉ, 2021

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému školiteli PharmDr. Miroslavu Kovaříkovi, Ph.D. za možnost podílet se na této zajímavé studii, za čas a cenné rady, které mi byly poskytnuty při zpracování této diplomové práce.

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

V Hradci Králové 30. 4. 2021

Monika Danielisová

Obsah

1. ABSTRAKT	6
2. ABSTRACT	8
3. ÚVOD.....	10
4. ZADÁNÍ – CÍL PRÁCE	11
5. TEORETICKÁ ČÁST.....	12
5.1 Energetický metabolismus.....	12
5.1.1 Metabolismus základních nutričních substrátů.....	12
5.1.2 Energetický výdej.....	14
5.1.3 Termický efekt potravy.....	15
5.1.4 Bazální metabolismus.....	15
5.2 Stanovení energetického výdeje.....	16
5.2.1 Nepřímá kalorimetrie	16
5.2.2 Přímá kalorimetrie.....	17
5.2.3 Bioimpedanční spektroskopická analýza.....	17
5.2.4 Metoda dvojitě značené vody	17
5.3 Energetické potřeby v období těhotenství	18
5.3.1 Změna hmotnosti a příjem energie	18
5.3.2 Energetické náklady v těhotenství	20
5.3.3 Klidový metabolismus těhotných žen.....	21
5.3.4 Energetický výdej těhotných žen.....	22
5.4 Energetické potřeby v období laktace	23
5.4.1 Produkce mléka	23
5.4.2 Energetický výdej v období laktace	24
5.4.3 Bazální metabolismus kojících žen	25
5.4.4 Změna hmotnosti v období laktace.....	26
5.5 Výživa a zdravý životní styl těhotných a kojících žen	27
5.5.1 Výživa žen v prekoncepčním období	27
5.5.2 Výživa těhotných žen.....	27
5.5.3 Výživa kojících žen	28
5.5.4 Makronutrienty u těhotných a kojících žen.....	28
5.5.5 Mateřské mléko.....	32

6. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	33
6.1 Metodika.....	33
6.1.1 Charakteristika zúčastněných žen	33
6.1.2 Metoda nepřímé kalorimetrie	34
6.1.3 Antropometrické stanovení.....	37
6.1.4 Bioimpedanční spektroskopická analýza	37
6.1.5 Vyhodnocování dotazníků	38
6.2 Statistické hodnocení.....	38
7. VÝSLEDKY.....	39
7.1 Zjištěné parametry.....	39
7.2 Korelační analýza	44
7.2.1 Korelace mezi příjmem energie a parametry energetického metabolismu	44
7.2.2 Korelace mezi příjmem sacharidů a parametry energetického metabolismu.....	45
7.2.3 Korelace mezi příjmem lipidů a parametry energetického metabolismu	47
7.2.4 Korelace mezi příjmem proteinů a parametry energetického metabolismu	49
8. DISKUSE	53
9. ZÁVĚR	56
10. POUŽITÉ ZKRATKY.....	57
11. SEZNAM TABULEK	58
12. CITOVANÁ LITERATURA.....	59

1. ABSTRAKT

Univerzita Karlova, Farmaceutická fakulta v Hradci Králové

Katedra biologických a lékařských věd

Student: Monika Danielisová

Školitel: PharmDr. Miroslav Kovařík, Ph.D.

Název: Asociace příjmu energie a parametrů energetického metabolismu těhotných a kojících žen

Cíl práce: Cílem naší práce bylo porovnání změn parametrů energetického metabolismu v průběhu těhotenství a kojení a vyhodnocení souvislostí těchto parametrů s celkovým příjmem energie i příjmem jednotlivých makronutrientů – sacharidů, lipidů a proteinů.

Metody: Pro hodnocení parametrů energetického metabolismu jsme použili metodu nepřímé kalorimetrie. Ke zjištění oxidace proteinů bylo nutné stanovit množství odpadního dusíku ze sběru moči za 24 hodin. Příjem energie a makronutrientů byl stanoven pomocí nutričního software NutriDan na základě údajů z týdenního dotazníku.

Výsledky: V hodnotách objemu spotřebovaného kyslíku a vydechovaného oxidu uhličitého byly zjištěny největší rozdíly mezi 3.–6. měsícem po porodu a všemi třemi měřeními v průběhu těhotenství. Průměr predikovaného klidového energetického výdeje byl na konci těhotenství 1596 ± 146 kcal/den, celkem se zvýšil na 106 ± 9 %. V období kojení hodnota klesla na 94 ± 6 % a po 9. měsíci po porodu došlo ke stabilizaci hodnot oproti netěhotným. Rozdíly v oxidaci sacharidů a proteinů nebyly zaznamenány, u oxidace lipidů byl největší rozdíl mezi 3.–6. měsícem po porodu a 36.–39. týdnem těhotenství. Nejvíce asociací mezi parametry energetického metabolismu a příjmem jednotlivých makronutrientů jsme zaznamenali u kojících žen, kdy šlo nejčastěji o asociaci s příjmem proteinů. V těhotenství jsme zjistili zejména asociaci s příjmem sacharidů na konci třetího trimestru.

Závěr: U žen dochází po porodu k významným změnám jak antropometrických, tak i kalorimetrických parametrů. Významné rozdíly se objevovaly nejvíce mezi 1.–6. měsícem po porodu ve srovnání s obdobím těhotenství. Studie také prokázala vliv přijaté potravy na parametry energetického metabolismu těhotných a kojících žen. To

může být v budoucnu využito pro lepší individuální hodnocení a nutriční poradenství v těchto obdobích.

Klíčová slova: energetický metabolismus, nepřímá kalorimetrie, příjem energie, klidový energetický výdej, oxidace nutričních substrátů, těhotné ženy, kojící ženy

2. ABSTRACT

Charles University, Faculty of Pharmacy in Hradec Králové

Department of Biological and Medical Sciences

Student: Monika Danielisová

Supervisor: PharmDr. Miroslav Kovařík, Ph. D.

Title of master thesis: The association of energy intake and parameters of energy metabolism in pregnant and lactating women

Background: The objective of this study was to compare changes in metabolism during pregnancy and lactation and evaluate the relationship between energy intake (as well as macronutrients intake – saccharides, lipides and proteins) and parameters of energy metabolism.

Methods: Method of indirect calorimetry was used to assess the parameters of energy metabolism. In order to evaluate protein oxidation, it was necessary to establish the amount of waste nitrogen, which was measured from 24-hour collection of urine. Energy and macronutrients intake were calculated in NutriDan software based on data from 7 days questionnaire.

Results: Most significant differences in measured volume of oxygen consumption and carbon dioxide production were observed between the period of 3rd and 6th month after delivery and in all 3 measurements throughout pregnancy. The average of predicted resting energy expenditure at the end of pregnancy was 1596 ± 146 kcal/day, which increase to 106 ± 9 %. This declined after 6th month postpartum to 94 ± 6 % and after further stabilized 9 months after delivery. Differences in carbohydrate and protein oxidation were not observed, however there were differences in lipid oxidation, which were most significant between the period of 3th and 6th month after delivery and 36th and 39th week of pregnancy. Most of associations between parameters of energy metabolism and intake of macronutrients were observed in lactating women (the most common association being related to protein intake). In pregnancy the main association found was related to saccharide intake at the end of the third trimester.

Conclusion: There are significant anthropometric changes as well as calorimetric changes taking place after delivery. Significant differences were observed mostly between the period of 1st and 6th month after delivery and the period of pregnancy. Study showed the influence of the food intake on the parameters of energy metabolism of pregnant and lactating women. These results can be used to improve individual assessment and for nutritional counseling in these periods.

Keywords: energy metabolism, indirect calorimetry, energy intake, resting energy expenditure, substrate oxidation, pregnant woman, lactating woman

3. ÚVOD

Během těhotenství dochází k fyziologickým změnám, které vedou k nárůstu hodnot parametrů energetického metabolismu. Na základě těchto parametrů je možné stanovit energetické potřeby, které jsou důležité pro správný vývoj plodu a zdravé těhotenství. Kolik energie by měla těhotná žena přijímat je individuální a závisí na mnoha faktorech. Ke změnám dochází i v období kojení, nejvíce v prvních několika měsících po porodu. Pro hodnocení energetických potřeb lze využít stanovení bazálního metabolismu například metodou nepřímé kalorimetrie. Tato metoda je založena na principu měření spotřebovaného kyslíku a vyprodukovaného oxidu uhličitého a umožňuje stanovit také podíl oxidace jednotlivých nutričních substrátů.

4. ZADÁNÍ – CÍL PRÁCE

Cílem této práce bylo vyhodnotit změny parametrů energetického metabolismu v různých fázích gravidity a laktace (v návaznosti na předchozí diplomové práce). Dalším z cílů bylo zjistit, zda existuje významná závislost těchto parametrů s celkovým příjmem energie a příjmem jednotlivých makronutrientů.

5. TEORETICKÁ ČÁST

5.1 Energetický metabolismus

Energetický metabolismus je charakterizován přeměnou energie chemických vazeb jednotlivých živin na jiné druhy energie. Z jednotlivých živin se uvolňuje různé množství energie, které závisí na složení stravy. Tato energie je poté v organismu využita pro tvorbu nových chemických vazeb, například při syntéze adenosintrifosfátu (ATP), dále pro práci svalů nebo pro tvorbu tepla. Jednotkou energie je 1 kalorie, což je množství energie nutné ke zvýšení teploty 1 gramu vody o 1 stupeň Celsia. V přepočtu na jouly pak platí $1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J}$ (1).

5.1.1 Metabolismus základních nutričních substrátů

Zdrojem energie z potravy jsou sacharidy, lipidy a proteiny. Výsledkem metabolismu těchto substrátů je produkce oxidu uhličitého a vody (u proteinů i urey). Energie uvolněná při metabolismu sacharidů je 17 kJ/g, z proteinů 16 kJ/g a z lipidů 37 kJ/g (2).

Metabolismus sacharidů

Sacharidy se dělí na monosacharidy, disacharidy, oligosacharidy a polysacharidy. Největší zastoupení v potravě mají polysacharidy – glykogen a škrob, které jsou v organismu hydrolyzovány na jednodušší cukry. Při průchodu potravou ústy dochází k prvnímu trávení enzymem α -amylázou vylučovanou ze slin. Štěpení dále pokračuje až ve střevě pankreatickou α -amylázou a následně dalšími enzymy – maltázou, laktázou, sacharázou a trehalázou. Nepřítomnost těchto enzymů může vyvolat poruchy trávení projevující se zvýšenou plynatostí či průjmami. Nejčastěji se vyskytuje intolerance na laktózu, která se nachází v mléčných výrobcích (1).

Glukóza může být metabolizována již buňkami střevní sliznice – enterocyty, ostatní monosacharidy jsou odváděny portální krví do jater, kde dochází k oxidaci v buňkách hepatocytu. Glukóza je po vstupu do jater přeměněna na glukóza-6-fosfát, který je důležitou výchozí látkou pro syntézu glykogenu a uplatňuje se dále při glykolýze nebo pentózovém cyklu (1).

Glykolýza je důležitý proces pro tvorbu ATP a představuje řadu reakcí, kdy dochází k přeměně glukózy na pyruvát. Za aerobních podmínek pyruvát vstupuje do mitochondrií, kde dochází k jeho kompletní oxidaci za vzniku oxidu uhličitého a vody. Při nedostatečném přísunu kyslíku je pyruvát přeměněn na laktát. Při rozkladu 1 molu glukózy se získá 38 molů ATP, které jsou následně využity při kontrakci svalů, transportu přes membrány a při syntéze makromolekul (3).

Metabolismus lipidů

Hlavními lipidy nacházejícími se v potravě jsou triacylglyceroly, ve kterých je molekula glycerolu esterifikována třemi mastnými kyselinami (MK). Můžeme je rozlišovat na základě délky řetězce a počtu dvojných vazeb. Ty, které nemají žádnou dvojnou vazbu se nazývají nasycené, MK s dvojnou vazbou jsou nenasycené, s více dvojnými vazbami jsou polynenasycené (3). Průměrný denní příjem tuků v západních zemích je mezi 50–100 g (2).

Trávení tuků přijatých potravou může být rozděleno do třech fází dle části trávicího traktu – žaludeční, duodenální a ileální. V těchto částech dochází nejprve k emulzifikaci v žaludku, k lipolýze a solubilizaci pomocí žlučových solí v duodenu a nakonec k absorpci v ileu (2).

Štěpení lipidů je započato již v dutině ústní a pokračuje v žaludku pomocí slinné a žaludeční lipázy. Z větší části jsou tuky rozkládány až v horní části tenkého střeva, kde se na trávení podílí různé enzymy. Pankreatická lipáza štěpí triacylglyceroly na monoacylglyceroly, které se formují do micel a poté cestují do enterocytů. V enterocytech dochází k opětovné syntéze triacylglycerolů, ty se následně přetváří do lipoproteinových komplexů a dostávají se do krve. K syntéze triacylglycerolů (lipogenezi) z mastných kyselin a glycerolu může docházet také v tukové tkáni, v játrech a mléčné žláze (1).

Opačným dějem syntézy je lipolýza a dochází k ní téměř ve všech tkáních. Vzniklé mastné kyseliny mohou být následně využity pro β -oxidaci, při které vznikají molekuly acetylkoenzymu A (acetyl-CoA). Energetický zisk je určen počtem molekul acetyl-CoA, které posléze poskytnou v citrátovém cyklu molekuly ATP. Pokud je nabídka acetyl-CoA

vyšší, než je schopen pojmout citrátový cyklus, dochází k aktivaci ketogeneze, tedy tvorby ketoláttek (1).

Metabolismus proteinů

Proteiny jsou látky tvořené 100–1000 aminokyselinami a nachází se například v enzymech, hormonech, hemoglobinu, albuminu nebo kolagenu. Trávení bílkovin začíná v žaludku štěpením peptidových vazeb pomocí pepsinu, který je nejprve aktivován z pepsinogenu kyselinou chlorovodíkovou. Následně dochází k přesunu žaludečního obsahu do duodena, kde je vlivem zvýšeného pH ukončen účinek pepsinu. Další štěpení bílkovin je způsobeno sekrecí pankreatické šťávy, která obsahuje trávící enzymy, například trypsin a chymotrypsin (1).

Konečným produktem po štěpení peptidázami jsou volné aminokyseliny, dipeptidy, tripeptidy a oligopeptidy. Volné aminokyseliny jsou absorbovány přes intestinální mukózu aktivním transportem (2).

Celkové množství proteinů v organismu je dáno jejich syntézou a degradací či přímými ztrátami ve formě epitelu kůže, sliznic nebo vlasů. Rovnováha mezi proteosyntézou a proteolýzou se nazývá proteinová bilance. V období růstu či rekonvalescenci převažuje proteosyntéza nad proteolýzou. Při hladovění nebo nemoci je tomu naopak, dochází k degradaci proteinů kosterního svalstva a vzniklé aminokyseliny jsou využity k aktivaci obraných reakcí a reparaci poškozených tkání (1).

5.1.2 Energetický výdej

Mezi hlavní faktory energetického výdeje (EE) patří tělesná hmotnost a kompozice těla, příjem energie a fyzická aktivita. EE dosahuje minimálních hodnot u jedinců trpících anorexií a naopak maximálních hodnot u obézních jedinců či atletů (4).

Výdej a příjem energie spolu vytváří energetickou rovnováhu. Pokud se příjem energie sníží, sníží se následně i výdej za účelem minimalizovat narušení energetické homeostázy. Celkový energetický výdej (TEE) se skládá z několika částí. První je bazální metabolismus, který tvoří 60 % TEE, dále termický efekt stravy a běžná fyzická aktivita tvořící zhruba 20 % (5).

5.1.3 Termický efekt potravy

Příjem potravy stimuluje EE. Energie je využívána na trávení, vstřebávání a ukládání živin. Tento děj se nazývá termický efekt potravy (TEF) a tvoří 10-15 % z celkového energetického výdeje. TEF ovlivňují tyto faktory: věk, fyzická aktivita, velikost porce, složení, frekvence a načasování potravy. TEF se s věkem snižuje, rozdíl je dán podílem tučné a netučné tkáně a množstvím podkožního tuku, který se ve stáří zvyšuje. Dále se TEF snižuje s poklesem fyzické aktivity (6) (7).

TEF lze ovlivnit i načasováním potravy, kdy ráno je největší a k večeru klesá. Na energetický výdej má významný vliv podíl makronutrientů v potravě. Proteiny podporují zvýšení energetického výdeje a zároveň nejvíce zasytí. Důležitý je zdroj proteinů, protože různé proteiny se metabolizují odlišně, čímž mohou zapříčinit variabilitu v rychlosti a rozsahu TEF. Co se týká lipidů, lipidy se středně dlouhým řetězcem zvyšují TEF více, než triglyceridy s dlouhým řetězcem a nenasycené zase více, než nasycené. U sacharidů zvyšuje TEF vláknina (5).

5.1.4 Bazální metabolismus

Bazální metabolismus (BMR) tvoří 60-70 % TEE a je charakterizován jako množství energie, které pokrývá základní funkce organismu v klidovém stavu, osoba však nespí, nachází se v termoneutrálním prostředí (22-26°C) a poslední potravu přijala před 12 hodinami. BMR ovlivňují tyto faktory: těhotenství, genetika, tělesný povrch, věk, pohlaví, klima, humorální vlivy, tělesná teplota a hladovění (1).

BMR zahrnuje například energii potřebnou k zachování srdečního rytmu, aby byla zajištěna cirkulace krve, k zachování respiračních funkcí a elektrické aktivity mozku. Mozek sice tvoří jen 2 % tělesné hmotnosti, ale spotřebovává 20 % energie pro bazální funkce (2).

5.2 Stanovení energetického výdeje

Stanovení BMR se využívalo již na počátku dvacátého století primárně v diagnostice hypo- a hyperthyroidismu, později například i v diagnostice diabetu nebo leukémie a stalo se běžnou součástí klinického vyšetřování (9). V poslední době se stanovení BMR využívá spíše pro odhad celkových energetických potřeb (ER) a také pro lepší pochopení regulačních pochodů (7). Nejpoužívanějšími metodami pro stanovení EE jsou přímá a nepřímá kalorimetrie. Dále mohou být využity i jiné metody: empirické stanovení, stanovení pomocí izotopů a bioelektrická impedance (8).

5.2.1 Nepřímá kalorimetrie

Nepřímá kalorimetrie (IC) vychází z předpokladu, že více než 95 % energie uvolněné z organismu se získává aerobním metabolismem sacharidů, lipidů a proteinů. Hodnotí se množství uvolněné energie v závislosti na spotřebě kyslíku. Tuto závislost vyjadřuje energetický ekvivalent kyslíku, který udává, jaké množství energie se uvolní při spotřebě jednoho litru kyslíku a je pro jednotlivé živiny různý. IC je založena na principu výměny plynů, kdy se během dýchání spotřebovává kyslík a produkuje se oxid uhličitý. Metodou IC můžeme stanovit nejen množství uvolněné energie, ale i poměrné zastoupení oxidace jednotlivých substrátů, to lze zjistit pomocí respiračního kvocientu a dusíku vyloučeného ve formě urey. Hodnota respiračního kvocientu je ovlivněna tím, jaké druhy živin jsou oxidovány. Kromě toho závisí také na dalších faktorech jako je například hyper- nebo hypoventilace, hladovění, metabolická acidóza nebo alkalóza (1) (8).

5.2.2 Přímá kalorimetrie

Jedná se o komplexní a poměrně složitou metodu, která je těžko realizovatelná v praxi, ale může být využita pro experimentální účely. Je založena na měření tepla produkovaného organismem, kdy je jedinec umístěn do hermeticky uzavřené komory. Vyprodukované teplo je měřeno na základě rozdílu teploty vody a vlhkosti vzduchu před vstupem a při výstupu z termicky uzavřeného prostoru. Přímá kalorimetrie má několik nevýhod, je prováděna v delších časových úsecích, neumožňuje měřit vliv příjmu potravy nebo krátkodobé fyzické zátěže a neumožňuje také určit, jaké živiny se v těle oxidují (1) (8).

5.2.3 Bioimpedanční spektroskopická analýza

Bioelektrická impedance umožňuje odhadnout množství tekutin v intracelulárním a extracelulárním prostředí. Metoda je založena na schopnosti lidského těla vést elektrický proud. Svalová hmota se vyznačuje největší vodivostí díky vysokému obsahu vody a elektrolytů a naopak nízkým odporem. Naproti tomu tuková tkáň, kůže nebo kostní hmota se vyznačují nízkou vodivostí, za to vysokým odporem. Na základě bioimpedance je možné odhadnout i BMR (8).

5.2.4 Metoda dvojitě značené vody

Na začátku je pacientovi perorálně podána dvojitě značená voda, což jsou neradioaktivní izotopy D_2O^{18} a následně se odebírají vzorky z moči, krve a slin po dobu 7–21 dní. Eliminací podaného D_2O^{18} se stanoví produkce oxidu uhličitého a pomocí energetického ekvivalentu CO_2 se vypočítá energetický výdej (8).

5.3 Energetické potřeby v období těhotenství

Během těhotenství dochází k fyziologickým změnám, které vedou k nárůstu hodnot BMR. BMR je hlavní složkou TEE a slouží jako základ pro hodnocení energetických potřeb. Následně je možné na jeho základě poskytovat těhotným ženám poradenství ohledně výživy a regulace tělesné hmotnosti (10). Energetické potřeby v těhotenství jsou definovány jako příjem potravy nutný ke správnému vývoji tkání matky i plodu. Tyto potřeby nezahrnují jen vyrovnávání energetického příjmu a výdeje matky, ale také energii nutnou k růstu plodu, tukové tkáně, hrudníku a placenty (11).

5.3.1 Změna hmotnosti a příjem energie

Před hodnocením energetických nákladů je důležité stanovit potřebný gestační přírůstek. Nedostatečný přírůstek na váze může souviset s komplikacemi v těhotenství, po porodu, laktaci, dále také s vývojem plodu a délkou těhotenství. WHO se podílela na studii antropometrických parametrů u těhotných žen, kdy se zabývali 110 000 porody z 20 různých zemí světa za účelem zjistit, jaké antropometrické znaky mají největší vliv na poporodní váhu novorozence, růstovou retardaci plodu, předčasný porod nebo i preeklampsii. Ukázalo se, že na růstovou retardaci u plodu a na nízkou poporodní váhu má největší vliv hmotnost ženy před otěhotněním společně s gestačním přírůstkem. Ideální váha novorozence se pohybovala mezi 3,1–3,6 kg a gestační přírůstek byl v průměru 12 kg (12).

Dle Institutu medicíny je pro ženy s BMI 18,5–24,9 doporučený přírůstek váhy 11,5–16 kg (13), pro ženy s nižší hmotností by měl být gestační přírůstek v rozmezí 12,5–18 kg a pro ženy s nadváhou a obezitou 7–11,5 a 5–9 kg. Pro ženy s vyšší hmotností však bylo doporučení nedávno změněno. Jiné epidemiologické studie zjistily, že pro dosažení nejlepších zdravotních výsledků u žen s BMI nad 35 je vhodné gestační přírůstek omezit do 5 kg, případně udržet stejnou hmotnost po celou dobu těhotenství (11).

Obezita byla navíc klasifikována do třech tříd dle BMI, první 30–34, druhá 35–39, třetí s BMI nad 40 a dle Kiela a kol. by první třída měla nabrat mezi 4,5–11 kg, druhá 0–4 a třetí třída by měla snížit hmotnost o 1–4 kg (14). Ze studie nárůstu hmotnosti u těhotných žen s nadváhou/obezitou bylo zjištěno, že do 15.–25. týdne je nárůst

hmotnosti minimální, poté se začíná pomalu lineárně zvyšovat až do porodu (15). Jiná studie zase zjistila, že pro všechny skupiny rozdělené na základě BMI je gestační přírůstek v průběhu těhotenství nelineární. Výkyvy se nejvíce vyskytují u obézních, dále je největší nárůst hmotnosti pozorován mezi 22.–25. týdnem (16).

Pro optimální zdravotní výsledky v těhotenství je důležitý vztah mezi příjmem a výdejem energie a ukládáním energie do tkání matky i plodu. Kolik energie má těhotná žena denně přijímat je individuální a závisí na hmotnosti před graviditou, fyzické aktivitě a fyziologických potřebách v jednotlivých trimestrech. S tělesnou hmotností před otěhotněním souvisí také vytváření energetických zásob. Ženám s nízkou hmotností se vytváří více tukových zásob, než ženám s nadváhou či obezitou. Vzhledem k vysoké energetické hodnotě tukové hmoty, tyto rozdíly významně ovlivňují požadavky na příjem energie. Energetické požadavky lze hodnotit například pomocí prediktivních rovnic, které se dále dají využít pro sestavení plánu zdravého přibírání na váze v průběhu těhotenství. Jednou z možností, jak stanovit nezbytný příjem energie (ER), je výpočet pomocí následující rovnice:

$$\mathbf{ER [kcal/den] = TDEE + (771 [kcal/kg] \cdot dFFM [kg] + 9500 [kcal/kg] \cdot dFM [kg])}$$

TDEE = celkový denní energetický výdej v těhotenství

dFM = změny v hmotnosti netučné tkáně

dFFM = změny v hmotnosti tukové tkáně

Další možností pro stanovení energetických potřeb v těhotenství je model pocházející z Institutu medicíny. Rovnice vychází z energetických potřeb netěhotných žen, je zde zahrnuta i fyzická aktivita, která je variabilní a v těhotenství dochází k jejím změnám. Předpokládaný příjem energie navíc je přibližně 180 kcal/den rovnice vypadá následovně:

$$\mathbf{ER = 354 - 6,91 \cdot \text{věk [roky]} + PA \cdot 9,36 \cdot \text{hmotnost [kg]} + 726 \cdot \text{výška [m]}}$$

PA = faktor fyzické aktivity

Thomas a kol. také popsali model pro stanovení energetických požadavků, který je založen na lepších znalostech podílu tučné a netučné hmoty a umožňuje určit rychlost k dosažení doporučeného hmotnostního přírůstku. Institut medicíny

a Americká asociace porodnictví a gynekologie doporučuje během prvního trimestru udržovat víceméně stejný příjem energie jako před otěhotněním, protože se energetické potřeby v prvním trimestru liší minimálně. Dle výše uvedených modelů je vhodné v prvním trimestru přijímat přibližně o 100–200 kcal/den navíc v případě, že fyzická aktivita se nebude měnit (13) (11).

Studie Mosta a kol. došla k podobným výsledkům jako Institut medicíny a energetické požadavky činily navíc 50–150 kcal/den. Ve druhém a třetím trimestru odhadl Institut medicíny energetický nadbytek na 340 kcal/den a 452 kcal/den. Dle modelu Thomase a kol. by měly ženy s nižší až normální hmotností přijímat navíc 400–600 kcal/den a ženy s nadváhou/obezitou 220–350 kcal/den. Dle Mosta a kol. energetické požadavky během druhého a třetího trimestru vzrůstají o 15 kcal/den týdně. Polovina je vysvětlena nárůstem tělesné hmotnosti a druhá polovina nárůstem BMR způsobeným zvýšeným srdečním výdejem a fetálním metabolismem (11).

5.3.2 Energetické náklady v těhotenství

Energetické náklady se v průběhu těhotenství zvyšují. Je to dáno mimo jiné nárůstem tkání jak u matky, tak u plodu, které obsahují velké množství proteinů a lipidů. Existuje několik možností, jak stanovit přírůstek proteinů a lipidů v průběhu těhotenství. Proteiny se ukládají nerovnoměrně nejvíce v plodu, děloze, krvi, placentě a hrudníku převážně v pozdních měsících těhotenství. Podle Hyttena a Chamberlaina tvoří proteiny 925 g z celkového přírůstku váhy 12,5 kg. Množství proteinů se stanovilo nepřímo pomocí měření množství nahromaděného draslíku během těhotenství. Ze studií Kinga, Pipeho, Forsa a Butteho vyplývá, že celkový nárůst proteinů je přibližně 686 g (12).

Na zvyšování energetických nákladů v průběhu těhotenství se však výrazněji podílí nárůst tukové tkáně, kvůli její vyšší energetické hodnotě. Množství tělesného tuku můžeme stanovit například kaliperací, tedy měřením tloušťky kožní řasy. Stanovení množství tuků měřením tloušťky kožní řasy postrádá přesnost nutnou k odhadu změn tukové tkáně. Je to dáno především tím, že množství tuku není rovnoměrně rozděleno do všech tukových oblastí. Další možností je využití metod, které měří tělesné složení. Na základně různých studií bylo prokázáno, že průměrná

hmotnost tukové tkáně získané do 36. týdne těhotenství byla kolem 3,7 kg při hmotnostním přírůstku 11,9 kg (12).

V tabulce 1 jsou uvedeny studie, které se zaměřily na gestační přírůstek a poměr tukové tkáně v určitém týdnu těhotenství. Dle studie Ledermana a kol. těhotné ženy s normální hmotností (BMI 19,8–26) a s doporučeným přírůstkem váhy (11,5–16 kg) nabraly v průměru 4 kg tuku mezi 14. až 37. týdnem těhotenství. Příjem energie nezbytný k dosažení tohoto množství tuku musí být v průměru 240 kcal/den déle, než 23 týdnů. Ženy s nízkou hmotností před otěhotněním nabraly 6 kg tuku a ženy s nadváhou 2,8 kg tuku. Nezbytný příjem energie byl 360 kcal/den a 165 kcal/den. Ženám trpícím obezitou je naopak doporučeno snížit množství tuku o 2,5 kg, tedy příjem energie by měl být nižší než výdej (11).

Tabulka 1 Gestační přírůstek a změny tukové tkáně v průběhu těhotenství

STUDIE	PŘÍRŮSTEK HMOTNOSTI (KG)	PŘÍRŮSTEK TUKOVÉ TKÁNĚ (KG)	GESTAČNÍ VĚK (TÝDNY)
Pipe, 1979	10,4	2,4	37
Forsum 1998	11,7	5,4	36
Goldberg 1993	11,9	2,8	36
Lederman, 1997	12,1	3,8	37
Butte 2002	12,8	4,6	36

Zdroj: (12), upraveno

Dle Kominiarek se energetické potřeby v prvním trimestru neliší od energetických potřeb netěhotných žen a následně dochází k nárůstům o 340 kcal v druhém a 452 kcal v třetím trimestru. ER jsou velmi variabilní, závisí na týdnu těhotenství, BMI, úrovni aktivity a stanovení energetického příjmu by proto mělo být individuální (17).

5.3.3 Klidový metabolismus těhotných žen

Ve většině studií je klidový energetický výdej (REE) měřen pomocí metody IC, která vykazuje vysoký stupeň přesnosti. Stejně jako pro hodnocení TEE, existuje málo studií, které se zabývaly hodnocením REE v časně fázi těhotenství. Z těchto studií bylo zjištěno, že se REE v prvním trimestru zvýšil o 60 kcal/den, po vztážení na hmotnostní přírůstek o 20 kcal/den. Podobné výsledky ve své studii zaznamenal Butte. Během druhého a třetího trimestru byl nárůst REE o 170 kcal/den (11).

5.3.4 Energetický výdej těhotných žen

REE se v těhotenství zvyšuje, což je zapříčiněno nárůstem tělesné hmotnosti. V tabulce 2 jsou vybrány studie, které se zaměřily na změny hodnot REE u těhotných žen. Významně se na změnách REE podílí gestační přírůstek a podíl tukové tkáně před otěhotněním. Pro celkový přírůstek hmotnosti 12,5 kg platí, že kumulativní nárůst v hodnotách REE odpovídá 160 MJ. Energetické potřeby by měly být odvozeny od zdravých a dobře živěných žen. Malý gestační přírůstek a menší nárůst v hodnotách REE je pravděpodobně způsoben nevhodnými nutričními podmínkami, které se mohou vyskytovat u žen z rozvojových zemí. (12).

Tabulka 2 Kumulativní nárůst v hodnotách REE u těhotných žen z vyspělých zemí

STUDIE	N	PŘÍRŮSTEK HMOTNOSTI (KG)	KUMULATIVNÍ NÁRŮST HODNOT REE (MJ)
Forsum 1998	22	13,4	210
Goldberg 1993	12	13,7	124
Durnin, 1987	88	12,4	126
Kopp-Hoolihan, 1999	10	13,2	151

REE – klidový energetický výdej

Zdroj: (12), upraveno

Butte porovnávala několik studií, kdy se hodnotil TEE během 24 hodin u těhotných, dobře živěných žen. Hodnoty TEE se zvyšují podobně ve všech studiích, v prvním trimestru průměrně o 5 %, v druhém o 10 % a ve třetím o 25 %. Zvyšování hodnot TEE je zapříčiněno nárůstem hodnot REE v těhotenství. Nárůst hodnot REE a TEE je nejvýraznější v druhé polovině gravidity a je přímo úměrný přírůstku váhy. Pokud je počítáno s nárůstem hmotnosti 12 kg, pak by energetické náklady v prvním trimestru odpovídaly 375 kJ/den (89,6 kcal/den), v druhém 1200 kJ/den (286,8 kcal/den) a ve třetím 1950 kJ/den (466 kcal/den) (12).

5.4 Energetické potřeby v období laktace

Období po porodu je charakterizováno různými fyziologickými a metabolickými změnami, které jsou u každé ženy individuální. Během tohoto období dochází k zásadním změnám parametrů ženského těla (18).

Vhodný příjem energie a suplementace nutrientů v průběhu laktace je zásadní, jak pro matku, tak pro dítě. Jednak zabraňuje nutričnímu deficitu a přispívá ke zdraví matky, a také umožňuje návrat na původní hmotnost před otěhotněním správným způsobem (19).

5.4.1 Produkce mléka

Na energetické náklady v laktačním období má vliv množství produkovaného mléka, složení mléka a energie, která je využita na mléčnou syntézu. WHO se zabývala studií produkce mléka během 0 až 24 měsíců po porodu u žen z rozvojových i vyspělých zemí. Zjistili, že v prvních pěti měsících je množství vyprodukovaného mléka téměř stejné a odpovídá 749 g/den u výhradně kojících žen. Poté se produkce mléka snižuje. Je to dané tím, že je kojení postupně nahrazováno příkrmy. U částečně kojících žen se produkce mléka pohybuje mezi 492 až 608 g/den. Energetická hodnota mléka je dána hlavně koncentrací mléčného tuku, která v průběhu dne kolísá. Několik studií (Butte; Garza; Motil a jiné) se zabývalo měřením této hodnoty. Odebíraly se vzorky mléka po dobu 24 hodin a průměrná energetická hodnota, naměřená adiabatickým kalorimetrem odpovídala 2,80 kJ/g (0,67 kcal/g) (12).

Množství mateřského mléka závisí spíše než na produkční kapacitě na schopnosti sání dítěte. Pokud je technika kojení správná, dítě saje tak jak má, produkce je pak dostatečná. U zdravých žen množství mateřského mléka není ovlivněno příjmem energie v potravě, u podvyživených žen může být toto množství menší. Studie dokazují, že množství mléka klesá, pokud je denní energetický příjem matky pod 1800 kcal. Také je známo, že příjem energie nezvyšuje produkci mléka s výjimkou podvyživených žen, kdy může být prodloužena doba kojení (20). Mateřské vlivy, jako je například stres, úzkost nebo kouření, mohou snižovat produkci mléka, ale při změně stravování nebo cvičení se kvantitativní ani kalorické parametry nemění (17).

5.4.2 Energetický výdej v období laktace

Dle studie Butte z roku 1999 byly hodnoty TEE/den vyšší u kojících žen, než u žen, které nekojily. Podíl na tom mají energetické náklady na syntézu mléka a také zvýšená aktivita sympatiku a činnost nadledvinek. V této studii se měřila energetická hodnota mléka vyprodukovaného během 24 hodin, ve 3. měsíci byla v průměru 2167 kJ/den a v 6. v průměru 1920 kJ/den. Základní energetické potřeby výhradně kojících žen odpovídaly hodnotám REE netěhotných/nekojících vynásobené 1,4 s připočtením 2000 kJ/den pro produkce mléka. Dle výpočtů, celkové energetické potřeby u aktivně kojících žen během pěti měsíců po porodu byly v průměru 2,62 MJ/den při produkci mléka 749 g/den a při energetické hodnotě mléka 2,8 kJ/g. To může být navíc podpořeno energií získané mobilizací tkáňových zásob. Výsledkem je nárůst energetických nákladů o 1,9 MJ/den oproti netěhotným, nekojícím ženám. Od 6. do 24. měsíce po porodu by energetické náklady byly teoreticky 1,93 MJ/den při produkci mléka 550 g/den a energetické hodnotě 2,8 kJ/g (12).

Pereira a kol se ve své studia zabývali mimo jiné porovnáváním EE získaného měřením a predikcí. Měřený TEE byl v 9. měsíci po porodu 2028 ± 286 kcal/den a nebyl příliš odlišný od hodnot netěhotných, nekojících žen. Zjistili, že EE je po 9. měsíci po porodu téměř stejný jako před těhotenstvím, i přes přidané energetické náklady na syntézu mléka (21).

De Sousa kol. se zabývali stanovením REE u 79 žen mezi 1. až 10. dnem po porodu. REE byl stanoven metodou nepřímé kalorimetrie a pomocí prediktivních rovnic. 96,2 % žen uvedlo, že kojí, z toho 93 % uvedlo výhradně kojení. V tabulce 3 jsou uvedeny rovnice, které byly použity při výpočtu REE a odpovídající hodnoty v kcal/den. Medián REE při stanovení IC byl 1224 kcal a nebyly zaznamenány žádné rozdíly v hodnotách REE u kojících a u žen, které nekojily. S ohledem na antropometrické parametry 36,5 % žen měly nadváhu a 32,7 % trpěly obezitou. Medián REE odhadnutý pomocí prediktivních rovnic byl v rozmezí 1213,8 – 1553,1 kcal (18).

Výsledky studie při stanovení pomocí prediktivních rovnic vykazovaly nízkou přesnost a shodu a hodnoty byly vyšší, než při stanovení metodou IC. Nejvíce přesné byly Harris-Benediktova (HB) a Schofieldova rovnice. Faktem je, že prediktivní rovnice používané v klinické praxi nezohledňují tělesnou kompozici, což může být hlavní limitací při stanovení energetického výdeje. Vyšší procento tělesného tuku může mít za následek nižší REE při zjištění metodou IC, proto při použití prediktivních rovnic může být REE nadhodnocen (18).

Tabulka 3 Medián hodnot REE stanovených pomocí prediktivních rovnic u žen po porodu

METODA	MEDIÁN REE (kcal/den)
Harris-Benedikt (HB)	1213,8
Schofield	1515,2
FAO/WHO (výška + váha)	1500,6
Owen	1314,8
Mifflin	1431,2
Henry and Rees	1500,9
IOM	1553,1

REE – klidový energetický výdej; *IOM* – institut of medicine

Zdroj: (18), upraveno

Některé studie uvádí, že největší vliv na REE a TEE má podíl netučné tkáně (FFM) a tuková tkáň (FM) je nezávislým prediktorem. Z FFM sestávají orgány a tkáně, které jsou charakteristické různou rychlostí metabolismu, tudíž i malé rozdíly ve velikosti orgánů mohou způsobit výrazné rozdíly v hodnotách REE (19).

5.4.3 Bazální metabolismus kojících žen

Dalo by se předpokládat, že hodnoty REE u kojících žen při stále trvající syntéze mléka budou zvýšené. Porovnávání hodnot REE u kojících a nekojících žen přineslo nejednoznačné výsledky. Některé studie prokázaly mírný nárůst, zatímco jiné mírný pokles hodnot REE, ale ve výsledku byly hodnoty REE u kojících a nekojících velmi podobné (12).

5.4.4 Změna hmotnosti v období laktace

Změna hmotnosti a tělesného složení v období laktace je různá a závisí na gestačním přírůstku, na délce a frekvenci kojení, na úrovni fyzické aktivity a stravování. Největší změnu hmotnosti lze zaznamenat v prvních 3 měsících po porodu, a to hlavně u výhradně kojících žen. Dále více hubnou dobře živené ženy než ty, které nejsou tak dobře nutričně zajištěny. Úbytek hmotnosti je způsoben mobilizací tkáňových zásob za účelem podpory laktace. U žen, které nedosáhly dostatečného gestačního přírůstku nebo mají obecně nízkou hmotnost je následně v období kojení doporučeno podpořit energetické náklady vhodným stravováním (12). U zdravých žen se hmotnost snižuje přibližně o 800 g za měsíc v prvním půl roce po porodu, u podvyživených žen je to 100 g za měsíc. Není zdravé hubnout více, než 2 kg hmotnosti za měsíc v průběhu kojení (20).

Nadměrný přírůstek hmotnosti v těhotenství a retence v období laktace může být významný rizikový faktor pro rozvoj obezity. Mnoho studií zaznamenalo, že hmotnost, která zůstane po porodu je o 0,5–3,0 kg vyšší, než před otěhotněním a 14–20 % žen váží o 5 kg více mezi 6.–18. měsíce po porodu. Dále se zabývaly tím, jaký má vliv cvičení a omezení příjmu energie na ztrátu hmotnosti. U žen, které pouze cvičily nedošlo k poklesu energie, ale změnilo se například lipidové spektrum. U žen s nadváhou byl navíc příjem energie omezen o 2092 kJ/den po dobu deseti týdnů. Těmto ženám se podařilo snížit tělesnou hmotnost a zároveň nedošlo k ovlivnění růstu dítěte (22).

Poporodní retence hmotnosti se objevuje u 60–80 % žen. Mezi faktory, které se podílejí na retenci patří BMI, gestační přírůstek a kojení. Ženy, které nabraly více, než bylo doporučeno Institutem medicíny, jsou v průměru o 4,7 kg těžší až do patnácti let po porodu. Vztah mezi BMI před otěhotněním a retencí hmotnosti není jednoznačný a některé studie uvádí, že nižší BMI je spojováno s vyšší retencí po porodu. Jisté je ale to, že vyšší BMI, může zvyšovat riziko vzniku zdravotních problémů jak pro matku, tak pro dítě. Kojení může teoreticky snižovat retenci hmotnosti kvůli zvýšeným nákladům na laktaci. Některé studie uvádí minimální, až žádný efekt. Jiné studie uvádí, že výhradně kojící ženy byly lehčí o 1 kg v 6. a 12. měsíci (23).

5.5 Výživa a zdravý životní styl těhotných a kojících žen

Zdravý životní styl a správné stravovací návyky jsou důležité jak v průběhu těhotenství, tak i po porodu a ovlivňují zdraví matky i jejich potomků (24).

5.5.1 Výživa žen v prekoncepčním období

Dle Národního institutu pro zdraví a klinickou kvalitu je důležité soustředit se již na prekoncepční období, což je období před otěhotněním a přibližně 3 měsíce po otěhotnění. Doporučení jsou zaměřena na možné intervence vedoucí ke zlepšení výživy žen v tomto období (25).

Některé ženy mají před otěhotněním nevhodné stravovací návyky a nezdravý životní styl, způsobený nízkou kvalitou potravin, nedostatečnou aktivitou, konzumací alkoholu a kouřením. Zdravotníci by měli dbát na správné rozmezí hmotnosti a BMI u žen v plodném věku, protože hodnota BMI před otěhotněním je silně asociována se zdravím v těhotenství i se zdravím dítěte. Některé studie uvádí, že hodnota BMI před otěhotněním má dokonce větší vliv, než gestační přírůstek. Co se týká mikronutrientů, u žen v reprodukčním věku je vhodné zaměřit se na jejich příjem v potravě, to platí především pro kyselinu listovou. Dále je vhodná suplementace mikronutrientů u žen, u kterých hrozí riziko deficitu, jedná se například o železo, vitamin D, vitamin B12 a jod (26).

5.5.2 Výživa těhotných žen

Těhotné ženy by měly mít vyváženou stravu v souladu s doporučeními v obecné populaci. Energetický příjem by neměl být vyšší, než 10 % ve srovnání se stavem před otěhotněním. Pojem „jíst za dva“ je pouhý mýtus a těhotné ženy by se měly soustředit na zdravé stravování a na potraviny obsahující důležité složky. Doporučený denní příjem mikronutrientů by neměl být výrazně překročen, jelikož nevede k benefitům, naopak může vést k nežádoucím účinkům. Příkladem je nadměrná konzumace vitamínu A, u žen, které netrpí jeho deficitem, může vést k poškození jater a poporodním defektům (26).

5.5.3 Výživa kojících žen

WHO charakterizuje kojení jako součást reprodukčního procesu s významnými dopady na zdraví matky i dítěte. Snižuje riziko kardiovaskulárních onemocnění, zlomeniny krčku po menopauze a rakoviny prsu a ovarií. Dle dokumentů lékařských a vědeckých společností je doporučeno kojení minimálně v prvních šesti měsících života (24).

Kojící ženy by měly konzumovat vyváženou stravu s vhodným obsahem nutrientů a zaměřenou na redukci nabrané hmotnosti. Vyvážená strava před a v průběhu kojícího období může pozitivně ovlivnit zdraví, tělesnou hmotnost matky a umožňuje přísun nutrientů kojenci z mateřského mléka. Kojení je spojováno s mnoha benefity, například může snižovat riziko nadváhy či obezity v pozdějších letech života dítěte o 12–14 %. Ve srovnání s kojením, umělá mléčná výživa zvyšuje nárůst hmotnosti v prvním roce života a dále. Existují ale i případy, kdy i výhradně kojení vedlo k nadměrnému přírůstku hmotnosti, což je spojováno s větší produkcí mateřského proteinu v mléce (26).

V průběhu kojení je organismus matky vybaven adaptačními mechanismy, které chrání její zdraví i zdraví dítěte. Díky těmto mechanismům se deficit důležitých složek potravy projeví u dítěte minimálně, avšak vše má své limity a někdy může deficit vést ke krátkodobým i dlouhodobým problémům (20).

5.5.4 Makronutrienty u těhotných a kojících žen

U zdravých žen s normální hmotností se kalorický příjem v těhotenství mírně zvyšuje, což je dáno zvyšujícími se energetickými požadavky. Důležitá je rovnováha, neboť nadbytek či nedostatek kalorií, makronutrientů může vést k závažným komplikacím (24) (27).

Sacharidy

Sacharidy jsou významným zdrojem energie. Lze je dělit podle glykemického indexu, přičemž vhodnější je získávat zdroje s nízkým glykemickým indexem, protože podněcují pomalejší produkci inzulínu a tím stabilizují glykémii. Mezi takové potraviny patří například jablka, oříšky, celozrnné výrobky a těstoviny. Konzumace potravin s vyšším glykemickým indexem vede k většímu riziku vzniku diabetu (28).

Glukóza je v těhotenství transportována přes placentu a je zdrojem energie pro plod. Je využita také pro syntézu glykogenu a lipidů v placentě a uteru. Studie pocházející z Velké Británie zkoumala vliv příjmu živin na růst placenty a plodu. Zjistilo se, že u žen, které přijímaly velké množství sacharidů v potravě, byla hmotnost placenty nižší a novorozenci se rodili s nižší porodní hmotností. Sacharidy mají obecně dle doporučení tvořit 55–60 % energetického příjmu. Netěhotné ženy by měly přijímat 321 g sacharidů denně, v těhotenství by se měl od druhého trimestru příjem lehce zvýšit na 398 g denně, v období laktace na 413 g/den (29).

Dle studie Hronka lze použít pro výpočet denní potřeby sacharidů (Sach/kg) v g na kg hmotnosti těhotné ženy následující vzorec:

$$\text{Sach/kg [g/kg]} = - 0,054 \cdot W + 0,032 \cdot H + 2,5256$$

Kde W je hmotnost v kg a H je výška v cm (28).

S těhotenstvím je spojována inzulinová rezistence, která postupně narůstá a je nejvyšší ve 3. trimestru. Inzulinová rezistence je výsledkem zvýšené sekrece diabetogenních hormonů placentárního laktogenu, růstového hormonu, progesteronu, kortizolu a prolaktinu, kdy tyto hormony snižují senzitivitu k inzulinu v periferních tkáních. Inzulinová rezistence a relativní hypoglykémie následně způsobí to, že dochází k preferenčnímu využití lipidů a šetření proteinů. Glukóza a aminokyseliny jsou transportovány přes placentu k plodu, ale objemné lipidy již permeabilní nejsou (30).

Proteiny

Velkou pozornost si zaslouží proteiny, protože jsou důležité pro růst placenty a tkání plodu. Nedostatečný příjem proteinů v potravě je asociován s nízkou poporodní hmotností a kratší délkou těla novorozence (24). Dále může docházet k rozvoji onemocnění v pozdějších letech života, například diabetu 2. typu, obezity, insulinové rezistence, hypertenze a kardiovaskulárních chorob (31). Proteiny jsou zdrojem esenciálních aminokyselin, které si organismus nedokáže sám vytvářet ani získávat z jiných aminokyselin. Mezi tyto aminokyseliny patří leucin, izoleucin, lysin, methionin, fenylalanin, threonin, tryptofan a valin (28).

Nadměrný příjem proteinů může způsobovat, že se nevyužité aminokyseliny štěpí až na finální produkty metabolismu, kterou je močovina. Během metabolismu jsou více zatěžována játra a při vylučování močoviny zase ledviny (29). Na základě mezinárodních doporučení je vhodné zvýšit příjem proteinů v průběhu těhotenství, hlavně tedy v druhém a třetím trimestru. U netěhotných žen je doporučeno přijímat denně 0,75 g proteinů na 1 kg hmotnosti. U těhotných je následně vhodné zvýšit příjem na 1 g proteinů/kg/den (32). Dle studie Hronka lze použít pro výpočet denní potřeby proteinů (Prot/kg) v g na kg hmotnosti těhotné ženy následující vzorec:

$$\text{Prot/kg [g/kg]} = - 0,0146 \cdot W + 0,0087 \cdot H + 0,6964$$

Kde W je hmotnost v kg a H je výška v cm (28).

Stejně jako v těhotenství, i v průběhu kojení by měla žena přijímat více proteinu v potravě. Ze začátku přibližně o 21 g/den, později 14 g/den, pokud stále převažuje kojení nad příkrmy (24). Vliv nízkoproteinové diety na mateřské mléko není zcela jasný. Některé publikace uvádí, že obsah proteinů v mateřském mléce může být nižší u podvyživených žen (20).

Lipidy

Lipidy jsou důležité pro správný růst a vývoj plodu, podstatné je však jejich složení a kvalita. Pro hodnocení je vhodné znát poměr polynenasycených mastných kyselin oproti celkovému množství lipidů v potravě. Jedná se především o kyselinu dokosaheptaenovou (DHA) z omega-3 kyselin, která je důležitá pro správný vývoj mozku a sítnice. Je však důležitá také pro matku, může totiž snižovat riziko předčasného

porodu a rozvoje poporodních depresí. V tabulce 4 je uveden obsah DHA a EPA (eikosapentaenové kyseliny) v různých rybích produktech. Dle mezinárodních doporučení je vhodné přijímat 250–500 mg omega-3 denně. V těhotenství a v průběhu kojení požadavky na příjem DHA vzrůstají na 100–200 mg/den (24) (26) (33).

Tabulka 4 Obsah polynenasycených mastných kyselin EPA a DHA v rybích produktech

POTRAVINA	EPA (g/100 g)	DHA (g/100 g)
losos	1,01	0,94
sleď	0,97	0,69
sardel	0,54	0,91
makrela	0,90	1,40

EPA – eikosapentaenová kyselina; *DHA* – dokosahexaenová kyselina

Zdroj: (24), upraveno

Evropský úřad pro bezpečnost potravin vydal v roce 2015 prohlášení, ve kterém informuje o možném znečištění ryb rtuť, která naopak může být neurotoxická při vývoji plodu, jedná se především o tuňáka či mečouna. Proto tedy stanovil doporučené množství na 2–3 porce ryb týdně v průběhu těhotenství. Při tomto množství jsou stále zachovány benefity v porovnání s nižším přijímaným množstvím ryb (34). Konzumace velkého množství ryb, tj. 3 a více porcí týdně v průběhu těhotenství je spojována s vyšším BMI v raném dětství, a to více u dívek, než u chlapců (26).

Lipidy přijaté potravou by měly tvořit 30–35 % energetického příjmu a na základě doporučení by těhotné a kojící ženy měly přijímat 0,75 g tuků denně (29). Obecně se doporučení neliší od příjmu u netěhotných žen (32). Pro výpočet denní potřeby lipidů (Lip/kg) v g na kg hmotnosti těhotné ženy můžeme použít následující vzorec:

$$\text{Lip/kg [g/kg]} = - 0,0143 \cdot W + 0,0085 \cdot H + 0,688$$

Kde W je hmotnost v kg a H je výška v cm. (28).

V těhotenství dochází ke zvýšené syntéze lipidů v játrech a zároveň se snižuje katabolismus v tukových tkáních, tyto změny v metabolismu lipidů jsou způsobeny převážně růstem plodu (30).

5.5.5 Mateřské mléko

Nutriční profil mateřského mléka je minimálně ovlivněn tím, jak se matka stravuje. Při nízkotučné dietě se snižuje i množství tuku v mléce, to však nutně nemusí znamenat energetický deficit pro kojence. Pokud matka přijímá malé množství energie i tuku v potravě, deficit mastných kyselin v mléce je následně nahrazován tuky z tkáňových zásob matky (20).

Existují studie, které dokazují, že složení mateřského mléka závisí na tělesném složení a na hmotnostním přírůstku v těhotenství. Restriktivní diety způsobují pokles energetické hodnoty mléka, speciálně u podvyživených žen, ale naopak u žen s normální hmotností, změna přijímané energie neovlivňuje energetické složení mléka (35).

6. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

6.1 Metodika

Do našeho výzkumu bylo zahrnuto 12 těhotných a kojících žen, které k nám docházely na pravidelná vyšetření. Samotné vyšetření se skládalo z několika částí a jedno celé vyšetření trvalo přibližně 1 hodinu. Ženy k nám přicházely ráno nalačno, Začínali jsme měřením kalorimetrem, které trvalo přibližně 15-20 minut. Před prvním vyšetřením bylo nutné nejprve přístroj kalibrovat.

Následovalo zjišťování antropometrických parametrů na speciálních vahách, měření výšky a obvodů částí těla, které jsme zároveň zapisovali do Microsoft Excel. Měřili jsme hodnoty krevního tlaku a puls, množství podkožního tuku kaliperem a poté jsme zjišťovali složení těla pomocí přístroje pracujícího na principu bioimpedanční spektroskopické analýzy. Dále jsme prováděli měření svalové síly a výdrže na horních a dolních končetinách dynamometrem a spirometrické měření pro hodnocení plicních funkcí.

Pacientky před vyšetřením sbíraly po dobu 24 hodin moč, u které jsme poté měřili objem v ml a odebírali jsme vzorky pro stanovení množství odpadního dusíku, které bylo následně využito pro dopočet klidového energetického výdeje. Součástí výzkumu bylo hodnocení příjmu jednotlivých nutričních substrátů na základě jídelníčku.

6.1.1 Charakteristika zúčastněných žen

Do výzkumu bylo vybráno 12 těhotných, později kojících žen prvorodiček. Ženy netrpěly závažnými zdravotními potížemi. Ne všechny ženy se zúčastnily všech měření. Vyšetření proběhlo celkem sedmkrát, ve třech obdobích během těhotenství a ve čtyřech obdobích po porodu. První proběhlo mezi 20.–26., druhé mezi 29.–33., třetí mezi 36.–39. týdnem těhotenství. Následovalo čtvrté měření 3.–4. týden po porodu, páté ve 3. měsíci a dále v 6. a 9. měsíci po porodu. Průměrný věk sledovaných žen byl na začátku studie 29 ± 3 roky. Výška byla 168 ± 7 cm. Další zjištěné parametry jako jsou váha, tělesný povrch, index tělesné hmotnosti a netučná tkáň jsou uvedeny později ve výsledkové části (viz kapitola 7.1).

6.1.2 Metoda nepřímé kalorimetrie

Ženy, které se zúčastnily našeho výzkumu musely před každým vyšetřením dodržet zásady pro stanovení metodou nepřímé kalorimetrie – být nalačno, ideálně 12 hodin po posledním jídle, nepít kávu nebo černý a zelený čaj. Měření trvalo přibližně 15–20 minut, probíhalo při teplotě 20–25 °C, v tiché a tmavé místnosti, v leže a v naprostém klidu.

Využívá se otevřeného systému, kdy vyšetřovaná osoba leží pod kanopou a vzduchové čerpadlo přístroje zabezpečuje průtok vzduchu, který osoba vdechuje, tedy spotřebovává kyslík a zároveň do něj vydechuje oxid uhličitý. Vzduch je odváděn do analyzátorů plynů v kalorimetru, který dokáže stanovit přesnou koncentraci obou plynů. Software následně z těchto hodnot vypočte energetický výdej a oxidaci jednotlivých nutričních substrátů (36).

Nepřímá kalorimetrie je velmi přesná neinvazivní technika, která umožňuje hodnotit individuálně u pacienta nutriční potřeby a redukovat riziko podvýživy či přejídání. Používá se k měření klidového energetického výdeje. Princip spočívá v měření objemu spotřeby kyslíku (VO_2) a produkce oxidu uhličitého (VCO_2) ve vydechovaném vzduchu. Tato metoda umožňuje určit oxidaci nutričních substrátů (sacharidů, bílkovin a lipidů) (37). Rozdíl v oxidaci mezi jednotlivými substráty je uveden v tabulce 5.

Pro zjištění poměru využití energie z jednotlivých zoxidovaných substrátů je nutné stanovit množství odpadního dusíku v moči (38). Proteiny nejsou zcela metabolizovány. Při jejich oxidaci dochází ke vzniku urey, která je následně vylučována močí bez využití její energie. Výměna plynů se tedy koriguje na množství metabolizovaných proteinů a takto se získá tzv. nebílkovinný respirační kvocient (nRQ). Vychází se z předpokladu, že oxidací 6,25 g bílkovin se do moči uvolní 1 g dusíku, přičemž se spotřebuje 5,9 l kyslíku a uvolní se 4,8 l oxidu uhličitého.

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

kde, VO_2 , VCO_2 je spotřeba/produkce v l/den, UN je produkce odpadního dusíku v moči v g/den (36).

Tabulka 5 Porovnání oxidace tří hlavních biologických substrátů

SUBSTRÁT	VO ₂ (l/g)	VCO ₂ (l/g)	RQ	PRODUKCE TEPLA (kcal/g)
glukóza	0,746	0,746	1	3,75
lipidy	2,029	1,430	0,69	9,30
proteiny	0,966	0,782	0,81	4,30

VO₂ – objem spotřebovaného kyslíku; VCO₂ – objem produkovaného oxidu uhličitého; RQ – respirační kvocient

Zdroj: (39), upraveno

Při oxidaci 1 g glukózy je spotřebováno 0,746 l O₂ a vzniká 0,746 l CO₂. Při oxidaci 1 g lipidů se spotřebuje 2,029 l O₂ a vzniká 1,430 l CO₂, při oxidaci 1 g bílkovin se spotřebuje 0,966 l O₂ a vzniká 0,782 l CO₂. Přesné množství zoxidovaných bílkovin v g/24 h lze vypočítat vynásobením UN hodnotou 6,25. Poměr mezi VCO₂ a VO₂ definuje respirační kvocient (RQ) a lze ho odvodit ze stechiometrických rovnic jednotlivých substrátů. Na základě těchto údajů a naměřených hodnot VO₂ a VCO₂ indirektním kalorimetrem lze odvodit rovnice pro výpočet REE. Příkladem je Weirova rovnice:

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

Pro zpřesnění výsledků umožňuje software kalorimetru korigovat výpočty v závislosti na hodnotě nRQ. Rovnice mají následující tvar:

$$nRQ < 0,706 \quad REE = [(4360 \cdot VO_2) + (450 \cdot VCO_2)] \cdot 1,44 - 1,57 \cdot UN$$

$$nRQ = 0,706-1,0 \quad REE = [(3940 \cdot VO_2) + (1106 \cdot VCO_2)] \cdot 1,44 - 2,17 \cdot UN$$

$$nRQ > 1,0 \quad REE = [(3818 \cdot VO_2) + (1223 \cdot VCO_2)] \cdot 1,44 - 1,994 \cdot UN$$

Podíl jednotlivých nutričních substrátů z oxidace lze vypočítat dle následujících rovnic:

Pro sacharidy (CHO)

v g/den

$$nRQ < 0,706 \quad CHO = -3,590 \cdot VCO_2 \cdot 1440 + 2,540 \cdot VO_2 \cdot 1440 + 2,050 \cdot UN$$

$$nRQ = 0,706-1,0 \quad CHO = 4115 \cdot VCO_2 \cdot 1440 - 2,909 \cdot VO_2 \cdot 1440 - 2,539 \cdot UN$$

$$nRQ > 1,0 \quad CHO = -0,187 \cdot VCO_2 \cdot 1440 + 1,393 \cdot VO_2 \cdot 1440 - 6,892 \cdot UN$$

v kcal/den

$$\text{nRQ} < 0,706 \quad \text{CHO_K} = \text{CHO} \cdot 1,72$$

$$\text{nRQ} > 0,706 \quad \text{CHO_K} = \text{CHO} \cdot 4,18$$

Pro lipidy (FAT)

v g/den

$$\text{nRQ} < 0,706 \quad \text{FAT} = 0,70 \cdot \text{VCO}_2 \cdot 1440 - 3,39 \cdot \text{UN}$$

$$\text{nRQ} > 0,706 \quad \text{FAT} = 1,689 \cdot \text{VO}_2 \cdot 1440 - 1,689 \cdot \text{VCO}_2 \cdot 1440 - 1,943 \cdot \text{UN}$$

v kcal/den

$$\text{nRQ} < 1 \quad \text{FAT_K} = \text{FAT} \cdot 9,46$$

$$\text{nRQ} > 1,0 \quad \text{FAT_K} = \text{FAT} \cdot 1,089$$

Pro bílkoviny (PRO)

V g/den

$$0,65 < \text{nRQ} > 1,25 \quad \text{PRO} = 6,25 \cdot \text{UN}$$

V kcal/den

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

Součtem výše uvedených hodnot podílů jednotlivých substrátů v kcal/den lze vypočítat celkový klidový energetický výdej:

$$\text{TOT_KCAL} = \text{CHO_K} + \text{FAT_K} + \text{PRO_K} \quad (36).$$

Pro porovnání REE naměřeného a predikovaného jsme pro empirické stanovení použili Harris-Benediktovu rovnici:

$$\text{REE (kcal/24h)} = 655,0955 + 9,5634 \cdot W + 1,8496 \cdot H - 4,6756 \cdot A$$

Kde W je hmotnost v kg, H výška v centimetrech a A je věk ženy. HB rovnice však nezohledňuje přesnou tělesnou kompozici a úroveň fyzické aktivity, proto není její použití u těhotných a kojících žen vhodné.

6.1.3 Antropometrické stanovení

Pro hodnocení antropometrických parametrů jsme použili digitální váhy Body composition monitor InnerScan (Tanita Corporation, Tokio, Japonsko). Před měřením jsme na přístroji nastavili pohlaví, věk, a výšku. Sledované ženy byly váženy ve spodním prádle, naboso a pomocí elektrod jsme zjistili přesnou tělesnou hmotnost. Z výšky a hmotnosti byla následně spočítána hodnota BMI a povrchu těla (BSA) dle rovnic:

$$\text{BMI} = W / H^2$$

kde W je hmotnost v kg a H je výška v metrech.

$$\text{BSA (m}^2\text{)} = (H^{0,725} \cdot W^{0,425} \cdot 0,007184)$$

kde W je hmotnost v kg a H je výška v centimetrech.

6.1.4 Bioimpedanční spektroskopická analýza

K hodnocení tělesné kompozice byl použit přístroj BCM – Body Composition Monitor (Fresenius Medical Care AG & Co, Bad Homburg, Německo). Ženám byly k jedné ruce a noze přiloženy elektrody – proximální a distální, které byly zároveň přes svorky spojené s přístrojem. Na přístroji jsme nastavili věk, pohlaví, hmotnost a výšku. Na základě této metody jsme stanovili množství netučné tkáně (LTM).

6.1.5 Vyhodnocování dotazníků

Po dobu 7 dnů před každým vyšetřením si ženy zapisovaly do dotazníku (vypracovaného Mgr. Sovišovou) veškerou potravu, kterou zkonsumovaly a také fyzickou aktivitu, kterou vykonávaly během jednotlivých dnů. Údaje z jídelníčku byly zpracovány pomocí nutričního softwaru NutriDan (Institut Danone), jehož pomocí byl stanoven průměrný příjem energie a jednotlivých nutrientů.

6.2 Statistické hodnocení

Výsledky byly hodnoceny v programu GraphPad Prism (verze 9.0.2, GraphPad Software). U sledovaných parametrů byla testována normalita dat pomocí D'Agostinova a Pearsonova testu. Parametry byly podrobeny deskriptivní statistice a jsou uváděny pomocí průměru a směrodatné odchylky. Rozdíly mezi jednotlivými obdobími byly hodnoceny pomocí mixed-effects analýzy a Tukeyho multiple comparison testu. Asociace mezi parametry byla hodnocena pomocí Pearsonova korelačního koeficientu. Hladina statistické významnosti byla akceptována při $P \leq 0,05$.

7. VÝSLEDKY

7.1 Zjištěné parametry

Dle předpokladu se antropometrické parametry uvedené v tabulce 6 s narůstajícími týdny těhotenství postupně zvyšovaly. Po porodu došlo opět k poklesu hodnot. Statisticky významné rozdíly můžeme vidět hlavně mezi obdobími těhotenství a obdobími kojení.

Tabulka 6 Základní antropometrické parametry těhotných a kojících žen

Měření	Hmotnost (kg)	LTM (kg)	BSA (m ²)	BMI (kg/m ²)
G1 (n=10) 20.–26. t. t.	72,7 ± 14	36,8 ± 5,4	1,81 ± 0,17	26 ± 4,6
G2 (n=11) 29.–33. t. t.	74,9 ± 13,7	38 ± 6,4	1,84 ± 0,17 *G1	26,4 ± 3,9
G3 (n=10) 36.–39. t. t.	80,1 ± 14,5 *G1, G2	41,3 ± 8,3	1,89 ± 0,17 *G1, *G2	28,5 ± 4,1 *G1, *G2
L1 (n=12) 3.–4. t. p. p.	69,8 ± 13,8 *G2, *G3	37,8 ± 6,1	1,78 ± 0,16 *G2, *G3	24,8 ± 4,6 *G2, G3
L2 (n=12) 3. m. p. p.	67,7 ± 14,1 *G1, G2, G3	37,8 ± 6,1	1,76 ± 0,17 *G1, G2, G3	24,1 ± 4,7 *G1, G2, G3
L3 (n=12) 6. m. p. p.	66,4 ± 16 *G2, G3	38,2 ± 5,3	1,74 ± 0,19 *G1, G2, G3	23,6 ± 5,1 *G1, G2, G3
L4 (n=12) 9. m. p. p.	66,3 ± 17,7 *G3	37,6 ± 4,3	1,74 ± 0,21 *G2, G3	23,7 ± 5,7

G1–G3 – měření v období těhotenství; **L1–L4** – měření v období kojení; **t. t.** – týden těhotenství; **t. p. p.** – týden po porodu; **m. p. p.** – měsíc po porodu; **LTM** (lean tissue mass) – netučná tkáň zjištěná z bioimpedance; **BSA** – tělesný povrch; **BMI** – index tělesné hmotnosti; výsledky jsou uváděny jako průměr ± směrodatná odchylka; *Gx Mixed effect analysis + Tukey's multiple comparisons test ($P \leq 0.05$) vs. G1, G2 nebo G3

V tabulce 7 jsou uvedeny objemy VO_2 a VCO_2 zjištěné kalorimetrem. Nejvýznamnější rozdíly jsme zaznamenali mezi 1. a 6. a mezi 3. a 6. měřením. Poměrem VCO_2 a VO_2 byl zjištěn RQ a nRQ jsme získali dosazením do rovnice uvedené v kapitole 7.1. Z hodnot nRQ vyplívá, že převažuje metabolismus lipidů (tzn. hodnota je velmi blízká 0,71). Mezi obdobími se hodnoty RQ a nRQ významně nelišily.

Tabulka 7 Hodnoty VO_2 , VCO_2 , RQ a nRQ u těhotných a kojících žen

Měření	VO_2 (l/min)	VCO_2 (l/min)	RQ	nRQ
G1 (n=10) 20.–26. t. t.	0,24 ± 0,03	0,18 ± 0,03	0,76 ± 0,07	0,75 ± 0,10
G2 (n=11) 29.–33. t. t.	0,24 ± 0,04	0,19 ± 0,03	0,76 ± 0,04	0,74 ± 0,05
G3 (n=10) 36.–39. t. t.	0,26 ± 0,03	0,20 ± 0,03	0,77 ± 0,06	0,76 ± 0,08
L1 (n=12) 3.–4. t. p. p.	0,22 ± 0,02 *G3	0,16 ± 0,02 *G3	0,74 ± 0,07	0,71 ± 0,09
L2 (n=12) 3. m. p. p.	0,21 ± 0,04 *G1, G3	0,15 ± 0,03 *G1, G2, G3	0,74 ± 0,04	0,71 ± 0,10
L3 (n=12) 6. m. p. p.	0,20 ± 0,02 *G1, G2, G3	0,16 ± 0,03 *G2, G3	0,78 ± 0,08	0,76 ± 0,09
L4 (n=12) 9. m. p. p.	0,22 ± 0,03	0,17 ± 0,03	0,76 ± 0,06	0,73 ± 0,11

G1–G3 – měření v období těhotenství; **L1–L4** – měření v období kojení; **t. t.** – týden těhotenství; **t. p. p.** – týden po porodu; **m. p. p.** – měsíc po porodu; VO_2 – objem spotřebovaného kyslíku; VCO_2 – objem vyprodukovaného oxidu uhličitého; RQ – respirační kvocient; nRQ – nebílkovinný respirační kvocient; výsledky jsou uváděny jako průměr ± směrodatná odchylka; *Gx Mixed effect analysis + Tukey's multiple comparisons test ($P \leq 0.05$) vs. G1, G2 nebo G3

V tabulce 8 jsou uvedeny naměřené hodnoty REE zjištěné pomocí kalorimetrie (REEm) a také predikované hodnoty vypočítané pomocí HB rovnice (REEp). S narůstajícími týdny těhotenství je viditelný trend zvyšujících se hodnot REE, po porodu dochází k významnému poklesu hodnot. Při přepočtu REE na kilogram hmotnosti nebyly rozdíly mezi skupinami významné. Při přepočtu na tělesný povrch a netučnou tkáň byly u kojících žen tyto hodnoty nižší. Nejvíce rozdílů jsme zaznamenali u měření v 6. měsíci po porodu, kdy došlo k poklesu hodnot přibližně o 15–20 % oproti poslednímu měření v těhotenství.

Tabulka 8 Klidový energetický výdej naměřený vs. predikovaný, přepočtený

Měření	REEm (kcal/den)	REEp (kcal/den)	REE (%)	REE/kg (kcal/kg)	REE/BSA (kcal/m ²)	REE/LTM (kcal/kg LTM)
G1 (n=10) 20.–26. t. t.	1608 ± 197	1526 ± 139	105 ± 6	22,4 ± 1,7	887 ± 52	44,0 ± 3,3
G2 (n=11) 29.–33. t. t.	1644 ± 260	1547 ± 138	106 ± 9	22,1 ± 1,6	888 ± 69	43,8 ± 5,8
G3 (n=10) 36.–39. t. t.	1748 ± 230	1596 ± 146 *G1, G2	109 ± 11	22,0 ± 2,7	925 ± 100	43,2 ± 6,6
L1 (n=12) 3.–4. t. p. p.	1463 ± 159 *G3	1495 ± 138 * G2, G3	98 ± 9	21,4 ± 3,2	823 ± 83 *G3	39,3 ± 5,5 *G1
L2 (n=12) 3. m. p. p.	1397 ± 248 *G1, G3	1474 ± 139 * G1, G2, G3	95 ± 14 *G3	20,9 ± 3,2	794 ± 123 *G3	37,4 ± 7,0 *G1
L3 (n=12) 6. m. p. p.	1365 ± 172 *G1, G2, G3	1461 ± 158 *G1, G2, G3	94 ± 6 *G1, G3	21,0 ± 2,7	784 ± 69 *G1, G3	36,1 ± 4,8 *G1, G2, G3
L4 (n=12) 9. m. p. p.	1447 ± 224	1458 ± 173 *G3	99 ± 12	22,5 ± 4,0	836 ± 101	38,8 ± 6,2

G1–G3 – měření v období těhotenství; **L1–L4** – měření v období kojení; **t. t.** – týden těhotenství; **t. p. p.** – týden po porodu; **m. p. p.** – měsíc po porodu; **REE** – klidový energetický výdej; **REEm** – REE naměřený kalorimetrem; **REEp** – REE zjištěný z Harris-Benediktovy rovnice; **REE/kg** – REE přepočtený na kilogram hmotnosti; **REE/BSA** – REE přepočtený na povrch těla; **REE/LTM** – REE přepočtený na kilogram netučné tkáně; výsledky jsou uváděny jako průměr ± směrodatná odchylka; *Gx Mixed effect analysis + Tukey's multiple comparisons test (P ≤ 0.05) vs. G1, G2 nebo G3

Tabulky 9–11 znázorňují oxidaci jednotlivých nutričních substrátů. Poměr zoxidovaných sacharidů je zde nižší oproti doporučeným hodnotám, protože se měření provádělo nalačno a ve fázi lačnění se zvyšuje podíl energie získaný oxidací lipidů. Dle směrodatné odchylky můžeme u oxidace sacharidů v g/den pozorovat větší variabilitu mezi jednotlivými ženami, než je tomu u jiných nutričních substrátů. Co se týká oxidace lipidů největší „peak“ jsme zaznamenali v 29.–33. týdnu těhotenství, následně se hodnoty snižovaly. Statisticky významný rozdíl jsme zjistili mezi 3. a 6. měřením a mezi 2. a 7. měřením. Oxidace proteinů se významně nelišila mezi obdobími, ačkoliv byl patrný trend vyšších hodnot v období 6. a 9. měsíce po porodu.

Tabulka 9 Oxidace sacharidů

Měření	Oxidace sacharidů (g/den)	Oxidace sacharidů (kcal/den)	Oxidace sacharidů (%)	Oxidace sacharidů (g/kg)	Oxidace sacharidů (g/kg LTM)
G1 (n=10) 20.–26. t. t.	89 ± 63	326 ± 304	19 ± 17	1,2 ± 0,8	2,3 ± 1,5
G2 (n=11) 29.–33. t. t.	53 ± 38	204 ± 172	13 ± 10	0,7 ± 0,5	1,4 ± 0,9
G3 (n=10) 36.–39. t. t.	83 ± 61	323 ± 274	19 ± 16	1,0 ± 0,7	2,0 ± 1,4
L1 (n=12) 3.–4. t. p. p.	63 ± 38	196 ± 182	14 ± 14	1,0 ± 0,7	1,7 ± 1,1
L2 (n=12) 3. m. p. p.	54 ± 35	173 ± 152	13 ± 10	0,8 ± 0,5	1,5 ± 1,0
L3 (n=12) 6. m. p. p.	61 ± 63	244 ± 271	17 ± 16	0,9 ± 0,7	1,5 ± 1,4
L4 (n=12) 9. m. p. p.	76 ± 79	256 ± 297	17 ± 19	1,2 ± 1,3	2,1 ± 2,2

G1–G3 – měření v období těhotenství; **L1–L4** – měření v období kojení; **t. t.** – týden těhotenství; **t. p. p.** – týden po porodu; **m. p. p.** – měsíc po porodu; **LTM** (lean tissue mass) – netučná tkáň; výsledky jsou uváděny jako průměr ± směrodatná odchylka

Tabulka 10 Oxidace lipidů

Měření	Oxidace lipidů (g/den)	Oxidace lipidů (kcal/den)	Oxidace lipidů (%)	Oxidace lipidů (g/kg)	Oxidace lipidů (g/kg LTM)
G1 (n=10) 20.–26. t. t.	93 ± 31	882 ± 289	56 ± 19	1,3 ± 0,5	2,6 ± 1,0
G2 (n=11) 29.–33. t. t.	111 ± 31	1046 ± 293	63 ± 10	1,5 ± 0,3	3,0 ± 0,8
G3 (n=10) 36.–39. t. t.	105 ± 35	988 ± 334	56 ± 18	1,3 ± 0,5	2,6 ± 1,1
L1 (n=12) 3.–4. t. p. p.	94 ± 32	893 ± 304	61 ± 19	1,4 ± 0,5	2,5 ± 0,9
L2 (n=12) 3. m. p. p.	89 ± 41	846 ± 384	59 ± 23	1,3 ± 0,7	2,4 ± 1,2
L3 (n=12) 6. m. p. p.	66 ± 29 *G3	621 ± 273 *G3	46 ± 21	1,1 ± 0,6	1,8 ± 0,9 *G2, L1
L4 (n=12) 9. m. p. p.	71 ± 30 *G2	672 ± 279 *G2	46 ± 15	1,1 ± 0,5	1,9 ± 0,8 *G2

G1–G3 – měření v období těhotenství; **L1–L4** – měření v období kojení; **t. t.** – týden těhotenství; **t. p. p.** – týden po porodu; **m. p. p.** – měsíc po porodu; **LTM** (lean tissue mass) – netučná tkáň; výsledky jsou uváděny jako průměr ± směrodatná odchylka; ***Gx, Lx** Mixed effect analysis + Tukey's multiple comparisons test (P ≤ 0.05) vs. G1, G2, G3 nebo L1

Tabulka 11 Oxidace proteinů

Měření	Oxidace proteinů (g/den)	Oxidace proteinů (kcal/den)	Oxidace proteinů (%)	Oxidace proteinů (g/kg)	Oxidace proteinů (g/kg LTM)
G1 (n=10) 20.–26. t. t.	92 ± 32	399 ± 139	25 ± 9	1,3 ± 0,5	2,5 ± 0,9
G2 (n=11) 29.–33. t. t.	90 ± 19	389 ± 83	24 ± 6	1,2 ± 0,2	2,4 ± 0,6
G3 (n=10) 36.–39. t. t.	100 ± 54	432 ± 231	26 ± 15	1,3 ± 0,8	2,6 ± 1,6
L1 (n=12) 3.–4. t. p. p.	87 ± 38	374 ± 162	26 ± 11	1,3 ± 0,6	2,3 ± 1,0
L2 (n=12) 3. m. p. p.	87 ± 52	376 ± 226	29 ± 21	1,3 ± 0,9	2,3 ± 1,5
L3 (n=12) 6. m. p. p.	115 ± 43	497 ± 184	37 ± 16	1,8 ± 0,7	3,1 ± 1,2
L4 (n=12) 9. m. p. p.	120 ± 38	518 ± 165	37 ± 14	1,9 ± 0,7	3,2 ± 0,9

G1–G3 – měření v období těhotenství; **L1–L4** – měření v období kojení; **t. t.** – týden těhotenství; **t. p. p.** – týden po porodu; **m. p. p.** – měsíc po porodu; **LTM** (lean tissue mass) – netučná tkáň; výsledky jsou uváděny jako průměr ± směrodatná odchylka

7.2 Korelační analýza

Zjišťovali jsme, jaký vliv má příjem energie na různé parametry energetického metabolismu u těhotných a kojících žen. Kromě celkového denního energetického příjmu (kcal) jsme hodnotili vliv jednotlivých nutričních substrátů uvedených v tabulce 12. Data o příjmu energie jsme získávali z dotazníků (viz výše) a pro vyjádření míry závislosti jsme použili Pearsonův korelační koeficient.

Tabulka 12 Přehled jednotlivých nutričních substrátů hodnocených

SACHARIDY	LIPIDY	PROTEINY
Příjem sacharidů (g)	Příjem lipidů (g)	Příjem proteinů (g)
Příjem sacharidů (%)	Příjem lipidů (%)	Příjem proteinů (%)
Příjem sacharidů (g/kg)	Příjem lipidů (g/kg)	Příjem proteinů (g/kg)
Příjem sacharidů (g/kg LTM)	Příjem lipidů (g/kg LTM)	Příjem proteinů (g/kg LTM)

LTM (lean tissue mass) – netučná tkáň

7.2.1 Korelace mezi příjmem energie a parametry energetického metabolismu

Významnou asociaci mezi energetickým příjmem (EI) a parametry energetického metabolismu jsme zjistily pouze v období kojení. Ve 3. a 6. měsíci po porodu byla prokázána pozitivní korelace EI a VO_2 , pouze ve 3. měsíci po porodu pozitivní korelace EI a naměřené hodnoty REE (viz tabulka 13).

Tabulka 13 Korelace s celkovým příjmem energie (kcal)

MĚŘENÍ	PARAMETR	R	P
L2 (n=12) 3. m. p. p.	VO_2 (l/min)	0,641	0,025
	REEm (kcal/den)	0,592	0,043
L3 (n=12) 6. m. p. p.	VO_2 (l/min)	0,590	0,043

L2, L3 – měření v období kojení; *m. p. p.* – měsíc po porodu; *REEm* – klidový energetický výdej naměřený kalorimetrem, VO_2 – objem spotřebovaného kyslíku; *P-value* – hladina významnosti; *r-value* – Pearsonův korelační koeficient

7.2.2 Korelace mezi příjmem sacharidů a parametry energetického metabolismu

Při hodnocení příjmu sacharidů v g jsme zjistili pozitivní korelační vztah s parametry VO_2 , VCO_2 a REEm ve 3. měsíci po porodu (viz tabulka 14).

Tabulka 14 Korelace s příjmem sacharidů (g)

MĚŘENÍ	PARAMETR	R	P
L2 (n=12) 3. m. p. p.	VO_2 (l/min)	0,646	0,023
	VCO_2 (l/min)	0,609	0,035
	REEm (kcal/den)	0,627	0,029

L3 – měření v období kojení; **m. p. p** – měsíc po porodu; **REEm** – klidový energetický výdej naměřený kalorimetrem; **VO_2** – objem spotřebovaného kyslíku; **VCO_2** – objem vyprodukovaného oxidu uhličitého; **P-value** – hladina významnosti; **r-value** – Pearsonův korelační koeficient

V 2. měření v těhotenství nám vyšel nepřímo úměrný vztah mezi příjmem sacharidů v % a oxidací proteinů v % a stejný vztah jsme zaznamenali s oxidací proteinů v přepočtu na kilogram hmotnosti. U kojících žen jsme zaznamenali v 6. měsíci po porodu negativní korelaci s REE a také s oxidací lipidů přepočtenou na kg netučné tkáně (viz tabulka 15).

Tabulka 15 Korelace s příjmem sacharidů (%)

MĚŘENÍ	PARAMETR	R	P
G2 (n=11) 29.–33. t. t.	Oxidace proteinů (%)	-0,699	0,017
	Oxidace proteinů (g/kg)	-0,732	0,010
L3 (n=12) 6. m. p. p.	REE (%)	-0,698	0,012
	REE (kcal/m ²)	-0,691	0,013
	REE (kcal/kg LTM)	-0,732	0,006
	Oxidace lipidů (g/kg LTM)	-0,634	0,027

G2 – měření v období těhotenství; **L3** – měření v období kojení; **t. t.** – týden těhotenství; **m. p. p** – měsíc po porodu; **REE** – klidový energetický výdej; **LTM** – netučná tkán; **P-value** – hladina významnosti; **r-value** – Pearsonův korelační koeficient

Významnou korelaci s příjmem sacharidů v g/kg jsme zaznamenali pouze u kojících žen v 1. a v 6. měsíci po porodu. V 1. měsíci po porodu byl příjem sacharidů nepřímo úměrný s REE vypočteným z Harris-Benediktovy rovnice. Dále jsme v 6. měsíci po porodu zjistili zápornou korelaci s REE a s oxidací sacharidů přepočtenou na netučnou tkáň (viz tabulka 16).

Tabulka 16 Korelace s příjmem sacharidů (g/kg)

MĚŘENÍ	PARAMETR	R	P
L1 (n=12) 3.–4. t. p. p.	REEp (kcal/den)	-0,664	0,019
	REE (kcal/kg)	0,678	0,015
L3 (n=12) 6. m. p. p.	REE (kcal/kg LTM)	-0,659	0,020
	Oxidace sacharidů (g/kg LTM)	-0,576	0,050

L1, L3 – měření v období kojení; **t. p. p.** – týden po porodu; **m. p. p.** – měsíc po porodu; **REE** – klidový energetický výdej; **REEp** – REE zjištěný z Harris-Benediktovy rovnice; **LTM** – netučná tkáň; **P-value** – hladina významnosti; **r-value** – Pearsonův korelační koeficient

Při hodnocení příjmu sacharidů v přepočtu na kg netučné tkáně vyšel u těhotných žen nepřímo úměrný vztah s VO_2 a VCO_2 . Dále také příjem sacharidů negativně koreloval s REE naměřeným z kalorimetru a přepočteným na tělesný povrch. V 6. měsíci po porodu byl příjem sacharidů přímo úměrný s oxidací proteinů (viz tabulka 17).

Tabulka 17 Korelace s příjmem sacharidů (g/kg LTM)

MĚŘENÍ	PARAMETR	R	P
G3 (n=10) 36.–39. t. t.	VO_2 (l/min)	-0,691	0,027
	VCO_2 (l/min)	-0,799	0,006
	REEm (kcal/den)	-0,736	0,015
	REE (%)	-0,705	0,023
	REE (kcal/m ²)	-0,655	0,040
L3 (n=12) 6. m. p. p.	Oxidace proteinů (g/den)	0,615	0,033
	Oxidace proteinů (kcal/den)	0,615	0,033

G3 - měření v období těhotenství; **L3** – měření v období kojení; **t. t.** – týden těhotenství; **m. p. p.** – měsíc po porodu; **REEm** – klidový energetický výdej naměřený kalorimetrem; **VO_2** – objem spotřebovaného kyslíku; **VCO_2** – objem vyprodukovaného oxidu uhličitého; **REE** – klidový energetický výdej; **LTM** – netučná tkáň; **P-value** – hladina významnosti; **r-value** – Pearsonův korelační koeficient

7.2.3 Korelace mezi příjmem lipidů a parametry energetického metabolismu

S příjmem lipidů v g jsme zaznamenali významné korelace pouze u kojících žen v 6. a 9. měsíci po porodu, kdy nám vyšel přímo úměrný vztah s VO_2 a REE naměřeným kalorimetrem. Dále jsme zjistili, že s příjmem lipidů negativně koreluje nebiřkovinný respirační kvocient, a výrazně i oxidace sacharidů (viz tabulka 18).

Tabulka 18 Korelace s příjmem lipidů (g)

MĚŘENÍ	PARAMETR	R	P
L3 (n=12) 6. m. p. p.	VO_2 (l/min)	0,703	0,011
	REEm (kcal/den)	0,644	0,024
L4 (n=12) 9. m. p. p.	nRQ	-0,629	0,038
	Oxidace sacharidů (g/den)	-0,721	0,012
	Oxidace sacharidů (kcal/den)	-0,841	0,001
	Oxidace sacharidů (%)	-0,857	0,001
	Oxidace sacharidů (g/kg)	-0,703	0,016
	Oxidace sacharidů (g/kg LTM)	-0,705	0,015
	Oxidace lipidů (g/den)	0,603	0,038
	Oxidace lipidů (kcal/den)	0,632	0,037
	Oxidace lipidů (%)	0,785	0,004

L2, L4 – měření v období kojení; **m. p. p.** – měsíc po porodu; **REEm** – klidový energetický výdej naměřený kalorimetrem; **VO_2** – objem spotřebovaného kyslíku; **nRQ** – nebiřkovinný respirační kvocient; **LTM** – netučná tkáň; **P-value** – hladina významnosti; **r-value** – Pearsonův korelační koeficient

V tabulce 19 můžeme vidět korelaci s příjmem lipidů (%), kterou jsme zaznamenali pouze u kojících žen v 6. měsíci po porodu, kdy nám vyšel přímo úměrný vztah s REE přepočteným na kilogram netučné tkáně.

Tabulka 19 Korelace s příjmem lipidů (%)

MĚŘENÍ	PARAMETR	R	P
L3 (n=12) 6. m. p. p.	REE (kcal/kg LTM)	0,737	0,006

L3 – měření v období kojení; **n** – počet zúčastněných; **m. p. p.** – měsíc po porodu; **REE** – klidový energetický výdej; **LTM** – netučná tkáň; **P-value** – hladina významnosti; **r-value** – Pearsonův korelační koeficient

Co se týká příjmu lipidů v g/kg hmotnosti, koreloval nám pouze v 9. měsíci po porodu hned s několika parametry energetického metabolismu. Příjem lipidů negativně koreloval s VCO₂, REEp a oxidací sacharidů, zatímco s oxidací lipidů (g/kg) jsme zaznamenali přímo úměrný vztah (viz tabulka 20).

Tabulka 20 Korelace s příjmem lipidů (g/kg)

MĚŘENÍ	PARAMETR	R	P
L4 (n=12) 9. m. p. p.	VCO ₂ (l/min)	-0,841	0,001
	REEp (kcal/den)	-0,735	0,010
	Oxidace sacharidů (kcal/den)	-0,715	0,013
	Oxidace sacharidů (%)	-0,684	0,020
	Oxidace lipidů (g/kg)	0,606	0,048

L4 – měření v období kojení; **m. p. p.** – měsíc po porodu; **REEp** – klidový energetický výdej zjištěný z Harris-Benediktovy rovnice; **VCO₂** – objem vyprodukovaného oxidu uhličitého; **P-value** – hladina významnosti; **r-value** – Pearsonův korelační koeficient

Při přepočtu příjmu lipidů na kg netučné tkáně jsme zaznamenali pozitivní korelaci s REE v 6. měsíci po porodu. V 9. měsíci po porodu můžeme vidět nepřímo úměrný vztah s oxidací sacharidů a přímo úměrný vztah s oxidací lipidů (viz tabulka 21).

Tabulka 21 Korelace s příjmem lipidů (g/kg LTM)

MĚŘENÍ	PARAMETR	R	P
L3 (n=12) 6. m. p. p.	REE (kcal/kg LTM)	0,635	0,026
L4 (n=12) 9. m. p. p.	Oxidace sacharidů (kcal/den)	-0,637	0,035
	Oxidace sacharidů (%)	-0,643	0,033
	Oxidace lipidů (%)	0,763	0,006
	Oxidace lipidů (g/kg)	0,648	0,031
	Oxidace lipidů (g/kg LTM)	0,640	0,034

L3, L4 – měření v období kojení; **m. p. p.** – měsíc po porodu; **REE** – klidový energetický výdej; **LTM** – netučná tkáň; **P-value** – hladina významnosti; **r-value** – Pearsonův korelační koeficient

7.2.4 Korelace mezi příjmem proteinů a parametry energetického metabolismu

Korelace s příjmem proteinů v g jsme zaznamenali pouze u dvou měření. V prvním měsíci po porodu příjem proteinů pozitivně koreloval s REE a stejně tak tomu bylo hned v následujícím měření. Kromě toho byl také VO_2 přímo úměrný příjmu proteinů (viz tabulka 22).

Tabulka 22 Korelace s příjmem proteinů (g)

MĚŘENÍ	PARAMETR	R	P
L1 (n=12) 3.–4. t. p. p.	REE (%)	0,663	0,019
	REE (kcal/m ²)	0,625	0,030
L2 (n=12) 3. m. p. p.	VO_2 (l/min)	0,688	0,013
	REEm (kcal/den)	0,620	0,031
	REE (%)	0,594	0,042
	REE (kcal/m ²)	0,619	0,032

L1, L2 – měření v období kojení; **t. p. p.** – týden po porodu; **m. p. p.** – měsíc po porodu; **REE** – klidový energetický výdej; **REEm** – klidový energetický výdej naměřený kalorimetrem; **VO_2** – objem spotřebovaného kyslíku; **LTM** – netučná tkáň; **P-value** – hladina významnosti; **r-value** – Pearsonův korelační koeficient

Při hodnocení příjmu poměrného množství proteinů jsme zaznamenali korelaci mezi 29.–33. týdnem těhotenství, kdy nám vyšla pozitivní korelace s oxidací proteinů. V období kojení jsme zjistili korelace s parametry energetického metabolismu celkem ve třech měřeních. Při 1. měření byl VO_2 i VCO_2 přímo úměrný příjmu proteinů, také se s příjmem zvyšoval i REE. Ve 3 měsíci po porodu jsme zaznamenali přímo úměrný vztah s oxidací lipidů v přepočtu na kg netučné tkáně a v 6. měsíci taktéž. Kromě toho s příjmem proteinů negativně koreloval RQ a oxidace sacharidů v přepočtu na kg hmotnosti (viz tabulka 23).

Tabulka 23 Korelace s příjmem proteinů (%)

MĚŘENÍ	PARAMETR	R	P
G2 (n=11) 29.–33. t. t.	Oxidace proteinů (g/den)	0,677	0,022
	Oxidace proteinů (kcal/den)	0,679	0,022
L1 (n=12) 3.–4. t. p. p.	VO ₂ (l/min)	0,797	0,002
	VCO ₂ (l/min)	0,597	0,040
	REEm (kcal/den)	0,801	0,002
L2 (n=12) 3. m. p. p.	Oxidace lipidů (g/kg LTM)	0,632	0,028
L3 (n=12) 6. m. p. p.	RQ	-0,632	0,027
	Oxidace sacharidů (g/kg)	-0,676	0,016
	Oxidace lipidů (g/den)	0,597	0,040
	Oxidace lipidů (kcal/den)	0,596	0,041
	Oxidace lipidů (g/kg LTM)	0,581	0,048

G2 – měření v období těhotenství; **L1, L2, L3** – měření v období kojení; **t. t.** – týden těhotenství; **t. p. p** – týden po porodu; **m. p. p** – měsíc po porodu; **REEm** – klidový energetický výdej naměřený kalorimetrem; **RQ** – respirační kvocient; **LTM** – netučná tkáň; **VO₂** – objem spotřebovaného kyslíku; **VCO₂** – objem vyprodukovaného oxidu uhličitého; **P-value** – hladina významnosti; **r-value** – Pearsonův korelační koeficient

Při přepočtu příjmu proteinů na kg hmotnosti jsme zaznamenali korelace ve všech měřeních v období kojení. V 1. měsíci po porodu příjem pozitivně koreloval s REE, ve 3. měsíci jsme zjistili nepřímo úměrný vztah mezi příjmem a parametry RQ, nRQ a oxidací sacharidů. Tyto negativní korelace jsme zaznamenali i v 6. měsíci a v 9. měsíci po porodu příjem negativně koreloval s parametry VCO₂ a REEp a naopak pozitivně koreloval s oxidací proteinů (viz tabulka 24).

Tabulka 24 Korelace s příjmem proteinů (g/kg)

MĚŘENÍ	PARAMETR	R	P
L1 (n=12) 3.-4. t. p. p.	REE (%)	0,769	0,003
	REE (kcal/kg)	0,730	0,007
	REE (kcal/m ²)	0,730	0,007
L2 (n=12) 3. m. p. p.	RQ	-0,710	0,010
	nRQ	-0,727	0,007
	REE (kcal/kg)	0,587	0,045
	Oxidace sacharidů (%)	-0,582	0,047
L3 (n=12) 6. m. p. p.	RQ	-0,733	0,007
	nRQ	-0,641	0,025
	Oxidace sacharidů (g/den)	-0,645	0,024
	Oxidace sacharidů (kcal/den)	-0,660	0,019
	Oxidace sacharidů (%)	-0,732	0,007
	Oxidace sacharidů (g/kg)	-0,743	0,006
	Oxidace sacharidů (g/kg LTM)	-0,723	0,008
L4 (n=12) 9. m. p. p.	VCO ₂ (l/min)	-0,614	0,044
	REEp (kcal/den)	-0,616	0,043
	Oxidace proteinů (g/kg)	0,630	0,038

L1 – L4 – měření v období kojení; **t. p. p** – týden po porodu; **m. p. p** – měsíc po porodu; **REE** klidový energetický výdej; **REEp** – REE zjištěný z Harris-Benediktovy rovnice; **RQ** – respirační kvocient; **nRQ** – nebílkovinný respirační kvocient **LTM** – netučná tkáň; **VCO₂** – objem vyprodukovaného oxidu uhličitého; **P-value** – hladina významnosti; **r-value** – Pearsonův korelační koeficient

Při přepočtu příjmu proteinů na kg LTM jsme zjistili negativní korelaci s REE u těhotných žen a u žen po porodu příjem koreloval s REE pozitivně. Dále jsme zaznamenali pozitivní korelaci s oxidací proteinů a negativní korelaci s VCO₂. (viz tabulka 25).

Tabulka 25 Korelace příjmu proteinů (g/kg LTM)

MĚŘENÍ	PARAMETR	R	P
G2 (n=11) 29.–33. t. t.	Oxidace proteinů (g/kg LTM)	0,635	0,036
G3 (n=10) 36.–39. t. t.	VCO ₂ (l/min)	-0,649	0,042
	REEm (kcal/den)	-0,637	0,048
L1 (n=12) 3.–4. t. p. p.	REE (%)	0,604	0,038
	REE (kcal/m ²)	0,700	0,011
L2 (n=12) 3. m. p. p.	REE (kcal/kg LTM)	0,666	0,018

G2, G3 – měření v období těhotenství; **L1, L2** – měření v období kojení; **n** – počet zúčastněných; **t. t.** – týden těhotenství; **t. p. p.** – týden po porodu; **m. p. p.** – měsíc po porodu; **REE** klidový energetický výdej; **REEm** – klidový energetický výdej naměřený kalorimetrem; **LTM** – netučná tkáň; **VCO₂** – objem vyprodukovaného oxidu uhličitého; **P-value** – hladina významnosti; **r-value** – Pearsonův korelační koeficient

8. DISKUSE

V těhotenství dochází ke změnám metabolismu a tkání matky, aby byl zajištěn správný růst a vývoj dítěte, tyto děje jsou zároveň spojeny se zvýšením REE. Bhardway a kol. mimo jiné prokázali pozitivní korelaci nárůstu REE s gestační přírůstkem, FM i FFM hlavně v druhém a třetím trimestru (40). Olausson a kol. (2013) taktéž zaznamenali pozitivní korelaci REE s FFM a tělesnou hmotností v těhotenství. Butte a jiní (2004) ve své studii prokázali pozitivní korelaci REE s FFM ve všech třech trimestrech, ale korelaci s FM již neprokázali (41). V naší studii jsme zaznamenali nárůst tělesné hmotnosti i hmotnosti netučné tkáně s postupujícími fázemi těhotenství. Při srovnání období těhotenství a kojení jsme zaznamenali významný rozdíl ve změnách hmotnosti, tělesného povrchu a BMI nejvíce mezi 3.–6. měsícem po porodu a obdobími těhotenství. U hmotnosti FFM rozdíl mezi těmito dvěma skupinami nebyl zjištěn.

Klidový energetický výdej v průběhu těhotenství narůstal a ve 36.–39. týdnu byl 1748 ± 230 . Po porodu se REE opět snižoval a v 9. měsíci byl REE 1447 ± 224 . Mezi obdobími těhotenství a kojení byly rozdíly nejvýznamnější v 6. měsíci po porodu. Hodnoty REE predikované z HB rovnice se u kojících žen lišily ve všech obdobích oproti těhotenství. Při přepočtu REE na kg FFM jsme největší rozdíl zaznamenali mezi L3 a G1 a L3 a G3. Mezi jiné studie, které měřili REE patří Goldberg a kol. nebo Forsum a kol. Mimo jiné spojují nárůst REE se zvýšenou spotřebou kyslíku, která vyplývá z podpory cirkulace, renálních a dýchacích funkcí. Nesmíme opomenout také vlivy hormonální, nutriční podmínky před otěhotněním, fyzickou aktivitu a socioekonomické prostředí.

De Sousa a kol. (2017) porovnávali REEm a REEp během 1–10 dnů po porodu. REEp byl nadhodnocen oproti REEm a nejpřesnější z uvedených prediktivních rovnic byla HB, kterou jsme rovněž i my použili ke stanovení REE. Vyšší podíl tuku v těle při měření IC vede k nižším hodnotám REE, zatímco při hodnocení pomocí HB rovnice není tělesný tuk při výpočtu zahrnut, což by mohlo vést k nadhodnocení, pokud bude mít větší % žen nadváhu či obezitu. V naší studii jsme zaznamenali naopak vyšší hodnoty REEm, než REEp. Bzikowska-Jura a kol. (2020) také porovnávali REEm a REEp u kojících žen. Hodnoty REEp byly nižší než REEm a nejvíce přesná byla Mullerova rovnice (19). Dle Pereiry a kol. (2019), kteří také porovnávali REEm a REEp byla nejvíc přesná DRI rovnice ve 3. měsíci po porodu a HB rovnice v 9. měsíci po porodu. Dále uvedli, že

hodnoty v 9. měsíci po porodu se přibližují hodnotám TEE netěhotných, nekojících žen, s čímž se shoduje i naše studie. S tím by mohla souviset vyšší přesnost HB rovnice po 9. měsíci těhotenství, jelikož byla vyvinuta pro zdravé jedince bez fyziologických a patofyziologických změn.

Butte a kol. (1999) prokázali významný rozdíl mezi RQ v těhotenství a po porodu (42). V naší studii jsme tento statisticky významný rozdíl nepotvrdili. Při hodnocení spotřeby VO_2 jsme zaznamenali statisticky významný rozdíl hlavně mezi L3 a měřeními G1, G3. U VCO_2 byl největší rozdíl mezi měřeními ve 3. měsíci po porodu a ve 36.–39. týdnu těhotenství. Bugatto a kol. (2016) zaznamenali významný nárůst VO_2 , VCO_2 a REE v průběhu těhotenství. VO_2 byl ve 29.–33. týdnu přibližně $0,22 \pm 0,02$, RQ byl $0,85 \pm 0,04$, REE byl 1540 ± 155 a REE % (106 ± 10), přičemž celkově vzrostl přibližně o 10 % (43). Výsledky naší studie se od této příliš neliší. Pro srovnání, ve stejném období těhotenství jsme naměřili pro VO_2 $0,24 \pm 0,04$, RQ byl $0,76 \pm 0,04$ a REE byl 1644 ± 260 , REE (%) 106 ± 9 .

Co se týká oxidace jednotlivých nutričních substrátů, u oxidace sacharidů a proteinů jsme nezaznamenali statisticky významný rozdíl mezi obdobími těhotenství a kojení. Naopak Butte ve své studii zaznamenala významný rozdíl mezi těhotnými a kojícími ženami u oxidace proteinů (%). Dle studie Bugatto a kol. v průběhu těhotenství dochází k poklesu oxidace sacharidů a naopak zvyšování oxidace lipidů a přibližně ve 30. týdnu těhotenství dochází ke zlomu a trend růstu se obrací, což může být způsobeno zvýšenými nároky na vyvíjející se plod a tím pádem vyšší nutností využívat glukózu. Tyto změny jsme potvrdili i v naší studii, ve 29.–33. týdnu byl podíl z oxidace sacharidů (%) 13 ± 10 a ve 36.–39. týdnu stoupl na 19 ± 16 . Podíl oxidace lipidů v % nejprve narůstal, ve 29.–33. týdnu byl 63 ± 10 a ve 36.–39. týdnu již 56 ± 18 . Při porovnání období těhotenství a kojení jsme u oxidace lipidů (g/den) zaznamenali statisticky významné rozdíly mezi měřeními L4 a G2 a L3 a G3, významné rozdíly jsme zjistili i po přepočtu na netučnou tkáň, kdy se významně lišilo období L3 s G2 a také s L1.

V další části studie jsme zjišťovali, jaký vliv má příjem energie a jednotlivých nutričních substrátů na parametry energetického metabolismu u žen v těhotenství a po porodu. Mimo studii doc. Hronka, která se z části touto problematikou již dříve zabývala, nebyly žádné další studie nalezeny. V diskuzi jsou zmíněny pouze nejvýznamnější korelace nebo korelace nejčastěji se opakující.

Hronek a kol. (2011) se zabývali příjmem energie u těhotných žen a prokázali pro celkový příjem i příjem jednotlivých nutričních substrátů pozitivní korelaci s REE/kg. Při přepočtu REE na tělesný povrch koreloval negativně pouze příjem energie (44). V naší studii jsme zaznamenali souvislost s EI pouze v období kojení, kdy nám pozitivně koreloval s REEm ve 3. měsíci po porodu a navíc také s VO_2 , zároveň jsme zaznamenali nejnižší energetický příjem, což může také souviset s poklesem REE. Pro příjem lipidů, sacharidů a proteinů se výsledky lišily v jednotlivých obdobích, nicméně v různých obdobích byla pozitivní asociace všech tří makronutrientů s REE s výjimkou G3, kde byla zjištěna negativní korelace u proteinů i sacharidů.

Příjem všech 3 makronutrientů koreloval negativně s oxidací sacharidů, hlavně v období L3 a L4, kdy zároveň docházelo ke zvyšování oxidace sacharidů v g/den, což by mohlo souviset s preferenčním využitím sacharidů v tomto období. Co se týká oxidace lipidů, zaznamenali jsme pozitivní korelace s příjmem makronutrientů s výjimkou příjmu sacharidů v % v období L3, což by mohlo souviset s tím, že se měření provádělo nalačno.

9. ZÁVĚR

Potvrdili jsme zvýšení hodnot antropometrických parametrů s narůstajícími týdny těhotenství, kdy po porodu došlo opět k poklesu hodnot. V období kojení jsme zaznamenali významné rozdíly změn v hmotnosti, tělesném povrchu a BMI v porovnání se všemi obdobími těhotenství.

Zaznamenali jsme změny parametrů zjištěných z kalorimetrie v období těhotenství a kojení. VO_2 a VCO_2 se po porodu snižují a nejvýznamnější rozdíl jsme zaznamenali mezi 3.–6. měsícem po porodu ve srovnání s měřeními v těhotenství. REEp se podobu těhotenství zvýšil přibližně o 10 %, po porodu hodnota klesla na 94 ± 6 % a po 9. měsíci těhotenství došlo ke stabilizaci hodnot oproti netěhotným, nekojícím. Při přepočtení REE/BSA jsme zaznamenali rozdíly mezi 1.–6. měsícem po porodu a posledním měřením v těhotenství a u REE/kg LTM byl největší rozdíl mezi těhotenstvím a 6. měsícem po porodu.

Při hodnocení metabolismu nutričních substrátů nebyly zaznamenány žádné rozdíly v oxidaci sacharidů a proteinů, u oxidace lipidů byl největší rozdíl mezi 3.–6. měsícem během kojení a 36.–39. t. t.

Příjem energie a jednotlivých nutričních substrátů koreloval s několika parametry jak v období těhotenství, tak u kojících žen. Ve 29.–33. t. t. byla zjištěna negativní korelace příjmu sacharidů (%) s oxidací proteinů. Ve 36.–39. t. t. nejvíce koreloval příjem sacharidů v g/kg LTM s VO_2 , VCO_2 a REE.

Během prvního měsíce po porodu byly parametry metabolismu nejvíce ovlivněny příjmem proteinů. Ve 3. měsíci p. p. byly u parametrů zaznamenány nejčastější korelace s příjmem sacharidů a proteinů, kdy byl zjištěn zároveň nejnižší příjem obou nutrientů dle dotazníku o stravování. Nejvíce korelací jsme zaznamenali mezi příjmem proteinů v g/kg ve všech období p. p., kdy negativně koreloval s oxidací sacharidů, RQ, nRQ i REE. Podíl přijímaných proteinů v potravě pozitivně koreloval s oxidací lipidů ve 3.–6. měsíci po porodu.

10. POUŽITÉ ZKRATKY

Acetyl-CoA	acetylkoenzym A
ATP	adenosintrifosfát
BMI	body mass index; index tělesné hmotnosti
BMR	basal metabolic rate; bazální metabolismus
BSA	tělesný povrch
DHA	dokosahexaenová kyselina
EE	energy expenditure; energetický výdej
EI	energy intake; příjem energie
EPA	eikosapentaenová kyselina
ER	energy requirements; energetické potřeby
FFM	fat free mass; LTM; netučná tkáň
FM	fat mass; tuková tkáň
HB	Harris-Benediktova rovnice
IC	indirect calorimetry; nepřímá kalorimetrie
LTM	lean tissue mass; FFM; netučná tkáň
MK	mastné kyseliny
nRQ	nebílkovinný respirační kvocient
p. p.	po porodu
PA	physical activity; úroveň fyzické aktivity
REE	resting energy expenditure; klidový energetický výdej
RQ	respirační kvocient
t. t.	týden těhotenství
TDEE	total daily energy expenditure, celkový denní energetický výdej
TEE	total energy expenditure; celkový energetický výdej
TEF	thermic effect of food; termický efekt potravy
UN	odpadní dusík v moči
VCO ₂	objem vydechovaného oxidu uhličitého
VO ₂	objem spotřebovaného kyslíku
WHO	World Health Organization

11. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Gestační přírůstek a změny tukové tkáně v průběhu těhotenství	21
Tabulka 2 Kumulativní nárůst v hodnotách REE u těhotných žen z vyspělých zemí.....	22
Tabulka 3 Medián hodnot REE stanovených pomocí prediktivních rovnic u žen po porodu ...	25
Tabulka 4 Obsah polynenasycených mastných kyselin EPA a DHA v rybích produktech	31
Tabulka 5 Porovnání oxidace tří hlavních biologických substrátů	35
Tabulka 6 Základní antropometrické parametry těhotných a kojících žen.....	39
Tabulka 7 Hodnoty VO_2 , VCO_2 , RQ a nRQ u těhotných a kojících žen	40
Tabulka 8 Klidový energetický výdej naměřený vs. predikovaný, přepočtený	41
Tabulka 9 Oxidace sacharidů.....	42
Tabulka 10 Oxidace lipidů	43
Tabulka 11 Oxidace proteinů	43
Tabulka 12 Přehled jednotlivých nutričních substrátů hodnocených.....	44
Tabulka 13 Korelace s celkovým příjmem energie (kcal)	44
Tabulka 14 Korelace s příjmem sacharidů (g)	45
Tabulka 15 Korelace s příjmem sacharidů (%)	45
Tabulka 16 Korelace s příjmem sacharidů (g/kg)	46
Tabulka 17 Korelace s příjmem sacharidů (g/kg LTM)	46
Tabulka 18 Korelace s příjmem lipidů (g).....	47
Tabulka 19 Korelace s příjmem lipidů (%).....	47
Tabulka 20 Korelace s příjmem lipidů (g/kg).....	48
Tabulka 21 Korelace s příjmem lipidů (g/kg LTM).....	48
Tabulka 22 Korelace s příjmem proteinů (g).....	49
Tabulka 23 Korelace s příjmem proteinů (%).....	50
Tabulka 24 Korelace s příjmem proteinů (g/kg).....	51
Tabulka 25 Korelace příjmu proteinů (g/kg LTM)	52

12. CITOVANÁ LITERATURA

1. HOLEČEK M. *Regulace metabolismu základních živin u člověka*. Druhé, upravené vydání, v nakladatelství Karolinum první. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Nakladatelství Karolinum, 2016. 251 stran. ISBN: a 978-80-246-2976-6.
2. BENDER D. *Introduction to Nutrition and Metabolism*. 4. Boca Raton, US: CRC Press, 2007. ISBN 978-1-4200-4313-6.
3. GIBNEY M. *Introduction to Human Nutrition (The Nutrition Society Textbook)*. 2nd. Wiley-Blackwell, 2009. ISBN 978-1-4051-6807-6.
4. WESTERTERP KR. Control of energy expenditure in humans. *European Journal of Clinical Nutrition* [online]. 2017, 71(3), 340-344 [cit. 2021-01-17]. ISSN 0954-3007. Dostupné z: doi:10.1038/ejcn.2016.237.
5. BO S, et al. A Critical Review on the Role of Food and Nutrition in the Energy Balance. *Nutrients* [online]. 2020, 12(4) [cit. 2021-01-17]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu12041161.
6. CALCAGNO M, et al. The Thermic Effect of Food: A Review. *Journal of the American College of Nutrition* [online]. 2019, 38(6), 547-551 [cit. 2021-01-18]. ISSN 0731-5724. Dostupné z: doi:10.1080/07315724.2018.1552544.
7. LEVINE JA. Measurement of energy expenditure. *Public Health Nutrition* [online]. 2005, 8(7a), 1123-1132 [cit. 2021-01-23]. ISSN 1368-9800. Dostupné z: doi:10.1079/PHN2005800.
8. REDONDO R. Resting energy expenditure a assessment methods and applications. *Nutricion hospitalaria* [online]. 2015, 245-254 [cit. 2021-01-23]. Dostupné z: doi:10.3305/nh.2015.31.sup3.8772.
9. HENRY CJK. Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations. *Public Health Nutrition* [online]. 2005, 8(7a), 1133-1152 [cit. 2021-01-23]. ISSN 1368-9800. Dostupné z: doi:10.1079/PHN2005801.

10. SALLY EOF, et al. Basal metabolic rate in pregnant adolescents. *Clinical Nutrition ESPEN* [online]. 2018, 27, 134-136 [cit. 2021-01-17]. ISSN 24054577. Dostupné z: doi:10.1016/j.clnesp.2018.05.014.
11. MOST J, et al. Energy Intake Requirements in Pregnancy. *Nutrients* [online]. 2019, 11(8) [cit. 2021-01-17]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu11081812.
12. BUTTE NF, KING JC. Energy requirements during pregnancy and lactation. *Public Health Nutrition* [online]. 2005, 8(7a), 1010-1027 [cit. 2021-01-17]. ISSN 1368-9800. Dostupné z: doi:10.1079/PHN2005793.
13. RASMUSSEN KM, YAKTINE AL. Institute of Medicine (US) a National Research Council (US) Committee to Reexamine IOM Pregnancy Weight Guidelines. *Weight Gain During Pregnancy: Reexamining the Guidelines*. Washington (DC): National Academies Press (US), 2009. ISBN 978-0-309-13113-1.
14. ROBILLARD P, et al. Relationship between pre-pregnancy maternal BMI and optimal weight gain in singleton pregnancies. *Heliyon* [online]. 2018, 4(5) [cit. 2021-01-27]. ISSN 24058440. Dostupné z: doi:10.1016/j.heliyon.2018.e00615.
15. HUTCHEON JA, et al. Pregnancy weight gain charts for obese and overweight women. *Obesity* [online]. 2015, 23(3), 532-535 [cit. 2021-01-30]. ISSN 19307381. Dostupné z: doi:10.1002/oby.21011.
16. SANTOS S, et al. Gestational weight gain charts for different body mass index groups for women in Europe, North America, and Oceania. *BMC Medicine* [online]. 2018, 16(1) [cit. 2021-01-30]. ISSN 1741-7015. Dostupné z: doi:10.1186/s12916-018-1189-1.
17. KOMINIAREK MA, RAJAN P. Nutrition Recommendations in Pregnancy and Lactation. *Medical Clinics of North America* [online]. 2016, 100(6), 1199-1215 [cit. 2021-02-01]. ISSN 00257125. Dostupné z: doi:10.1016/j.mcna.2016.06.004.
18. DE SOUSA TM, et al. Energy expenditure in the immediate postpartum period: Indirect calorimetry versus predictive equations. *Nutrition* [online]. 2017, 39-40, 36-42 [cit. 2021-01-17]. ISSN 08999007. Dostupné z: doi:10.1016/j.nut.2017.02.009.

19. BZIKOWSKA-JURA A, et al. Resting Energy Expenditure during Breastfeeding: Body Composition Analysis vs. Predictive Equations Based on Anthropometric Parameters. *Nutrients* [online]. 2020, 12(5) [cit. 2021-01-31]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu12051274.
20. SELIMOGLU M. Importance of lactating mother nutrition regarding both mother and baby health. *Türk Pediatri Arşivi* [online]. 2013, 48(3), 183-187 [cit. 2021-01-16]. ISSN 13060015. Dostupné z: doi:10.4274/tpa.698.
21. PEREIRA L, et al. The use of whole body calorimetry to compare measured versus predicted energy expenditure in postpartum women. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 2019, 109(3), 554-565 [cit. 2021-01-31]. ISSN 0002-9165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/nqy312.
22. LOVELADY CH. Balancing exercise and food intake with lactation to promote postpartum weight loss. *Proceedings of the Nutrition Society* [online]. 2011, 70(2), 181-184 [cit. 2021-01-31]. ISSN 0029-6651. Dostupné z: doi:10.1017/S002966511100005X.
23. MARTIN JE, et al. *Predictors of post-partum weight retention in a prospective longitudinal study* [online]. 2014, 10(4), 496-509 [cit. 2021-02-01]. ISSN 17408695. Dostupné z: doi:10.1111/j.1740-8709.2012.00437.x.
24. MARANGONI F, et al. Maternal Diet and Nutrient Requirements in Pregnancy and Breastfeeding. An Italian Consensus Document. *Nutrients* [online]. 2016, 8(10) [cit. 2021-01-10]. ISSN 2072-6643. Dostupné z: doi:10.3390/nu8100629.
25. INSKIP HM, et al. Women's compliance with nutrition and lifestyle recommendations before pregnancy: general population cohort study. *BMJ* [online]. 2009, 338(feb12 2), b481-b481 [cit. 2021-01-10]. ISSN 0959-8138. Dostupné z: doi:10.1136/bmj.b481.
26. KOLETZKO B, et al. Nutrition During Pregnancy, Lactation and Early Childhood and its Implications for Maternal and Long-Term Child Health: The Early Nutrition Project Recommendations. *Annals of Nutrition and Metabolism* [online]. 2019, 74(2), 93-106 [cit. 2021-01-13]. ISSN 0250-6807. Dostupné z: doi:10.1159/000496471.

27. CATALANO, P, DEMOUZON SH. Maternal obesity and metabolic risk to the offspring: why lifestyle interventions may have not achieved the desired outcomes. *International Journal of Obesity* [online]. 2015, 39(4), 642-649 [cit. 2021-01-10]. ISSN 0307-0565. Dostupné z: doi:10.1038/ijo.2015.15.
28. HRONEK M, BAREŠOVÁ H. *Strava těhotných a kojících*. Praha: Forsapi, c2012. Rady lékaře: průvodce dietou. ISBN 978-80-87250-20-4. [Online]
29. HRONEK M. *Výživa ženy v obdobích těhotenství a kojení*. Praha: Maxdorf, c2004. ISBN 80-7345-013-5.
30. SOMA-PILLAY P, et al. Physiological changes in pregnancy. *Cardiovascular Journal of Africa* [online]. 2016, 27(2), 89-94 [cit. 2021-04-01]. ISSN 19951892. Dostupné z: doi:10.5830/CVJA-2016-021
31. UAUY R, et al. Nutrition, child growth, and chronic disease prevention. *Annals of Medicine* [online]. 2009, 40(1), 11-20 [cit. 2021-01-09]. ISSN 0785-3890. Dostupné z: doi:10.1080/07853890701704683. 2009.
32. LANHAM-NEW S, et al. *Nutrition and Metabolism*. 2. UK: John Wiley, 2010. ISBN 9781405168083.
33. SALLIS H, et al. Perinatal depression and omega-3 fatty acids: A Mendelian randomisation study. *Journal of Affective Disorders* [online]. 2014, 166, 124-131 [cit. 2021-01-11]. ISSN 01650327. Dostupné z: doi:10.1016/j.jad.2014.04.077.
34. Statement on the benefits of fish/seafood consumption compared to the risks of methylmercury in fish/seafood. *EFSA Journal* [online]. 2015, 13(1) [cit. 2021-01-11]. ISSN 18314732. Dostupné z: doi:10.2903/j.efsa.2015.3982.
35. Ministry of Health. *Food and Nutrition Guidelines for Healthy Pregnant and Breastfeeding Women: A background paper* [online]. New Zealand, 2006 [cit. 2021-04-23]. ISBN 978-0-478-31779-4. Dostupné z: <http://www.moh.govt.nz>
36. ZADÁK Z, KVĚTINA J. *Metodologie předklinického a klinického výzkumu v metabolismu, výživě, imunologii a farmakologii*. 1. vyd. Praha : Galén, c2011. 333 s. : il., tab., cnb002266976, 23 cm. ISBN: a 978-80-7262-748-6.

37. DELSOGLIO M, et al. Indirect Calorimetry in Clinical Practice. *Journal of Clinical Medicine* [online]. 2019, 8(9) [cit. 2021-02-03]. ISSN 2077-0383. Dostupné z: doi:10.3390/jcm8091387.
38. GERRITS W, LABUSSIÈRE E. *Indirect Calorimetry: Techniques, Computations and Applications*. The Netherlands: Wageningen Academic Pub, 2015. ISBN 978-9086862610.
39. HAUGEN H, et al. Indirect Calorimetry: A Practical Guide for Clinicians. *Nutrition in Clinical Practice* [online]. 2017, 22(4), 377-388 [cit. 2021-02-04]. ISSN 0884-5336. Dostupné z: doi:10.1177/0115426507022004377.
40. BHARDWAJ S, et al. Body composition and basal metabolic rate in pregnant women. *Anthropological Review* [online]. 2013, 76(2), 163-171 [cit. 2021-04-02]. ISSN 2083-4594. Dostupné z: doi:10.2478/anre-2013-0002
41. BUTTE NF, et al. Energy requirements during pregnancy based on total energy expenditure and energy deposition. *The American Journal of Clinical Nutrition* [online]. 2004, 79(6), 1078-1087 [cit. 2021-04-06]. ISSN 0002-9165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/79.6.1078
42. BUTTE NF, et al. 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. 2021-04-16]. ISSN 0002-9165. Dostupné z: doi:10.1093/ajcn/69.2.299
43. BUGATTO F, et al. Prepregnancy body mass index influences lipid oxidation rate during pregnancy: What nutritional or clinical information can we get out of it? *Acta Obstetrica et Gynecologica Scandinavica* [online]. 2017, 96(2), 207-215 [cit. 2021-04-07]. ISSN 00016349. Dostupné z: doi:10.1111/aogs.13058
44. HRONEK M, et al. Dietary intake of energy and nutrients in relation to resting energy expenditure and anthropometric parameters of Czech pregnant women. *European Journal of Nutrition* [online]. 2013, 52(1), 117-125 [cit. 2021-04-07]. ISSN 1436-6207. Dostupné z: doi:10.1007/s00394-011-0293-1