Univerzita Karlova
1. lékařská fakulta

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví
Studijní obor: Nutriční specialista

Bc. Aneta Sadílková

Stanovení hodnoty klidového energetického výdeje u osob s obezitou

Assessment of the Resting Energy Expenditure in Obese Individuals

Diplomová práce

Vedoucí závěrečné práce: MUDr. Martin Matoulek, Ph.D.

Praha, 2017

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla a citovala všechny použité prameny a literaturu. Současně prohlašuji, že práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

Souhlasím s trvalým uložením elektronické verze mé práce v databázi systému meziuniverzitního projektu Theses.cz za účelem soustavné kontroly podobnosti kvalifikačních prací.

V Praze, 27. 4. 2017

Aneta Sadílková

Identifikační záznam:

SADÍLKOVÁ, Aneta. *Stanovení klidového energetického výdeje u osob s obezitou*. *[Assessment of the Resting Energy Expenditure in Obese Individuals]*. Praha, 2017. 60 s., 5 příl. Diplomová práce. Univerzita Karlova, 1. lékařská fakulta, III. interní klinika – klinika endokrinologie a metabolismu 1. LF UK a VFN. Vedoucí práce Matoulek, Martin.

Poděkování:

Ráda bych poděkovala MUDr. Martinu Matoulkovi, PhD. za vedení této diplomové práce a za cenné připomínky. Poděkování dále patří MUDr. Denise Haluzíkové za pomoc při sběru dat do praktické části práce a Ing. Jiřímu Vopravilovi, Ph.D. za rady potřebné pro statistické zpracování získaných dat. Své rodině děkuji za podporu.

Abstrakt

Úvod: Podstatou redukčního režimu je navození negativní energetické bilance snížením energetického příjmu a navýšením energetického výdeje. Energetickou potřebu obézního pacienta je obtížné určit. Za účelem stanovení optimálního příjmu energie bývá kalkulován klidový energetický výdej jakožto největší složka energetické potřeby. V klinické praxi jsou pro svou jednoduchost k tomuto účelu nejčastěji využívány prediktivní rovnice, přestože bylo v klinických studiích opakovaně prokázáno, že mohou u obézních jedinců přinést data natolik nepřesná, aby mohla potenciálně ovlivnit výsledek léčby. Dochází tak zpravidla k preskripci nepřiměřené diety, která nesplňuje kritérium dlouhodobé udržitelnosti.

Cíl: Cílem práce je u vybrané skupiny obézních jedinců srovnat výsledky výpočtu dle prediktivní rovnice Harrise-Benedicta s výsledky měření metodou nepřímé kalorimetrie při stanovování klidového energetického výdeje (REE).

Metodika: Zkoumaný soubor zahrnuje 38 osob, 28 žen a 10 mužů, pacientů Všeobecné fakultní nemocnice v Praze. Průměrný věk je 48 ± 11,71 let, průměrné BMI 42,88 ± 9,09 kg/m^2. U všech osob bylo provedeno měření klidového energetického výdeje metodou nepřímé kalorimetrie, která je považována za referenční metodu. Zároveň byl u každého vypočítán REE dle rovnice Harrise-Benedicta s dosazením údaje o aktuální hmotnosti, věku, výšce a pohlaví. Získané hodnoty změřeného a vypočítaného REE byly následně statisticky zpracovány a vyhodnoceny. K statistickému zpracování dat byl zvolen párový t-test na střední hodnotu.

Výsledky: Průměrná hodnota REE získaná výpočtem dle rovnice Harrise-Benedicta je 8462 ± 1919 kJ/den. Průměrná hodnota REE změřená nepřímou kalorimetrií je 8006 ± 1675 kJ/den. Průměrná absolutní odchylka vypočítané hodnoty v porovnání se změřenou hodnotou je 456 ± 1325 kJ, průměrná procentuální odchylka je 7 ± 17 %. Hodnoty REE vypočítané podle rovnice Harrise-Benedicta dosahují v porovnání s hodnotami REE změřenými nepřímou kalorimetrií ± 10% odchylky pouze v 48 % případů (n=18). Na základě 5% hladiny významnosti byl prokázán signifikantní rozdíl mezi výsledky metody nepřímé kalorimetrie a prediktivní rovnice Harrise-Benedicta.

Závěr: Výsledky výpočtu klidového energetického výdeje dle prediktivní rovnice Harrise-Benedicta vykazují statisticky významnou odchylku v porovnání s reálnými hodnotami naměřenými metodou nepřímé kalorimetrie. Využití prediktivních rovnic přináší u obézních jedinců nepřesné výsledky. Metoda nepřímé kalorimetrie je při zachování správných podmínek měření považována za nejpřesnější dostupnou metodu, ovšem nelze ji využít plošně u všech pacientů v rámci plánování redukčního režimu. Jako optimální se tedy jeví vycházet z propočtu vstupního energetického příjmu z pacientova zapsaného jídelníčku.

Klíčová slova: klidový energetický výdej, prediktivní rovnice, nepřímá kalorimetrie

Abstract

Introduction: Weight loss programs are based on inducing a negative energy balance by decreasing energy intake while increasing energy expenditure. Energy needs of obese patients are difficult to determine. The value of resting energy expenditure, as the largest component of the energy needs, is usually calculated to asses an adequate energy intake for obese patient. In clinical practice, predictive equations are most commonly used for this purpose, because of their simplicity, although many clinical studies have shown that in obese individuals they may generate errors large enough to impact the outcome of treatment. It leads to the prescription of an inadequate diet that does not meet the criterion of long-term sustainability.

Objective: The aim of the thesis is to compare the values of resting energy expenditure (REE) measured by indirect calorimetry with values calculated with Harris-Benedict predictive equation in a selected group of obese individuals.

Methods: The sample includes 38 subjects, 28 women and 10 men, patients of the General University Hospital in Prague. The average age is 48 ± 11,71 years, the mean BMI is 42,88 ± 9,09 kg/m^2. For each subject, resting energy expenditure was measured by indirect calorimetry and calculated by the Harris-Benedict predictive equation. Indirect calorimetry is considered as a reference method. The values of measured and calculated REE were statistically evaluated. Paired t-test on the mean value was selected for the statistical significance testing.

Results: The mean value of REE obtained by calculation according to the Harris-Benedict equation is 8462 ± 1919 kJ/day. The mean value of REE measured by indirect calorimetry is 8006 ± 1675 kJ/day. The average absolute deviation value of calculated REE in comparison to the measured values is 456 ± 1325 kJ, the average percentage deviation is 7 ± 17 %. The REE values calculated according to the Harris-Benedict equation obtained in comparison to the values measured by the indirect calorimetry REE ± 10% variation in only 48% of cases (n = 18). Based on the 5% significance level, there is a significant difference between the results of the method of indirect calorimetry and the predictive equation Harris-Benedict.

Conclusion: The calculations of REE with the Harris-Benedict predictive equation show statistically significant differences in comparison to the actual values measured by indirect calorimetry. Using predictive equation gives inaccurate results for obese. Indirect calorimetry, while maintaining correct measurement conditions, is considered the most accurate method available, but cannot be used across the board in all patients within a weight management plan. The optimal approach thus appears to be to calculate energy intake from patient´s current food records.

Key words: resting energy expenditure, predictive equation, indirect calorimetry

Obsah

ÚVOD **1**

1. OBEZITA **3**

1.1 KLASIFIKACE A DIAGNOSTIKA OBEZITY 3
1.2 ETIOPATOGENEZE OBEZITY 4
1.3 KOMPLIKACE OBEZITY 5

2. LÉČBA OBEZITY **7**

2.1 REDUKČNÍ DIETA 7
2.2 POHYBOVÁ AKTIVITA 8
2.3 PSYCHOLOGICKÁ PÉČE 8
2.4 FARMAKOTERAPIE 9
2.5 CHIRURGICKÁ LÉČBA 9

3. ENERGETICKÁ BILANCE ORGANISMU **10**

3.1 ENERGETICKÝ PŘÍJEM 12

4. ENERGETICKÝ VÝDEJ **13**

4.1 CELKOVÝ ENERGETICKÝ VÝDEJ 13
4.2 BAZÁLNÍ ENERGETICKÝ VÝDEJ 14
4.3 KLIDOVÝ ENERGETICKÝ VÝDEJ 15
4.4 TERMICKÝ EFEKT POTRAVY 16
4.5 VÝDEJ ENERGIE FYZICKOU AKTIVITOU 17
4.5.1 Stanovení výdeje energie fyzickou aktivitou 17
4.5.2 Stanovení výdeje energie prostřednictvím měření tepové frekvence 18
4.6 TERMOREGULACE 19

5. SPECIFIKA ENERGETICKÉHO VÝDEJE A JEHO STANOVENÍ U OBÉZNÍCH OSOB **20**

5.1 BAZÁLNÍ ENERGETICKÝ VÝDEJ A OBEZITA 20
5.2 TERMICKÝ EFEKT POTRAVY A OBEZITA 21
5.3 TERMOREGULACE A OBEZITA 21
5.4 VÝDEJ ENERGIE FYZICKOU AKTIVITOU A OBEZITA 21

6. STANOVENÍ KLIDOVÉHO ENERGETICKÉHO VÝDEJE VÝPOČTEM **23**

6.1 KONFRONTACE PREDIKTIVNÍCH ROVNIC VE VYBRANÝCH STUDIÍCH 23
6.2 ROVNICE HARRISE-BENEDICTA 24
6.3 ROVNICE MIFFLIN-ST JEOR 24
6.4 ROVNICE OWENA 25
6.5 ROVNICE WHO/FAO/UNU 25

7. STANOVENÍ KLIDOVÉHO ENERGETICKÉHO VÝDEJE MĚŘENÍM **26**

7.1 METODA DVOJITĚ ZNAČENÉ VODY 26
7.2 PŘÍMÁ KALORIMETRIE 27

7.3 NEPŘÍMÁ KALORIMETRIE 28
7.3.1 Princip nepřímé kalorimetrie 28
7.3.2 Podmínky správného měření nepřímé kalorimetrie 31
8. METODY STANOVENÍ ENERGETICKÉHO PŘÍJMU 32
8.1 RETROSPEKTIVNÍ METODY STANOVENÍ PŘÍJMU ENERGIE 32
8.2 PROSPEKTIVNÍ METODY STANOVENÍ PŘÍJMU ENERGIE 32
8.2.1 Význam self-monitoringu v redukčním režimu 34
8.2.2 Limitace metody záznamu stravy 34
9. PRAKTICKÁ ČÁST 36
9.1 CÍL PRÁCE 36
9.2 HYPOTÉZY 36
9.3 ÚKOLY 36
9.4 METODIKA 36
9.4.1 Výzkumný soubor 36
9.4.2 Použité výzkumné metody 37
9.4.3 Stanovení cílových odchylek pro srovnání 38
9.4.4 Analýza dat 39
9.4.5 Statistický test 39
9.5 VÝSLEDKY 40
9.5.1 Splnění hlavního cíle 40
9.5.2 Splnění dílčího Cíle 2 41
9.5.3 Splnění dílčího Cíle 3 46
9.5.4 Závěry k formulovaným hypotézám 47
9.5.5 Validita závěrů 47
10. DISKUZE 48
11. ZÁVĚR 51
SEZNAM ZKRATEK 52
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 53
SEZNAM TABULEK 56
SEZNAM GRAFŮ 57
SEZNAM OBRÁZKŮ 58
PŘÍLOHY 59

Úvod

Obezita představuje spolu s přidruženými komplikacemi závažný zdravotní problém pro jednotlivce a zároveň značnou ekonomickou zátěž pro státní zdravotní systémy. Historie obezity sahá až do období před 30 000 lety, její prevalence však celosvětově narůstá posledních 30 let (Bray & Bouchard, 2014). S narůstajícím procentem obézních v populaci roste i snaha o optimální léčbu tohoto civilizačního onemocnění. Terapie obezity vyžaduje komplexní a zároveň individuální přístup, kdy cílem není pouhá redukce hmotnosti a její následné udržení, ale také adekvátní opatření vedoucí k prevenci a léčbě přidružených komplikací. Přestože bariatricko-metabolická chirurgie jakožto vysoce efektivní metoda léčby nabývá na významu, zásadní postavení stále zaujímají konzervativní redukční programy založené na navození negativní energetické bilance prostřednictvím snížení příjmu energie při současném navýšení výdeje energie. U části pacientů tvoří nedílnou součást i psychoterapie, případně farmakoterapie.

Ukazuje se, že pro většinu obézních osob není tolik problematické svou tělesnou hmotnost snížit, ale následně dosažený váhový úbytek dlouhodobě udržet. V této souvislosti je zdůrazňována nutnost celkové změny životního stylu se zaměřením na dlouhodobou resp. celoživotní úpravu stravovacího režimu. Na druhou stranu často předepisované redukční diety, pro ženy 5000-5500 kJ (1200-1300 kcal), pro muže 5500 – 7500 kJ (1300-1700 kcal) s touto zásadou nekorespondují, jelikož nerespektují denní režim pacienta, jeho stravovací zvyklosti ani reálnou energetickou potřebu. Taková dieta je zpravidla dlouhodobě neudržitelná, jelikož má obézní pacient při jejím dodržování často hlad a trpí nedostatkem energie pro zvládání každodenních činností.

Energetická potřeba jedince vychází z jeho energetického výdeje. Energetický výdej je značně individuálně variabilní a obtížně měřitelný. Pro jeho určení by bylo zapotřebí zhodnocení všech tří složek celkového energetického výdeje, tedy bazálního resp. klidového energetického výdeje, výdeje energie fyzickou aktivitou a termického efektu přijaté stravy. Přesto bývá energetický výdej v klinické praxi často kalkulován za účelem určení optimálního energetického příjmu pro obézního pacienta. Největší komponentou celkového energetického výdeje je bazální resp. klidový výdej energie, proto se odhady energetické potřeby nejčastěji opírají o jeho hodnotu. Bazální resp. klidový energetický výdej lze stanovit dvěma metodami. První, hůře dostupnou metodou je měření prostřednictvím nepřímé kalorimetrie, druhou metodou je výpočet pomocí prediktivních rovnic, které vycházejí nejčastěji z údajů o věku, výšce, hmotnosti a pohlaví. Tyto rovnice jsou pro svou jednoduchost v praxi nejvíce využívány, přestože mnohé klinické studie prokázaly, že mohou u obézních osob přinášet nepřesný výsledek.

Redukční režim může pro většinu pacientů znamenat významnou transformaci jejich dosavadního způsobu života. Přehnané požadavky směřující k rychlé a radikální

změně mohou potom vést k frustraci a ztrátě motivace pacienta. Veškeré změny by tedy měly být postupné, přičemž k hlavnímu cíli vedou jednotlivé cíle dílčí. V praxi se jako efektivní první krok v rámci modifikace stravovacího režimu zdá být detailní záznam jídelníčku samotným pacientem a jeho následná analýza. Při stanovování energetické potřeby resp. optimálního energetického příjmu lze vycházet z propočtu vstupního příjmu energie zjištěného ze záznamu stravy a ten adekvátně snížit.

V teoretické části budou popsány jednotlivé složky energetického výdeje, specifika energetického výdeje u obézních osob a možnosti stanovení klidového energetického výdeje. V praktické části budou hodnocena data týkající se klidového výdeje energie obézních osob získaná z nepřímé kalorimetrie a dále pak porovnávána s hodnotami získanými prediktivní rovnicí dle Harrise-Benedicta.

1. Obezita

Obezita je onemocnění definované zmnožením tukové tkáně nad hranici normy, která je stanovena pro ženy do 28 až 30 % a u mužů do 20 % (Svačina, 2013). Právě zmnožení tukové tkáně vede k negativním zdravotním důsledkům, které s obezitou úzce souvisejí.

1.1 Klasifikace a diagnostika obezity

Pro základní diagnostiku obezity se používá index tělesné hmotnosti (body mass index, BMI) (Tabulka 1). Kategorie BMI vycházejí z údajů získaných v epidemiologických studiích a vyjadřují zdravotní riziko spojené s daným rozsahem hodnot (Svačina et al., 2010). Rozsáhlá metaanalýza publikovaná v roce 2013 (Flegal a kol.) dokumentuje, že riziko úmrtí osob s nadváhou a obezitou 1. stupně může být nižší než u osob s normální hmotností. Je zřejmé, že riziko značně stoupá až při BMI > 35 kg/m^2, tedy od obezity 2. stupně.

Tabulka 1 Klasifikace nadváhy a obezity podle BMI (Svačina et al., 2010)

Kategorie	**BMI (kg/m2)**	**Riziko průvodních chorob**
Normální hmotnost	18,5 - 24,9	průměrné
Nadváha	25 - 29,9	zvýšené
Obezita I. stupně	30 - 34,9	střední
Obezita II. stupně	35 - 39,9	vysoké
Obezita III. stupně	≥ 40	velmi vysoké

Pro přesnější diagnostiku je vhodné použít i parametr obvodu pasu, který koreluje s množstvím intraabdominálního tuku a odráží tak spolehlivě riziko metabolických komplikací (Tabulka 2). Obvod pasu se měří ve střední vzdálenosti mezi spodním okrajem posledního žebra a horním předním trnem kosti kyčelní. Pro hodnocení úspěšnosti redukčního režimu je nutné zachovat při opakovaných měřeních stejné místo.

Tabulka 2 Obvod pasu a metabolická rizika obezity (Sobotka et al., 2011)

	Mírné riziko	**Vysoké riziko**
Muži	obvod pasu > 94 cm	obvod pasu > 102 cm
Ženy	obvod pasu > 80 cm	obvod pasu > 88 cm

Z dalších antropometrických metod lze zmínit měření kožních řas, tzv. kaliperace, sloužící k odhadu množství podkožního tuku. U dospělých obézních osob je měření obtížné a může být zatíženo chybou, pokud není prováděno zkušeným zdravotníkem. Moderní způsob měření množství a podílu tělesného tuku představují bioimpedanční

metody, které jsou založeny na rozdílné elektrické vodivosti jednotlivých tkání v závislosti na obsahu vody. Na základě průchodu slabého elektrického proudu se stanovuje množství svalové hmoty, tělesné vody a tukové tkáně. Při výběru spolehlivého přístroje a zachování všech podmínek správného měření lze získat poměrně přesné výsledky.

Ke stanovení množství resp. podílu tělesného tuku lze využít i dalších metod, které nejsou klinické praxi pro svou finanční náročnost a jiné limitace běžně používány. V tabulce (Tabulka 3) je uveden přehled těchto metod.

Tabulka 3 Přehled dalších metod měření podílu tukové tkáně (Svačina, 2013)

Metoda	**Poznámky k metodě**
sonografie	měření tloušťky podkožního i viscerálního tuku
duální rentgenová absorpciometrie (DEXA)	určí množství kostní tkáně, tukové i beztukové tělesné hmoty
nukleární magnetická rezonance (NMR)	finanční náročnost, malá dostupnost
počítačová tomografie (CT)	nevýhodou je zátěž ionizujícím zářením, finanční náročnost, malá dostupnost
hydrodenzitometrie	podvodní vážení se stanovením hustoty těla a porovnání s hmotností na suchu, v praxi minimální využití
měření celkové tělesné vody	využitím izotopové diluce, následně se vypočte obsah tukoprosté hmoty a tukové tkáně
měření beztukové tělesné hmotnosti izotopem kalia	minimální využití
neutronová aktivační analýza	minimální využití

1.2 Etiopatogeneze obezity

Obezita je komplexní a heterogenní onemocnění vyplývající z různých genetických a enviromentálních faktorů, které spolu různými způsoby interagují (Bray & Bouchard, 2014). Na jedné straně jsou geny, které náchylnost k obezitě zvyšují nebo snižují, na straně druhé stojí prostředí, které rozvoj obezity podporuje nebo mu naopak brání. Významnou úlohu genetických vlivů potvrdila řada studií rodin i dvojčat, které navíc prokázaly, že role genů je dokonce silnější než role rodinného prostředí (familiárních faktorů). V případě tzv. běžné obezity, která tvoří značnou část (90 %) všech obezit, se jedná o dědičnost polygenní, kdy tendence k akumulaci tuku je způsobena více geny (Kunešová et al., 2016).

To, zda se nakonec genetické vlivy plně projeví, však rozhoduje prostředí, které má v současné době značně obezitogenní charakter. Z hlediska energetického příjmu jsou to nevhodné jídelní zvyklosti spojené s vysokým příjmem energie, tuků a jednoduchých

sacharidů, z hlediska energetického výdeje se uplatňuje nízká pohybová aktivita, zejména běžná (habituální) fyzická aktivita.

Při rozvoji obezity se mohou uplatňovat i další faktory, jako jsou vlivy v období prenatálním a časně postnatálním, doba kojení, profil střevní mikroflóry, nedostatek spánku, vliv některých typů léčiv (psychofarmaka), směnný provoz a další faktory socioekonomické a psychologické. Riziková období pro nárůst hmotnosti jsou u žen specificky dospívání, těhotenství a přechod, u obou pohlaví je to potom nástup do zaměstnání, založení rodiny, ukončení aktivního sportování, rodinné a pracovní problémy spojené se stresem a v neposlední řadě zanechání kouření (Kunešová et al., 2016).

1.3 Komplikace obezity

Obezita představuje rizikový faktor pro rozvoj řady onemocnění a zkracuje očekávanou délku života (Kasper & Burghardt, 2015). Patologické zmnožení tukové tkáně vede k ektopickému ukládání tuku, mimo jiné do svalu, jater a pankreatu, což vede k zvyšování inzulinové rezistence a spolu s toxickým působením tuku na beta-buňky pankreatu tak může tento stav vyústit v diabetes mellitus 2. typu. Zmnožení tukové tkáně je dále spojeno s chronickým zvýšením zánětlivých parametrů (s tzv. subklinickým zánětem), které je typické pro pacienty s obezitou, diabetes mellitus 2. typu a aterosklerózou (Sobotka et al, 2011).

Působky tukové tkáně produkované adipocyty a imunokompetentními buňkami vykazují parakrinní i endokrinní aktivitu a hrají významnou roli v regulaci metabolismu. Obezita způsobuje endokrinní dysfunkci tukové tkáně, která vede k zvýšení produkce faktorů s negativními metabolickými účinky, především prozánětlivými a proaterogenními (např. TNF-α, rezistin, interleukin 6). Patologická endokrinní aktivita je spojena především s tukovou tkáni uloženou viscerálně, tedy intraabdominálně. Centrální (androidní) typ obezity je tedy považován za podstatně rizikovější z hlediska metabolických a kardiovaskulárních komplikací než gynoidní typ obezity, kdy je tuk uložen spíše subkutánně v oblasti boků a hýždí (Hainer a kol., 2011). Přehled komplikací a souvisejících onemocnění obezity shrnuje tabulka (Tabulka 4).

Tabulka 4 Průvodní onemocnění a komplikace obezity (Kasper & Burghardt, 2015)

Metabolické poruchy	Poruchy metabolismu sacharidů (inzulinová rezistence, poruchy homeostázy glukózy, diabetes mellitus), poruchy metabolismu lipidů, hyperurikémie/dna, poruchy srážlivosti (zvýšená srážlivost, inhibice fibrinolýzy), chronické záněty (např. zvýšení CRP)
Kardiovaskulární onemocnění	Arteriální hypertenze, hypertrofie levé komory, srdeční insuficience, ischemická choroba srdeční, iktus

Plicní komplikace	Syndrom obstrukční spánkové apnoe, hypoventilační syndrom, restriktivní poruchy ventilace
Gastrointestinální onemocnění	Cholelithiáza, akutní a chronická cholecystitida, nealkoholická steatohepatopatitida, refluxní choroba jícnu
Hormonální poruchy	Ženy: hyperandrogenémie a polycystický ovariální syndrom, muži: snížená hladina testosteronu, poruchy plodnosti
Nádorová onemocnění	Ženy: endometrium, cervix, ovaria, prs, ledviny, tlusté střevo, muži: prostata, tlusté střevo, žlučník, pankreas, játra, ledviny, jícen
Onemocnění pohybového aparátu	Koxartróza, gonartróza, polyartróza, syndrom degenerace páteře
Další problémy	Celkové obtíže (např. zesílené pocení, dušnost při zátěži, kloubní potíže), omezení běžných denních aktivit, snížení kvality života, zvýšené nebezpečí úrazu, zvýšené riziko při chirurgických výkonech a celkové anestezii, komplikace těhotenství, psychologické následky (deprese, anxiozita, sociální izolace)

2. Léčba obezity

Léčba obezity se v současné době zaměřuje na dosažení mírné redukce hmotnosti, tedy 5-10 % ze vstupní hodnoty. Ukazuje se, že právě tím může být dosaženo nejvýznamnějšího snížení rizika metabolických komplikací, jako je diabetes mellitus 2. typu, některých typů nádorů a kardiovaskulárních onemocnění (Sobotka et al., 2011). Zásadní podmínkou úspěchu je udržení dosaženého poklesu hmotnosti, což bývá v praxi pro pacienty podstatně obtížnější. Z toho důvodu je v poslední době kladen důraz na komplexní a zároveň individuální přístup k pacientovi a nastavení takové redukční diety, která bude vycházet z dosavadního stravovacího režimu daného pacienta. Jako zcela nevhodné se jeví předání konkrétního předpisu nízkoenergetické diety, lépe se osvědčuje vysvětlení principu redukční racionální stravy.

Léčba obezity na populační úrovni je obtížná, jelikož obézní pacienti mají často problém s dlouhodobým dodržováním redukčních programů. Zajímavé jsou výsledky studie, jež měla za cíl identifikovat faktory predikující adherenci pacientů k léčbě, ať už ve smyslu úspěšného hubnutí nebo předčasného ukončení (tzv. drop-out). U 33 % z 124 účastníků studie byl redukční pokus považován za úspěšný, jelikož došlo k více než 5% úbytku na váze během 12 měsíců. Na základě regresní analýzy bylo zjištěno, že nejsilnějšími prediktory úspěšného hubnutí po jednoletém redukčním režimu byly ztráta hmotnosti v prvním měsíci režimu a rodinný stav, kdy manželství představovalo negativní prognostický faktor. Snížení hmotnosti v prvním měsíci režimu se zároveň ukázalo jako silný prediktor procentuální ztráty hmotnosti po 12 měsících. Vyšší pravděpodobnost předčasného ukončení redukčního režimu byla zjištěna u osob s nižším vzděláním a vyšší úrovní obezity (Ortner Hadžiabdić et al., 2015).

2.1 Redukční dieta

Redukční dieta by měla být u každého pacienta individuálně nastavena tak, aby korespondovala s jeho dosavadními stravovacími zvyklostmi a vycházela z jeho aktuálního energetického příjmu. Jedině tak se může stát přirozenou součástí pacientova běžného života a mít větší potenciál dlouhodobé udržitelnosti. Základní nástroj pro zahájení redukčních snah představuje detailní záznam jídelníčku samotným pacientem. V praxi se ukazuje, že se nelze spokojit pouze s ústními dotazy ani s jídelními dotazníky, jelikož tyto metody přinášejí zkreslené informace. Dobře provedený a ověřený zápis jídelníčku je podmínkou kvalitní spolupráce nutričního terapeuta s pacientem a umožní nastavení takové diety, která bude dlouhodobě udržitelná. Pokud pacient není schopen jídelníček zapisovat, je pravděpodobné, že není připraven ke změně. Předání předpisu diety není cestou k dlouhodobě udržitelnému způsobu stravování. Stejně tak se v praxi jeví bezvýznamné předávat pacientovi obecné informace o správné výživě. Cílem je domluvit s pacientem konkrétní změny v jídelníčku, které spolu s pravidelnou pohybovou aktivitou povedou k pozvolnému poklesu tělesné hmotnosti.

V rámci dlouhodobého redukčního režimu se zdá být míra energetického deficitu pro dosažení snížení hmotnosti důležitější než složení stravy. V jídelníčku pacienta je třeba zaměřit se především na snížení příjmu tuků, jelikož ty představují ze všech hlavních živin největší zdroj energie. Ačkoli je nadměrný přívod jednoduchých přidaných sacharidů také asociován s rozvojem nadváhy a obezity, hlavním faktorem zůstává příjem tuků a celková energetická hodnota stravy. Přestože má většina pacientů tendenci zaměřit se na omezení sacharidů obecně, v jejich jídelníčku konzumované množství sacharidů tím základním problémem nebývá.

V pravidelných intervalech se v tisku a na internetu objevují módní diety slibující rychlé a zázračné úbytky hmotnosti. Většinou jsou koncipovány jako předpis na určité - zpravidla krátké období a jsou založeny na omezení či úplném vynechání určitých skupin potravin. Tyto diety nejsou vhodné, jelikož nesplňují kritérium dlouhodobé udržitelnosti. Většinou jsou postaveny na výrazném snížení energetického příjmu, což může vést ke ztrátě aktivní tělesné hmoty, snížení hodnoty bazálního energetického výdeje a následnému jo-jo efektu po zanechání takové diety. Jelikož principem těchto diet bývá omezení či vyřazení určité skupiny potravin, není tak zachováno rovnoměrné zastoupení hlavních živin ani doporučené množství vitaminů a minerálních látek. Módní diety nelze doporučit jako vhodné formy redukční diety.

2.2 Pohybová aktivita

Pozitivní vliv fyzické aktivity na pokles hmotnosti i zlepšení kardiometabolických parametrů je znám. Samotná pohybová aktivita je považována za méně efektivní, než kalorická restrikce v kombinaci s cvičením. Výdej energie pohybovou aktivitou slouží jako kompenzační mechanismus příležitostného navýšení příjmu energie, brání adaptaci organismu na nižší energetický příjem a udržuje tak mírnou redukční dietu dlouhodobě funkční. Cílem redukčního režimu je ztráta tukové tkáně a udržení tkáně svalové. Pravidelná pohybová aktivita aerobního charakteru brání ztrátě aktivní tělesné hmoty, zapojení mírného odporového tréninku může vést i k jejímu navýšení. Cíle by mělo být navýšení jak přirozené (habituální) pohybové aktivity, tak i záměrné, tedy cvičení.

2.3 Psychologická péče

Významnou úlohu může u velké části pacientů sehrát i psychologická intervence, jelikož psychických překážek bránících úspěšné redukci hmotnosti může být mnoho. Je zřejmé, že redukční režim neznamená pouhou změnu skladby jídelníčku, ale optimálně také změnu jídelního chování. V první řadě je třeba odhadnout míru motivace pacienta a případně se pokusit ho dovést k motivaci vnitřní, která povede k dlouhodobému úspěchu. Psycholog může pacientovi pomoci překonat aktuální negativní aspekty hubnutí a soustředit se na budoucí pozitivní aspekty, případně překonat „krizová“ období provázená sníženou mírou motivace. V rámci rozboru jídelního chování může vyjít najevo spojitost

stresu a konzumace nevhodných potravin, a tak následné psychologické konzultace mají za cíl identifikovat tyto situace a naučit pacienta lépe je zvládat. V neposlední řadě je psycholog schopen odhalit přítomnost poruchy příjmu potravy, jako je psychogenní přejídání nebo syndrom nočního jedení, které mohou být u obézních pacientů poměrně často vyjádřeny.

2.4 Farmakoterapie

Doplňkem konzervativního režimu může být i farmakoterapie. Antiobezitika lze indikovat u pacientů s BMI ≥ 30 nebo u pacientů s BMI ≥ 27 v případě přítomnosti zdravotních komplikací obezity (Kunešová et al., 2016). Jedná se o léčiva působící periferně (orlistat) nebo centrálně, z nichž u nás je v současné době dostupný pouze přípravek s komerčním názvem Mysimba (kombinace látek naltrexon a bupropion).

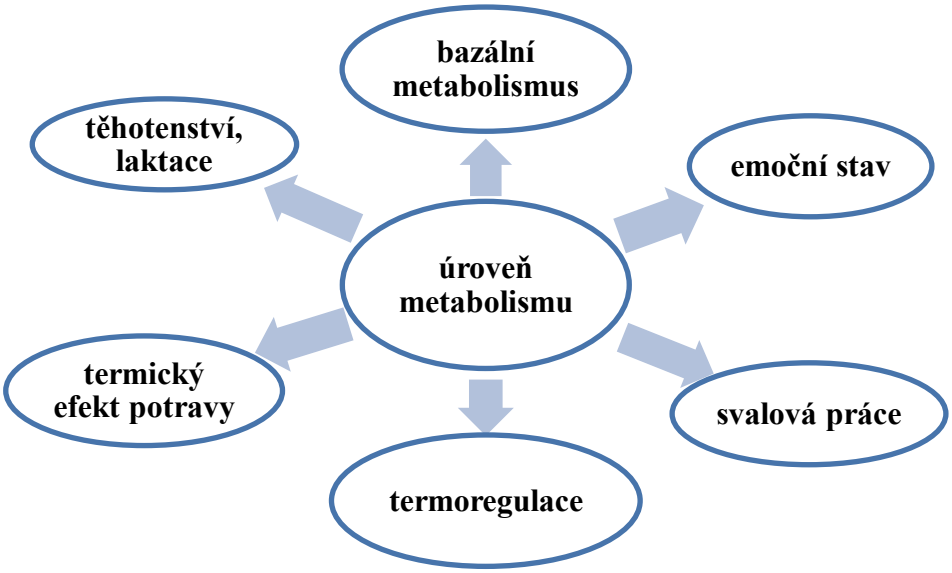
2.5 Chirurgická léčba

Při selhání konzervativní terapie nebo jako návazná metoda se může uplatnit moderní způsob terapie obezity, a to bariatricko-metabolická chirurgie. Jedná se o vysoce efektivní metodu. Lze ji považovat za metodu volby zvláště u pacientů, kteří mají ve své anamnéze více redukčních pokusů, jejich hmotnost se pohybuje ve vyšších stupních obezity, případně trpí některou s komorbidit obezity. Indikační kritéria bariatricko-metabolické chirurgie jsou věk v rozmezí 18-65 let a BMI ≥ 40, nebo BMI ≥ 35 v případě komorbidit (Kunešová et al., 2016). Samotnému zákroku by mělo vždy předcházet zvolení vhodného kandidáta, uvážlivý výběr typu výkonu a adekvátní příprava zajištěná multidisciplinárním týmem zdravotníků (lékař – obezitolog, nutriční terapeut, psycholog, chirurg, gastroenterolog a další).

3. Energetická bilance organismu

Energetická bilance organismu je dána příjmem a výdejem energie. Přijatá energie vzniklá přeměnou energetických substrátů je částečně vázána do formy makroergních fosfátových vazeb a zčásti je přeměněna v teplo. Výdej energie je dán energií spotřebovanou na různé biochemické děje, jako je aktivní membránový transport, syntéza proteinů, svalová práce a elektrické děje (Kittnar & Mlček, 2009).

Obrázek 1 Faktory určující energetickou bilanci organismu (Kittnar & Mlček, 2009)



Za normálních okolností je poměr mezi energií vytvořenou a vynaloženou v rovnováze a tělesná hmotnost je stabilní. Při negativní energetické bilanci je energetický výdej větší než příjem, chybějící energie je získávána mobilizací glykogenu, tukových zásob, případně proteinů. V důsledku toho se tělesná hmotnost snižuje. Pokud příjem energie převyšuje její výdej, je přebytečná energie ukládána v podobě tělesného tuku. Tento stav lze označit jako pozitivní energetickou bilanci a je provázen nárůstem hmotnosti.

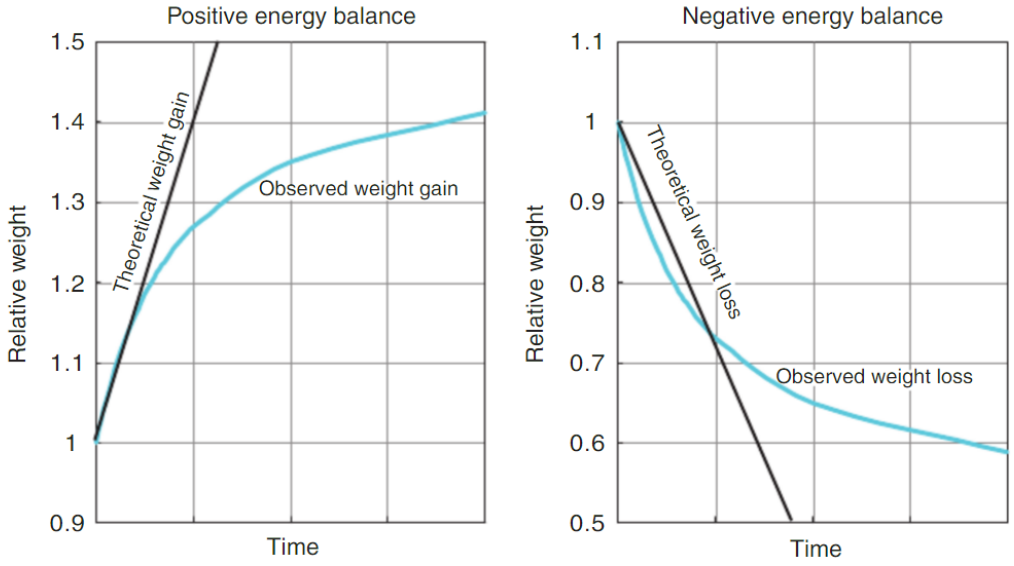
Je zřejmé, že vyrovnané bilance mezi příjmem a výdejem energie není dosaženo každodenně, ale přibližně v 7-10denní periodě (Kasper & Burghardt, 2015). Významná variabilita energetického příjmu v jednotlivých dnech je u obézních osob vyjádřena pravděpodobně stejně jako u osob s normální hmotností a v rámci 10denní periody může dosahovat hodnot 5000-5400 kJ (1200-1300 kcal)/den. Kolísání denního energetického příjmu je dáno především změnami v množství jídla na základě kognitivních a senzorických faktorů, ale také energetickou denzitou konzumovaných jídel a množstvím jídel v daném dni. Množství svačin je přímo úměrné množství přijaté energie za den, což dokazuje, že zařazení svačin nebývá kompenzováno snížením příjmu stravy na hlavní jídla.

Přesto se svačiny na změnách v denním energetickém příjmu podílejí jen minimálně, hlavní rozdíly jsou způsobeny změnami v hlavních jídlech (Schusdziarra et al., 2010).

Z dlouhodobého hlediska při konstantním nadměrném či naopak nedostatečném příjmu energie nedochází ke konstantní změně tělesné hmotnosti. Zvyšování tělesné hmotnosti se při pozitivní energetické bilanci postupně zpomaluje, až dojde k ustálení energetické rovnováhy při dané vyšší hmotnosti. Podobně, při negativní energetické bilanci se hmotnost nesnižuje neměnnou rychlostí a (za předpokladu, že energetický deficit není příliš závažný) dochází k ustálení energetické bilance při nižší hmotnosti (Obrázek 2). K této adaptaci na měnící se energetickou bilanci přispívá řada faktorů, které jsou shrnuty v následujících bodech (Bender, 2008):

- Se zvyšujícím se příjmem stravy rostou i náklady na energii potřebnou pro trávení a vstřebávání
- Při nadměrném příjmu energie je zároveň větší část energie použita na syntézu triacylglycerolů pro uložení v tukové tkáni, zvyšuje se tedy postprandiální výdej energie. Naopak, při negativní energetické bilanci se snižuje syntéza tukových zásob a postprandiální termogeneze klesá.
- Míra metabolického obratu proteinů s větším příjmem energie roste a s nižším příjmem klesá.
- Přestože je tuková tkáň méně metabolicky aktivní než tkáň svalová, 5 % její hmotnosti vykazuje metabolickou aktivitu. V důsledku toho se bazální energetický výdej zvyšuje při zmnožení tukové tkáně a snižuje při jejím úbytku.
- Energetické náklady na výkon fyzické aktivity (FA) jsou významně ovlivněny tělesnou hmotností, takže i při nezměněné úrovni FA se celkový výdej energie při vyšší hmotnosti zvyšuje.

Obrázek 2 Vývoj hmotnosti při pozitivní a negativní energetické bilanci (Bender, 2008)



3.1 Energetický příjem

Energetický příjem neprobíhá na rozdíl od energetického výdeje nepřetržitě, proto musí být část přijaté energie uložena ve formě energetických zásob tvořených glykogenem a triacylglyceroly. Zásobní energie je použita v době lačnění a při stavech představujících pro organismu zvýšenou zátěž, jako je fyzická práce, stres či nemoc. Příjem stravy je regulován prostřednictvím řídícího centra lokalizovaného v hypotalamu. Do „centra hladu" v laterálním hypotalamu a „centra sytosti" ve ventromediálním hypotalamu přichází signály mechanické z trávicího traktu, termogenní, nutriční a neurohumorální. Tyto signály navozují zvýšení nebo naopak snížení příjmu potravy v rámci krátkodobé i dlouhodobé regulace příjmu potravy (Holeček, 2006).

Energetický příjem je dán součtem energie získané z hlavních živin ve stravě (sacharidů, bílkovin a tuků), popřípadě z alkoholu. Na rozvoj pozitivní energetické bilance a tedy i obezity má vliv především nadměrný přívod tuků, jelikož ty mají ze všech hlavních živin největší obsah energie (38 kJ/g). Sacharidy jsou rovněž spojovány se vznikem obezity, ovšem pouze pokud jsou ve formě jednoduchých sacharidů přidaných do potravin a nápojů. Naproti tomu polysacharidy s rozvojem obezity nesouvisí. Bílkoviny mají nejvýraznější sytící efekt a způsobují největší vzestup postprandiální termogeneze. Bílkoviny i sacharidy mají v porovnání s tuky zhruba poloviční energetickou denzitu (17 kJ/g). Na výsledné hodnotě energetického příjmu se může značně podílet také konzumace alkoholických nápojů, jelikož obsah energie v 1 gramu ethanolu je 29 kJ. Přestože poměr jednotlivých hlavních živin sehrává v rozvoji obezity určitou úlohu, rozhodujícím faktorem je celkové množství přijaté energie (Hainer a kol., 2011).

4. Energetický výdej

4.1 Celkový energetický výdej

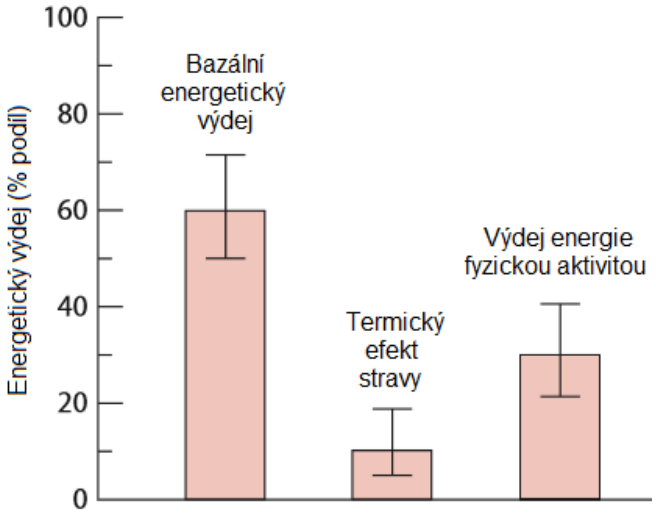
Celkový energetický výdej (total energy expenditure, TEE) je u zdravých osob dán součtem bazálního anebo klidového energetického výdeje, termického efektu přijaté stravy (postprandiální termogeneze) a výdeje energie při fyzické aktivitě (Tabulka 5, Obrázek 3). Energetický výdej je interindividuálně odlišný, a to na podkladě tělesného povrchu, věku, pohlaví, složení těla, procenta aktivní tělesné hmoty a rasy. Muži mají obvykle vyšší výdej energie než ženy. Energetický výdej se obecně snižuje během hladovění, při opakovaných redukčních dietách a při anorexii. Naopak je přirozeně zvýšen u lidí, kteří bydlí v chladném podnebí v porovnání s těmi v teplejším podnebí, dále u obézních a u kuřáků (Skipper, 2012).

U nemocných osob je celkový energetický výdej navíc ovlivněn chorobným procesem, kdy energetické nároky organismu stoupají úměrně s narůstající mírou stresu. U hospitalizovaných pacientů však zároveň při pobytu na lůžku dochází k významnému poklesu výdeje energie fyzickou aktivitou, proto se u jedinců se střední mírou stresu nemusí energetická potřeba výrazně lišit od energetické potřeby zdravých jedinců (Svačina a kol., 2008).

Tabulka 5 Složky celkového energetického výdeje (Hainer a kol., 2011)

Složka celkového energetického výdeje (TEE)	Podíl této složky na TEE
Bazální resp. klidový energetický výdej	60 - 70 %
Fyzická aktivita	20 - 40 %
Postprandiální termogeneze	8 - 12 %

Obrázek 3 Složky celkového energetického výdeje (Gropper & Smith, 2013)

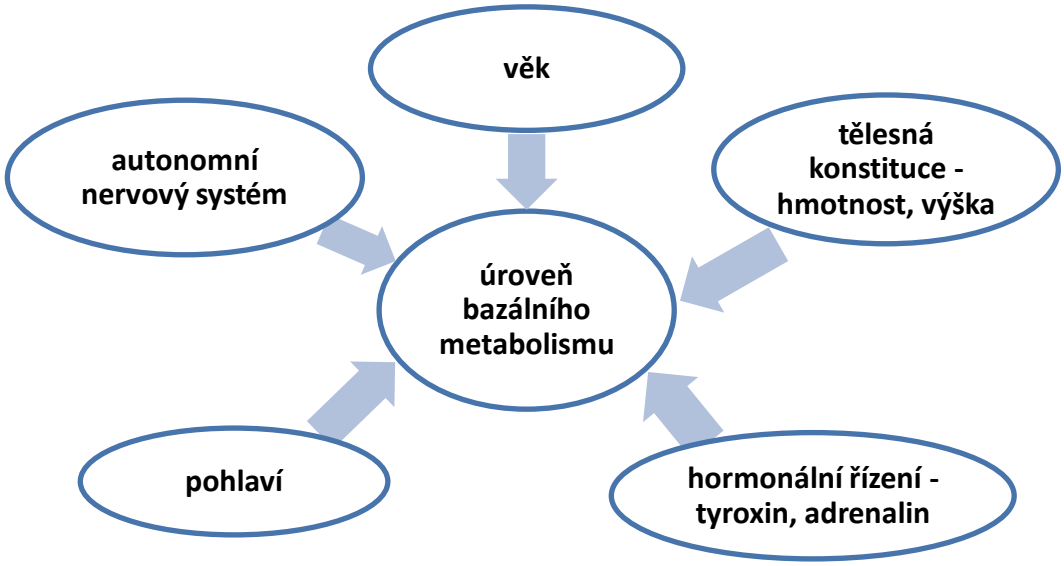


4.2 Bazální energetický výdej

Bazální energetický výdej (basal metabolic rate, BMR) je dán spotřebou energie nezbytnou pro udržení základních životních funkcí organismu, jako je dýchání, srdeční činnost, renální funkce a krevní oběh. Určení hodnoty BMR je v klinické praxi obtížné, jelikož musí probíhat za přísně kontrolovaných a standardizovaných podmínek. Měří se ráno těsně po probuzení u ležící osoby, po minimálně 12 hodinovém lačnění, za psychického i fyzického klidu, v teplotně indiferentním prostředí (Gropper & Smith, 2013). Měřením tak v praxi většinou nezískáme hodnotu bazálního metabolismu, jelikož výsledek nereflektuje skutečně nejnižší potřebu energie pro udržení základních životních procesů. Naměřenou hodnotu je tedy vhodnější interpretovat jako klidový energetický výdej (REE).

Hodnota BMR závisí na věku, pohlaví, tělesné výšce a hmotnosti, aktivitě autonomního nervového systému a na hormonálních vlivech (Obrázek 4). Je také ovlivněna stavem výživy (při prostém hladovění se snižuje) a fyzickou aktivitou (pravidelná fyzická aktivita zvyšuje bazální energetický výdej až o 10 %) (Rokyta, 2015). Četné studie potvrdily, že nejmocnějším faktorem vysvětlujícím rozdíly v BMR mezi jedinci různého pohlaví, věku a tělesné hmotnosti je beztuková tělesná hmota (lean body mass, LBM), která je zodpovědná za dvě třetiny interindividuálního rozptylu BMR. Beztuková tělesná hmota může být rozdělena do dvou základních složek – polovinu tvoří kosterní svalovina a druhou polovinu orgány a jiné tkáně (Bray & Bouchard, 2014).

Obrázek 4 Faktory určující bazální metabolismus (Kittnar & Mlček, 2009)

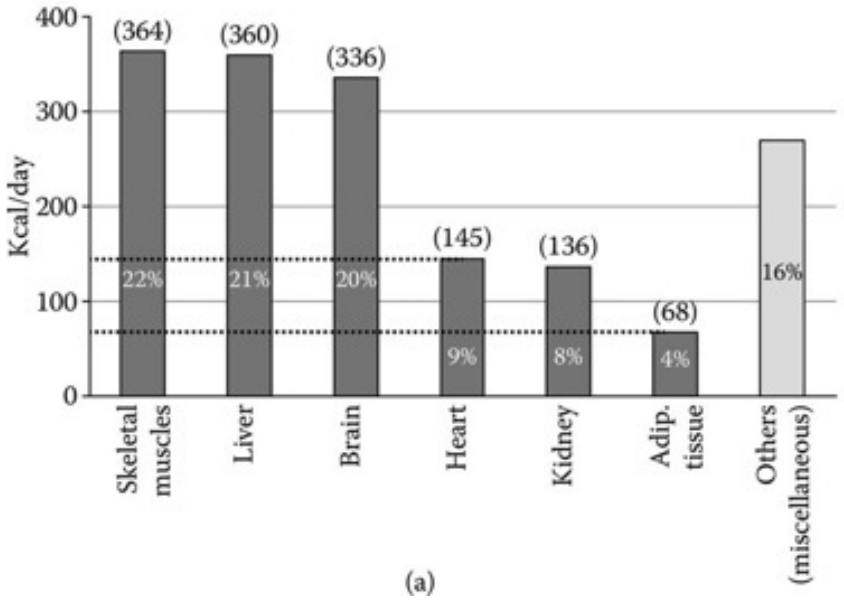


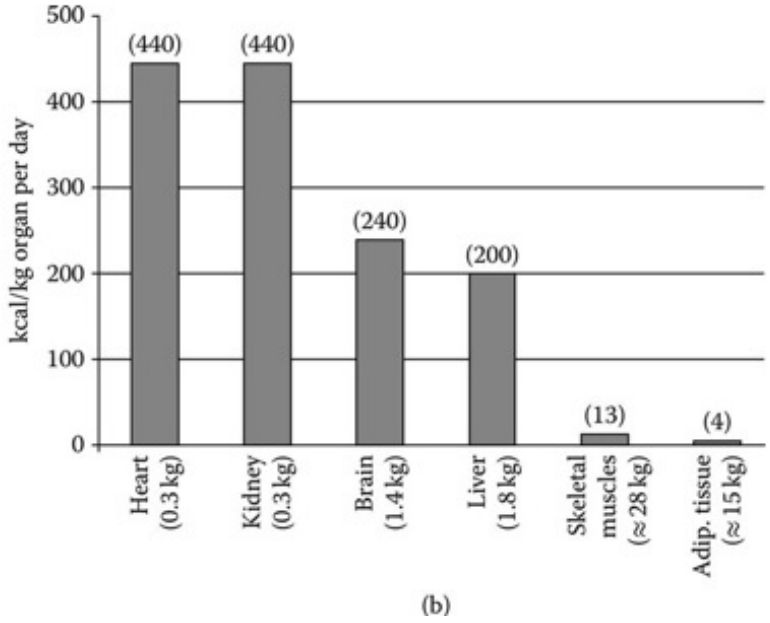
4.3 Klidový energetický výdej

V klinické praxi se jako ekvivalent bazálního energetického výdeje častěji stanovuje klidový energetický výdej (resting energy expenditure, REE). Ten dosahuje přibližně o 6-10 % vyšších hodnot než bazální energetický výdej (Kasper & Burghardt, 2015). Klidový energetický výdej je především výsledkem metabolismu svalové hmoty a je tedy ovlivněn proměnnými se svalovou hmotou souvisejícími, jako je hmotnost, výška, věk a pohlaví. Poranění a infekce hodnotu REE zvyšují (Sobotka et al., 2011).

Klidový energetický výdej se stanovuje u klidně ležící osoby, v místnosti s indiferentní teplotou. Lačnění po dobu minimálně 12 hodin není podmínkou, měření lze provést 2-4 hodiny po posledním jídle (Gropper & Smith, 2013). Určení REE je lépe využitelné u ambulantních a hospitalizovaných pacientů, neboť odráží energetické nároky organismu v různou denní dobu (Svačina a kol, 2010).

Obrázek 5 Podíl jednotlivých orgánů a tkání na BMR resp. REE u průměrného muže (m = 70 kg) s BMR/REE o hodnotě 1680 kcal/den, vyjádřeno v absolutních hodnotách (a) a hodnotách adjustovaných na tělesnou hmotnost (b). Součet hlavních orgánů představuje 84 % z BMR/REE, 16 % tvoří různorodé tkáně. (Bray & Bouchard, 2014)





4.4 Termický efekt potravy

Nárůst energetického výdeje po jídle se označuje jako termický efekt potravy (thermic effect of food, TEF). TEF je dán především náklady energie na trávení, vstřebávání, transport, metabolismus a skladování makronutrientů (sacharidy, bílkoviny, tuky). Menší část energetických nákladů jde na vylučování trávicích enzymů a aktivní transport produktů trávení, hlavní část energie je spotřebována na syntézu glykogenu, triacylglycerolů a proteinů (Bender, 2008). Ve většině literárních zdrojů lze nalézt informaci, že hodnota TEF dosahuje vrcholu přibližně 60 minut postprandiálně a k původním hodnotám se zpravidla vrací do 4 hodin po jídle (Gropper & Smith, 2013). Ve studii analyzující 131 měření TEF však bylo prokázáno, že zvýšení výdeje energie po požití potravy trvá zpravidla až 6 hodin. Vrcholu TEF bývá dosaženo v rozmezí 60-180 minut (Reed & Hill, 1996).

Obecně se TEF vyjadřuje v procentech přijaté energie, přičemž čím vyšší je porce a energetická nálož stravy, tím vyšší je odpověď v podobě TEF. Průměrné hodnoty TEF se u sacharidů pohybují v rozmezí 5-8 %, u tuků 2-3 % a u bílkovin 20-30 %. Při smíšené stravě je TEF odhadován na 10 % v rámci 24 hodin. Alkohol má vysoký termický efekt, dosahuje hodnot kolem 22 % (Bray & Bouchard, 2014). Bílkoviny vyvolávají největší vzestup energetického výdeje a mají také největší sytivost, u tuků je tomu naopak. Velikost TEF je do určité míry determinována genetickými faktory. Roli hraje například geneticky determinovaná aktivita sympatického nervového systému (Holeček, 2006).

Zvýšení energetického výdeje vlivem termického efektu stravy lze do výpočtů energetické potřeby zahrnout pomocí výpočtu: TEF = BMR x 0,06. V praxi TEF nebývá do výpočtů optimálního energetického příjmu zahrnován. Měření TEF prostřednictvím

nepřímé kalorimetrie se pro svou technickou, časovou a finanční náročnost zpravidla neprovádí (Holeček, 2006).

4.5 Výdej energie fyzickou aktivitou

Energetický výdej daný fyzickou aktivitou tvoří nejvíce variabilní a nejobtížněji predikovatelnou složku celkového energetického výdeje. Zároveň představuje člověkem nejlépe ovlivnitelnou komponentu. I když v průměru fyzická aktivita představuje asi 20-40 % celkového výdeje energie, ve skutečnosti může přispívat podstatně méně u osoby s výrazně sedavým způsobem života, a naopak mnohem více u vysoce fyzicky aktivní osoby (Bray & Bouchard, 2014).

Výdej energie fyzickou aktivitou je mimo jiné ovlivňován typem fyzické zátěže, její intenzitou, délkou trvání, frekvencí, dále hmotností jedince a dalšími pohyby navíc doprovázejícími aktivitu (např. pohyby rukou). Kromě toho, spotřeba kyslíku a tím i výdej energie mohou zůstat zvýšené po určitou dobu po ukončení cvičení (Gropper & Smith, 2013).

4.5.1 Stanovení výdeje energie fyzickou aktivitou

Existuje více metod ke stanovení výdeje energie fyzickou aktivitou. Může se jednat o subjektivní nástroje, jako je dotazník, rozhovor nebo podrobný záznam všech denních aktivit provedený pacientem a následný výpočet výdeje energie při těchto aktivitách. Z objektivních nástrojů je to metoda dvojitě značené vody, přímé a nepřímé kalorimetrie, dále monitorování prostřednictvím krokoměru (pedometru), akcelerometru, monitoru srdeční frekvence (sporttesteru) či využití dalších moderních technologií jako GPS nebo různých senzorů (Kunešová et al., 2016).

K zjištění množství vynaložené energie na fyzickou aktivitu lze využít násobek bazálního energetického výdeje (BMR). Pro jednotlivé aktivity existuje tzv. poměr fyzické aktivity (physical activity ratio, PAR), který vyjadřuje navýšení výdeje energie při dané aktivitě oproti hodnotě BMR. Ve výsledku je stanovena tzv. úroveň fyzické aktivity (physical activity level, PAL) (Tabulka 6). PAL je dána součtem PAR jednotlivých činností vynásobených časem stráveným těmito činnostmi. Po vynásobení hodnoty PAL bazálním energetickým výdejem (BMR) získáme velikost celkového energetického výdeje (TEE = PAL x BMR). Žádoucí úroveň fyzické aktivity, pokud jde o kardiovaskulární a respirační zdraví, představuje PAL o hodnotě 1,7 (Bender, 2008).

Tabulka 6 Hodnoty PAL při různé úrovni aktivity (Kasper & Burghardt, 2015)

Aktivita v zaměstnání a ve volném čase	PAL*	Příklady
život převážně sedavý nebo vleže	1,2	staří, slabí lidé
práce převážně vleže, malá anebo žádná namáhavá aktivita ve volném čase	1,4 - 1,5	úředníci, jemní mechanici
práce vsedě, občas i zvýšené energetické nároky při práci vestoje nebo v chůzi	1,6 - 1,7	laboranti, řidiči, studenti, pracující u výrobního pásu
práce převážně v chůzi nebo vestoje	1,8 - 1,9	ženy v domácnosti, prodavači, číšníci, mechanici, řemeslníci
tělesně namáhavé zaměstnání	2,0 - 2,4	zedníci, zemědělci, horníci, výkonní sportovci

* Pro sportovní aktivity nebo namáhavé aktivity ve volném čase (30-60 minut, 4-5krát týdně) je možno denně přičíst 0,3 jednotek PAL.

Tabulka 7 Klasifikace PAL podle typu životního stylu (Bray & Bouchard, 2014)

Životní styl	Hodnota PAL
sedavý životní styl	1,3 - 1,69
středně aktivní životní styl	1,7 - 1,99
aktivní životní styl	2,0 - 2,4

Je třeba si uvědomit, že všechny zmíněné metody mají své limity a přesné určení hodnoty výdeje energie při fyzické aktivitě je v praxi velmi obtížné. Výdej energie při různých činnostech je navíc významně ovlivněn nejen tělesnou hmotností, ale i dalšími faktory, jako je například teplota prostředí, vlhkost vzduchu, povětrnostní podmínky a podobně. Monitorace pohybové aktivity však může mít především význam motivační. Sledování míry fyzické aktivity v reálném čase v průběhu dne může pacienta přirozeně vést k navyšování výdeje energie. Nejlépe v tomto ohledu fungují pedometry, na kterých lze stanovit konkrétní cíl v počtu kroků za den a pacient má tak objektivní měřítko svého úsilí.

4.5.2 Stanovení výdeje energie prostřednictvím měření tepové frekvence

Metoda kontinuální monitorace tepové frekvence umožňuje stanovit výdej energie v průběhu dne na základě lineárního vztahu srdeční resp. tepové frekvence a výdeje energie. Při zátěžové spiroergometrii je nejprve zjištěna spotřeba kyslíku při různé tepové frekvenci. Tepová frekvence je následně měřena prostřednictvím sporttesteru.

4.6 Termoregulace

V některých zdrojích bývá termoregulace uváděna jako čtvrtá komponenta celkového energetického výdeje. Je také nazývána jako adaptivní, netřesová, fakultativní nebo regulační termogeneze a je asociována s hnědou tukovou tkání. Jedná se o změny v metabolismu nezbytné pro udržení teploty tělesného jádra, ke kterým dochází především při změnách teploty okolního prostředí, primárně při poklesu teploty pod zónu termoneutrality. K aktivaci termoregulace dochází také při traumatu, popáleninách či jiných stavech. Termoregulace přispívá k celkovému výdeji energie jen nepatrně, a to především vzhledem k faktu, že většina lidí udržuje svou tělesnou teplotu v komfortní zóně prostřednictvím oblečení (Gropper & Smith, 2013).

Role termoregulace se uplatňuje také v případě, že dochází k prolongovanému přejídání, tedy dlouhodobě trvající (dny až týdny) pozitivní energetické bilanci. Výsledkem takového stavu je nárůst tukové tkáně i beztukové tělesné hmoty a redistribuce tělesných tkání. V rámci těchto změn působí proces adaptivní termogeneze v reakci na energetickou nerovnováhu. Nastává během dnů a týdnů po nástupu přejídání či podvýživy. Liší se tedy od postprandiální termogeneze neboli TEF, která představuje akutní reakci na příjem stravy trvající pouze několik hodin po jídle. V důsledku působení adaptivní termogeneze bude reálná změna hmotnosti menší, než jakou lze předpokládat z energetického přebytku při přejídání či naopak deficitu při redukčních snahách. Výsledkem jsou významné rozdíly ve změně tělesné hmotnosti a složení tělesných tkání mezi jedinci v reakci na pozitivní či negativní energetickou bilanci, které představují nepřímé důkazy o individuální odlišnosti ve velikosti adaptivní termogeneze. Koncept adaptivní termogeneze však zatím zůstává nejasný (Bray & Bouchard, 2014).

5. Specifika energetického výdeje a jeho stanovení u obézních osob

5.1 Bazální energetický výdej a obezita

U osob s obezitou je do určité míry navýšena kromě tukové tkáně i beztuková hmota, která vykazuje 3-4krát vyšší metabolickou aktivitu. Hlavní složkou nadměrné tělesné hmotnosti je však zmnožená tuková tkáň, která dosahuje velmi nízké metabolické aktivity. Z toho důvodu není navýšení velikosti bazálního (BMR) resp. klidového (REE) energetického výdeje u obézních jedinců přímo úměrné velikosti nárůstu tělesné hmotnosti. Přesto je BMR resp. REE obézních jedinců v absolutních hodnotách zpravidla vyšší, než je tomu u štíhlé populace. V úvahu je možno do určité míry brát i tukovou tkáň, která může především u žen s vysokým stupněm obezity představovat nezanedbatelnou součást (10 % nebo více) BMR resp. REE (Bray & Bouchard, 2014).

Na druhou stranu je třeba počítat i s možností snížené hodnoty BMR resp. REE u obézních osob vyjádřených v důsledku opakovaných redukčních pokusů. Dlouhodobě nízký energetický příjem dosahující hodnot pod úroveň BMR vede k postupné adaptaci organismu na takto nízký příjem. Výsledkem je pokles hodnoty bazálního metabolismu oproti předpokládaným hodnotám. V případě, že z anamnézy vyplývá, že pacient prodělal několik redukčních pokusů s využitím přísné nízkoenergetické diety, případně hladovky, je třeba na tuto variantu pomýšlet. Jak uvádí Kasper & Burghardt (2015): „Snížení bazálního metabolismu při hypokalorické stravě je individuálně variabilní. Adaptace, která může být u obézních pacientů značná, vysvětluje často pozorovanou diskrepanci mezi snížením přívodu energie a efektivním snížením hmotnosti při redukční dietě.“ Dříve než začneme pomýšlet na možnost výraznější adaptace na nízký energetický příjem, je třeba vyloučit podhodnocování energetického příjmu pacientem při zaznamenávání jídelníčku. Důvodné podezření na sníženou hodnotu BMR resp. REE lze ověřit provedením měření nepřímou kalorimetrií.

Z výše uvedených specifik obézní populace lze odvodit, že využití prediktivních rovnic pro určení hodnoty REE může u této skupiny jedinců přinášet nepřesné výsledky. Tento fakt byl opakovaně prokázán v klinických studiích. Faktorů přispívajících k chybnému výpočtu REE u obézních jedinců může být několik (Jésus et al., 2015):

- nejčastěji používané prediktivní rovnice byly vyvinuty na základě dat získaných od zdravých jedinců s normální tělesnou hmotností
- pro obezitu je charakteristické zmnožení tukové tkáně, která je metabolicky méně aktivní než tkáň svalová a energetická potřeba tedy nestoupá úměrně narůstající tělesné hmotnosti

- není shoda ve stanovení hmotnosti vhodné pro dosazení do rovnice (hmotnost aktuální/optimální/přizpůsobená)
- možnost adaptace na nízký energetický příjem u některých obézních jedinců.

5.2 Termický efekt potravy a obezita

V dostupné literatuře neexistuje shoda v otázce, zda je termický efekt potravy (TEF) u osob s obezitou snížen či nikoli. Zdá se, že TEF je vysoce interindividuálně variabilní, stejně tak i schopnost zvyšovat termogenezi při nadměrném přívodu energie a tím snadněji či obtížněji odolávat nárůstu hmotnosti. Faktem zůstává, že i v případě nižších hodnot TEF u obézních jedinců se nejedná o hlavní faktor rozvoje obezity (Bray & Bouchard, 2014). V souhrnném přehledu (Reed & Hill, 1996) bylo na základě analýzy 131 TEF testů prokázáno, že u obézních jedinců efekt přijaté stravy na energetický výdej přetrvává i po 6 hodinách po jídle. Tato studie zároveň dokumentuje, že množství tukové tkáně sice nemusí ovlivňovat celkovou hodnotu TEF, ovlivňuje však tvar křivky TEF. Se stoupajícím procentem tukové tkáně se vrchol křivky snižuje a dochází k němu v delším časovém intervalu po jídle, než je tomu u jedinců s nižším zastoupením tělesného tuku.

Příjem stravy rozložený do více denních dávek je spojen s větším termickým efektem než příjem stejného množství stravy v jedné porci jídla za den. Mimo jiné z těchto poznatků vyplývá doporučení pro obézní pacienty rozdělit celkové denní množství stravy do více porcí (Holeček, 2006).

5.3 Termoregulace a obezita

Význam adaptivní termogeneze při vzniku a rozvoji obezity není zatím zcela objasněn. Proces adaptivní termogeneze lze považovat za kompenzační mechanismus, který brání nadměrnému přibírání na váze a v konečném důsledku i vzniku obezity. Metabolická účinnost adaptivní termogeneze je však mezi jednotlivci různá, čímž může být zčásti vysvětlena i různá schopnost jedinců přibírat na hmotnosti při pozitivní energetické bilanci (Bray & Bouchard, 2014).

5.4 Výdej energie fyzickou aktivitou a obezita

Významné individuální rozdíly v míře pohybové aktivity jsou jedním z faktorů vysvětlujících rozdílnou tendenci jedinců k nadměrnému ukládání tuku a rozvoji obezity. Typickým znakem obézních osob bývá nízká pohybová aktivita, která představuje dílčí faktor při rozvoji obezity a stává se často zároveň důsledkem zvýšené tělesné hmotnosti. Potvrzen byl i vliv mimovolní tělesné motoriky, tzv. čipernosti či vrtění, na celkový energetický výdej. Tyto mimovolní pohyby zvyšují energetickou spotřebu nezávisle na fyzické práci nebo pohybové aktivitě (Kasper & Burghardt, 2015).

V absolutních hodnotách je výdej energie při stejné aktivitě u obézních jedinců vyšší v porovnání s těmi s nižší tělesnou hmotností. Nabízí se otázka, zda je hodnota PAL u obézních jedinců s různým BMI při klasifikaci fyzické aktivity výrazně zkreslena či nikoli. Bylo prokázáno, že BMI má nesignifikantní efekt, což naznačuje, že lze energetický výdej vypočítat z hodnoty PAL bez ohledu na úroveň BMI (Bray & Bouchard, 2014).

6. Stanovení klidového energetického výdeje výpočtem

6.1 Konfrontace prediktivních rovnic ve vybraných studiích

Prediktivní rovnice představují snadný způsob odhadu bazálního energetického výdeje bez nutnosti použití speciálních zařízení a přístrojů. Pochopení, z jakých hodnot byly jednotlivé rovnice odvozeny, umožňuje určit, kdy je údaj získaný výpočtem možno použít a kdy je žádoucí provést individuální měření (Haugen, Chan & Li, 2007). V klinických studiích bylo opakovaně prokázáno, že jsou výpočty z prediktivních formulí relativně přesné při analýze průměrných hodnot ve skupině, ale individuální variabilita je významná. Pouze 50-60 % pacientů má naměřenou hodnotu REE v rozsahu ± 10 % předpokládaných hodnot (Schusdziarra et al. 2014; Pavlou et al., 1986).

Systematický přehled (Frankenfield, Roth-Yousey & Compher, 2005) porovnával čtyři nejčastěji užívané prediktivní rovnice, a to rovnici Harris-Benedict, Mifflin-St Jeor, Owen a rovnici WHO/FAO/UNU (World Health Organization/Food and Agriculture Organization/United Nations University). Cílem bylo zhodnotit, s jakou přesností se výsledky prediktivních rovnic shodují s naměřenou hodnotou REE. Hodnocení se týkalo jak zdravých osob s normální hmotností, tak obézních osob bez přidružených onemocnění. Práce se spíše než na skupinovou zaměřovala na individuální predikci REE, jelikož v klinické praxi rovnice slouží právě pro stanovení hodnoty metabolismu u konkrétního jedince. Přesnost predikce byla definována jako procento jedinců ve studii, u kterých bylo predikovaná resp. vypočítaná hodnota REE v rozmezí ± 10 % naměřené hodnoty. Maximální mez chyby 10 % byla stanovena empiricky v souladu s maximální chybou nepřímé kalorimetrie 5 % a méně, která bývá v odborných pracích uváděna (Frankenfield et al., 2005). Závěr vyplývající tohoto systematického přehledu je, že u zdravých obézních i neobézních jedinců nejpřesnější výsledky přináší rovnice Mifflin-St Jeor. Nicméně, i tato rovnice stále vykazuje klinicky významnou chybovost dosahující 20 % ve vztahu k aktuálním naměřeným hodnotám, kterou bez současného provedení měření nelze odhalit.

Další studie (Schusdziarra et al., 2014) porovnávala hodnotu REE změřenou nepřímou kalorimetrií s daty získanými z 14 různých prediktivních rovnic. V rámci této studie byli pacienti rozděleni na ty, kteří měli komorbidity (diabetes mellitus 2. typu, hypertenze, dyslipidémie a psychiatrická nemoc) a byli tedy léčeni farmaky (45 %) a na ty, kteří komorbidity neměli a medikaci neužívali (55 %). Bylo zjištěno, že přítomnost chronického onemocnění a s ním související farmakoterapie neměla vliv na míru odchylky mezi naměřenou a vypočítanou hodnotou REE.

Přestože je k dispozici metoda nepřímé kalorimetrie jako nástroj umožňující přesné určení hodnoty REE, nelze ji zatím možné využívat plošně. Prediktivní rovnice jsou nadále využívány, přestože míra chybovosti při aplikaci na jednotlivce může být nepřijatelně vysoká. U nás nejvíce využívaná rovnice dle Harrise-Benedicta bude v této kapitole

rozebrána podrobněji. Zmíněny budou ale i další rovnice, které jsou v České republice méně známé a nacházejí praktické uplatnění především v zahraničí.

6.2 Rovnice Harrise-Benedicta

Téměř před 100 lety, v roce 1918, Harris a Benedict vytvořili formuli pro odhad bazálního energetického výdeje na základě studie 239 osob, 136 mužů a 103 žen (Harris & Benedict, 1918). Průměrná hmotnost zkoumaného vzorku byla 60 kg a průměrné BMI 21,6 kg/m^2. Rovnice byla vyvinuta na základě dat získaných z nepřímé kalorimetrie, kdy měření probíhalo za klidových nikoli „bazálních" podmínek, proto výsledný výpočet přináší hodnotu klidového (REE), nikoli bazálního energetického výdeje (BMR) (Gropper & Smith, 2013). Rovnice odhaduje klidový energetický výdej podle údajů o hmotnosti, věku, výšce a pohlaví (Tabulka 8). Výrazné změny v těchto proměnných, ke kterým v posledních desetiletích bezpochyby došlo, mohou snížit přesnost rovnice. Práce Harrise a Benedicta navíc zahrnovala pouze zdravé jedince a rovnice neměla být určena pro pacienty s komorbiditami.

Tabulka 8 Rovnice Harrise-Benedicta pro výpočet REE (Harris & Benedict, 1918)

výpočet pro ženy	REE = 655,0955 + (9,5634 × váha v kg) + (1,8496 × výška v cm) − (4,6756 × věk v letech) kcal/den
výpočet pro muže	REE = 66,473 + (13,7516 × váha v kg) + (5,0033 × výška v cm) − (6,755 × věk v letech) kcal/den

Jelikož je rovnice dle Harrise-Benedicta nejdéle používanou v klinické praxi, prošla rozsáhlou validací. Bylo potvrzeno, že rovnice nepřináší dostatečně přesný výsledek u osob s nadváhou a obezitou. Na základě výsledků validačních studií přináší rovnice Harrise-Benedicta u osob s obezitou přesnou (tzn. v rozsahu ± 10 % naměřených hodnot) predikci REE pouze v 38-64 % případů. Ve všech pracích bylo nejčastěji pozorováno nadhodnocování reálných hodnot. Maximální nadhodnocení dosahovalo 43 %, při dosazení adjustované hmotnosti 25 %. Je důležité zmínit, že použití adjustované tělesné hmotnosti v rovnici vedlo sice ke snížení rizika nadhodnocení hodnoty REE, ale dramaticky zvýšilo maximální chybu ve smyslu podhodnocení. Proto byla rovnice Harrise-Benedicta shledána nevhodnou pro použití u obézních osob, zejména v případě dosazení adjustované hmotnosti (Frankenfield et al., 2005).

6.3 Rovnice Mifflin-St Jeor

Rovnice Mifflin-St Jeor vznikla na základě dat získaných od 498 zdravých jedinců, 247 žen a 251 mužů, ve věku 19-78 let, z nichž 264 mělo normální tělesnou hmotnost a 234 bylo obézních (Mifflin et al., 1990). Tato rovnice na základě studií vykazuje u obézních pacientů nejvyšší přesnost, jelikož ± 10% odchylky v porovnání s hodnotou

naměřenou nepřímou kalorimetrií dosahuje u 70 % z nich. Častěji dochází k podhodnocení než k nadhodnocení. Maximální podhodnocení dosahuje 20 % oproti naměřené hodnotě REE, maximální nadhodnocení 15 % (Frankenfield et al., 2005).

Tabulka 9 Rovnice Mifflin-St Jeor (Mifflin et al., l990)

výpočet pro ženy	BMR = (9,99 x váha v kg) + (6,25 x výška v cm) – (4,92 x věk) - 161
výpočet pro muže	BMR = (9,99 x váha v kg) + 6,25 x výška v cm) – (4,92 x věk) + 5

6.4 Rovnice Owena

Owen se svým kolektivem vytvořil rovnici s použitím údajů 60 mužů (věk 18-82 let, hmotnost 60-171 kg) a 44 žen (18-65 let, 43-144 kg). Do rovnice je dosazován pouze údaj o hmotnosti, jelikož působení dalších faktorů bylo shledáno jako nevýznamné (Owen et al., 1986, Owen et al., 1987). Rovnice predikuje hodnotu BMR s přesností ± 10 % naměřené hodnoty u 51 % obézních jedinců, u osob s vyšším stupněm obezity potom v 33 % případů. Převažuje podhodnocení reálné hodnoty, maximální míra podhodnocení je 37 %, maximální míra nadhodnocení 15 %. Rovnici Owena nelze doporučit pro použití u osob s obezitou (Frankenfield et al., 2005).

Tabulka 10 Rovnice Owena (Owen et al., 1986, Owen et al., 1987)

výpočet pro ženy	795 + (7,18 x váha v kg)
výpočet pro muže	879 + (10,2 x váha v kg)

6.5 Rovnice WHO/FAO/UNU

Rovnice WHO/FAO/UNU byla vyvinuta na základě dat získaných od 2 279 mužů a 247 žen, mladých příslušníků evropských armád a policie. Vznikly dvě rovnice, jedna s dosazením hmotnosti, druhá s dosazením hmotnosti i výšky. V dostupných pracích byla hodnocena pouze přesnost predikce BMR při analýze průměrných hodnot ve skupině, nikoli přesnost predikce u individuálních hodnot. Rovnici v důsledku nedostatku validních dat dokumentující její využitelnost u obézních osob nelze doporučit (Frankenfield et al., 2005).

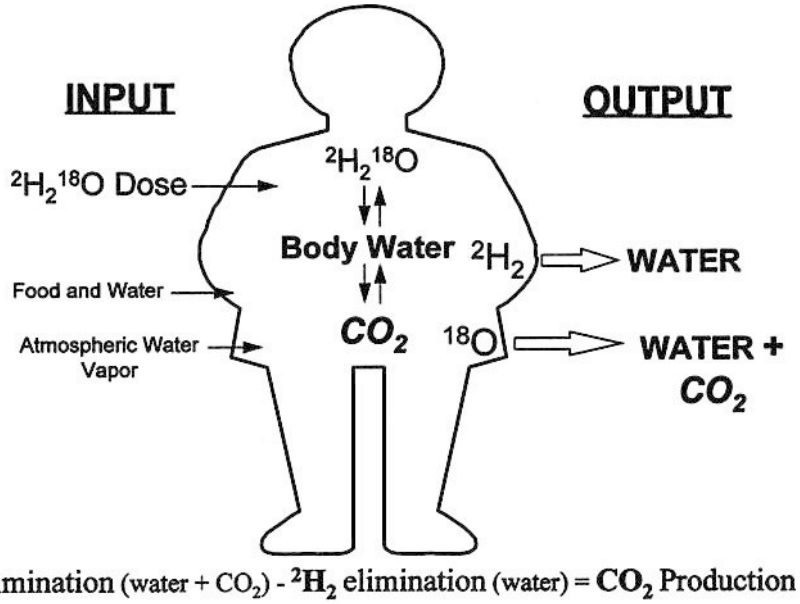
7. Stanovení klidového energetického výdeje měřením

7.1 Metoda dvojitě značené vody

Metoda dvojitě značené vody (doubly labeled water, DLW) umožňuje přesně stanovit celkový energetický výdej prostřednictvím neradioaktivních izotopů, kdy tzv. těžká voda obsahuje deuterium ^{2}H a kyslík ^{18}O. Metoda je založena na předpokladu, že po podání dávky dvojitě značené vody ($^{2}H_2{}^{18}O$) se oba izotopy v tělesné vodě ustálí a poté jsou z těla eliminovány rozdílně (Obrázek 6). Izotop vodíku opouští tělo ve formě vody (H_2O), izotop kyslíku ve formě vody (H_2O) a oxidu uhličitého (CO_2). Díky tomu lze vypočítat produkci CO_2 odečtením eliminace izotopu vodíku od eliminace izotopu kyslíku. Na základě znalosti energetického ekvivalentu jednoho litru CO_2 se následně určí energetický výdej (Wong et al, 2014).

Měření se provádí po delší časový úsek, většinou 2-3 týdny. Výhodou je minimální nutnost spolupráce ze strany pacienta. Před vypitím stanoveného množství dvojitě značené vody je proveden sběr slin nebo moči, na konci se stanoví produkce CO_2 pomocí hmotového spektrometru. Metoda DLW představuje velice přesný způsob určení celkového energetického výdeje, její spolehlivost však závisí na přesnosti analytických nástrojů pro měření ^{2}H a ^{18}O. Problematická je vysoká finanční náročnost, proto slouží spíše jako referenční metoda pro měření energetického výdeje v rámci výzkumu (Kunešová et al., 2016).

Obrázek 6 Teorie metody dvojitě značené vody (DeLany, 1997)

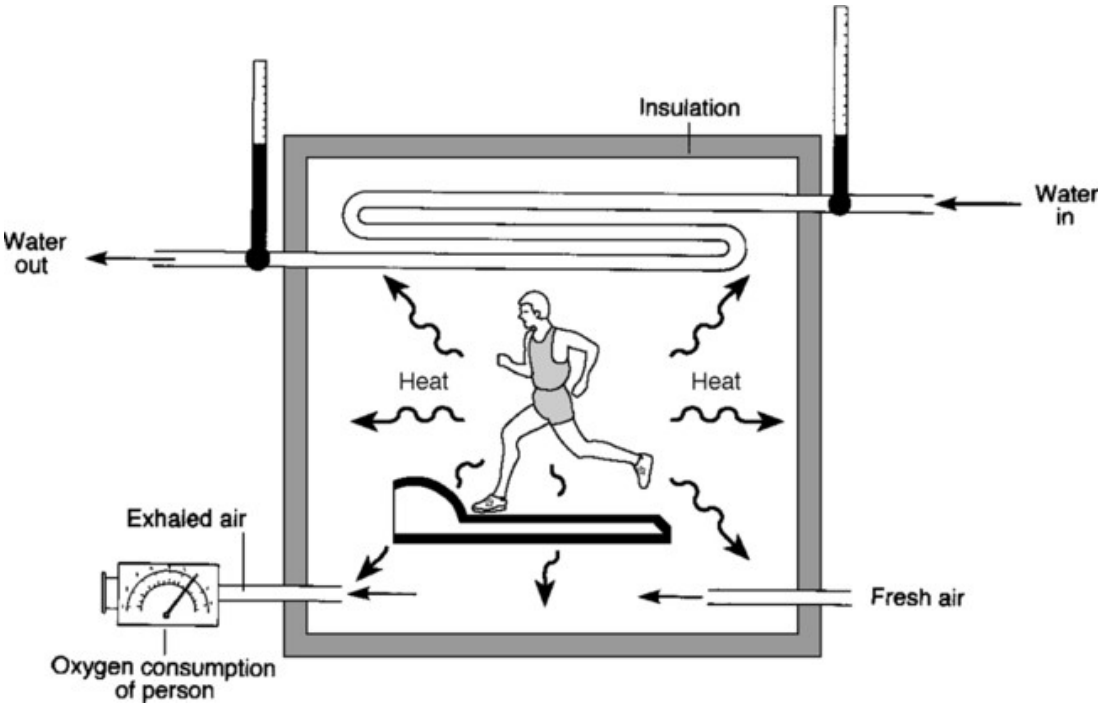


7.2 Přímá kalorimetrie

Metoda přímé kalorimetrie umožňuje stanovení klidového energetického výdeje prostřednictvím měření ztrát tepla z organismu vyzařováním, prouděním, vedením a odpařováním. Měřená osoba je umístěna do uzavřené komory s přívodem kyslíku. Známé množství vody cirkuluje sérií trubek umístěných v horní části komory. Celá komora je dobře izolovaná, a tak je teplo produkované zkoumanou osobou absorbováno do cirkulující vody (Obrázek 7). Změna teploty vody odráží velikost uvolněné energie (Skipper, 2012).

Na rozdíl od metody dvojitě značené vody se měření provádí v rámci krátké časové periody (minuty). Jedná se o metodu volby ve studiích zaměřených na posouzení termoregulační odpovědi organismu za různých okolností (Bray & Bouchard, 2014). Metoda přímé kalorimetrie není pro svou finanční a technickou náročnost aplikovatelná v klinické praxi a využívá se pouze k výzkumným účelům (Zadák, 2008).

Obrázek 7 Metoda přímé kalorimetrie
(https://primalmeded.files.wordpress.com/2011/direct-calorimetry.jpg)



Za podmínek teplotní stability, fyzického klidu a stavu nalačno je ztráta tepla měřená přímou kalorimetrií téměř shodná s produkcí tepla změřenou metodou nepřímé kalorimetrie. Jedná se o potvrzení prvního termodynamického zákona, tedy zákonu zachování energie, který říká, že celková energie izolované soustavy je stálá a že energie uvolněná při oxidačních procesech je nakonec transformována na teplo. V ustáleném stavu (steady-state) tedy shoda mezi produkcí tepla a tepelnými ztrátami potvrzuje platnost metody nepřímé kalorimetrie (Bray & Bouchard, 2014).

7.3 Nepřímá kalorimetrie

Metoda nepřímé kalorimetrie představuje spolehlivý nástroj pro určení klidového energetického výdeje daného jedince. V současné době jsou již dostupné přesné a cenově dostupné přístroje pro nepřímou kalorimetrii, které vyžadují kratší kalibraci. Velkým přínosem může být nová generace lehkých přenosných zařízení s možností širšího využití v ambulantní péči (Haugen et al., 2007).

7.3.1 Princip nepřímé kalorimetrie

Termín nepřímá kalorimetrie (indirect calorimetry, IC) vychází ze skutečnosti, že množství tepla uvolněné při chemických procesech v organismu může být nepřímo vypočteno z hodnoty spotřeby kyslíku (Bray & Bouchard, 2014). Při určování energetického výdeje se vychází z výdeje energie při spotřebě 1 litru kyslíku, který činí přibližně 20 kJ, a to bez ohledu na to, zda jsou metabolizovány sacharidy, tuky nebo bílkoviny. Spotřebu kyslíku lze jednoduše měřit pomocí spirometru, přenosného zařízení, které může člověk nosit několik hodin v rámci vykonávání běžných činností (Bender, 2008).

S využitím konstant kalorimetrického ekvivalentu kyslíku pro sacharidy, tuk a bílkoviny lze pro zjištění BMR resp. REE využít následující rovnici (Zadák, 2008):

$$\text{REE (kcal/24 h)} = (VO_2 \times 3{,}94) + (VCO_2 \times 1{,}11) - (\text{odpad urey} \times 2{,}17)$$

Jelikož chyba způsobená nezapočtením údaje o odpadu dusíku činí u zdravých osob, které nejsou ve stavu spojeném s výrazným katabolismem proteinů, přibližně 1 %, je možné volit jednodušší rovnici (Zadák, 2008):

$$\text{REE (kcal/24 h)} = (VO_2 \times 3{,}94) + (VCO_2 \times 1{,}11)$$

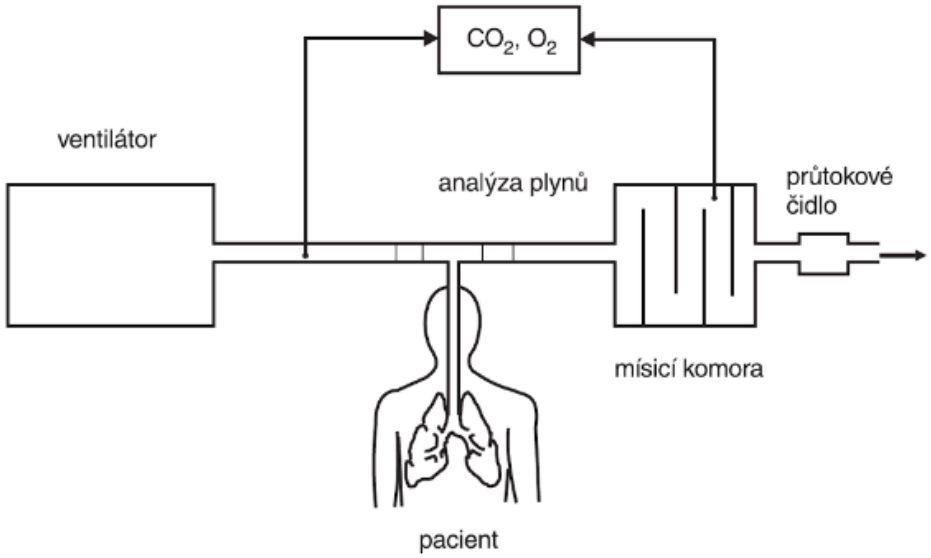
Kromě určení BMR resp. REE lze vypočítat i teplo uvolněné při oxidaci hlavních živin (sacharidy, bílkoviny, tuky), a to opět ze stejných veličin – spotřeby kyslíku ($V0_2$), produkce oxidu uhličitého (VCO_2) a dusíku vyloučeného močí (N) za dané období (Bray & Bouchard, 2014). Z údajů o spotřebě kyslíku a produkci oxidu uhličitého přístroj určí respirační kvocient (respiratory quotient, $RQ=VCO_2/VO_2$). Tento údaj reflektuje míru utilizace jednotlivých živin. V případě výhradní oxidace sacharidů resp. glukózy se hodnota respiračního kvocientu rovná jedné (RQ=1,0), jelikož množství přijatého kyslíku a vydaného oxidu uhličitého je totožné. S oxidací tuků je spojena vyšší spotřeba kyslíku, proto je respirační kvocient 0,7 (RG=0,7). Oxidace proteinů resp. aminokyselin představuje respirační kvocient 0,8 (RQ=0,8). Při běžné smíšené stravě se fyziologická hodnota respiračního kvocientu pohybuje u člověka kolem hodnoty 0,85 (Skipper, 2012).

Tabulka 11 Hodnoty respiračního kvocientu (RQ) (Skipper, 2012)

Zdroj energie	**RQ**
Tuky	0,7
Proteiny	0,8
Sacharidy (glukóza)	0,95 - 1,00
Smíšená strava	0,85
Čistá syntéza tuků	> 1,01
Hyperventilace	> 1,10
Ketóza	< 0,60

Přístroj pro nepřímou kalorimetrii je složen z několika komponent, kterými jsou analyzátor spotřeby O_2, analyzátor výdeje CO_2, zařízení pro měření objemu vdechovaného a vydechovaného vzduchu a procesor, který zmíněná data zpracovává a analyzuje (Zadák, 2008). Systém indirektní kalorimetrie může být uzavřený či otevřený. Při využití uzavřeného systému (Obrázek 8) je pacient během měření izolován od okolního ovzduší a nadechuje se ze zásobníku s obsahem čistého kyslíku. Vydechovaný vzduch jde do dalšího zásobníku, kde je z něho oddělen oxid uhličitý. Pokles objemu plynu v uzavřeném systému koreluje se spotřebou kyslíku, ze které je následně vypočten energetický výdej. Uzavřený systém je využíván u pacientů na umělé plicní ventilaci.

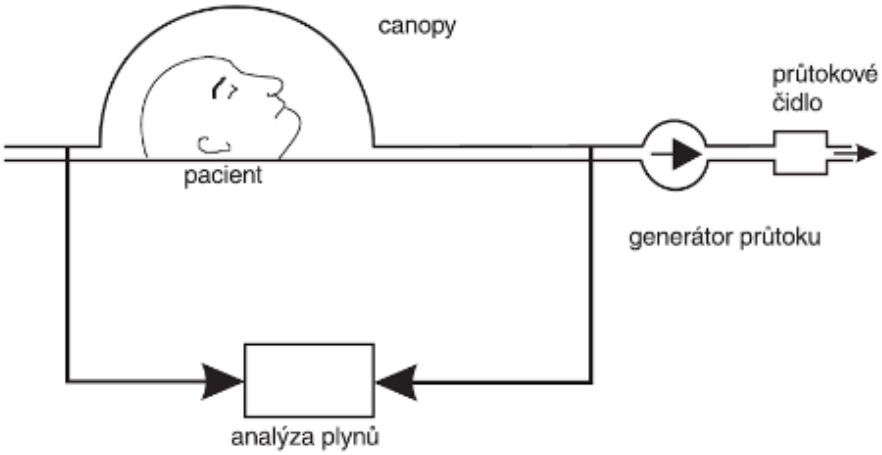
Obrázek 8 Nepřímá kalorimetrie – uzavřený systém (Zadák, 2008)



V případě otevřeného systému (Obrázek 9) pacient dýchá vzduch z okolního prostředí a vydechovaný vzduch je shromažďován. Zařízení stanoví objem vdechovaného kyslíku (VO_2) a objem vydechovaného oxidu uhličitého (VCO_2). Metoda otevřeného

systému je určena pro spontánně dýchající pacienty a je využívána nejčastěji. Měření plynů může být provedeno prostřednictvím náustku a nosní svorky, případně pomocí obličejové masky zakrývající nos i ústa. Vždy je třeba dbát na bezchybné těsnění masky k obličeji pacienta, protože jakýkoli únik vzduchu při nádechu či výdechu vede k získání neplatných dat. Největší pohodlí při měření zajišťuje průhledná komora obklopující pacientovu hlavu zvaná kanopa (Skipper, 2012).

Obrázek 9 Měření nepřímé kalorimetrie – otevřený systém (Zadák, 2008)



K měření mohou být použita jak nepřenosná, tak i přenosná zařízení. Ze studií vyplývá, že se přenosná zařízení neliší svou přesností od těch nepřenosných (Rubenbauer et al., 2006). Stejné výsledky přinesla i americká studie porovnávající tradiční zařízení nepřímé kalorimetrie s ručními zařízeními (Stewart, Goody & Branson, 2005). Nebyl zjištěn významný rozdíl mezi těmito dvěma přístroji. Výhodou přenosných zařízení je možnost měření energetického výdeje za podmínek klidových, postprandiálních i při fyzické aktivitě.

Metoda nepřímé kalorimetrie je dnes považována za metodu volby, která umožňuje přesně stanovit nejen klidový energetický výdej organismu, ale i hodnotu postprandiální termogeneze a výdeje energie fyzickou aktivitou. Představuje tak individualizovaný postup pro stanovení energetického výdeje u konkrétního jedince. V klinické praxi tuto metodu z časových a finančních důvodů nelze při preskripci redukční diety využívat plošně. Je však velmi spolehlivým nástrojem pro odhalení nespolupráce ze strany pacienta, kdy se redukce hmotnosti nedaří dosáhnout, přestože energetický propočet zapsaného jídelníčku pacienta je velmi nízký.

7.3.2 Podmínky správného měření nepřímé kalorimetrie

Přesnost měření v ambulantních podmínkách závisí především na dodržení určitých podmínek (Skipper, 2012):

- pacient by měl odpočívat v poloze na zádech po dobu delší než 30 minut před zahájením měření
- pacient by měl být při měření ve fyzickém i psychickém klidu, ale neměl by spát
- pacient má být měřen minimálně 2 hodiny po jídle
- pacient by neměl požívat alkohol, nikotin ani léky mající vliv na vzestup energetického výdeje
- pacient by neměl vykonávat namáhavou fyzickou činnost minimálně 4-6 hodin před měřením
- pacient má být měřen na pohodlném lůžku v poloze vleže, v tichém a teplotně neutrálním prostředí
- před měřením musí být provedena kalibrace přístroje dle požadavků výrobce
- pacient musí být v ustáleném stavu (steady state) po dobu alespoň 5 minut

8. Metody stanovení energetického příjmu

Pro hodnocení energetické bilance je třeba znát kromě velikosti energetického výdeje na jedné straně i velikost energetického příjmu na straně druhé. Zjistit reálný energetický příjem daného jedince za delší časový úsek je velice obtížné. Žádná z dostupných metod neposkytuje zcela přesná data. Největší výpovědní hodnotu při odhadu aktuálně přijaté energie má metoda vyhodnocování záznamu stravy.

8.1 Retrospektivní metody stanovení příjmu energie

Různé protokoly o výživě využívající retrospektivní sběr informací jsou zatíženy značnými metodickými chybami, podávají kreslené informace a mohou nám poskytnout pouze určitou představu o složení stravy a jídelním režimu pacienta. Při hodnocení současného energetického příjmu mají pouze velmi omezený význam. Frekvenční jídelní dotazník (food frequency questionnaire, FFQ) lze využít pro zjištění stravovacích zvyklostí pacienta. Otázky v dotazníku se týkají frekvence konzumace jednotlivých potravin či skupin potravin za dané časové období. Další metodou je 24 hodinová rekapitulace jídelníčku (24 hodinový recall) vedená prostřednictvím řízeného rozhovoru, kdy je respondent dotazován ohledně všech potravin a tekutin, které zkonzumoval za předchozí den. Z jednoho dne jistě nelze stanovit průměrný energetický příjem, ze kterého by bylo možné vycházet. Jedná se o metodu využívanou spíše v rámci epidemiologických studií (Kunešová et al., 2016).

8.2 Prospektivní metody stanovení příjmu energie

Metoda jídelního záznamu samotným pacientem a následný propočet záznamu představuje z dostupných metod tu s největší výpovědní hodnotou. Správně sestavený jídelní záznam za dobu 7-14 dnů poskytne nejen informace o složení stravy a časovém rozložení jídel během dne, ale také o velikosti porcí či impulzech vedoucích ke konzumaci některých jídel (Tabulka 12). Z řádně zapsaného jídelníčku lze propočtem v některé z dostupných nutričních databází vypočítat vstupní příjem energie i živin a následně stanovit přiměřenou energetickou restrikci. Zpravidla se v první fázi příjem energie snižuje o 10-15 %. Zcela zásadní je pacienta instruovat, jak správně má jídelníček zapisovat. Pacient by měl mít ve zdravotníka důvěru, aby se nebál zapsat do jídelníčku skutečně všechno, co snědl a vypil. Ke ztrátě důvěry ze strany pacienta mohou vést i nevhodné, často i posměšné poznámky zdravotníka týkající se jednotlivých položek v poctivě zapsaném jídelníčku. Za jakýkoli záznam stravy je třeba pacienta v první řadě pochválit, nikoli ihned upozorňovat na chyby.

Tabulka 12 Pravidla správného záznamu jídelníčku (Zlatohlávek a kol., 2016)

Pravidlo zápisu	Důvod
1. Zapisovat vše okamžitě po konzumaci	Pozdější záznamy vedou k podhodnocování příjmu stravy.
2. Zapisovat čas konzumace jednotlivých jídel	Rozložení jídel během dne hraje důležitou roli.
3. Zapisovat přesnou hmotnost konzumovaných potravin	Při odhadech dochází k velkému podhodnocení porcí, v důsledku čehož mohou být výsledná doporučení neadekvátně přísná.
4. Zapisovat i nápoje	Alkoholické i některé nealkoholické nápoje mohou obsahovat značné množství energie.
5. Zapisovat pocity a nálady při jídle (hlad, chuť, stres, radost, smutek)	Impulzy vedoucí ke konzumaci konkrétních potravin mohou ovlivnit následná nutriční doporučení, případně mohou poukázat na nezbytnost zapojení psychologa do léčebného postupu.
6. Zapisovat i místo konzumace a okolnosti	Příležitostí ke konzumaci méně vhodných potravin a nápojů je mnoho (oslavy, návštěvy, pracovní akce, večerní posezení u televize), rozbor těchto situací s nutričním terapeutem, případně psychologem může být zásadní.

Zápis jídelníčku má mnoho pozitivních aspektů:

- Pacient sám v celém procesu redukce hmotnosti udělá první krok, prokáže tak vůli ke změně. Zdravotník (lékař, nutriční terapeut, zdravotní sestra) není tím, kdo prokazuje větší snahu v rámci redukčního režimu než pacient.
- Pacient si při zapisování většinou sám uvědomí, jaké chyby ve svém stravování dělá, diskuze o nich je poté podstatně jednodušší.
- Pacient často již při zápisu automaticky upravuje své stravování (ať už vědomě či nevědomě), dochází tak většinou k úbytku prvních kilogramů již v období záznamu jídelníčku.
- Pokud je k dispozici konkrétní jídelní záznam, není třeba opakovat obecné zásady redukční diety, které jsou pacientům často velmi dobře známé.
- Cílem je, aby pacient pochopil, že dostat předpis diety nepovede k dlouhodobě úspěšné redukci hmotnosti. Jedinou cestou je zápis jídelníčku a jeho následná analýza ve spolupráci s odborníkem, na základě které pacient pochopí princip redukčního režimu. Předpis si bude schopen vytvářet sám.

Zajímavé výsledky přinesla studie, která sledovala dlouhodobou úspěšnost redukčního režimu u skupiny obézních pacientů (Schusdziarra et al., 2011). Těmto

pacientům byl na podkladě vstupního zapsaného jídelníčku individuálně nastaven stravovací režim se zaměřením na energetickou hodnotu potravin a frekvenci stravy. Redukce hmotnosti u nich pokračovala i po ukončení fáze počátečního léčebného dohledu, což ukazuje na dobrou adherenci k nastavené dietě.

8.2.1 Význam self-monitoringu v redukčním režimu

Zásadní význam tzv. self-monitoringu (sebemonitorování či sebekontroly) v podobě záznamu příjmu potravin, nápojů, případně i pohybové aktivity je v rámci redukčních programů zřejmý jak z klinické praxe, tak z dostupných literárních zdrojů. Systematický přehled (Burke, Wang & Sevick, 2011) 15 studií ukázal, že self-monitoring stravy, pohybu a vývoje hmotnosti je signifikantně pozitivně spojen s hmotnostním úbytkem a že hmotnostní úbytek je výraznější u těch, kteří prováděli záznamy stravy dlouhodobě pravidelně. I poznatky z dalších klinických studií naznačují, že self-monitoring může hrát klíčovou úlohu v úspěšném dlouhodobém řízení hmotnosti jako účinný nástroj na podporu hubnutí (Laitner, Minski & Perri, 2016). Výsledky studií zdůrazňují důležitost pokračovat v self-monitoringu i po ukončení počáteční fáze léčby pro následné udržení dosaženého hmotnostního poklesu.

Rozvoj technologií umožňujících jednodušší monitoraci stravování a pohybové aktivity by mohly snížit zátěž spojenou s prováděním self-monitoringu a mohly by tak zvýšit adherenci k redukčnímu režimu. V současnosti je již téměř samozřejmostí on-line analýza stravovacího režimu díky snadnému přístupu do rozsáhlé databáze jídel, automatickému výpočtu denního příjmu energie a živin, či možnosti uložení položek často konzumovaných pokrmů. K jednoduché monitoraci pohybové aktivity mohou sloužit dnes cenově dostupné pedometry s možností stahování dat do mobilního telefonu či počítače, což umožňuje jak pacientovi, tak i zdravotníkovi efektivně porovnat úroveň výdeje energie s energetickým příjmem v každém jednotlivém dnu a sledovat vzájemný vývoj těchto proměnných.

8.2.2 Limitace metody záznamu stravy

Přestože je metoda záznamu jídelníčku z dostupných metod tohoto typu nejspolehlivější, energetický příjem za delší období se obtížně zjišťuje. Jedinou metodou schopnou určit energetickou bilanci i bez údajů o příjmu stravy je metoda dvojitě značené vody. Při vyhodnocování záznamu stravy je třeba počítat s tím, že obézní jedinci mají tendenci svůj energetický příjem podhodnocovat. Často se z jejich strany setkáváme s tvrzením, že nemají energetický příjem vyšší než štíhlé osoby a že se jim nedaří hmotnost redukovat, přestože přijímají 6000 kJ a méně.

Podhodnocování energetického příjmu u obézních osob bylo doloženo v klinických studiích, které srovnávaly výsledky metody dvojitě značené vody se záznamy o příjmu stravy získanými od pacientů. Bylo prokázáno, že obézní jedinci výrazně podhodnocují

svůj energetický příjem, a to o 20-50 %, oproti 10-30 % u jedinců s normální hmotností (Kasper & Burghardt, 2015). Ve studii ze studií z roku 1986 (Prentice et al.) zkoumající míru podhodnocení skutečného energetického příjmu u obézních žen byla zjištěna průměrná míra podhodnocen 33 % (téměř 3500 kJ). Ze studií dále vyplývá, že podhodnocování energetického příjmu při záznamu jídelníčku nevychází ze systematického podhodnocování velikosti porcí u všech potravin, ale že se týká potravin s vysokým obsahem tuků a/nebo cukrů, které jsou obecně považovány za „špatné pro zdraví“ (sladkosti, moučníky, smažená jídla). V souvislosti s podceňováním energetického příjmu tedy dochází k selektivnímu podhodnocování příjmu tuků a cukru (Livingstone & Black, 2003; Lafay, 2000).

V klinické praxi nemusí být přesné výpočty energetického příjmu u obézních pacientů potřebné. Pokud se s pacientem podaří při opakovaných konzultacích jídelníčku domluvit určité změny ve složení a rozložení stravy, které povedou k postupné redukci hmotnosti, lze se bez přesných propočtů obejít. Finská studie (Soini, Mustajoki & Eriksson, 2016) hodnotila prostředky a typické změny stravovacích návyků, které jsou spojeny s úspěšnou a dlouhodobou redukcí hmotnosti. Jako stěžejní se ukázalo snížení vstupního energetického příjmu a frekvence jídel 3-5/den. Snížení energetického příjmu bylo dosaženo snížením frekvence konzumace potravin o vysoké energetické hodnotě, jako jsou sladkosti, sladké pečivo, uzeniny a fastfood. Vyšší frekvence vážení tělesné hmotnosti a prohlubování znalostí o výživě se prokazatelně projevily rovněž jako užitečné. Jako stěžejní se zcela evidentně potvrdila potřeba celkové změny směřující k zdravějšímu životnímu stylu.

9. Praktická část

9.1 Cíl práce

Hlavním cílem práce (C1) je u vybrané skupiny obézních jedinců srovnat výsledky měření metodou nepřímé kalorimetrie a výsledky výpočtu dle prediktivní rovnice Harrise-Benedicta při stanovování klidového energetického výdeje (REE). Nepřímá kalorimetrie je považována za metodu referenční.

Dále byly stanoveny dílčí cíle práce:

C2 Zjistit průměrnou procentuální i absolutní číselnou odchylku, které dosahují hodnoty REE vypočítané podle rovnice Harrise-Benedicta v porovnání s hodnotami REE získanými nepřímou kalorimetrií.

C3 Zjistit, v jakém procentu případů dosahují hodnoty REE vypočítané dle rovnice odchylky ± 10 % v porovnání s naměřenými hodnotami REE.

9.2 Hypotézy

Pro splnění cíle práce jsem si stanovila následující hypotézy:

H1 Mezi výsledky metody nepřímé kalorimetrie a prediktivní rovnice Harrise-Benedicta existuje statisticky významný rozdíl.

H2 Vypočítaná hodnota REE bude dosahovat odchylky ± 10 % v porovnání s naměřenou hodnotou méně než v 50 % případů.

9.3 Úkoly

K splnění cílů práce a k řešení hypotéz jsem si stanovila tyto úkoly:

- U vybraného vzorku obézních jedinců získat výsledek měření klidového energetického výdeje metodou nepřímé kalorimetrie
- u téhož vzorku obézních jedinců vypočítat hodnotu klidového energetického výdeje prostřednictvím prediktivní rovnice Harrise-Benedicta na základě údajů o věku, pohlaví, výšce a aktuální hmotnosti
- zvolit testovací kritérium a získaná data statisticky vyhodnotit
- formulovat závěry.

9.4 Metodika

9.4.1 Výzkumný soubor

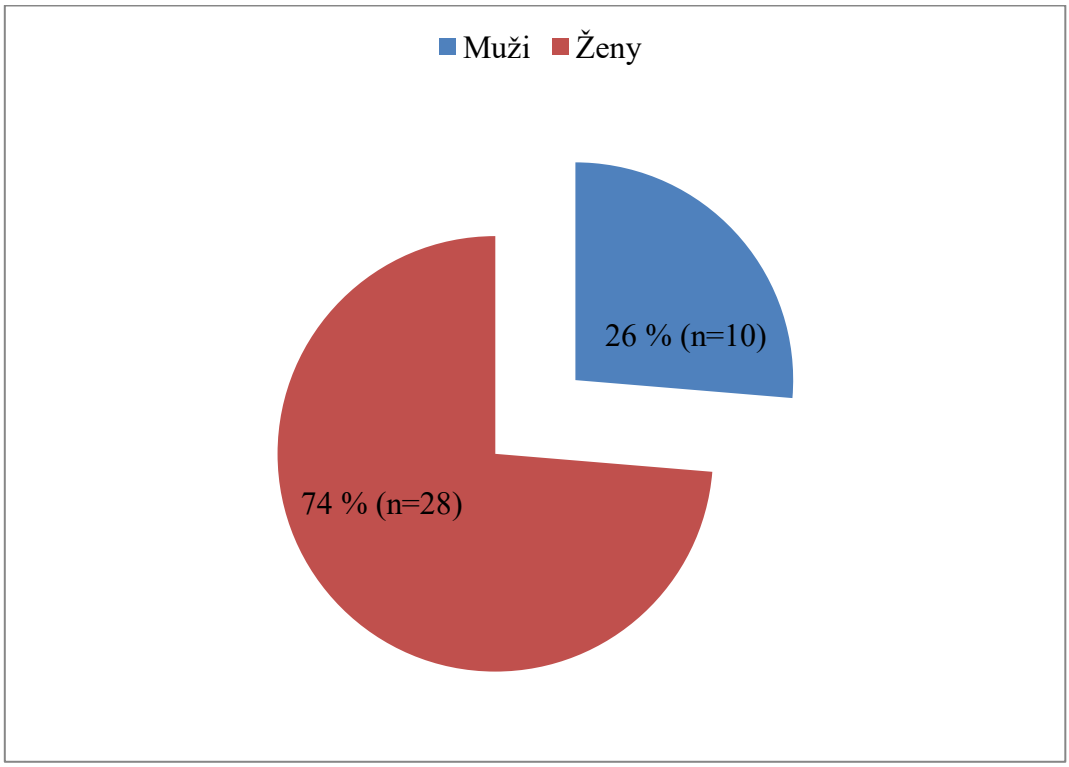
Výzkumný soubor zahrnuje 38 obézních jedinců, pacientů Všeobecné fakultní nemocnice. V souboru je 28 žen a 10 mužů (Graf 1). Průměrný věk je 48 let (medián 50,

SD 11,71 let), průměrné BMI 42,88 kg/m^2 (medián 40,99, SD 9,09 kg/m^2). Charakteristika výzkumného souboru je uvedena v tabulce (Tabulka 13). Jedinci byli do výzkumného souboru vybráni bez ohledu na fázi vývoje hmotnosti, přítomnost některé z komorbidit obezity (hypertenze, diabetes mellitus 2. typu) a farmakoterapii.

Tabulka 13 Charakteristika výzkumného souboru

Charakteristika	**Průměrná hodnota souboru (n=38)**
Věk (roky)	48 ± 11,71
Hmotnost (kg)	121 ± 29,26
Index tělesné hmotnosti (kg/m^2)	42,88 ± 9,09

Graf 1 Zastoupení mužů a žen ve zkoumaném souboru



9.4.2 Použité výzkumné metody

Nepřímá kalorimetrie

U všech jedinců ve výzkumném souboru bylo provedeno jedno měření metodou nepřímé kalorimetrie (NK). Měření probíhalo v Ústavu tělovýchovného lékařství 1. LF UK. Pro docílení přesných výsledků byly při měření všech jedinců z výzkumného souboru zachovány podmínky měření:

- Měření probíhalo na pohodlném lůžku v poloze vleže, v tichém a teplotně neutrálním prostředí
- byl zajištěn fyzický klid měřené osoby 15 minut před měřením
- měření probíhalo po minimálně 8hodinovém lačnění
- měřená osoba byla během měření ve fyzickém i psychickém klidu, ale nespala
- měřená osoba nepožívala alkohol ani nikotin minimálně 8 hodin před měřením
- měřená osoba nevykonávala namáhavou fyzickou činnost minimálně 8 hodin před měřením
- měřená osoba byla v ustáleném stavu po dobu alespoň 5 minut
- před měřením byla provedena kalibrace přístroje dle požadavků výrobce.

Prediktivní rovnice Harrise-Benedicta

U všech jedinců ve výzkumném souboru byla vypočtena hodnota REE rovnicí Harrise-Benedicta (HB) (Tabulka 14). Do rovnice byl dosazen údaj o věku, pohlaví, výšce a aktuální hmotnosti jedince. Jelikož výsledný výpočet dle rovnice Harrise-Benedicta přináší hodnotu klidového energetického výdeje (REE), nikoli bazálního energetického výdeje (BMR), jak bylo popsáno v teoretické části práce, nemusela být data získaná z rovnice Harrise-Benedicta dále upravována.

Tabulka 14 Rovnice Harrise-Benedicta (Harris & Benedict, 1918)

výpočet pro ženy	REE = 655,0955 + (9,5634 × váha v kg) + (1,8496 × výška v cm) − (4,6756 × věk v letech) kcal/den
výpočet pro muže	REE = 66,473 + (13,7516 × váha v kg) + (5,0033 × výška v cm) − (6,755 × věk v letech) kcal/den

9.4.3 Stanovení cílových odchylek pro srovnání

Za účelem zhodnocení procentuální odchylky vypočítané hodnoty REE v porovnání s naměřenou hodnotou REE byla přesnost definována jako procento jedinců v souboru, u kterých vypočítaná hodnota REE dosahuje ±10 % změřené hodnoty REE. Pro stanovení meze chyb ±10 % existují dva důvody:

1. 10% míra chyb pro porovnání výsledků nepřímé kalorimetrie a prediktivní rovnice byla volena i v klinických studiích s podobným cílem výzkumu. Na základě toho mohou být výsledky výzkumu v rámci této práce porovnány s výsledky vybraných klinických studií.
2. 10% míra chyb pro přesnost predikce byla stanovena v souladu s údajem o odchylce v rámci měření nepřímou kalorimetrií, která je v odborných pracích udávána jako 5 % (Frankenfield et al., 2005).

Za účelem zhodnocení absolutní číselné odchylky vyjádřené v kilojoulech (kJ) byla jako dobrá shoda vypočítané hodnoty REE s naměřenou hodnotou REE stanovena odchylka ± 500 kJ.

9.4.4 Analýza dat

Získaná data byla zpracována v programech Microsoft Excel a Statistica.

9.4.5 Statistický test

Jako testovací kritérium byl zvolen parametrický test - párový t-test na střední hodnotu. Párový t-test slouží k porovnání středních hodnot mezi prvními a druhými prvky uspořádaných dvojic v rámci jednoho výběrového souboru. Získané hodnoty tvoří páry a reprezentují při testování jak kontrolní tak i pokusnou skupinu porovnávaných dat. V testu vycházíme z rozdílů získaných párových hodnot. Testujeme hypotézu (H_0), že rozdíl středních hodnot mezi prvními a druhými prvky uspořádaných párů je nulový. Výsledkem je zjištění, zda se výsledky v jedné skupině významně liší od výsledků v druhé skupině. Jestliže hodnota testovacího kritéria (t Stat) nespadá do intervalu kritického oboru (t krit (2)), tedy platí vztah t stat > t krit(2), zamítá se nulová hypotéza (H_0), tzn. rozdíl středních hodnot mezi prvními a druhými prvky uspořádaných dvojic je statisticky významný.

Postup párového t-testu:

- Vypočítat rozdíly párových hodnot u výběrového souboru (n = počet párů)
- ze zjištěných rozdílů vypočítat aritmetický průměr a směrodatnou odchylku
- ze získaných údajů vypočítat testovací kritérium (t Stat)
- stanovit počet stupňů volnosti výběrového souboru pro vyhledání tabulkové kritické hodnoty (v = n-1)
- zvolit hladinu významnosti (α)
- stanovit tabulkovou kritickou hodnotu (t krit (2))
- vypočtené testovací kritérium (t Stat) porovnat s tabulkovou kritickou hodnotou (t krit (2).

9.5 Výsledky

9.5.1 Splnění hlavního cíle

Hlavní cíl (C1) U vybrané skupiny obézních jedinců srovnat výsledky měření metodou nepřímé kalorimetrie a výsledky výpočtu dle prediktivní rovnice Harrise-Benedicta při stanovování klidového energetického výdeje (REE).

K srovnání výsledků byl zvolen párový t-test na střední hodnotu (Tabulka 15). Postup párového t-testu:

1. Výpočet testovacího kritéria – t Stat = 2,1207
2. hladina významnosti – $\alpha = 0,05$.
3. stanovení kritického oboru (tabulkové kritické hodnoty) – t krit (2) = 2,0262.
4. porovnání hodnoty t krit (2) s hodnotou t Stat.

Hodnota t Stat dosahuje vyšší hodnoty než hodnota kritického oboru (t krit (2)):

t Stat > t krit (2)

Tento vztah (t Stat > t krit(2)) dokazuje statisticky významný rozdíl mezi výsledky prediktivní rovnice Harrise-Benedicta a metody nepřímé kalorimetrie na základě 5% hladiny významnosti.

Tabulka 15 Párový t-test na střední hodnotu

	rovnice HB (kJ)	**kalorimetrie (KJ)**
Stř. hodnota	8461,876016	8006,125263
Rozptyl	3681594,428	2804188,314
Pozorování	38	38
Pears. korelace	0,736179849	
Hyp. rozdíl stř. hodnot	0	
Rozdíl	37	
t Stat	2,120723124	
P(T<=t) (1)	0,020355325	
t krit (1)	1,68709362	
P(T<=t) (2)	0,04071065	
t krit (2)	2,026192463	

9.5.2 Splnění dílčího Cíle 2

Cíl 2 (C2) Zjistit průměrnou procentuální i absolutní číselnou odchylku, které dosahují hodnoty REE vypočítané podle rovnice Harrise-Benedicta v porovnání s hodnotami REE získanými nepřímou kalorimetrií.

Průměrná procentuální odchylka vypočítané hodnoty REE v porovnání s naměřenou hodnotou REE je 7 ± 17 %.

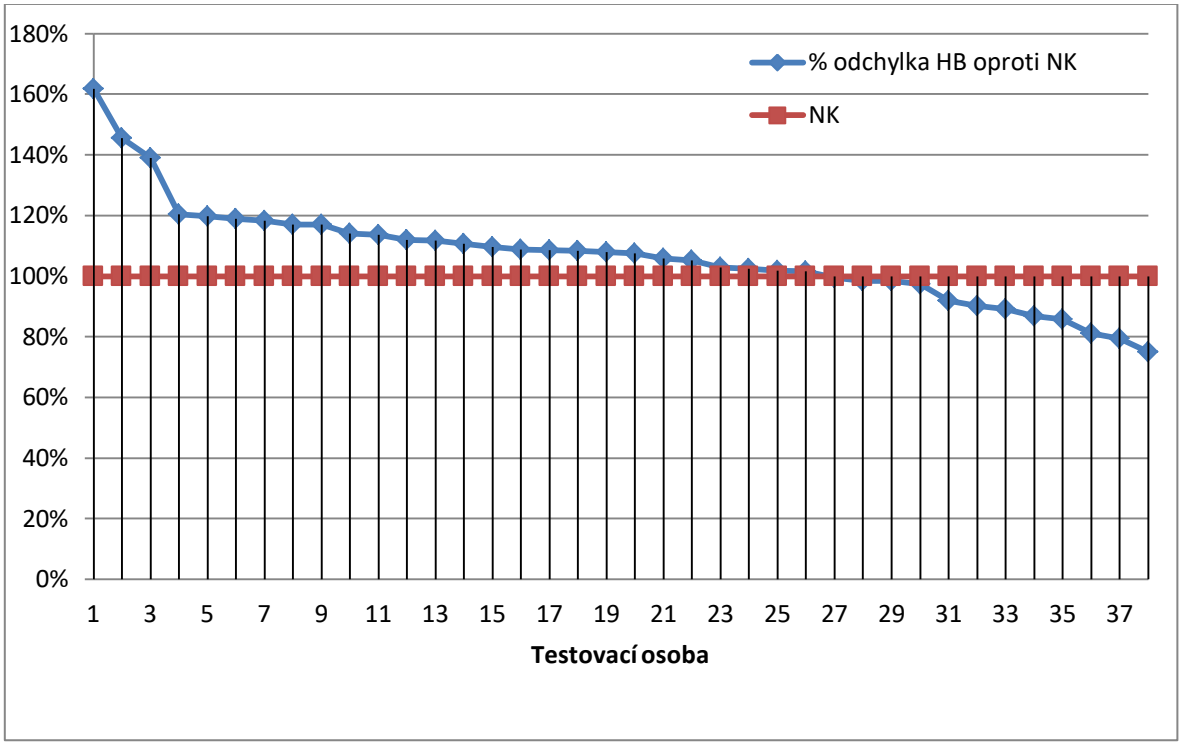
Průměrná absolutní odchylka vypočítané hodnoty REE v porovnání s naměřenou hodnotou REE je 456 ± 1325 kJ.

Průměrná procentuální a absolutní odchylka byla zjištěna z jednotlivých hodnot procentuálních a absolutních odchylek, kterých dosahovaly vypočítané hodnoty REE v porovnání s hodnotami REE změřenými nepřímou kalorimetrií (Tabulka 16). Grafické znázornění odchylek ukazuje graf (Graf 2).

Tabulka 16 Procentuální (PO) a absolutní (AO) odchylky hodnot REE dle rovnice HB v porovnání s hodnotami dle NK

PO (podhodnocení 1-25 %) n=12	**AO (kJ)**	**PO (nadhodnocení 2-11 %) n=13**	**AO (kJ)**	**PO (nadhodnocení ≥ 12 %) n=13**	**AO (kJ)**
75 %	-2541	102 %	101	112 %	737
79 %	-1668	102 %	113	112 %	963
81 %	-1535	102 %	202	114 %	1046
86 %	-1504	103 %	221	114 %	1128
87 %	-1121	105 %	308	117 %	1144
89 %	-823	106 %	365	117 %	1289
90 %	-811	108 %	502	118 %	1291
92 %	-732	108 %	551	119 %	1349
97 %	-278	108 %	636	120 %	1434
98 %	-140	109 %	721	120 %	2040
99 %	-118	109 %	772	139 %	2576
99 %	-64	110 %	775	146 %	3781
		111 %	781	162 %	3829

Graf 2 Procentuální odchylky hodnot REE dle rovnice HB v porovnání s výsledky NK



Srovnání výsledků metod

V tabulce (Tabulka 17) je shrnuta popisná statistika výsledků obou srovnávaných metod, tedy prediktivní rovnice Harrise-Benedicta (HB) a nepřímé kalorimetrie (NK).

Tabulka 17 Popisná statistika metod – srovnání (uvedené hodnoty jsou v kilojoulech [kJ])

Metoda	Střední hodnota	Medián	Modus	Směrodatná odchylka	Rozptyl	Maximum	Minimum
HB	8462	7748	není	1919	3681594	13486	6188
NK	8006	8031	není	1675	2804188	11973	4164

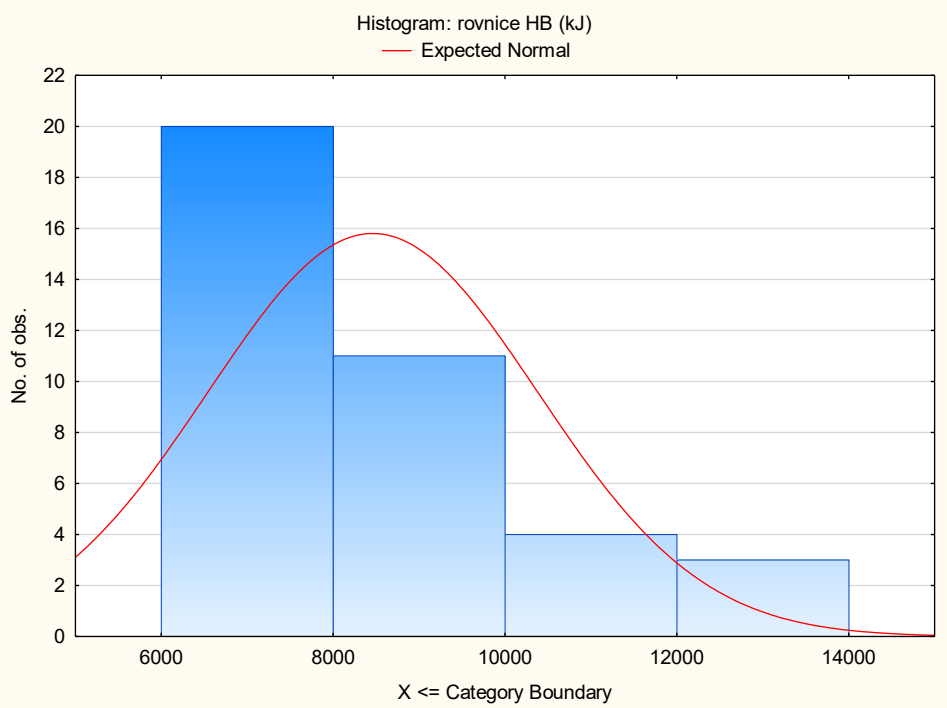
Výsledky výpočtu dle rovnice Harrise-Benedicta

Tabulka 18 Popisná statistika dat získaných dle rovnice HB (hodnoty v kilojoulech [kJ])

	Střední hodnota	Směrodatná odchylka	Medián	Modus	Rozptyl hodnot	Maximum	Minimum
Všichni	**8462**	**1919**	**7748**	**není**	**3681594**	**13486**	**6188**
Muži	10851	1482	10451	není	2196606	13486	9147
Ženy	7609	1201	7361	není	1443346	11909	6188

Střední hodnota výsledků výpočtu REE dle rovnice Harrise-Benedicta je 8462 ± 1919 kJ/den. Medián je 7748 kJ. Hodnota mediánu je nižší než střední hodnota, což ukazuje na velký rozptyl hodnot (3681594). Minimální hodnota je 6188 kJ. Maximální hodnota je 13486 kJ. Modus nelze určit vzhledem ke skutečnosti, že každý údaj nabývá jiné hodnoty.

Graf 3 Histogram – distribuce hodnot REE získaných rovnicí Harrise--Benedicta



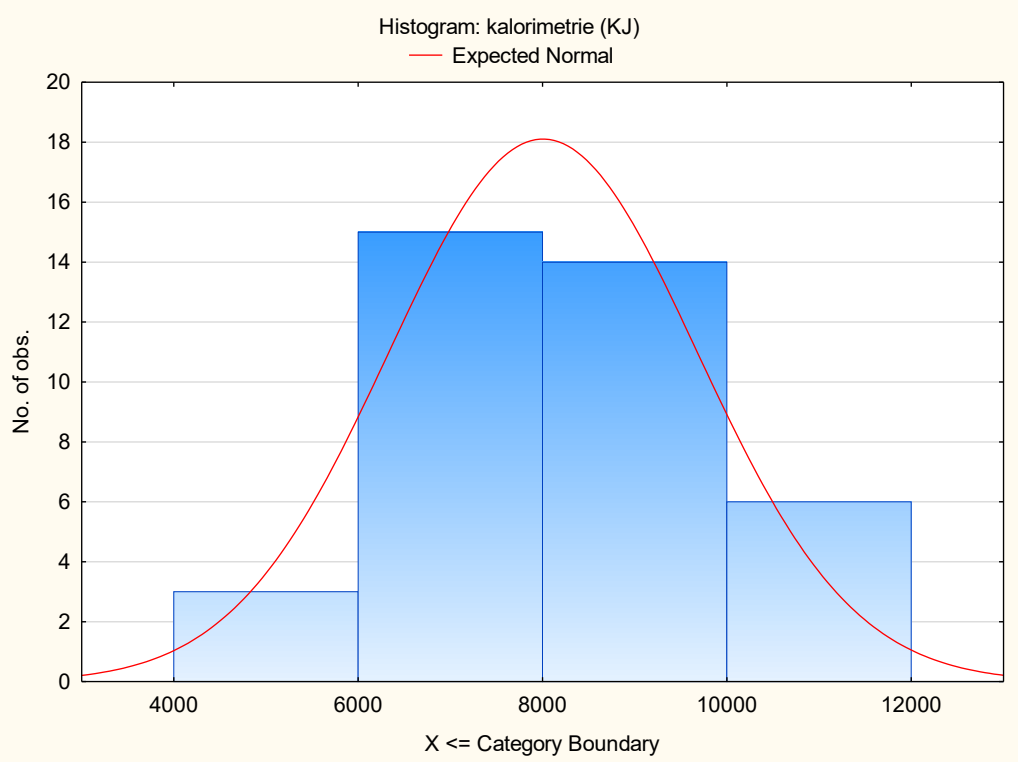
Výsledky měření REE metodou nepřímé kalorimetrie

Tabulka 19 Popisná statistika dat získaných metodou NK (hodnoty v kilojoulech [kJ])

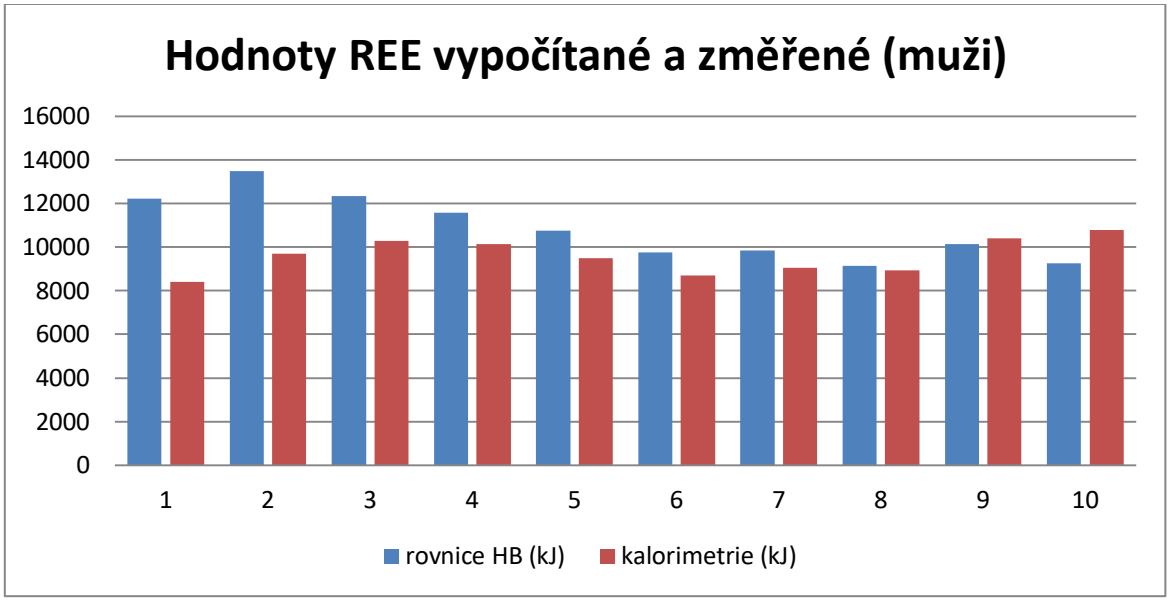
	Střední hodnota	Směrodatná odchylka	Medián	Modus	Rozptyl hodnot	Maximum	Minimum
Všichni	**8006**	**1675**	**8031**	**není**	**2804188**	**11973**	**4164**
Muži	9590	803	9592	není	644723	10781	8403
Ženy	7440	1538	7426	není	2366352	11973	5164

Střední hodnota výsledků měření REE metodou nepřímé kalorimetrie je 8006 ± 1675 kJ/den. Medián je 8031 kJ. Hodnota mediánu a střední hodnota jsou blízké, což ukazuje na menší rozptyl mezi hodnotami (2804188). Minimální hodnota je 4164 kJ. Maximální hodnota je 11973 kJ. Modus nelze určit, jelikož žádné údaje nedosahují stejné hodnoty.

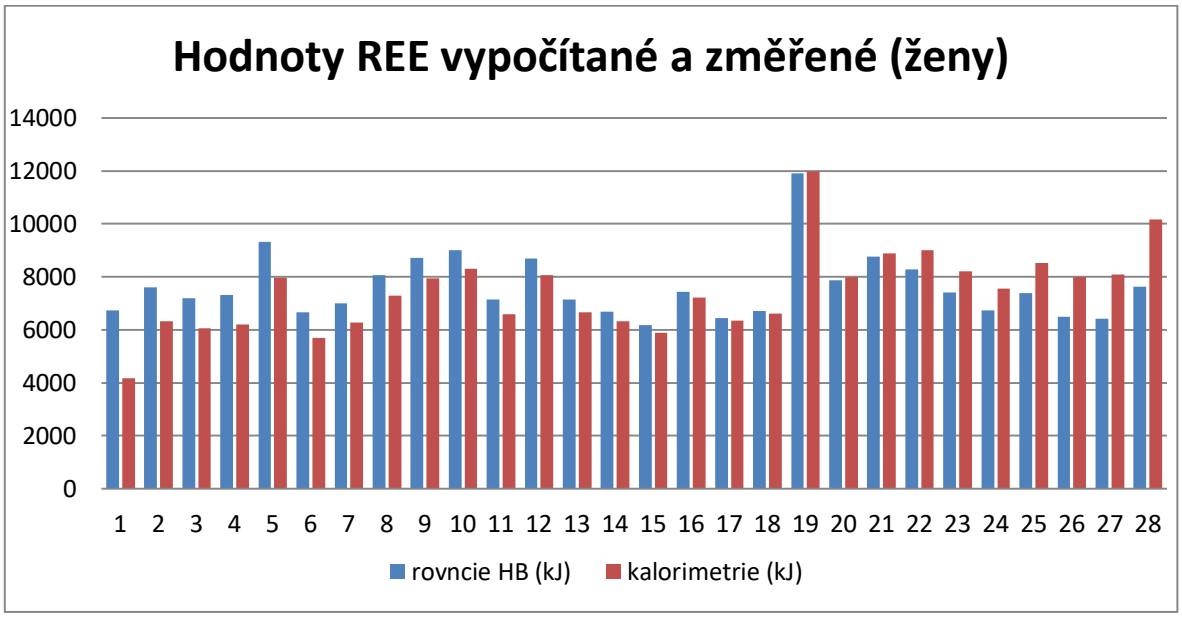
Graf 4 Histogram – distribuce hodnot REE získaných nepřímou kalorimetrií



Graf 5 Porovnání výsledků rovnice Harrise-Benedicta a nepřímé kalorimetrie - muži



Graf 6 Porovnání výsledků Harrise-Benedicta a nepřímé kalorimetrie - ženy

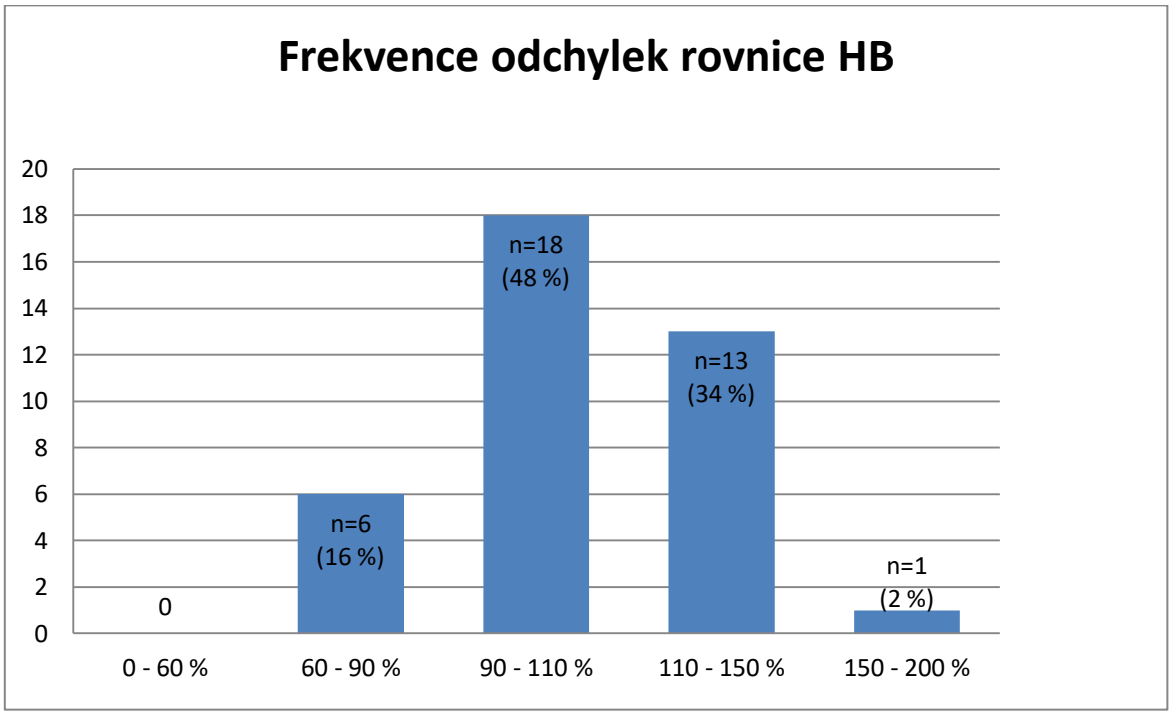


9.5.3 Splnění dílčího Cíle 3

Cíl 3 (C3) Zjistit, v jakém procentu případů dosahují vypočítané resp. předpokládané hodnoty REE odchylky ± 10 % v porovnání s naměřenou hodnotou REE.

Hodnoty REE vypočítané podle rovnice Harrise-Benedicta dosahují v porovnání s hodnotami REE změřenými nepřímou kalorimetrií ± 10% odchylky pouze v 48 % případů (n=18) (Graf 7).

Graf 7 Frekvence odchylek vypočítaných hodnot REE v porovnání s hodnotami dle NK



Sloupcový graf znázorňuje frekvenci odchylek vypočítaných hodnot REE. Hodnoty REE vypočítané podle rovnice Harrise-Benedicta dosahují v porovnání s hodnotami REE změřenými nepřímou kalorimetrií ± 10% odchylky pouze v 48 % případů (n=18). V 6 případech (n=6) byla odchylka větší než ± 10 % ve smyslu podhodnocení reálné hodnoty, v 14 případech (n=14) byla odchylka větší než ± 10 % ve smyslu nadhodnocení reálné hodnoty.

Při hodnocení absolutních číselných odchylek mezi vypočítanou a naměřenou hodnotou REE vyjádřených v kilojoulech (kJ) bylo zjištěno, že dobré shody (± 500 kJ) bylo dosaženo pouze v 26 % případů (n= 10).

9.5.4 Závěry k formulovaným hypotézám

Formulované hypotézy (H) odpovídaly cíli práce:

H1 Mezi výsledky metody nepřímé kalorimetrie a prediktivní rovnice Harrise-Benedicta existuje statisticky významný rozdíl.

H2 Vypočítaná hodnota REE bude dosahovat odchylky ± 10 % v porovnání s naměřenou hodnotou méně než v 50 % případů.

K formulované Hypotéze 1 (H1) s ohledem na dosažené výsledky lze konstatovat:

Mezi výsledky metody nepřímé kalorimetrie a prediktivní rovnice Harrise-Benedicta existuje na základě 5% hladiny významnosti statisticky významný rozdíl.

K formulované Hypotéze 2 (H2) s ohledem na dosažené výsledky lze konstatovat:

Vypočítaná hodnota REE dosahuje odchylky ± 10 % v porovnání s naměřenou hodnotou v méně než v 50 % případů. Konkrétně je 10% míry chyb dosaženo pouze v 48 % případů.

9.5.5 Validita závěrů

Rozsah zkoumaného souboru a způsob jeho výběru neumožňují zobecňovat závěry výzkumu na celou populaci. Přesto jsou výsledky této práce konzistentní se stavem dosavadních poznatků v dané problematice.

10. Diskuze

Obezita je výsledkem individuálně vzniklé poruchy energetické bilance, k níž nejčastěji dochází kombinací vlivů zevního obezitogenního prostředí spolu s genetickými predispozicemi daného jedince. Pro dosažení redukce hmotnosti je nezbytné docílit negativní energetické bilance. Problematika redukce hmotnosti je však v praxi složitá a většině obézních pacientů se z různých důvodů dlouhodobě nedaří hmotnost redukovat a především si dosažený váhový úbytek následně udržet. Jedním z faktorů může být nevhodně nastavená redukční dieta ve smyslu náhlé a příliš výrazné energetické restrikce, často v kombinaci s vyřazením jedné či více skupin potravin, což ve výsledku vede k selhání takové diety a opětovnému nárůstu hmotnosti.

Energetickou potřebu obézního pacienta je obtížné určit. Dietní doporučení týkající se energetického příjmu by mělo co nejvíce zohlednit individuální energetický výdej. Celkový energetický výdej daného jedince je však výrazně variabilní a obtížně měřitelný. Abychom mohli stanovit optimální denní příjem energie, museli bychom znát všechny tři složky celkového výdeje energie za den. Jelikož klidový energetický výdej (REE) tvoří přibližně 60-70 % z celkového denního výdeje energie, odhady denní energetické potřeby vyžadují minimálně znalost přesných hodnot REE. Lze je získat metodou nepřímé kalorimetrie, která patří mezi nejpřesnější způsoby stanovení REE. Jedná se však o metodu časově i finančně náročnou a nehodí se tedy pro rutinní využití v léčbě obezity. Naproti tomu dostupnou, jednoduchou a finančně nenáročnou metodu pro výpočet REE představují prediktivní rovnice. U nás je nejčastěji využívána rovnice Harrise-Benedicta s dosazením údajů o hmotnosti, výšce, věku a pohlaví jedince.

Jelikož je rovnice dle Harrise-Benedicta nejdéle používanou v klinické praxi, prošla rozsáhlou validací. V odborných pracích bylo potvrzeno, že rovnice přináší u osob s nadváhou a obezitou nepřesné výsledky. Systematický přehled (Frankenfield et al., 2005) porovnávající výsledky získané výpočtem dle rovnice Harrise-Benedicta s výsledky měření nepřímou kalorimetrií ukázal, že rovnice poskytne u obézních jedinců přesnou predikci (tzn. v rozsahu ± 10 % naměřených hodnot) pouze v 38-64 % případů. Podobné výsledky byly zjištěny i v ostatních klinických studiích. Pouze 50-60 % pacientů má naměřenou hodnotu REE v rozsahu ± 10 % předpokládaných hodnot (Schusdziarra et al., 2014; Pavlou et al., 1986). Shodného výsledku bylo dosaženo i v praktické části této diplomové práce. Z celkového počtu 38 obézních osob z výzkumného souboru totiž dosahovala hodnota REE vypočítaná rovnicí Harrise-Benedicta odchylky ± 10 % v porovnání s hodnotou naměřenou nepřímou kalorimetrií pouze u 18 z nich, tedy v 48 % případů.

Přestože důkazy vyplývající z mnoha klinických studií odrážejí značné rozdíly mezi předpokládanými a naměřenými hodnotami REE, prediktivní rovnice jsou nadále využívány. Z hlediska statistiky fungují prediktivní rovnice velmi dobře ve skupině osob,

pokud jsou však aplikovány na jedince, jak tomu je v klinické praxi, může docházet k významné míře chybovosti. Mezi průměrnými hodnotami získanými výpočtem dle rovnice Harrise-Benedicta a průměrnými naměřenými hodnotami je patrná dobrá shoda i v případě výzkumu v rámci praktické části této práce (průměrná procentuální odchylka 7 ± 17 %, průměrná absolutní číselná odchylka 456 ± 1325 kJ). Při vyhodnocování konkrétních případů se však projevuje výrazná variabilita odchylek mezi vypočítanou a naměřenou hodnotou. Opět ke stejným závěrům došly rovněž již zmíněné studie.

V klinické praxi bývá energetická potřeba stanovována na základě výpočtu REE rovnicí Harrise-Benedicta a odhadu výdeje energie fyzickou aktivitou. Nejčastěji je však pacientovi předán rámcový jídelníček diety o energetické hodnotě 5000-5500 kJ (pro ženy) a 5500 – 7500 kJ (pro muže) bez zhodnocení reálné energetické potřeby. Je zřejmé, že takový denní energetický příjem zpravidla dosahuje hodnot pod úrovní klidového energetického výdeje daného pacienta. Tento fakt lze potvrdit i na základě průměrného REE zjištěného metodou nepřímé kalorimetrie ve výzkumném souboru této práce, které bylo u mužů 9590 ± 803 kJ a u žen 7440 ± 1538 kJ. Energetický příjem o hodnotě nižší než je REE daného jedince vede k úbytku aktivní tělesné hmoty a poklesu bazálního resp. klidového energetického výdeje. Především však vede k tomu, že pacient v horizontu dnů či týdnů přestane takovou dietu dodržovat a svůj příjem energie postupně navýší, čímž dojde k opětovnému nárůstu hmotnosti. Obavy plynoucí z nedostatku důvěry v lékaře či jiného zdravotníka často nedovolí pacientovi sdělit jim své problémy s dodržováním diety a pacient tedy ujišťuje sebe i zdravotníka, že dietu drží. Nastává začarovaný kruh, v rámci kterého se prohlubuje nedůvěra zdravotníka v pacienta a narůstá jeho skepse ohledně úspěšnosti režimu i u dalších obézních pacientů.

Individuálně nastavená redukční dieta by mohla minimalizovat přílišnou restrikci energetického příjmu a tím zvýšit adherenci k dietě a šanci na její dlouhodobé udržení. Předání standardního předpisu redukční diety by mělo být nahrazeno vysvětlením principu redukčního režimu a postupnou domluvou konkrétních změn ve stravování na základě vstupního zapsaného jídelníčku. Zápis jídelníčku představuje jedinou jednoduše dostupnou metodu, která nám může poskytnout informace o aktuálním energetickém příjmu pacienta i jeho stravovacích zvyklostech, a umožní tak stanovit přiměřenou energetickou restrikci. Ačkoli je zřejmé, že mají obézní jedinci tendenci podhodnocovat svůj energetický příjem, stále je záznam stravy samotným pacientem nenahraditelným nástrojem pro aplikaci teoretických zásad redukční diety do praxe. Energetický příjem navíc u obézních jedinců každodenně kolísá až v rozmezí 5000-5400 kJ (1200-1300 kcal) (Schusdziarra et al., 2014). V důsledku toho se konstantní dodržování předepsaného příjmu energie zdá být spíše málo pravděpodobné. Důležitým faktorem, který zvyšuje pravděpodobnost pravdivého zápisu jídelníčku, je důvěra pacienta ve zdravotníka, neboť tehdy se pacient nebude obávat zapsat do jídelníčku vše, co doopravdy zkonzumoval.

Pojem dieta by měl být pacientem vnímán spíše v původním smyslu slova, tedy jako běžná strava, nikoli jako nepříjemné přechodné opatření, jelikož cílem redukčního režimu je nejen postupná redukce hmotnosti, ale i udržení dosaženého váhového úbytku. Úspěšné redukce hmotnosti i následného udržení hmotnostního poklesu lze dosáhnout i bez striktních redukčních diet. Individuální nutriční konzultace s pacientem vedoucí k trvalé změně stravovacích zvyklostí se zaměřením na potraviny s vysokou energetickou denzitou jsou klíčovým nástrojem k dosažení dlouhodobých žádoucích výsledků. Při preskripci redukčního energetického příjmu se nelze vzhledem k vysoké míře individuální nepřesnosti spoléhat na odhady REE získané výpočtem. Systematický přehled z roku 2016 (Madden, Mulrooney & Shah) potvrdil, že žádná z dostupných prediktivních rovnic nepřináší u obézních jedinců přesné odhady REE. Neexistují tedy důkazy podporující využití prediktivních rovnic pro stanovení energetické potřeby obézních jedinců.

11. Závěr

V praktické části této diplomové práce byly srovnávány dvě metody pro určení klidového energetického výdeje (REE) u souboru obézních jedinců, a to nepřímá kalorimetrie a prediktivní rovnice Harrise-Benedicta. Z výsledků srovnání je patrné, že mezi daty získanými výpočtem dle rovnice Harrise-Benedicta a daty získanými metodou nepřímé kalorimetrie je statisticky významný rozdíl. Průměrná procentuální odchylka hodnot (7 ± 17 %) a průměrná absolutní odchylka (456 ± 1325 kJ) ukazují na dobrou shodu středních hodnot výběrů. Při vyhodnocování konkrétních případů se však projevuje významná variabilita odchylek mezi vypočítanou a naměřenou hodnotou. Hodnoty vypočítané rovnicí Harrise-Benedicta dosahují ve výzkumném souboru 10% míry chyb pouze v 48 % případů (n=18) v porovnání s hodnotami změřenými nepřímou kalorimetrií. Využití prediktivních rovnic přináší u obézních jedinců nepřesné výsledky. Důvodem je především nefyziologický poměr tukové a svalové tkáně, přičemž tuková tkáň vykazuje podstatně nižší metabolickou aktivitu. Roli jistě hraje i snížení úrovně klidového energetického výdeje v důsledku předchozích redukčních režimů. Metoda nepřímé kalorimetrie je při zachování správných podmínek měření považována za nejpřesnější dostupnou metodu, ovšem nelze ji využít plošně u všech pacientů v rámci terapie obezity. Vzhledem k vysoké míře individuální nepřesnosti nemá význam spoléhat se při preskripci redukčního energetického příjmu pro obézního jedince na odhady klidového energetického výdeje získané výpočtem z prediktivních rovnic. Úspěšné redukce hmotnosti i následného udržení hmotnostního poklesu lze dosáhnout i bez rigidních dietních předpisů, a to prostřednictvím individuálních nutričních konzultací a rozboru jídelního záznamu s pacientem, které povedou k trvalé změně stravovacích zvyklostí.

Seznam zkratek

BMI – index tělesné hmotnosti (z anglického *body mass index*)

BMR – bazální energetický výdej (z anglického *basal metabolic rate*)

DLW – dvojitě značená voda (z anglického *doubly labeled water*)

FA – fyzická aktivita

FFQ – frekvenční jídelní dotazník (z anglického *food frequency questionnaire*)

HB – Harris-Benedict

kcal – kilokalorie

kJ – kilojoule

LBM – beztuková tělesná hmota (z anglického *lean body mass*)

NK – nepřímá kalorimetrie

PAL – úroveň fyzické aktivity (z anglického *physical activity level*)

PAR – poměr fyzické aktivity (z anglického *physical activity ratio*)

REE – klidový energetický výdej (z anglického *resting energy expenditure*)

RQ – respirační kvocient (z anglického *respiratory quotient*)

TEE – celkový energetický výdej (z anglického *total energy expenditure*)

TEF – termický efekt potravy (z anglického *thermic effect of food*)

Seznam použité literatury

Bender, D.A. (2008). Introduction to nutrition and metabolism. (4th ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.

Bray, G. A., & Bouchard, C. (2014). Handbook of obesity: epidemiology, etiology, and physiopathology. (Vol. 1, 3rd ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.

Burke, L. E., Wang, J., & Sevick, M. A. (2011). Research: Self-monitoring in weight loss: a systematic review of the literature. Journal Of The American Dietetic Association, 111(1), 92-102. doi:10.1016/j.jada.2010.10.008

DeLany, J.P. (1997). Doubly Labeled Water for Energy Expenditure. In Emerging technologies for nutrition research: potential for assessing military performance capability. Washington, D.C.: National Academy Press. Retrieved from https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK233774/

Flegal, K.M., Kit, B.K., Orpana, H., & Graubard, B.I. (Jan 2013). Association of all-cause mortality with overweight and obesity using standard body mass index categories: a systematic review and meta-analysis. JAMA, 309(1), 71-82. doi:10.1038/sj.bdj.2013.131

Frankenfield, D., Roth-Yousey, L., & Compher, C. (2005). Research: Comparison of predictive equations for resting metabolic rate in healthy nonobese and obese adults: a systematic review. Journal of the American Dietetic Association, 105(5), 775-789. doi:10.1016/j.jada.2005.02.005

Gropper, S.S., & Smith, J.L. (2013). Advanced Nutrition and Human Metabolism. (6th ed.). Belmont, USA: Wadsworth/Cengage Learning.

Hainer, V. (2011). Základy klinické obezitologie. (2. vyd.). Praha: Grada.

Harris, J. A., & Benedict, F. G. (1918). A biometric study of human basal metabolism. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 4(12). 370-3. doi: 10.1073/pnas.4.12.370

Haugen, H.A., Chan, L.N., & Li, F. (2007). Indirect Calorimetry: A practical guide for clinicians. Nutrition in Clinical Practice, 22(4), 377-388. doi: 10.1177/0115426507022004377

Holeček, M. (2006). Regulace metabolizmu cukrů, tuků, bílkovin a aminokyselin. Praha: Grada.

Jésus, P., Achamrah, N., Grigioni, S., Charles, J., Rimbert, A., Folope, V., & ... Coëffier, M. (2015). Original article: Validity of predictive equations for resting energy expenditure according to the body mass index in a population of 1726 patients followed in a Nutrition Unit. Clinical Nutrition, 34(3), 529-535. doi:10.1016/j.clnu.2014.06.009

Kasper, H., & Burghardt, W. (2015). Výživa v medicíně a dietetika (překlad 11. vydání), přeložil Procházka, K. Praha: Grada.

Kittnar, O., & Mlček, M. (2009). Atlas fyziologických regulací: 329 schémat. Praha: Grada.

Kunešová,M., Doležalová,K., Dostálová,J., Fried, M., Hainer, V., Haluzík, M., … Žák, A. (2016). Základy obezitologie. Praha: Galén.

Lafay, L., Mennen, L., Basdevant, A., Charles, M. A., Borys, J. M., Eschwège, E., & Romon, M. (2000). Does energy intake underreporting involve all kinds of food or only specific food items? Results from the Fleurbaix Laventie Ville Santé (FLVS) study. International Journal Of Obesity And Related Metabolic Disorders: Journal Of The International Association For The Study Of Obesity, 24(11), 1500-1506.

Laitner, M. H., Minski, S. A., & Perri, M. G. (2016). The role of self-monitoring in the maintenance of weight loss success. Eating Behaviors, 21,193-197. doi:10.1016/j.eatbeh.2016.03.005

Livingstone, M.B., & Black, A.E. (2003). Markers of the validity of reported energy intake. The Journal of Nutrition, 133(3), 895-920. Retrieved from https://search-proquest-com.ezproxy.is.cuni.cz/docview/197448397?accountid=15618

Madden, A., Mulrooney, & H. Shah, S. (2016). Estimation of energy expenditure using prediction equations in overweight and obese adults: A systematic review. Journal Of Human Nutrition And Dietetics, 29(4), 458-476. doi:10.1111/jhn.12355

Mifflin, M. D., St Jeor, S. T., Hill, L. A., Scott, B. J., Daugherty, S. A., & Koh, Y. O. (1990). A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. The American Journal Of Clinical Nutrition, 51(2), 241-247.

Ortner Hadžiabdić, M., Mucalo, I., Hrabač, P., Matić, T., Rahelić, D., & Božikov, V. (2015). Factors predictive of drop-out and weight loss success in weight management of obese patients. Journal Of Human Nutrition & Dietetics, 2824-32.

Owen, O. E., Holup, J. L., D'Alessio, D. A., Craig, E. S., Polansky, M., Smalley, K. J., ... Boden, G. (1987). A reappraisal of the caloric requirements of men. The American Journal Of Clinical Nutrition, 46(6), 875-885.

Owen, O. E., Kavle, E., Owen, R. S., Polansky, M., Caprio, S., Mozzoli, M. A., ... Boden, G. (1986). A reappraisal of caloric requirements in healthy women. American Journal Of Clinical Nutrition, 44(1), 1-19.

Pavlou, K., Hoefer, M., & Blackburn, G. (1986). Resting energy expenditure in moderate obesity. Predicting velocity of weight loss. Annals Of Surgery, 203(2), 136-141.

Prentice, A.M., Black, A.E., Coward, W.A., Davies, H.L., Goldberg, G.R., Murgatroyd, P.R., ... Whitehead, R.G. (1986). High levels of energy expenditure in obese women. British Medical Journal (Clinical Research Edition), 292(6526). 983-987.

Reed, G. W., & Hill, J. O. (1996). Measuring the thermic effect of food. The American Journal Of Clinical Nutrition, 63(2), 164-169.

Rokyta, R. (2015). Fyziologie a patologická fyziologie: pro klinickou praxi. Praha: Grada.

Rubenbauer, J.R, Jobannsen, D.L., Baier, S.M., Litchfield, R., & Flakoll, P.J. (2006). The use of a handheld calorimetry unit to estimate energy expenditure during different physiological conditions. Journal of Parenteral and Enteral Nutrition, 30(3), 246-250. doi:10.1177/0148607106030003246

Schusdziarra, V., Wolfschläger, K., Hausmann, M., Erdmann, J., & Wagenpfeil, S. (2014). Accuracy of resting energy expenditure calculations in unselected overweight and obese patients. Annals Of Nutrition & Metabolism, 65(4), 299-309. doi:10.1159/000364953

Schusdziarra, V., Hausmann, M., Wiedemann, C., Hess, J., Barth, C., Wagenpfeil, S., & Erdmann, J. (2011). Successful weight loss and maintenance in everyday clinical practice with an individually tailored change of eating habits on the basis of food energy density. European Journal Of Nutrition, 50(5), 351-361.

Schusdziarra, V., Hausmann, M., Wittke, C., Mittermeier, J., Kellner, M., Wagenpfeil, S., & Erdmann, J. (2010). Contribution of energy density and food quantity to short-term fluctuations of energy intake in normal weight and obese subjects. European Journal Of Nutrition, 49(1), 37-43.

Skipper, A. (2012). Dietitian`s handbook of enteral and parenteral nutrition. (3rd ed.). Canada: Jones & Bartlett Learning.

Sobotka, L., Allison, S.P., Forbes, A., Ljungqvist, O., Meier, R.F., Pertkiewicz, M., … Zadák, Z. (2011). Basics In Clinical Nutrition. (4th ed.). Prague, Czechien: Galén.

Soini, S., Mustajoki, P., & Eriksson, J. G. (2016). Weight loss methods and changes in eating habits among successful weight losers. Annals Of Medicine, 48(1-2), 76-82. doi:10.3109/07853890.2015.1136428

Stewart, C., Goody, C., & Branson, R. (2005). Comparison of two systems of measuring energy expenditure. Journal of Parenteral and Enteral Nutrition, 29(3), 212-217. doi:10.1177/0148607105029003212

Svačina, Š. (2013). Obezitologie a teorie metabolického syndromu. Praha: Triton.

Svačina,Š., Aldhoon Hainerová, I., Bretšnajdrová, A., Broulík, P., Češka, R., Dusilová Sulková, S., … Živný, J. (2010). Poruchy metabolismu a výživy. Praha: Galén.

Zadák, Z. (2008). Výživa v intenzivní péči. (2. vyd.). Praha: Grada.

Zlatohlávek, L., Anderlová, K., Čablová, L., Daňková, M., Hubáček, J.A., Kravarová, E., … Zlatohlávková, D. (2016). Klinická výživa a dietologie. Praha: Current Media.

Wong, W.W., Roberts, S.B, Racette, S.B., Das, S.K., Redman L.M., Rochon. J., … Kraus W.E. (Feb 2014). The doubly labeled water method produces highly reproducible longitudinal results in nutrition studies. J. Nutr, 144, 777–783; doi:10.3945/jn.113.187823.

Seznam tabulek

Tabulka 1 Klasifikace nadváhy a obezity podle BMI 3
Tabulka 2 Obvod pasu a metabolická rizika obezity 3
Tabulka 3 Přehled dalších metod měření podílu tukové tkáně 4
Tabulka 4 Průvodní onemocnění a komplikace obezity 5
Tabulka 5 Složky celkového energetického výdeje 13
Tabulka 6 Hodnoty PAL při různé úrovni aktivity 18
Tabulka 7 Klasifikace PAL podle typu životního stylu 18
Tabulka 8 Rovnice Harrise-Benedicta pro výpočet REE 24
Tabulka 9 Rovnice Mifflin-St Jeor 25
Tabulka 10 Rovnice Owena 25
Tabulka 11 Hodnoty respiračního kvocientu (RQ) 29
Tabulka 12 Pravidla správného záznamu jídelníčku 33
Tabulka 13 Charakteristika výzkumného souboru 37
Tabulka 14 Rovnice Harrise-Benedicta 38
Tabulka 15 Párový t-test na střední hodnotu 40
Tabulka 16 Procentuální (PO) a absolutní (AO) odchylky hodnot REE dle rovnice HB v porovnání s hodnotami dle NK 41
Tabulka 17 Popisná statistika metod – srovnání 42
Tabulka 18 Popisná statistika dat získaných dle rovnice HB 43
Tabulka 19 Popisná statistika dat získaných metodou NK 44

Seznam grafů

Graf 1 Zastoupení mužů a žen ve zkoumaném souboru..... 37
Graf 2 Procentuální odchylky hodnot REE dle rovnice HB v porovnání s výsledky NK .. 42
Graf 3 Histogram – distribuce hodnot REE získaných rovnicí Harrise--Benedicta 43
Graf 4 Histogram – distribuce hodnot REE získaných nepřímou kalorimetrií..... 44
Graf 5 Porovnání výsledků rovnice Harrise-Benedicta a nepřímé kalorimetrie - muži..... 45
Graf 6 Porovnání výsledků Harrise-Benedicta a nepřímé kalorimetrie - ženy..... 45
Graf 7 Frekvence odchylek vypočítaných hodnot REE v porovnání s hodnotami dle NK. 46

Seznam obrázků

Obrázek 1 Faktory určující energetickou bilanci organismu 10
Obrázek 2 Vývoj hmotnosti při pozitivní a negativní energetické bilanci 11
Obrázek 3 Složky celkového energetického výdeje 13
Obrázek 4 Faktory určující bazální metabolismus 14
Obrázek 5 Podíl jednotlivých orgánů a tkání na BMR resp. REE 15
Obrázek 6 Teorie metody dvojitě značené vody 26
Obrázek 7 Metoda přímé kalorimetrie 27
Obrázek 8 Nepřímá kalorimetrie – uzavřený systém 29
Obrázek 9 Měření nepřímé kalorimetrie – otevřený systém 30

Přílohy

Příloha 1 – Zdrojová data pro výzkum - muži

Příloha 2 – Zdrojová data pro výzkum - ženy

Příloha 3 – Popisná statistika získaných dat

Příloha 4 – Příklad výsledku měření nepřímou kalorimetrií č. 1

Příloha 5 – Příklad výsledku měření nepřímou kalorimetrií č. 2

Příloha 1

Zdrojová data pro výzkum - muži

Testovaná osoba	Věk	Váha (kg)	Rovnice HB (kJ)	Kalorimetrie (kJ)	HBR-NK (kJ)	odchylka HBR oproti NK (%)	BMI (kg/m^2)
T1	57	169,5	12232	8403	3829	146%	51,17
T2	33	178,4	13486	9705	3781	139%	52,13
T3	52	172,1	12335	10295	2040	120%	57,50
T4	61	162	11562	10128	1434	114%	52,30
T5	53	145	10768	9479	1289	114%	47,89
T6	50	126	9759	8713	1046	112%	41,62
T7	31	117	9841	9061	781	109%	37,35
T8	55	116	9147	8927	221	102%	36,20
T9	54	132,3	10135	10412	-278	97%	40,83
T10	57	122,7	9246	10781	-1535	86%	43,47

Příloha 2

Zdrojová data pro výzkum – ženy

Testovaná osoba	Věk	Váha (kg)	Rovnice HB (kJ)	Kalorimetrie (kJ)	HBR-NK (kJ)	odchylka HBR oproti NK (%)	BMI (kg/m^2)
T11	45	90	6740	4164	2576	162%	33,06
T12	34	108	7606	6315	1291	120%	44,38
T13	48	101,5	7204	6060	1144	119%	33,91
T14	50	106,1	7326	6198	1128	118%	36,71
T15	23	141	9313	7964	1349	117%	44,50
T16	57	95	6659	5696	963	117%	37,58
T17	45	97,3	7001	6265	737	112%	37,54
T18	53	130	8061	7286	775	111%	58,56
T19	27	129	8715	7943	772	110%	43,10
T20	44	145	9015	8295	721	109%	49,01
T21	50	102,5	7150	6600	551	108%	37,20
T22	31	133	8697	8060	636	108%	51,95
T23	66	112	7156	6654	502	108%	44,86
T24	55	94	6697	6332	365	106%	34,95
T25	52	80	6188	5880	308	105%	30,11
T26	55	112	7425	7223	202	103%	41,14
T27	56	88,2	6453	6340	113	102%	32,40
T28	29	82	6718	6616	101	102%	30,86
T29	33	212,5	11909	11973	-64	99%	74,40
T30	50	123	7863	7981	-118	99%	53,24
T31	41	136,8	8754	8893	-140	98%	45,71
T32	48	130	8283	9014	-732	92%	47,75
T33	44	106	7408	8219	-811	90%	38,47
T34	64	98,4	6743	7566	-823	89%	34,05
T35	41	105	7396	8516	-1121	87%	40,01
T36	64	94	6498	8002	-1504	81%	36,26
T37	65	93	6430	8098	-1668	79%	36,33
T38	68	122	7633	10174	-2541	75%	40,76

Příloha 3

Popisná statistika získaných dat

Výsledky výpočtu REE dle rovnice Harrise-Benedicta

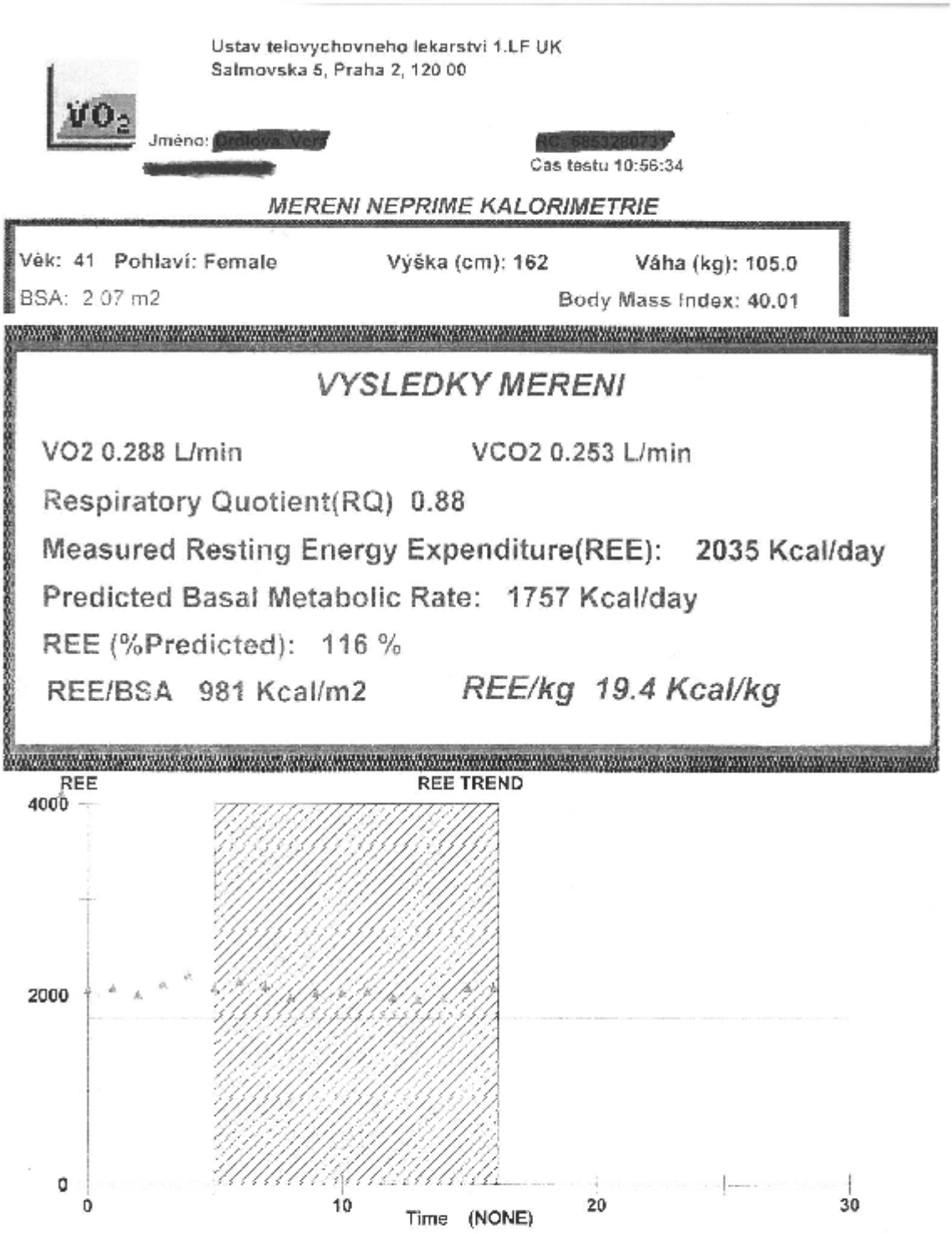
Rovnice HB (kJ)	
Stř. hodnota	8461,876016
Chyba stř. hodnoty	311,2620502
Medián	7747,739046
Modus	##############
Směr. odchylka	1918,748141
Rozptyl výběru	3681594,428
Špičatost	0,21879527
Šikmost	1,025673116
Minimum	6187,610804
Maximum	13485,96974
Součet	321551,2886
Počet	38

Výsledky měření REE metodou nepřímé kalorimetrie

Kalorimetrie (KJ)	
Stř. hodnota	8006,125263
Chyba stř. hodnoty	271,651301
Medián	8031,015
Modus	################
Směr. odchylka	1674,571084
Rozptyl výběru	2804188,314
Špičatost	-0,172185108
Šikmost	0,130999092
Minimum	4164,075
Maximum	11973,285
Součet	304232,76
Počet	38

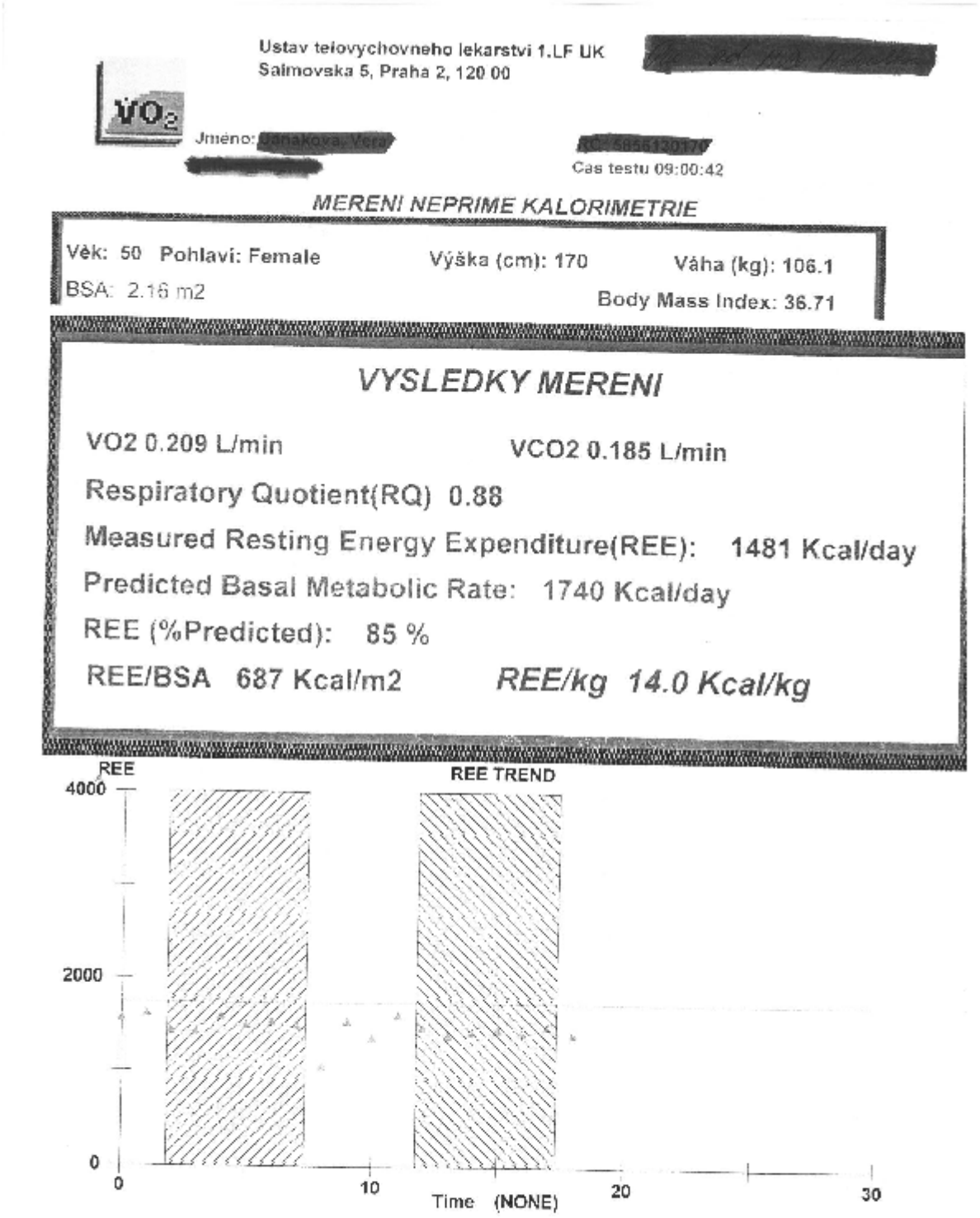
Příloha 4

Příklad výsledku měření nepřímou kalorimetrií č. 1 - hodnota změřeného REE vyšší než hodnota vypočteného REE



Příloha 5

Příklad výsledku měření nepřímou kalorimetrií č. 2 – hodnota změřeného REE nižší než hodnota vypočteného REE



EVIDENCE VÝPŮJČEK

Prohlášení:

Beru na vědomí, že odevzdáním této závěrečné práce poskytuji svolení ke zveřejnění a k půjčování této závěrečné práce za předpokladu, že každý, kdo tuto práci použije pro svou přednáškovou nebo publikační aktivitu, se zavazuje, že bude tento zdroj informací řádně citovat.

V Praze, 27. 4. 2017

Aneta Sadílková

Jako uživatel potvrzuji svým podpisem, že budu tuto práci řádně citovat v seznamu použité literatury.

Jméno	Ústav /pracoviště	Datum	Podpis