



UNIVERZITA KARLOVA
I. lékařská fakulta

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Nutriční specialista

Bc. Alžběta Staňová

Vliv tělesného složení na hodnotu klidového energetického výdeje u obézních pacientů

Effect of body composition on resting metabolic rate in obese patients

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. Aneta Sadílková

Praha, 2021

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem řádně uvedla a citovala všechny použité prameny a literatury. 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, 26. 04. 2021

Bc. Alžběta Staňová

.....

Podpis

Identifikační záznam

STAŇOVÁ, Alžběta. Vliv tělesného složení na hodnotu klidového energetického výdeje u obézních pacientů. [Effect of body composition on resting metabolic rate in obese patients]. Praha, 2021. 71 s., 1 příl. Diplomová práce (Mgr.). Univerzita Karlova, 1. lékařská fakulta, III. Interní klinika - klinika endokrinologie a metabolismu 1. LF UK a VFN v Praze. Vedoucí práce Sadílková, Aneta.

Poděkování

Ráda bych poděkovala Mgr. Anetě Sadílkové za odborné vedení mé závěrečné diplomové práce, cenné rady, věcné připomínky a ochotu při konzultacích. Mé díky patří i zaměstnancům III. interní kliniky 1. LF UK a VFN v Praze za pomoc při sběru dat pro praktickou část této práce.

ABSTRAKT

Úvod: V popředí léčby obezity zůstávají konzervativní metody zaměřené na změnu stravovacích návyků a zapojení pohybové aktivity. Pro nastavení adekvátního redukčního režimu je zapotřebí znát energetickou potřebu daného jedince. Stěžejní jsou informace o energetickém příjmu a výdeji. Energetický výdej je ale v praxi jen těžko stanovitelný, neboť se skládá ze 3 složek. Největší vliv na velikost energetického výdeje má bazální, respektive klidový výdej energie (RMR), který je ovlivněn především tělesným složením jedince. Pokud se k určení velikosti RMR použije rutinně používaný výpočet dle predikční rovnice, namísto stanovení RMR nepřímou kalorimetrií (NK), která je považována za zlatý standard, dochází u jedinců s abnormálním tělesným složením zpravidla k nadhodnocení nebo podhodnocení energetické potřeby.

Cíle: Cílem práce je analyzovat data o RMR získaná pomocí NK v souvislosti s údaji o tělesném složení. Hlavním zájmem je zjistit, jak velikost beztukové (FFM) a tukové (FM) tkáně ovlivňuje velikost RMR u osob s obezitou. Součástí práce je i porovnání naměřeného RMR s hodnotami získanými výpočtem pomocí rovnice Harrise-Benedicta (H-B), přičemž NK je považována za metodu referenční.

Metodika: Do výzkumu byli zapojeni nově příchozí pacienti obezitologické ambulance III. interní kliniky 1. LF UK a VFN v Praze s body mass indexem (BMI) ≥ 30 kg/m², u kterých v poslední době nedošlo k redukci hmotnosti. Výzkumný soubor tvořilo 85 jedinců, z toho 54 žen a 31 mužů, s průměrným BMI $39,6 \pm 7,6$ kg/m². U všech proběhlo měření tělesného složení pomocí tetrapolárního bioimpedančního přístroje InBody230 a měření velikosti RMR pomocí NK za použití přístroje Cortex MetaLyzér3B. U všech byla též stanovena hodnota RMR na základě výpočtu predikční rovnicí H-B. Stejná vyšetření podstoupila kontrolní skupina 43 jedinců s BMI 18,5-29,9 kg/m². Získané hodnoty byly následně statisticky zpracovány a vyhodnoceny.

Výsledky: Při statistickém testování závislosti RMR na FFM a RMR na FM došlo v obou případech k překročení testovacího kritéria a byla tak přijata H1 o lineární závislosti. Největší překročení kritické hodnoty bylo zjištěno u testování závislosti FFM a RMR. Mezi metodami stanovení RMR pomocí NK a výpočtem dle rovnice H-B byl zjištěn statisticky významný rozdíl pouze u žen. Absolutní číselná odchylka byla u obézních žen $877 \pm 1\,337$ kJ/den, průměrná procentuální odchylka byla $13,4 \pm 9,2$ %. U obézních mužů nevykazovaly metody statisticky významný rozdíl, i tak se RMR v průměru lišilo o $356 \pm 1\,662$ kJ/den. Průměrná procentuální odchylka byla u obézních mužů $12 \pm 11,2$ %.

Závěr: Byla zjištěna lineární závislost mezi množstvím FFM a hodnotou RMR a množstvím FM a hodnotou RMR, přičemž vztah FFM ku RMR byl signifikantnější. Ačkoli je u obézních RMR v absolutních číslech vyšší než u jedinců s normální vahou nebo nadváhou, při přepočtu RMR na kg tělesné hmotnosti je denní energetická potřeba u obézních nižší, což je pravděpodobně zapříčiněno vyšším zastoupením FM, která je proti FFM metabolicky méně aktivní. Vzhledem k tomu, že je velikost RMR ovlivněna tělesným složením, nelze z predikčních rovnic, které počítají pouze s celkovou tělesnou hmotností, získat přesné hodnoty. Při porovnání hodnot RMR naměřených NK a vypočítaných pomocí rovnice H-B byl u obézních žen zjištěn statisticky významný rozdíl. U obézních mužů vykazovaly obě metody podobné hodnoty.

Klíčová slova: klidový energetický výdej, tělesné složení, obezita, nepřímá kalorimetrie

ABSTRACT

Introduction: Changes in eating habits and incorporation of physical activities remain to be the main methods in treating obesity. To set an adequate calorie intake, which would lead to weight loss, it is necessary to determine energy needs of an individual. For that energy intake and energy expenditure need to be determinate. However, energy expenditure is difficult to determine since it is contributed of three components. Basal, respectively resting metabolic rate (RMR), which is affected by a body composition, has the greatest influence on a total energy expenditure. Indirect calorimetry (IC) is considered to be a gold standard to determine RMR. When RMR is calculated by prediction equations instead, such as Harris-Benedict (H-B) equation, energy needs are overestimate or underestimate for people with abnormal body composition.

Objectives: The aim of this study is to analyse data of RMR obtained using IC in connection to body composition. The main aim is to determine how fat free mas (FFM) and fat mass (FM) are affecting RMR in obese patients. There is also a comparation of RMR measured by the IC and RMR calculated using H-B equation as a part of this study, while IC is considered to be a reference method.

Methods: Patients new to ambulance of obesitology at General University Hospital in Prague with BMI ≥ 30 kg/m² were selected to be a part of this study. The research sample included 85 patients in total, of which 54 women and 31 men, with mean BMI of $39,6 \pm 7,6$ kg/m². All patients body composition was measured using a tetrapolar bioelectrical device InBody230. Cortex MetaLyzer3B was used to measure everyones RMR. The RMR values were also determined using Harris-Benedict equation. The same examinations were performed for a control group of 43 individuals with BMI of 18.5-29.9 kg/m². Obtained values were then statistically processed and evaluated.

Results: Dependence for both, RMR and FFM and RMR and FM, was found to be linear. The relationship between FFM and RMR was more significant. There was a significant difference between RMR measured by IC and RMR calculated by H-B equation, but just in obese women. Mean difference between these two methods was $877 \pm 1\ 337$ kJ/day in obese women and $356 \pm 1\ 662$ kJ/day in obese men. An average percentage deviation was $13,4 \pm 9,2$ % in obese women and $12 \pm 11,2$ % in obese men.

Conclusion: The relationship of RMR to FFM and RMR to FM was found to be linear, whereas the relationship between FFM and RMR was more significant. Even though RMR was grater in absolute values for obese patients than for nonobese, when RMR was divided by kg of body weight, energy needs were lower for obese patients. That might be probably due to a higher proportion of FM, which is less metabolically active than FFM. Since RMR is affected by body composition, the prediction equations, which only take into account the total body weight, do not show exact values. When RMR measured by IC and RMR calculated using H-B equations were compared, statistically significant difference was found in obese women. In obese men, both methods showed similar values.

Keywords: Resting Metabolic Rate, Body Composition, Obesity, Indirect Calorimetry

Obsah

| | |
|---|-----------|
| Úvod | 11 |
| TEORETICKÁ ČÁST | 13 |
| 1. Obezita | 13 |
| 1.1. Etiopatogeneze obezity..... | 13 |
| 1.2. Diagnostika obezity | 13 |
| 1.2.1. Anamnéza | 14 |
| 1.2.2. Fyzikální a laboratorní vyšetření..... | 14 |
| 1.3. Zdravotní komplikace obezity | 14 |
| 1.4. Prevence a léčba obezity..... | 15 |
| 1.4.1. Dietní opatření..... | 15 |
| 1.4.2. Pohybová aktivita | 16 |
| 1.4.3. Farmakoterapie | 16 |
| 1.4.4. Bariatricko metabolická chirurgie..... | 17 |
| 2. Energetická potřeba | 18 |
| 2.1. Energetický výdej | 18 |
| 2.1.1. Bazální energetický výdej | 18 |
| 2.1.2. Klidový energetický výdej | 19 |
| 2.1.3. Výdej energie daný fyzickou aktivitou | 19 |
| 2.1.4. Termický efekt stravy | 20 |
| 2.2. Stanovení klidového energetického výdeje | 21 |
| 2.3. Stanovení energetického výdeje měřením | 21 |
| 2.3.1. Přímá kalorimetrie | 21 |
| 2.3.2. Metoda dvojitě značené vody | 22 |
| 2.3.3. Nepřímá kalorimetrie | 22 |
| 2.4. Stanovení energetického výdeje pomocí predikčních rovnic | 25 |
| 2.4.1. Rovnice Harrise-Benedicta | 25 |
| 2.4.2. Ostatní rovnice | 25 |
| 2.5. Energetický výdej u obézních | 26 |
| 3. Tělesné složení | 28 |
| 3.1. Komponenty tělesného složení..... | 28 |
| 3.1.1. Tuková tkáň | 28 |
| 3.1.2. Beztuková tkáň | 29 |
| 3.2. Měření tělesného složení..... | 29 |
| 3.2.1. Antropometrie | 29 |

| | | |
|----------------------------|---|-----------|
| 3.2.2. | Duální rentgenová absorpciometrie | 32 |
| 3.2.3. | Bioimpedanční metoda | 32 |
| 3.3. | Tělesné složení u obézních..... | 33 |
| PRAKTICKÁ ČÁST..... | | 34 |
| 4. | Cíl práce | 34 |
| 4.1. | Dílčí cíle | 34 |
| 4.2. | Úkoly | 34 |
| 5. | Metodika | 34 |
| 5.1. | Měření tělesného složení..... | 35 |
| 5.2. | Nepřímá kalorimetrie | 35 |
| 5.3. | Predikční rovnice Harrise-Benedicta | 36 |
| 6. | Výzkumný soubor | 37 |
| 6.1. | Kontrolní soubor | 40 |
| 7. | Výsledky..... | 44 |
| 7.1. | Cíl 1..... | 44 |
| 7.2. | Cíl 2..... | 50 |
| 7.3. | Shrnutí výsledků | 56 |
| 8. | Diskuze | 57 |
| 9. | Závěr..... | 60 |
| 10. | Seznam použité literatury | 61 |
| 11. | Seznam grafů..... | 67 |
| 12. | Seznam tabulek | 68 |
| 13. | Seznam obrázků | 69 |
| 14. | Seznam příloh | 70 |

Seznam použitých zkratk

| | |
|------|--|
| BIA | Bioelektrická impedance |
| BM | Body Mass (tělesná hmotnost) |
| BMI | Body Mass Index (hmotnostně výškový index) |
| BMR | Basal Metabolic Rate (bazální energetický výdej) |
| DLW | Doubly Labeled Water (dvojitě značená voda) |
| DM2 | Diabetes mellitus 2. typu |
| DXA | Dual X-ray Absorptiometry (duální rentgenová absorpciometrie) |
| EAT | Excercise Activity Thermogenesis |
| FFM | Fat Free Mass (beztuková tukáň) |
| FM | Fat Mass (tuková tkáň) |
| H-B | Harris-Benedict |
| HIIT | High Interval Intensity Training (Vysoce intenzivní intervalový trénink) |
| kcal | kilokalorie |
| kJ | kilojoul |
| LCD | Low Calorie Diet (dieta o nízkém energetickém příjmu) |
| MM | Muscle Mass (svalová hmota) |
| NEAT | Non Exercise Activity Thermogenesis |
| NK | Nepřímá kalorimetrie |
| PA | Pohybová aktivita |
| PAL | Physical Activity Level (level fyzické aktivity) |
| PBF | Body Fat Percentage (procentuálního podílu tukové tkáně) |
| PT | Postprandiální termogeneze |
| RMR | Resting Metabolic Rate (klidový energetický výdej) |
| TBW | Total Body Water (celkový obsah vody v těle) |

| | |
|------|--|
| TEE | Total Energy Expenditure (celkový energetický výdej) |
| TEF | Thermic Effect of Food (termický efekt stravy) |
| VLCD | Very Low Calorie Diet (dieta o velmi nízkém energetickém příjmu) |
| WHO | World Health Organization (Světová zdravotnická organizace) |
| WHR | Waist-to-Hip Ratio (poměr obvodů pas/boky) |

Úvod

Obezita je v celosvětovém měřítku velmi rozšířeným zdravotním a socioekonomickým problémem. Jak potvrdil report z roku 2017, prevalence obezity stále narůstá. Nadváhou a obezitou trpí v současné době přes 2 miliardy dospělých a 41 milionů dětí (Globa Nutrition Report, 2017). Obezita je spojována se zvýšenou morbiditou a mortalitou. Za zmínku stojí zejména kardiovaskulární onemocnění a metabolický syndrom, jakožto nejčastější zdravotní komplikace obezity, ale i řada nádorových onemocnění, komplikací spojených s pohybovým aparátem, onemocnění ledvin, jater a další. Neměli bychom opomenout ani psychologickou a sociální problematiku, kdy obezita do značné míry narušuje celkovou kvalitu života a zhoršuje tak zvaný „well-being“ syndrom.

Jedná se o multifaktoriálně podmíněné onemocnění. U malého procenta jedinců vzniká obezita na podkladě odchylky v jednom genu nebo doprovází některá onemocnění. Ve většině případů (90 %) se na rozvoji obezity podílí polygenní dědičnost a zejména špatná životospráva. Největší vliv má přechod k sedavému způsobu života typický pro posledních několik desetiletí a zvýšená konzumace vysoce průmyslově zpracovaných potravin, tuků a slazených nápojů. Obezita je pak výsledkem pozitivní energetické bilance, kdy jedinec přijímá více energie, než během dne spotřebuje. Léčba tak spočívá zejména ve změně způsobu stravování a zapojení pravidelné pohybové aktivity s cílem dosáhnout negativní energetické bilance. Pro snížení rizik s obezitou spojených postačí ve většině případu 5-10% pokles tělesné hmotnosti. Léčbu lze dále podpořit farmakoterapií nebo bariatricko-metabolickou chirurgií.

Základem konzervativní léčby obezity jsou dietní opatření, která mají za cíl snížit energetický příjem. Pro adekvátní nastavení redukčního režimu je zapotřebí stanovit velikost dosavadního energetického příjmu a energetického výdeje, což je v praxi obtížně proveditelné. Energetický výdej se skládá ze 3 proměnných, které ovlivňuje řada faktorů, jako jsou věk, pohlaví, tělesné složení, zdravotní stav, okolní teplota a další. Jedná se o bazální metabolismus, výdej daný fyzickou aktivitou a termický efekt stravy. Ze všech složek se na velikosti celkového energetického výdeje nejvíce podílí bazální, respektive klidový, energetický výdej, zodpovědný za udržení životně důležitých funkcí organismu. Variabilita klidového energetického výdeje je dána rozdílným tělesným složením. U jedinců se stejnou tělesnou hmotností tak může klidový energetický výdej dosahovat různých hodnot. Roli zde hraje zastoupení tukové a beztukové hmoty, kdy hlavním determinantem klidového energetického výdeje je hmota beztuková, která ovlivňuje klidový výdej ze 60-80 %. Obézní jedinci mají, oproti jedincům s normální hmotností, více beztukové hmoty a mají tak i vyšší klidový výdej.

Za zlatý standard stanovení klidového energetického výdeje se považuje nepřímá kalorimetrie, jejíž klinické využití je limitováno vysokou cenou i časovou náročností samotného měření. Rutinně používanou alternativou je výpočet dle predikčních rovnic, které stanovují velikost klidového energetického výdeje pomocí základních antropometrických parametrů. U obézních jedinců je výběr vhodné predikční rovnice diskutabilní, neboť se zvyšujícím se BMI klesá jejich přesnost. Volbou nevyhovující predikční rovnice může dojít k podhodnocení nebo nadhodnocení energetické potřeby a nevhodnému nastavení dietní terapie.

Teoretická část mé diplomové práce se zabývá problematikou obezity, energetické potřeby a složení těla. Majoritní část je věnována složkám energetického výdeje se zaměřením na klidový energetický výdej a jeho stanovení pomocí měření a predikčních rovnic. V části praktické jsou analyzována data o klidovém energetickém výdeji v souvislosti s údaji o tělesném složení. Součástí je i porovnání klidového výdeje naměřeného pomocí nepřímé kalorimetrie s propočtem pomocí rovnice Harrise-Benedicta.

TEORETICKÁ ČÁST

1. Obezita

Obezitu lze definovat jako odchylku od normální hmotnosti způsobenou zmnožením tělesné hmoty, zejména tukové tkáně (Kasper, 2015). Vzhledem ke změně životního stylu moderní společnosti, zvýšení energetického příjmu a snížení energetického výdeje, prevalence obezity v celosvětovém měřítku narůstá (Piskáčková et al., 2010). Zpráva z roku 2017 udává, že nadváhou a obezitou trpí 2 miliardy dospělých a 41 milionu dětí (Global Nutrition Report, 2017). Vedle zvýšené mortality a morbidity představuje obezita i významný socioekonomický problém (Berková & Berka, 2011).

1.1. Etiopatogeneze obezity

Obezita se řadí mezi multifaktoriálně podmíněná onemocnění. Vedle vrozené predispozice, pozitivní energetické bilance a psychologických aspektů, má na rozvoj vliv i řada dalších faktorů. Z některých lze zmínit např. zanechání kouření, míru vzdělání, prenatální imprint, poruchy spánku nebo užívání některých léků (Hainer & Bendlová, 2011; Kasper, 2015). Je známo přes 200 genů ovlivňujících příjem potravy, podílejících se na rozdílném ukládání tukové tkáně a různé odpovědi na fyzickou zátěž (Berková & Berka, 2011). Interakcí těchto genů s obezitogenním prostředím vzniká nejčastější forma obezity, obezita běžná. O té hovoříme až u 90 % případů všech obezit. Největší vliv má zde přechod k sedavému způsobu života, zvýšená konzumace vysoce průmyslově zpracovaných potravin, tuků a slazených nápojů (Hainer, 2016).

U malého procenta lidí je za rozvoj obezity zodpovědné přidružené onemocnění. Může se jednat o formy obezity podmíněné genetickým podkladem. Do této kategorie spadá např. Praderův-Williho syndrom. Dále se s obezitou setkáváme u lidí s Cushingovým syndromem, hypogonadismem, hypotyreózou nebo hyperlipoproteinémií. V takovém případě mluvíme o endokrinně podmíněné obezitě. Za vzácně se vyskytující považujeme obezitu monogenní, kde za rozvoj zodpovídá mutace v jednom z genů regulujících výdej a příjem energie (Kasper, 2015).

1.2. Diagnostika obezity

V praxi se nejčastěji využívá hmotnostně výškový index (BMI). Jedná se o rychlou neinvazivní metodu, která ale neodráží zastoupení základních tělesných složek, poměr svalové a tukové tkáně. Proto se diagnostika obezity na základě výpočtu BMI používá pouze orientačně (Gába et al., 2014). Další rychlou a často využívanou metodou je měření obvodu pasu, které lépe koreluje s množstvím tukové tkáně, zejména s množstvím tuku abdominálního. Množství abdominálního tuku odráží metabolické a kardiovaskulární riziko (Berková & Berka, 2011). Obě tyto metody, výpočet BMI a měření obvodu pasu, spolu s měřením tloušťky kožních řas, spadají do antropometrických vyšetření. O antropometrii a dalších metodách stanovení tělesného složení bude podrobně pojednáno v kapitole 3. Nedílnou součástí diagnostiky je i anamnéza a fyzikální a laboratorní vyšetření (Matoulek, 2019).

1.2.1. Anamnéza

Anamnéza zahrnuje otázky odkazující na anamnézu rodinnou, osobní a obezitologickou. V rámci anamnézy rodinné zjišťujeme výskyt obezity a přidružených onemocnění v rodině. U osobní anamnézy pátráme po onemocněních s obezitou souvisejících. Častý je výskyt diabetu mellitu 2. typu (DM2), arteriální hypertenze, dyslipidemie, artrózy nosných kloubů, deprese a dalších komorbidit. Otázky by měly směřovat i na kvalitu spánku, změny nálad, míru stresu a jeho zajištění. Součástí obezitologické anamnézy může být vývoj hmotnosti v čase, zkušenosti s dietami, redukční pokusy a jejich výsledek, jídelní zvyklosti, denní režim a časové možnosti pacienta. Neméně důležitá je anamnéza sportovní a zjištění, jaký je vztah pacienta k pohybové aktivitě a jaké jsou jeho možnosti v současnosti. Odhalení abúzu alkoholu a návykových látkách může být rovněž klíčové (Matoulek, 2019).

1.2.2. Fyzikální a laboratorní vyšetření

Během fyzikálního vyšetření si všímáme všech odchylek od normy, např. výskytu strií a jejich barvy, otoků a jejich lokalizace, ortopedických vad a s nimi související schopnosti chůze, varixů na dolních končetinách, hirsutismu u žen a mnoha dalších (Kunešová, 2016; Matoulek, 2019).

Diagnostiku lze doplnit o bazální laboratorní vyšetření. Mezi sledované parametry patří: „*glykemie nalačno, celkový cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol, triglyceridy, kyselina močová, aminotransferázy, alkalická fosfatáza, gamaglutamyltransferáza, bilirubin, urea, kreatinin, TSH*“ (Berková & Berka, 2011, str. 86).

1.3. Zdravotní komplikace obezity

Obezita je označována za chronické onemocnění spojované s vysokou mírou morbidit a mortality. Za nejzávažnější komplikace považujeme kardiovaskulární onemocnění a metabolický syndrom (Sucharda, 2016). U 9 z 10 dospělých obézních najdeme v anamnéze 1 nebo více poruch vedoucích ke vzniku kardiovaskulárního onemocnění. Se zvyšující se váhou se zvyšuje počet rizikových faktorů a zkracuje se průměrná délka dožití. Mezi rizikové faktory spojené s obezitou řadíme hypertenzi, poruchy lipidového metabolismu, poruchy glukózové tolerance a hyperurikémii (Gába et al., 2014; Kasper, 2015). Za 80 % všech případů DM2, 35 % ischemické choroby srdeční a 55 % arteriální hypertenze je zodpovědná nadváha a obezita (Tsigos et al., 2008). Snížením tělesné hmotnosti dochází ke snížení rizik s obezitou spojených, zejména kardiometabolických. Ke snížení těchto rizik stačí ve většině případů 5% pokles tělesné hmotnosti (Hainer, 2017).

Za zejména rizikovou se považuje obezita centrálního typu, tzv. androidní obezita, obezita mužského typu (Berková & Berka, 2011). Distribuci tuku lze určit na základě obvodu pasu. Ten měříme v polovině vzdálenosti mezi dolním okrajem posledního žebra a horním okrajem spina iliaca anterior superior. Za rizikový se považuje obvod pasu nad 88 cm u žen a nad 102 cm u mužů (Rosolová, 2015). Androidní obezita je spojována s dysfunkcí tukové tkáně. Na tukovou tkáň lze nahlížet jako na endokrinní orgán, při jehož dysfunkci dochází ke zdravotním komplikacím. Právě androidní obezita je spojována se zvýšeným kardiovaskulárním rizikem. Riziko se zde pojí

i s rozvojem DM2, kdy lidé trpící tímto onemocněním mají více viscerálního tuku než nediabetici (Berková & Berka, 2011).

Mimo zmíněné je obezita riziková pro rozvoj řady nádorových onemocnění, komplikací pohybového aparátu, fertility, onemocnění ledvin, dny, artrózy nosných kloubů, nealkoholické steatohepatie, syndromu spánkové apnoe, syndromu polycystických ovarií, psychologických a sociálních problémů (Berková & Berka, 2011; Sucharda, 2016).

1.4. Prevence a léčba obezity

Obezita a její komplikace mají vedle dopadu na zdraví jedince i nedílný dopad na ekonomiku a financování zdravotnictví. Vedle léčby je kladen důraz zejména na prevenci, která spočívá v osvojení si nových stravovacích návyků a zařazení pohybové aktivity (Berková & Berka, 2011). Prevence obezity je stěžejní. Onemocnění s obezitou spojená nejsou vždy reverzibilní a mají nemalý dopad na zdravotní stav jedince. Prevencí v první řadě rozumíme předcházení hmotnostního nárůstu, ale i jeho zastavení či pozvolné snižování váhy u lidí s nadváhou. Vzhledem k tomu, že návyky se tvoří v útlém věku, je žádoucí cílit prevenci na děti (Kasper, 2015).

Léčbu je třeba specifikovat pro každé jedince individuálně, a to na základě věku, přidružených onemocnění, stupně a charakteru obezity a dosavadní terapie (Kasper, 2015). Léčba spočívá zejména ve změně způsobu stravování a zapojení pravidelné pohybové aktivity s cílem dosáhnout negativní energetické bilance. Za neméně důležitou se považuje práce na změně chování ve smyslu odnaučení nevhodných návyků vedoucích například k zajištění stresových situací. Léčbu lze dále podpořit farmakoterapií nebo bariatricko-metabolickou chirurgií (Kunešová, 2016). Redukce o pouhých 5-10 % tělesné váhy vede ke snížení morbidity a mortality z kardiovaskulárních příčin a snížení rizika rozvoje nádorových onemocnění (Matoulek & Sadílková, 2019).

1.4.1. Dietní opatření

Základem konzervativní léčby obezity je snížení energetického příjmu. Zprvu je cílem dosažení negativní energetické bilance s následným poklesem tělesné hmotnosti, později navození energetické rovnováhy a udržení si dosaženého hmotnostního úbytku. Změna stravovacích zvyklostí je podmínkou úspěšné léčby. Z řečtiny chápeme pojem dieta jako způsob stravování, a stejně tak by k ní měli přistupovat obézní pacienti. Dlouhodobá adherence je ale u obézních pacientů složitá. Až 80 % pacientů s morbidní obezitou si není schopna v dlouhodobém horizontu udržet ani 10% váhový úbytek. Bez další intervence, psychologické, farmakologické nebo chirurgické, nebývá dlouhodobý efekt dietních opatření dostatečně účinný (Fried, 2005; Kunešová, 2011).

Dietní opatření by měla v závislosti na počáteční tělesné hmotnosti vést k týdennímu váhovému úbytku v rozmezí 1-4 kg za měsíc nebo více. K nastavení redukčního režimu je třeba přistupovat individuálně a brát v potaz přidružená onemocnění, dosavadní stravovací návyky, denní časové možnosti, chuťové preference, zkušenosti s dietami, motivaci a další. Vždy by se mělo vycházet z dosavadního energetického příjmu, který se snižuje zpravidla o 15 % (Sadílková & Matoulek, 2019). Takového poklesu lze docílit vyřazením vysoce průmyslově zpracovaných potravin s nízkým obsahem živin, dále slazených nápojů a alkoholu (Chooi et al., 2018).

LCD a VLCD

Diety o nízkém energetickém příjmu (low calorie diet, LCD) a o velmi nízkém energetickém příjmu (very low calorie diet, VLCD) jsou volbou léčby pacientů vyššího stupně obezity, pacientů adaptovaných na velmi nízký energetický příjem nebo pacientů s omezenou pohybovou aktivitou (Sadílková & Matoulek, 2019). Vzhledem k nízkému energetickému příjmu, 400-1200 kcal/den, je potřeba kontrolovat některé biochemické parametry, proto jsou tyto režimy určeny pouze pro hospitalizované pacienty (Fried, 2005). Svě široké uplatnění mají LCD a VLCD jako nástroj pro snížení perioperačních rizik bariatrické chirurgie (Fried, 2017).

Pro snížení rizika možných komplikací bariatrické chirurgie a usnadnění přístupu chirurgům se před operací doporučuje úbytek 5-10 % tělesné hmotnosti (Haluzík, 2016). Pacienti jsou často přijímáni k 1-2týdennímu pobytu do nemocnice, během kterého jsou indikováni k LCD nebo VLCD. Během této diety dochází k poklesu abdominálního tuku a snížení velikosti jater, což umožňuje lepší přístup chirurgovi do dutiny břišní (Ekici & Ferhatoglu, 2018). Právě zmenšení jater je hlavním důvodem volby VLCD. Dle studie z roku 2006 dochází během prvních 2 týdnů na VLCD ke snížení velikosti jater až o 80 % (Colles et al., 2006). Výhody předoperačního hubnutí na snížení rizik jsou jasné, každopádně vliv na postoperační výsledky zůstává sporný (Gerber et al., 2014).

1.4.2. Pohybová aktivita

Vedle ovlivnění velikosti energetického příjmu je základem úspěšného redukčního režimu pravidelná pohybová aktivita (PA). Za poslední 2 dekády došlo k jejímu snížení až o 30 % a tím ke snížení energetického výdeje. Podíl na tomto faktu má přechod k modernímu způsobu života, zejména využívání technologií a sedavá zaměstnání (Bunc & Skalská, 2011). Mezi benefity PA řadíme změny tělesného složení, zejména růst svalové hmoty a úbytek hmoty tukové, zlepšení lipidového spektra, glykémie, krevního tlaku a zlepšení tzv. „well-being“ syndromu. Aby k těmto pozitivním změnám došlo, musí být PA prováděna pravidelně (Pařížková, 2012; Matoulek, 2019).

Ačkoli má PA v léčbě obezity své nezastupitelné místo, možnost jejího využití bývá často ovlivněna fyzickým stavem pacientů neschopných podstoupit intenzivnější pohybový režim. Volba pohybu musí být vždy přizpůsobena stupni obezity, aby nedošlo k nadměrnému zatížení nosných kloubů, dále fyzické kondici a přidruženým onemocněním. Tam, kde je to možné, se za nejúčinnější považuje dynamické aerobní cvičení a cvičení s vlastní vahou. Při takovém typu se jako zdroj energie nejvíce využívají tuky a dochází tak ke snížení zásob depotního tuku (Pařížková, 2012).

1.4.3. Farmakoterapie

Indikace antiobezitik hraje důležitou roli tam, kde změnou životního stylu nedochází k dalšímu poklesu váhy nebo samotná léčba selhává. Právě dlouhodobá stagnace vede k nízké compliance a adherenci k léčbě (Hainer, 2017; Matoulek & Mikeš, 2019). I tak představuje farmakoterapie v léčbě obezity pouze její podpůrnou složku, která se neobejde bez dalších změn životního stylu (Fried, 2005).

V současné době máme na trhu nejvíce antiobezitik za posledních 20 let. Po stažení Sibutraminu z trhu byl nejčastěji používaným antiobezitikem Xenical. Ten aktivně zabraňuje vstřebávání tuků přijatých stravou až o 30 % a tím snižuje celkový energetický příjem. Mezi další, dnes používaná

antiobezitika, patří Adipex, Mysimba a Saxenda. Tato zmíněná antiobezitika ovlivňují příjem a výdej energie (Matoulek & Mikeš, 2019). Antiobezitika lze předepsat pacientovi s hodnotu BMI ≥ 30 kg/m². Za předpokladu, že je pacient v kardiometabolickém riziku, tedy že se u něj vyskytuje přidružené onemocnění jako DM2 či hypertenze, lze antiobezitika předepsat i při hodnotě BMI 27–30 kg/m² (Fried, 2005).

1.4.4. Bariatricko metabolická chirurgie

Bariatrickou chirurgií rozumíme výkony na žaludku a střevech, na jejichž základě dochází ke snížení energetického příjmu, a to omezením množství konzumované potravy nebo snížením absorpční plochy tenkého střeva. Chirurgická léčba obezity měla původně za cíl dosáhnout kýženého váhového úbytku u pacientů, kde konzervativní metody v léčbě obezity selhaly. V současné době je vedle redukce hmotnosti cílem zlepšení či remise některých metabolických onemocnění, nejčastěji DM2. Na základě tohoto posunu se často hovoří o chirurgii metabolické. Díky úzké mezioborové spolupráci mezi obezitology a chirurgy je léčba pacientů s obezitou a nemocí s ní spojených v České republice velmi kvalitní. V rámci Evropy zaujímá Česká republika přední místa (Fried, 2017).

Bariatrické výkony se dělí na dva základní typy, výkony restriktivní a výkony s převahou malabsorpce. Gastrická bandáž, plikace žaludku a sleeve gastrektomie se řadí mezi výkony restriktivní, výkony s převahou malabsorpce představuje gastrický bypass a biliopankreatická diverze. O výběru konkrétního typu výkonu rozhoduje více faktorů, například stravovací režim pacienta nebo přidružená onemocnění. Pro pacienty, které trápí častý hlad a zároveň jim nedělá problém výběr potravin s nízkým obsahem energie, jsou vhodné výkony restriktivní. Z výkonů malabsorpčních profitují zejména pacienti s DM2, kdy v závislosti na době trvání onemocnění, dochází více jak v 50 % případů k jeho vymizení (Zlatohlávek, 2019).

2. Energetická potřeba

Energetickou potřebu lze chápat jako energetický příjem, který vyrovnává energetický výdej. U jedince, který se nesnaží o zvýšení nebo snížení tělesné hmotnosti, by měl být poměr mezi energií vydanou a přijatou v rovnováze. V takovém případě hovoříme o vyrovnané energetické bilanci. Ta je předpokladem udržení si optimální tělesné hmotnosti (Desai, 2000).

Pro zachování základních životních funkcí je stěžejní dostatečný příjem živin stravou. Základními živinami rozumíme sacharidy, bílkoviny a tuky, které se v organismu přeměňují na energii potřebnou pro řadu fyziologických procesů. Při stanovení energetické potřeby nelze oddělit energetický příjem od výdeje. Oba tyto parametry by měly být v ideálním případě v rovnováze. Při porušení energetické bilance, kdy výdej energie je větší než její příjem, vzniká malnutrice. Hovoříme o negativní energetické bilanci. V opačném případě, kdy příjem energie převyšuje výdej, hovoříme o pozitivní energetické bilanci, v jejímž důsledku vzniká obezita. V rámci prevence malnutrice, obezity a zachování optimální tělesné hmotnosti je zapotřebí určit adekvátní energetickou potřebu vycházející z energetického výdeje (Zlatohlávek, 2019; Irom et al., 2020).

2.1. Energetický výdej

Celkový denní energetický výdej (Total Energy Expenditure, TEE) se skládá ze 3 složek:

- Bazální energetický výdej (Basal Metabolic Rate, BMR)
- Výdej energie daný fyzickou aktivitou
- Termický efekt stravy (Thermic Effect of Food, TEF)

Jednotlivé složky mohou být ovlivněny řadou faktorů. Na velikost TEE má vliv věk, pohlaví, tělesné složení, tělesná a okolní teplota, zdravotní stav, příjem léků, rasa a genetická predispozice. K velikosti TEE přispívá i prostředí, ve kterém jedinec žije. Některé studie zaznamenaly souvislost mezi socioekonomickým postavením a zvýšenou hladinou katecholaminů a kortizolu vedoucích ke zvýšení energetického výdeje. Z dalších faktorů, které mohou mít vliv na velikost TEE, je perinatální malnutrice, která má za následek menší vzrůst jedince. Předpokládá se, že časná podvýživa, která je typická v populacích s nižšími příjmy a v rozvojových zemích, ovlivňuje energetickou homeostázu a vede k nižší potřebě energie (Bruno Affonso Parenti et al., 2018; Irom et al., 2020).

2.1.1. Bazální energetický výdej

BMR je největší komponentou TEE. Jedná se o energii, která je vynaložená na základní fyziologické pochody za bazálních podmínek, tedy ve fyzickém a psychickém klidu, po 10-12 hodinách lačnění, v indierentním prostředí a ve bdělém stavu. Velikost BMR představuje zhruba 60 % TEE a jedná se o energii potřebnou na: „*zajištění membránových transportních systémů, činnosti srdce, plic a ostatních orgánů, termoregulaci a základní přeměnu metabolických substrátů*“ (Křížová, 2019, str. 55).

Změřit velikost BMR je možné brzy ráno, ihned po probuzení, ještě předtím, než měřený jedinec vykonal jakoukoliv fyzicky náročnou aktivitu a v posledních 12 hodinách se nenapil čaje, kávy nebo

alkoholu a nepožil nikotin. Stanovení BMR je v ambulantních podmínkách, na základě těchto parametrů, velmi těžce proveditelné. Pokud není možné výše zmíněné podmínky zajistit, hovoří se o měření klidového energetického výdeje (Resting Metabolic Rate, RMR) (Desai, 2000).

2.1.2. Klidový energetický výdej

RMR představuje množství energie vydané organismem mimo období lačnění. Hodnota RMR udává, kolik energie v jednotkách kilokalorií (kcal) nebo kilojoulů (kJ), bylo vynaloženo na základní fyziologické procesy během 24 hodin, během kterých nebyla prováděna žádná fyzická aktivita. Z celkového denního energetického výdeje představuje 60-70 %, nárůst oproti BMR je zhruba o 5 %. Stanovení velikosti RMR má význam z několika důvodů. Z hlediska klinické výživy je stanovení výše klidové energetické potřeby důležité v prevenci underfeeding a overfeeding syndromu. Znalost hodnoty RMR lze využít i při adekvátním nastavení výše energetického příjmu při redukčních režimech (Bruno Affonso Parenti et al., 2018; Tur & Bibiloni, 2019).

Velikost RMR ovlivňují antropometrické parametry, konkrétně výška, tělesná hmotnost a poměr tukové tkáně (Fat Mass, FM) a beztukové tkáně (Fat Free Mass, FFM). Velikost RMR je přímo úměrná velikosti FFM, která je metabolicky aktivnější než FM a pozitivně koreluje s hodnotou RMR (Bruno Affonso Parenti et al., 2018). FFM je parametr, který ze všech faktorů ovlivňuje velikost RMR nejvíce. Zastoupení FFM přirozeně klesá s věkem, s čímž souvisí i pokles RMR, a to o 1-2 % každých 10 let. Mezi 30.-45. rokem života dochází k poklesu energetického výdeje o 145 kJ/den (35 kcal/den) (Geisler, 2016). Nejvyšších hodnot dosahuje RMR u dětí, které mají zvýšené energetické nároky na růst. U kojenců je zároveň velká část energie vynaložena na termogenezi. Rozdílné hodnoty RMR lze pozorovat i mezi pohlavími, kdy muži mají přirozeně více FFM než ženy a mají tak i vyšší RMR (Desai, 2000; Armbruster et al., 2019).

2.1.3. Výdej energie daný fyzickou aktivitou

Výdej energie daný fyzickou aktivitou se pohybuje v rozmezí 20-40 % TEE. Jedná se o velmi proměnlivou složku, kterou ovlivňuje řada faktorů. Vliv má okolní prostředí, tělesné složení jedince, typ pohybové aktivity, její intenzita a délka. Pohybová aktivita, během níž je zapojeno sice méně svalových skupin, ale jsme schopni ji vykonávat delší dobu, zvyšuje energetický výdej více než intenzivnější pohybová aktivita prováděna po kratší časový úsek (Desai, 2000).

Podle typu PA rozlišujeme NEAT (Non Exercise Activity Thermogenesis) a EAT (Exercise Activity Thermogenesis). EAT je energie vynaložená na veškerou cílenou PA, například chůzi, běh či jiné cvičení. Oproti tomu NEAT je energie vynaložená na jakékoliv pohyby provedené nad rámec plánované aktivity, jako například klidové svalové kontrakce, vrtění se, gestikulace a podobně (Soares & Müller, 2018). U osob s podobnou tělesnou hmotností se, vlivem aktivit vykonávaných ve volném čase a zmíněného NEAT, může denní energetický výdej lišit až o 1900 kcal (Referenční hodnoty pro příjem živin, 2019).

Tabulka 1 Hodnoty PAL (Physical Activity Level) pro dospělé pro různé pracovní činnosti a aktivity ve volném čase

| Pracovní zátěž a zátěž ve volném čase | PAL* | Příklady |
|--|-----------|---|
| výlučně sedavý nebo trvale ležící způsob života | 1,2-1,3 | Staří a churaví lidé |
| výlučně sedavá činnost s malou nebo žádnou aktivitou ve volném čase | 1,4 - 1,5 | úředníci, lehká mechanická práce |
| sedavá činnost s občasnou lehkou činností ve stoje nebo chůzi ² | 1,6 - 1,7 | laboranti, řidiči, studenti, práce u běžícího pásu |
| činnost převážně ve stoje a v chůzi ² | 1,8 - 1,9 | prodavači, číšníci, mechanici, řemeslníci |
| fyzicky náročná pracovní činnost | 2,0 - 2,4 | stavební dělníci, zemědělci, lesníci, výkonní sportovci |

Zdroj: Referenční hodnoty pro příjem živin, 2019; str. 19

*Všechny hodnoty jsou uvedeny v metabolickém ekvivalentu, tedy jako násobek BMR.

2.1.4. Termický efekt stravy

Po jídle dochází přechodně ke zvýšení energetického výdeje. Tento jev se nazývá termický efekt stravy (Thermic Effect of Food, TEF), též postprandiální termogeneze (PT). Při konzumaci smíšené stravy představuje TEF 5-10 % z celkového denního energetického výdeje. Ze všech živin mají největší termický efekt bílkoviny (cca 30 %), sacharidy zvyšují energetický výdej jen o 4 %, tuky pak nejméně, a to o 2 %. Energetický výdej dosahuje nejvyšších hodnot 90 minut po jídle a normalizuje se po 2-4 hodinách od posledního jídla. PT je výsledkem zvýšené potřeby energie pro trávení, vstřebávání a transport živin. Jedná se též o energii vynaloženou na fyzickou aktivitu potřebnou k příjmu stravy (Desai, 2000; Křížová, 2019).

2.2. Stanovení klidového energetického výdeje

Při stanovení RMR se nejčastěji využívá dvou metod, a to predikčních rovnic a nepřímé kalorimetrie (NK). I přesto, že při stanovení RMR se za zlatý standard považuje NK, jsou predikční rovnice používané častěji. Je to dáno zejména cenou a náročností celého vyšetření. NK je drahá metoda, která pro svou obsluhu vyžaduje kvalifikovaný personál, a stává se tak nedostupnou pro širokou veřejnost. Využití predikční rovnice vyžaduje pouze znalost základních parametrů jako je věk, tělesná hmotnost, výška a pohlaví, a je tak považována za přijatelnou alternativu při stanovení RMR. Výběr vhodné predikční rovnice zůstává diskutabilní, a to zejména pro obézní jedince, kdy se s rostoucím BMI snižuje jejich přesnost. Při stanovení TEE je v obou případech zapotřebí počítat navíc s energií vydanou při pohybové aktivitě a TEF (White et al, 2019; Irom et al., 2020).

2.3. Stanovení energetického výdeje měřením

Stanovit energetický výdej lze několika způsoby, přičemž každá metoda má jinou úroveň přesnosti. Společným rysem těchto metod je vysoká cena, délka vyšetření a požadavky na personální zabezpečení. Z tohoto důvodu, jak už bylo zmíněno, se pro stanovení energetického výdeje častěji využívá predikčních rovnic. Ty jsou stanoveny na základě výsledků klinického měření. Za zlatý standard, z kterého většina rovnic vychází, se považuje NK (Rosado et al., 2014; De Lorenzo et al., 2018). Vedle této metody se lze setkat se stanovením energetického výdeje pomocí přímé kalorimetrie a dále metodou dvojitě značené vody (Doubly Labeled Water, DLW). Tyto dvě metody ale slouží pouze pro výzkumné účely a ke stanovení RMR se běžně nepoužívají (Zadák, 2018).

2.3.1. Přímá kalorimetrie

Kalorimetrie pochází z latinského calor (teplo) a řeckého metron (měřit) a používá se ke stanovení energetického výdeje v klidu nebo během fyzické aktivity. Přímá kalorimetrie spočívá v měření energetického výdeje jedince na základě vyprodukovaného tepla, které jedinec ztrácí vedením, prouděním, odpařováním a vyzařováním. Jedná se o nejpřesnější metodu, jejíž použití je velmi limitované vysokou cenou a technicky i časově náročným provedením. Využití přímé kalorimetrie bylo klíčové pro pochopení energetického metabolismu u zdravých i nemocných jedinců. (Kenny et al., 2017; Ndahimana & Kim, 2017).

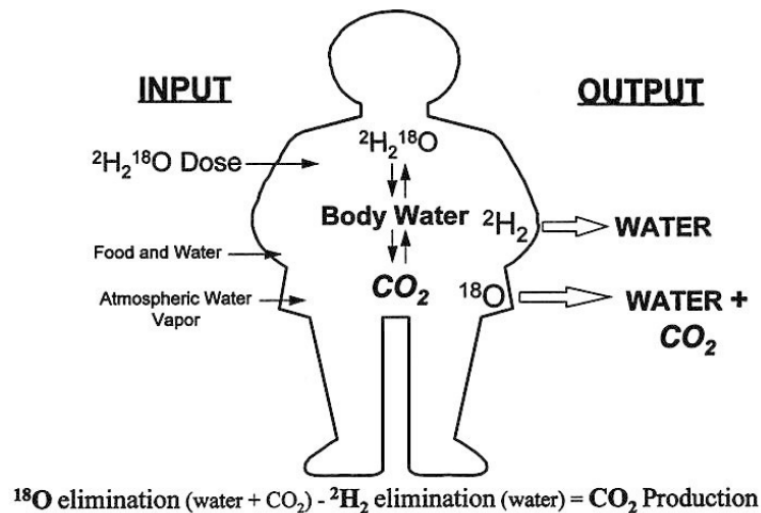
Během všech metabolické pochodů v organismu dochází k produkci tepla. Vzhledem k tomu, že člověk není uzavřený systém, je teplo neustále vyměňováno s okolním prostředím. Tento jev lze změřit v uzavřeném a tepelně izolovaném prostředí, kalorimetru. V případě měření energetického výdeje u lidí slouží jako kalorimetr izolovaná, hermeticky uzavřená komora o velikosti pokoje. Komora je v horní části vybavená trubkami, ve kterých cirkuluje voda o známém objemu i teplotě, která absorbuje uvolněné teplo. Produkce tepla jednotlivce je pak přímo úměrná energetickému výdeji, který lze určit na základě změny teploty cirkulující vody (Kenny et al., 2017).

2.3.2. Metoda dvojitě značené vody

Metoda DLW se využívá ke stanovení TEE stabilních izotopů kyslíku (^{18}O) a vodíku (^2H). Výhodou této metody je poměrně vysoká přesnost, neinvazivnost a také to, že jedinec může během měření vykonávat běžné činnosti. Nevýhodou, stejně jako tomu je u ostatních metod, je vysoká cena a potřeba kvalifikovaného personálu.

Principem vyšetření je podání dávky DLW ($^2\text{H}_2^{18}\text{O}$) po které dojde v tělesné vodě k ustálení izotopů ^{18}O a ^2H . Ty jsou následně vylučovány z organismu různou rychlostí i cestou. ^{18}O odchází z organismu spolu s vodou a oxidem uhličitým (CO_2), ^2H se ztrácí výhradně vodou. Odečtem ztrát vyloučeného ^2H od ^{18}O lze stanovit množství vyprodukovaného CO_2 . Následně, díky znalostem energetického ekvivalentu pro 1l CO_2 , lze určit energetický výdej (Ndahimana & Kim, 2017).

Obrázek 1 Schéma metody DLW

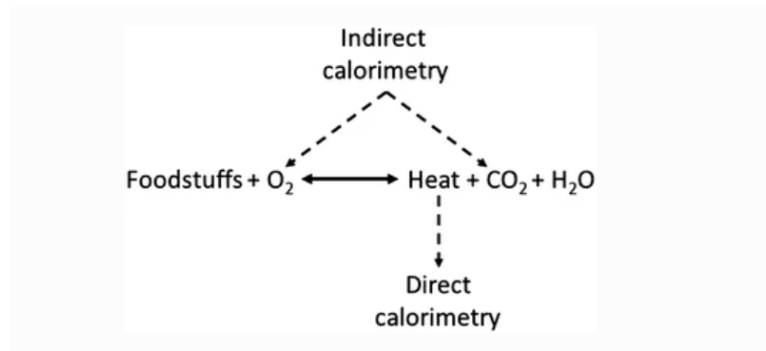


Zdroj: De Lany, 1997

2.3.3. Nepřímá kalorimetrie

Energetický výdej lze vedle výše zmíněných metod určit i na základě vedlejších produktů metabolismu. NK je neinvazivní metoda, která na základě spotřebovaného kyslíku (O_2), vyprodukovaného CO_2 a odpadu dusíku močí stanovuje hodnotu BMR, respektive RMR. Metoda se opírá o skutečnost, že spotřeba O_2 a produkce CO_2 je výsledkem utilizace jednotlivých energetických substrátů, tedy bílkovin, tuků a sacharidů (Prado De Oliviera, 2011; Rosado et al., 2014). Vzhledem k přesným výsledkům měření a poměrně snadné manipulaci s přístrojem k měření potřebným, je NK nejčastěji klinicky využívanou metodou (Bruno Affonso Parenti et al., 2018).

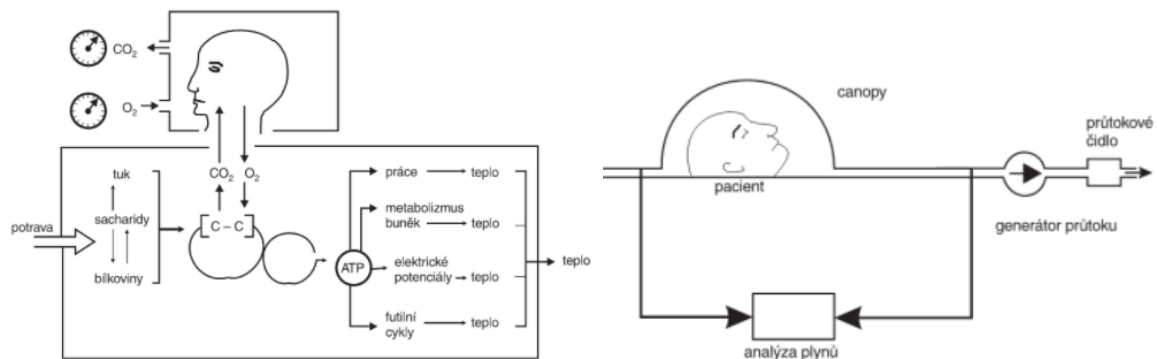
Obrázek 2 Přímá vs. nepřímá kalorimetrie



Zdroj: Kenny et al., 2017

K měření je zapotřebí obličejová maska nebo canopy, do kterých měřený jedinec dýchá. Dále přístroj, který s dostatečnou přesností měří objem vdechovaného a vydechovaného vzduchu a analyzuje spotřebu O_2 a produkci CO_2 . V neposlední řadě software, který naměřená data kontinuálně zpracovává a vyhodnocuje (Zadák, 2008).

Obrázek 3 Schéma principu nepřímé kalorimetrie a měření pomocí canopy



Zdroj: Zadák, 2008; str. 40

Spotřeba O_2 a produkce CO_2 spolu s odpadem dusíku močí, který ukazuje na oxidaci aminokyselin, přímo souvisí s energetickým výdejem, konkrétně RMR. Výsledná hodnota RMR je dána dosazením naměřených hodnot do Weirovy rovnice:

$$\text{RMR (kcal/den)} = (3,941 \times VO_2) + (1,11 \times VCO_2) - (2,17 \times \text{odpad ury})^1$$

¹ VO_2 = objem spotřebovaného O_2 v litrech za den

VCO_2 = objem vyprodukovaného CO_2 v litrech za den

Odpad ury v gramech za den

Vzhledem k tomu, že chyba vzniklá při zanedbání odpadu dusíku močí činí pouze 1 %, lze využívat zjednodušené rovnice:

$$\text{RMR (kcal/den)} = (3.94 \times \text{VO}_2) + (1.11 \times \text{VCO}_2)$$

Tuto podobu Weirovy rovnice nelze použít u pacientů v kritickém stavu, u kterých vlivem jejich onemocnění dochází k velké oxidaci bílkovin (Zadák, 2008).

Pro co nejpřesnější výsledky měření je potřeba dodržet následující podmínky (Compher et al., 2006; Skipper, 2012):

- Obsluha přístroje provede dle pokynů výrobce kalibraci, a to vždy před měřením nebo dle potřeby.
- Pacient by měl být před měřením instruován a všechny pokyny následně dodržet.
- Pacient by v posledních 4-6 hodinách před měřením neměl provádět žádnou fyzicky namáhavou činnost.
- Mezi konzumací posledního jídla a měřením by měly uplynout alespoň 2 hodiny.
- Pacient by neměl před měřením užít etanol, kofein, nikotin nebo léky ovlivňující energetický výdej.
- Místo, kde měření probíhá, by mělo být příjemné, tiché a tepelně indiferentní.
- Pacient přichází s předstihem, 10-20 minut před měřením, aby měl čas vydechnout, zklidnit se.
- Měření probíhá vleže, pacient by měl být v psychickém a fyzickém klidu a zůstat bdělý.
- Měření by mělo probíhat dostatečně dlouho, aby byl pacient alespoň 5 minut v ustáleném stavu (steady state).

2.4. Stanovení energetického výdeje pomocí predikčních rovnic

Stanovení energetického výdeje v podmínkách, kdy nelze využít NK, je možné pomocí mnoha predikčních rovnic. Ty vznikají na základě kalorimetrických studií provedených na skupinách jedinců podobných charakteristik. Stanovení TEE na základě těchto rovnic je u dospělých zdravých jedinců s normální tělesnou hmotností poměrně spolehlivé, ale zůstává sporné u pacientů s obezitou, zejména pro určení optimálního energetického příjmu. Vzhledem k tomu, že rovnice počítají pouze s jednoduchými antropometrickými údaji, jako je věk, tělesná hmotnost, výška a pohlaví, není jasné, jakou váhu u obézních jedinců do vzorce dosadit. Při dosažení současné tělesné hmotnosti může, dle zvolené rovnice, dojít k nadhodnocení energetické potřeby. Naopak při dosažení hmotnosti ideální může být energetická potřeba podhodnocena (Rosado et al., 2014; Tur & Bibiloni, 2019).

2.4.1. Rovnice HARRISE-BENEDICTA

Rovnice H-B byla poprvé publikovaná roku 1918 a stala se nejvíce využívanou predikční rovnicí pro výpočet klidového energetického výdeje. Podoba rovnice H-B byla odvozena od měření energetického výdeje pomocí NK u 239 zdravých jedinců normální tělesné hmotnosti. Vzhledem k tomu, že měření probíhalo za klidových, a ne bazálních, podmínek, určuje výpočet dle rovnice H-B velikost RMR. To platí pro všechny predikční rovnice. TEE bývá posléze dopočítáván různými metodami. Rovnice H-B zohledňuje hlavní determinanty energetického výdeje, kterými jsou pohlaví, tělesná hmotnost, výška a věk (Gropper & Smith, 2013; Hsu et al., 2018)

Výpočet BMR dle rovnice H-B pro muže:

$$\text{RMR (kcal/den)} = 66,473 + 13,7516 \times \text{hmotnost (kg)} + 5,0033 \times \text{výška (cm)} - 6,755 \times \text{věk}$$

Výpočet BMR dle rovnice H-B pro ženy:

$$\text{RMR (kcal/den)} = 655,0965 + 9,5634 \times \text{hmotnost (kg)} + 1,8496 \times \text{výška (cm)} - 4,6756 \times \text{věk}$$

Zdroj: Zadák, 2008; str. 43

2.4.2. Ostatní rovnice

V současné době existuje přes 200 známých rovnic, které počítají s různými odchylkami od normy. I přesto zůstávají hlavními parametry pohlaví, věk a tělesná hmotnost. Limitujícím faktorem u většiny predikčních rovnic je, že jsou sestaveny podle malého vzorku jedinců a lze je aplikovat pouze na populaci, z které byla daná rovnice odvozena. Vedle rovnice H-B jsou dalšími, často používanými rovnicemi WHO/FAO/UNU, rovnice Mifflin-St Jeor a rovnice Owena (De Lorenzo et al., 2018).

Kruizenga et al. analyzoval 15 predikčních rovnic a zjistil, v porovnání s výsledky získanými NK, shodu pouze v 50 % případů. U jedinců s normální váhou a nadváhou (BMI 18,5-29,9 kg/m²) vykazovala nej přesnější výsledky rovnice WHO. U jedinců s BMI \geq 30 kg/m² byla při použití rovnice WHO pouze 44% přesnost, při výpočtu dle rovnice Mifflin St Jeor pak pouze 40%. Nej přesnější výsledků bylo dosaženo při použití rovnice H-B (53 %) (Kruizenga et al., 2016). Pro výpočet RMR se zdají být nejlepší volbou rovnice H-B a WHO, které velikost energetického výdeje podhodnocují

nejméně. Nicméně, u jedinců s nižším zastoupením FFM, stejně jako u jedinců s $RMR > 2\,500$ kcal/den, jejich přesnost klesá. Rovnice Mifflin-St Jeor a Owena se nejvíce hodí pro jedince s normální tělesnou hmotností, obě rovnice ale RMR lehce nadhodnocují (Flack et al., 2016; Bruno Affonso Parenti et al., 2018).

2.5. Energetický výdej u obézních

Obézní mají oproti jedincům s normální tělesnou hmotností vyšší celkový energetický výdej. Je to dáno vyšším zastoupením FFM jakožto metabolicky aktivní tkáň, která zvyšuje BMR, ale zejména energií vydanou při fyzických aktivitách. Při vyšší tělesné hmotnosti je zapotřebí více energie pro udržení základních funkcí organismu. I přesto, že TEE bývá v absolutních číslech u obézních vyšší, BMR přepočtené na kilogram hmotnosti je, oproti jedincům s normální tělesnou hmotností, nižší. Právě nižší BMR je považováno za rizikový faktor přibírání na váze (Rosado et al., 2014; Bruno Affonso Parenti et al., 2018).

Na velikosti BMR se nejvíce podílí zastoupení FFM, a to ze 60-80 %. Oproti tomu FM ovlivňuje BMR pouze z 5-7 %. Právě rozlišené zastoupení FFM je zodpovědné za variabilitu BMR (Jaime et al., 2015). Nicméně, zejména u obézních jedinců, má na velikost energetického výdeje do značné míry vliv i nadměrné zastoupení FM, a to přímo změnou rychlosti metabolismu a oxidací substrátů, a nepřímo skrze chronické hormonální změny. Zdá se, že samotné zastoupení FM není hlavním determinantem velikosti BMR. Například u žen s více než 40% zastoupením FM byl zjištěn jak zvýšený, tak snížený energetický výdej, a to na základě rozdílné distribuce FM. Ukázalo se, že metabolicky aktivnější je zejména tuk viscerální, jehož vyšší zastoupení se mimo jiné pojí s inzulinovou rezistencí. Vedle toho je viscerální tuk spojován s vyššími hodnotami kortizolu a inzulinu, hormonů sehrávajících důležitou roli v metabolismu glukózy (Hirsch et al., 2017).

Pro efektivní redukci hmotnosti je zapotřebí určit adekvátní energetickou potřebu jedince. O vhodných metodách stanovení energetického výdeje bylo již pojednáno v kapitole 2.3. a 2.4. Nejvyužívanější metodou je stanovení na základě predikčních rovnic, což bývá u obézních jedinců problematické. Volbou nevhodné predikční rovnice a dosažením špatné tělesné hmotnosti (aktuální vs optimální tělesná hmotnost) může dojít k podhodnocení nebo nadhodnocení energetické potřeby a neadekvátnímu nastavení dietoterapie. Právě stupeň obezity a rozdílné tělesné složení jsou hlavními determinanty určující přesnost predikčních rovnic. Obézní, jak už bylo zmíněno, mají vyšší zastoupení FFM, což je metabolicky aktivní tkáň, která zvyšuje BMR. Při redukci dochází spolu s úbytkem tělesné hmotnosti i ke změnám tělesného složení. Vedle úbytku FM je častý, a to zejména při příliš striktně nastaveném redukčním režimu, i pokles FFM. Výsledkem je nežádoucí snížení BMR. Z tohoto důvodu by bylo zapotřebí nových predikčních rovnic, které by braly v potaz zastoupení FM, FFM i to, zda jedinec již prošel dietní intervencí nebo nikoli (Jaime et al., 2015; Poli et al., 2016).

Massarini et al. porovnával úspěšnost redukčního režimu u jedinců, u kterých byl energetický příjem stanoven na základě NK a jedinců s energetickou potřebou nastavenou na základě výpočtu dle rovnice H-B. Ti, kteří měli energetický příjem přizpůsobený podle výsledků NK byli úspěšnější než ti s příjmem určeným predikční rovnicí (Massarini et al., 2018).

Vedle zastoupení FFM se na energetickém výdeji u obézních podílí z velké části PA. Energetický výdej daný PA je v důsledku nadměrné tělesné hmotnosti u obézních jedinců vyšší. Zapojení pohybové aktivity vedoucí ke zvýšení TEE, a tím k navození negativní energetické bilance, je v rámci léčby obezity standardním doporučením. Zvýšený energetický výdej daný PA je ale často vyrovnáván tzv. kompenzačními mechanismy. Výsledný energetický deficit je tak nižší než predikce. Jako kompenzační mechanismus se uplatňuje snížení energetického výdeje pomocí NEAT, kdy dochází například v rámci únavy k omezení čipernosti jedince. Po náročnější fyzické aktivitě může též jedince pociťovat větší hlad a následným příjmem jídla tak dorovnat energetickou bilanci. Ačkoli tuto teorii potvrzuje řada studií, jiné ji vyvrací. V jedné z nich bylo například prokázáno, že po PA o velmi vysoké intenzitě (High Interval Intenzity Training, HIIT) dochází k supresi orexigenních působků (vyvolávajících chuť k jídlu), a naopak ke stimulaci anorexigenních působků (snižujících chuť k jídlu). Energetický příjem je v takovém případě po PA snížen (Paravidino et al., 2018).

3. Tělesné složení

Rozdílné tělesné složení může ovlivnit zdravotní stav jedince. Jedinci stejného věku, o stejné výšce, se stejnou tělesnou hmotností a se stejným BMI, mohou mít odlišné tělesné složení, energetickou potřebu i metabolický profil, a tak různé riziko rozvoje onemocnění spjatých s obezitou. Zejména rozdílné zastoupení FM a její distribuce hraje nemalou roli v rozvoji DM2 a kardiovaskulárních onemocnění (Lemos & Gallagher, 2017). Dle Matoulka (2019, str. 33) lze za negativní považovat: „více než 30 % tukové tkáně u žen před menopauzou, nad 35 % v menopauze a nad 25 % u mužů“, a to bez ohledu na výši BMI. Vyšší zastoupení tukové tkáně a úbytek tkáně tukuprosté je mimo jiné spojeno s rostoucím věkem. Odlišné tělesné složení lze pozorovat i u mužů a žen, kdy ženy mají tuku více již od narození (Pařížková, 2012; Lemos & Gallagher, 2017).

3.1. Komponenty tělesného složení

Zastoupení jednotlivých komponentů se liší v závislosti na věku, pohlaví, genetické predispozici, stupni pohybové aktivity, stavu výživy, hormonálních vlivech nebo přítomnosti těhotenství. Na tělesné složení je možné nahlížet z více úhlů pohledu. Při hodnocení tělesného složení lze vycházet z modelu chemického a anatomického. Podle chemického modelu je lidské tělo složeno z lipidů, proteinů, sacharidů, minerálních látek a vody. Anatomický model popisuje složení na základě tukové a svalové tkáně, kostí, vnitřních orgánů a dalších tkání. Často využívaným modelem je model dvoukomponentový rozdělující tělesné složení na tuk a tukuprostou hmotu (Malý et al., 2015).

3.1.1. Tuková tkáň

FM je nejvíce proměnlivým komponentem lidského těla. Zastoupení tuku se může pohybovat od 6 do 60 % celkové tělesné hmotnosti. U kojenců představuje FM 10-15 % váhy a během prvního půl roku života stoupá na 30 %. Zastoupení FM poté klesá a zlom nastává až v období puberty. Od té doby má FM tendenci spíše narůstat, a to až do stáří. Od puberty můžeme zároveň pozorovat rozdíly v zastoupení a distribuci FM u dívek a chlapců, kdy chlapci zpravidla mívají tuku méně.

Udržování si optimálního zastoupení FM je stěžejní. Obezita provázená nadbytkem FM, jak už bylo zmíněno, je spojena s řadou onemocnění. Distribuce tuku hraje větší roli než jeho celkové zastoupení. Jedinci, kteří mají tendenci ukládat tuk do oblasti břicha, jsou ve větším riziku než ti, kterým se tuk ukládá do oblasti boků. Brochu et al. poukázal na vztah mezi inzulinovou rezistencí a množstvím viscerálního tuku. Obézní ženy s inzulinovou rezistencí měly o 50 % více viscerálního tuku než ženy bez inzulinové rezistence. Obdobně na tom byli jedinci s normální tělesnou hmotností, kdy ti s inzulinovou rezistencí měli o 50-79 % více viscerálního tuku (Brochu et al., 2001; Cnop et al., 2002). Rizikové je i nízké množství FM a z něj plynoucí problémy se zajištěním životních funkcí (Malá et al., 2015). Optimální zastoupení FM u dospělé populace znázorňuje tabulka 2.

Tabulka 2 Optimální zastoupení FM

| | |
|------|---------|
| MUŽI | 15-18 % |
| ŽENY | 20-25 % |

Zdroj: Malá et al., 2015; str. 17

3.1.2. Beztuková tkáň

FFM se skládá ze tří komponentů, svalové hmoty (60 %), opěrné a pojivové tkáně (25 %) a vnitřních orgánů (15 %). V průběhu dospělosti je zastoupení jednotlivých komponentů poměrně stabilní. Kosterní svalstvo představuje zhruba 40 % tělesné váhy. K jeho největšímu nárůstu dochází u chlapců mezi 15. a 17. rokem, u děvčat dříve, a to kolem 13. roku života. Zatímco tuková tkáň má během života tendenci narůstat, u tkáně svalové se od 40. roku setkáváme s úbytkem. Všeobecně dochází ke ztrátě 5 % svalové hmoty v průběhu 10 let. Úbytek svalové hmoty je nahrazen FM. Zastoupení svalové hmoty ovlivňuje, stejně jako další komponenty, mnoho faktorů. Vyšší zastoupení svalové hmoty je typické u sportovců, zejména u těch, kteří se věnují sportům silovým (Pastucha, 2014).

3.2. Měření tělesného složení

Metody pro stanovení tělesného složení jsou součástí klinického vyšetření. Za nejvýznamnější se považuje diagnostika FM. Vyšší zastoupení FM představuje v každém věku rizikový faktor pro rozvoj řady onemocnění. Nejčastěji využívanou metodou, korelující se zvýšenou tělesnou hmotností, je stanovení BMI. Tato nejjednodušší a nejrychlejší antropometrická metoda však nevystihuje zastoupení jednotlivých tělesných složek a výsledek tak může být velmi zkreslující. Mezi přesné metody stanovení tělesného složení řadíme denzitometrii, duální rentgenovou absorpciometrii (DXA), magnetickou rezonanci a CT vyšetření. Nevýhodou těchto metod je jejich invazivnost a vysoká cena. Neinvazivní, levnější a přesnou metodu představuje bioelektrická impedance (BIA) (Gába et al., 2011; Pařízková et al., 2019).

3.2.1. Antropometrie

Slovo antropometrie pochází z řeckého *anthropos*: člověk a *metron*: míra. Antropometrií rozumíme soubor vyšetření sloužících k měření fyzikálních vlastností lidského těla. Hlavními zkoumanými parametry jsou tělesná hmotnost, výška a tvar těla. Antropometrická vyšetření jsou jednoduchá, neinvazivní, rychlá a levná. Výsledky těchto vyšetření dávají představu o složení lidského těla a mohou tak odrážet zdravotní stav vyšetřovaného jedince (Tur & Bibiloni, 2019). Mezi antropometrická vyšetření řadíme výpočet BMI, měření obvodu pasu, výpočet poměru mezi obvodem pasu a boků (Waist to Hip Ratio, WHR) a měření kožních řas (Kunešová, 2016).

BMI

BMI představuje nejjednodušší ukazatel nadváhy a obezity. Jedná se o index daný podílem tělesné hmotnosti v kilogramech a tělesné výšky v metrech na druhou (kg/m²) (Tab. 3) (Berková & Berka, 2011). Čím vyšší je hodnota BMI, tím vyšší je riziko rozvoje některých onemocnění (WHO). Jak už bylo zmíněno, jedná se pouze o orientační hodnocení, neboť nezohledňuje zastoupení FM, rozvoj muskulatury a robusticitu kostry (Vilikus et al., 2015). Lidé s vyšším zastoupením FFM, což lze pozorovat u sportovců nebo fyzicky pracujících osob, by podle hodnocení BMI spadali do kategorie nadváhy nebo obezity, i přesto že jejich tělesné složení tomu neodpovídá (Kunešová, 2016). Z toho důvodu se používají metody lépe odrážející množství tuku (obvod pasu) a jeho distribuci (WHR) (Zlatohlávek, 2019).

Tabulka 3 Vzorec pro výpočet BMI (kg/m²)

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

Zdroj: Berková & Berka, 2011; str. 85

Tabulka 4 Klasifikace obezity dle BMI

| BMI (kg/m ²) | KLASIFIKACE |
|--------------------------|---------------------|
| <18,5 | PODVÁHA |
| 18,5– 24,9 | NORMÁLNÍ HMOTNOST |
| 25,0– 29,9 | NADVÁHA |
| 30,0– 34,9 | OBEZITA I. STUPNĚ |
| 35,0– 39,9 | OBEZITA II. STUPNĚ |
| ≥40 | OBEZITA III. STUPNĚ |

Zdroj: Berková & Berka, 2011; str. 85

OBVOD PASU

Velmi dobrým ukazatelem korelujícím s množstvím viscerálního tuku, metabolickým a kardiovaskulárním rizikem, je obvod pasu. Měření se provádí v úrovni pupku pomocí krejčovského metru s přesností na 0,5 centimetru. Úroveň pupku je ale pro každého jiná, obvod pasu se proto zpravidla měří v polovině vzdálenosti mezi dolním okrajem posledního žebra a horní okrajem kosti kyčelní, ve stoje a po výdechu (Berková & Berka, 2011; Vilikus et al., 2015; Zlatohlávek, 2019). Vzhledem k tomu, že měření je náročně proveditelné u lidí s vyšším stupněm obezity, doporučuje se měřit zejména u lidí s normální tělesnou hmotností, nadváhou a obezitou I. stupně. Jedinci spadající do kategorie obezity II. a III. stupně se považují za rizikové bez ohledu na obvod pasu (Vilikus et al., 2015; Matoulek, 2019).

Tabulka 5 Obvod pasu, hodnocení k metabolickému a kardiovaskulárnímu riziku

| | NORMA | ZVÝŠENÍ RIZIKO | VYSOKÉ RIZIKO |
|------|--------|----------------|---------------|
| ŽENY | <80 cm | >80 cm | > 88 cm |
| MUŽI | <94 cm | >94 cm | >102 cm |

Zdroj: Zlatohlávek, 2019; str. 69

WHR

Tento ukazatel dává jasné informace o rozložení FM mezi viscerální a gluteální krajinou (Berková & Berka, 2011). Distribuce tuku má přímý vliv na rozvoj řady civilizačních onemocnění. Za rizikové se považuje ukládání tuku do oblasti břicha, tzv. centrální tip obezity. Tento typ obezity je spojován se zmnožením viscerálního tuku, nárůstem morbidity a mortality. Centrální obezita je často pozorovatelná u mužů a získala též označení obezita androidní, mužského typu. Oproti tomu pro ženy typický periferní typ obezity, též gynoidní, kdy dochází k ukládání tuku primárně na dolní polovině těla, je méně rizikový (Gába et al., 2010; Vilikus et al., 2015).

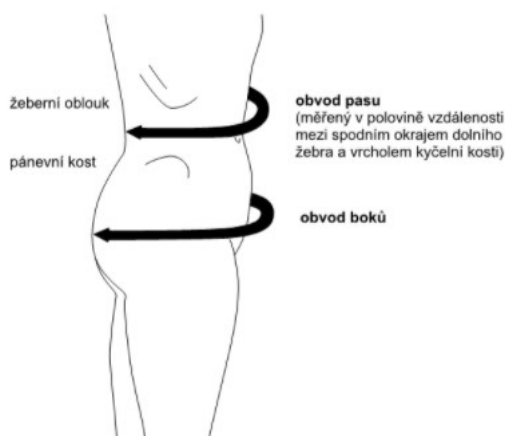
Index WHR získáme vydělením naměřeného obvodu pasu a obvodu boků. Boky měříme v nejširším vyklenutí gluteální krajiny (Kunešová, 2016). Místa určená pro měření znázorňuje obrázek 4.

Tabulka 6 Distribuce tuku dle indexu WHR

| | SPÍŠE PERIFERNÍ | VYROVNANÁ | SPÍŠE CENTRÁLNÍ | CENTRÁLNÍ |
|------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|
| ŽENY | <0,75 | 0,75-0,80 | 0,80-0,85 | >0,85 |
| MUŽI | <0,85 | 0,85-0,90 | 0,90-0,95 | >0,95 |

Zdroj: Zlatohlávek, 2019; str. 69

Obrázek 4 Místa pro měření obvodu pasu a boků



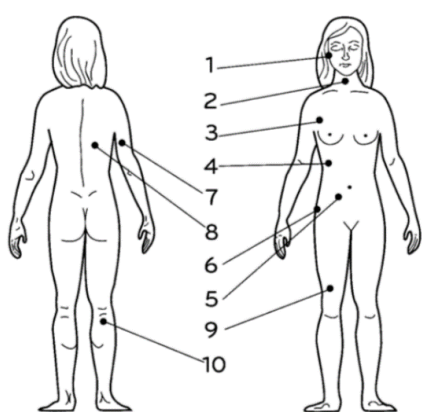
Zdroj: Kunešová, 2011; str. 171

MĚŘENÍ KOŽNÍCH ŘAS

Měření kožních řas slouží ke stanovení procentuálního zastoupení FM. Pomocí kaliperu se změří tloušťka kožních řas na několika místech na těle a následně se dle rovnic nebo tabulek odečte výsledek. Rovnice a tabulky vychází z výsledků referenční metody hydrostatické denzitometrie. Tato metoda je založena na různé hustotě tkání. Jedná se o přesnou, ale náročnou metodou, která je v současné době nahrazena duální rentgenovou absorpciometrií a bioelektrickou impedancí.

Vybírat lze z různých typů měření i kaliperů. Metoda podle Matiegsky je metodou nejstarší. Tělesné složení stanovuje na základě měření kožních řas na 6 místech a dále pomocí 4 obvodových rozměrů a 4 šířkových kostních parametrů. Jedna z u nás nejčastěji využívaných metod je metoda podle Pařízkové, během které se měří tloušťka 10 kožních řas (Obr 5). Měření je spolehlivé, avšak náročné na provedení. Podmínkou správného měření je dobře zaškolený vyšetřující a znalost míst určených k měření kožních řas (Bužga et al., 2012; Vilikus et al., 2015).

Obrázek 5 10 bodů pro měření kožních řas



1. **Hlava:** na tváři pod spánkem ve výši ušního tragu
2. **Krk:** pod bradou nad jazykou
3. **Hrudník I:** v místě přední axilární řasy
4. **Hrudník II:** ve střední axilární čáře ve výši 10. žebra
5. **Břicho:** ve čtvrtině spojnice omphalion-iliospinale
6. **Boky:** nad crista iliaca
7. **Paže:** nad m. triceps brachii
8. **Záda:** pod angulus scapulae caudalis
9. **Stehno:** nad patelou
10. **Lýtko:** pod fossa poplitea

Zdroj: Vilikus et al., 2015; str. 116-117

3.2.2. Duální rentgenová absorpciometrie

DXA (Dual X-ray absorptiometry) využívá dvou různých vlnových délek o velmi nízké intenzitě, které se různě absorbují do FM, svalové tkáně a kostí. Výsledek pak odráží zastoupení těchto komponentů. Jedná se o metodu invazivní, během které je člověk vystaven malé dávce rentgenového záření. Z toho důvodu není vhodná pro těhotné ženy a nedoporučuje se provádět u dětí (Bužga et al., 2012; Lemos & Gallagher, 2017).

3.2.3. Bioimpedanční metoda

Jedná se o neinvazivní, bezpečnou, přenosnou a levnou metodu pro měření tělesného složení. Tyto klady umožňují využívat BIA nejen při vstupním vyšetření, ale i opakovaně pro sledování pokroků (Cannon & Choi, 2019). Metoda BIA je založena na rozdílné vodivosti tkání při průchodu elektrickým proudem. FFM, díky vyššímu obsahu vody a elektrolytů, působí jako vodič. Oproti tomu FM, s nižším zastoupením vody a elektrolytů, klade střídavému elektrickému proudu odpor (Sobotka et al., 2011). Pro měření lze vybírat přístroje bipolární nebo tetrapolární. Bipolární mají buď madla pro uchopení rukama nebo nášlapné plošky, a vedou tak elektrický proud horními nebo dolními

končetinami. Tyto typy nejsou až tak přesné. Tetrápolární jsou kombinací obou předchozích, vedou elektrický proud celým tělem. Vedle hodnocení tělesného složení tak mohou určit i segmentální rozložení jednotlivých komponentů. S tetrapolárními přístroji se lze často setkat v lékařských ambulancích, a to zejména s Tanitou BC 418 MA, která splňuje evropské normy pro zdravotnictví (Bužga et al., 2012; Kutáč & Sigmund, 2016).

BIA spolu s DXA jsou nejčastěji využívanými metodami. Ve srovnání ale BIA podceňuje FM a nadhodnocuje FFM a množství viscerálního tuku (Tur & Bibiloni, 2019). Výsledek měření je ovlivněn stavem hydratace měřeného jedince. Další limitací BIA představuje použití predikčních rovnic. Na základě predikčních rovnic mohou bioimpedanční přístroje od různých výrobců ukazovat odlišné výsledky. Rozlišnými výsledky se zabýval v roce 2011 Gába a kolektiv. U osob s nadváhou porovnávali některé parametry na přístrojích InBody 720 a Tanita BC-418. V případě FM, který je významným ukazatelem kardiovaskulárních rizik, nenalezli mezi přístroji statisticky významné rozdíly (Gába et al., 2011).

3.3. Tělesné složení u obézních

Obezita je definována množstvím FM a hodnotou BMI nad 30 kg/m². Velmi časté je zmožení tuku v oblasti břicha charakterizované tzv. viscerálním tukem. Právě viscerální tuk je zodpovědný za vznik řady onemocnění s obezitou spojených (Hlúbik & Hlúbik, 2016). Klasifikaci obezity na základě procentuálního zastoupení FM znázorňuje tabulka 7.

Tabulka 7 Klasifikace obezity na základě procentuálního zastoupení FM

| | |
|------|--------|
| MUŽI | ≥ 25 % |
| ŽENY | ≥ 30 % |

Zdroj: Kunešová, 2011; str.167

Tuková tkáň se skládá z adipocytů, tukových buněk. Podle převahy jednotlivých frakcí adipocytů lze obezitu dělit na hypertrofickou a hyperplastickou. Při obezitě hypertrofické dochází ke zvětšení, hypertrofii, adipocytů. Obézní jedinec má adipocytů stejně jako jedinec s normální tělesnou hmotností, množství tělesného tuku je dáno jejich zvětšením. Obezita hyperplastická je podmíněna množstvím tukových buněk, přičemž se jejich velikost nemění. Uvedené rozdíly sehrávají důležitou roli v odpovědi na redukční režim. Jedinci s obezitou hypertrofickou reagují na dietní opatření lépe než jedinci s obezitou hyperplastickou a dochází u nich k většímu úbytku FM. Tito jedinci mají zároveň lepší prognózu z hlediska zlepšení metabolických ukazatelů (Štich, 2016).

U osob s obezitou je do určité míry navýšena kromě FM i FFM. Vzhledem k negativnímu působení FM připadá veškerá pozornost při hodnocení tělesného složení právě jí. Svalová hmota je důležitá po udržení kvality života, neboť zvyšuje sílu a funkčnost jedince. I přesto, že obézní mají více svalové hmoty než jedinci s normální váhou, její funkčnost ve vztahu k metabolickým funkcím není jasná (Hirsch et al., 2017).

PRAKTICKÁ ČÁST

4. Cíl práce

Cílem práce je analyzovat data o RMR získaná pomocí NK v souvislosti s údaji o tělesném složení. Hlavním zájmem je zjistit, jak velikost FFM a FM ovlivňuje velikost RMR u osob s obezitou. Součástí práce je i porovnání naměřeného RMR s hodnotami získanými výpočtem pomocí rovnice H-B, přičemž NK je považována za metodu referenční. Pro srovnání byla zvolena skupina kontrolní zahrnující jedince s optimální tělesnou hmotností. Výzkumná i kontrolní skupina podstoupila stejná vyšetření provedená za shodných podmínek. Pro splnění cíle práce byly stanoveny 2 dílčí cíle.

4.1. Dílčí cíle

- C1** Analyzovat vztah FFM a FM v souvislosti s velikostí RMR.
- C2** Stanovit absolutní číselnou a průměrnou relativní procentuální odchylku mezi velikostí RMR stanovenou pomocí NK a vypočtenou dle predikční rovnice H-B.

4.2. Úkoly

Pro splnění dílčích cílů bylo stanoveno několik úkolů platných pro výzkumný soubor obézních pacientů ($BMI \geq 30 \text{ kg/m}^2$) i pro kontrolní vzorek jedinců s BMI v pásmu normy ($18,5\text{-}24,9 \text{ kg/m}^2$) a nadváhy ($25\text{-}29,9 \text{ kg/m}^2$).

Úkoly:

- Získat údaje o tělesném složení pomocí tetrapolárního bioimpedančního přístroje InBody230.
- Stanovit velikost RMR pomocí NK za použití přístroje Cortex MetaLyzer3B.
- Vypočítat velikost RMR na základě predikční rovnice H-B.
- Stanovit testovací kritéria a získané údaje statisticky vyhodnotit.
- Zformulovat závěry.

5. Metodika

Sběr dat probíhal na III. interní klinice, klinice endokrinologie a metabolismu 1. LF UK a VFN v Praze, konkrétně v ambulanci nutričních terapeutů. Do výzkumu byli zapojeni nově příchozí obézní pacienti, u kterých v posledních 3 měsících nedošlo k redukci hmotnosti. Tato výzkumná skupina, stejně jako kontrolní, podstoupila v rámci sběru dat dvě neinvazivní vyšetření. Jednalo se o měření tělesného složení pomocí tetrapolárního bioimpedančního přístroje InBody230 a měření RMR pomocí NK za použití přístroje Cortex MetaLyzer3B. Třetí, a poslední, metodou byl výpočet velikosti RMR predikční rovnicí H-B u obou zmíněných skupin. Tento údaj byl následně použit pro srovnání s hodnotou RMR změřenou pomocí NK.

5.1. Měření tělesného složení

Pro získání dat o tělesném složení jedinců z výzkumného i kontrolního souboru byla použita bioimpedanční metoda. Měření probíhalo na tetrapolárním přístroji InBody230 a ve všech případech předcházelo měření nepřímou kalorimetrií. Za účelem zajištění co nejpřesnějších výsledků byli jedinci instruováni k dodržení níže uvedených zásad. Bylo též doporučeno, aby ženy nepodstupovaly měření v době menstruace, kdy zpravidla dochází k odchýlkám v tělesném složení. Rovněž bylo ověřeno, zda měřená osoba nemá kardiostimulátor, a v případě žen, zda nejsou gravidní. V případě zjištění těchto stavů měření nemohlo proběhnout, neboť zavedený kardiostimulátor a těhotenství jsou považovány za kontraindikace. Takoví jedinci nebyli do výzkumu zařazeni.

Pokyny k měření tělesného složení:

- Přijďte nalačno, ráno vypijte pouze menší množství neochucené vody.
- V den měření nepijte kávu ani černý/zelený čaj.
- V den měření nekuřte.
- 24 hodin před měřením nepijte alkoholické nápoje.
- 24 hodin před měřením nenavštěvujte saunu.
- 24 hodin před měřením nevykonávejte žádnou fyzicky náročnou aktivitu.

Přístroj InBody230 poskytl informace o tělesné hmotnosti (Body Mass, BM), BMI (Body Mass Index), zastoupení svalové hmoty (Muscle Mass, MM), tukové tkáně (Fat Mass, FM), beztukové hmoty (Fat Free Mass, FFM), tělesné vody (Total Body Water, TBW), procentuálním podílu tukové tkáně (Percentage of Body Fat, PBF) a poměru obvodů boků a pasu (Waist to Hip Ratio, WHR). Vedle těchto parametrů přístroj zohledňuje segmentální rozložení FFM a FM a na základě výpočtu uvádí i orientační hodnotu BMR. Pro účely této práce byla využita pouze data o BM, FM a FFM.

5.2. Nepřímá kalorimetrie

Měření RMR pomocí NK bylo možné díky vybavení ambulance nutričních terapeutů přístrojem Cortex MetaLyzer3B. K samotnému vyšetření byla vždy použita obličejová maska, přičemž velikost byla zvolena pro každého měřeného jedince individuálně. Pro získání výsledků s co nejvíce vypovídající hodnotou probíhalo měření vždy za stejných podmínek.

Aby bylo pro měřené jedince snazší dodržet zásady, které jsou totožné s pokyny pro měření tělesného složení, probíhalo měření vždy ráno mezi 7:30-9:30. Měřený jedinec byl zároveň instruován, aby došel s alespoň 15minutovým předstihem a měl tak dostatečný čas se zklidnit. Přístroj byl před každým měřením zkalibrován podle pokynů výrobce. Během měření byly následně splněny podmínky, díky kterým byl přístroj schopen detekovat 5minutový ustálený stav.

Podmínky měření NK umožňující nalezení ustáleného stavu:

- Měření probíhalo v místnosti, kde byla nastavena teplota na 22 °C.
- V místnosti bylo příjemné osvětlení a ticho, během vyšetření nebyl měřený jedinec ničím rušen.
- Měřený jedinec ležel po celou dobu vyšetření v klidu, přičemž byl instruován, pokud možno, k zachování klidu nejen fyzického, ale i psychického.
- Měření jedinec byl upozorněn, že během vyšetření nesmí usnout.
- Vyšetření probíhalo 20 minut.

Přístroj posléze zanalyzoval spotřebu O_2 a produkci CO_2 . Dosazením do Weirovy rovnice (Tab 8) stanovil software hodnotu RMR.

Tabulka 8 Weirova rovnice

$$\text{RMR (kcal/den)} = (3.94 \times VO_2) + (1.11 \times VCO_2)$$

Zdroj: Zadák, 2008

5.3. Predikční rovnice Harrise-Benedicta

Pro splnění druhého dílčího cíle (C2) bylo zapotřebí vypočítat RMR dle predikční rovnice. Z nejčastěji využívaných rovnic byla vybrána rovnice H-B (Tab 9), která zohledňuje hlavní determinanty energetického výdeje, kterými jsou pohlaví, tělesná hmotnost, výška a věk. Dosazením těchto parametrů, přičemž tělesná hmotnost byla určena přístrojem InBody230, byla u výzkumné i kontrolní skupiny stanovena velikost RMR. Tento údaj byl následně využit pro porovnání s hodnotou RMR naměřenou metodou NK.

Tabulka 9 Výpočet RMR (kcal/den) dle rovnice Harrise-Benedicta

| | |
|-------------|---|
| MUŽI | $\text{RMR} = 66,473 + 13,7516 \times \text{hmotnost (kg)} + 5,0033 \times \text{výška (cm)} - 6,755 \times \text{věk}$ |
| ŽENY | $\text{RMR} = 655,0965 + 9,5634 \times \text{hmotnost (kg)} + 1,8496 \times \text{výška (cm)} - 4,6756 \times \text{věk}$ |

Zdroj: Harris & Benedict, 1918

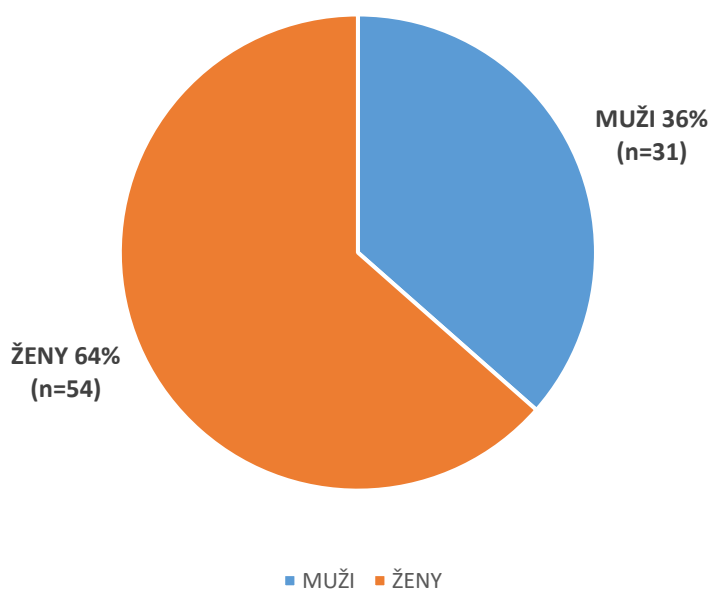
6. Výzkumný soubor

Výzkumný soubor představují nově příchozí pacienti III. kliniky, kliniky endokrinologie a metabolismu 1. LF UK a VFN v Praze. Pro zapojení do výzkumu byly zvoleny následující kritéria:

- BMI ≥ 30 kg/m²
- V posledních 3 měsících nedošlo k redukci hmotnosti.

Na základě těchto kritérií bylo do výzkumu zapojeno celkem 85 pacientů, 54 žen a 31 mužů. Průměrné BMI bylo $39,6 \pm 7,3$ kg/m². Nejvíce pacientů spadalo to kategorie obezity III. stupně (BMI ≥ 40 kg/m²). Tuto skupinu zastupovalo 40 % výzkumného souboru. Nejméně, z 28,2 %, byli zastoupeni pacienti s obezitou II. stupně (BMI 35-39,9 kg/m²). Nejnižší naměřené BMI bylo 30 kg/m², nejvyšší 68,4 kg/m². Průměrný věk pacientů byl $46,8 \pm 12,6$ let, přičemž nejmladšímu účastníkovi výzkumu bylo 21 let, a to mezi ženami i muži. Nejstarším účastníkem výzkumu byla 73letá žena. Ženy byly ale v průměru mladší než muži (45,6 let; 48,9 let). Podrobné rozdělení výzkumného souboru je zahrnuto v tabulce 10 a 11 a znázorněno grafem 1 a 2.

Graf 1 Zastoupení žen a mužů ve výzkumném souboru (n=85)



Tabulka 10 Charakteristika výzkumného souboru

| | PRŮMĚRNÁ HODNOTA* | | | | MINIMÁLNÍ HODNOTA | | | | MAXIMÁLNÍ HODNOTA | | | |
|-------------------------|-------------------|----------------|----------------|--------------|-------------------|------|-------|------|-------------------|-------|-------|------|
| | VĚK | BM | VÝŠKA | BMI | VĚK | BM | VÝŠKA | BMI | VĚK | BM | VÝŠKA | BMI |
| CELEK (n=85) | 46,8 ±12,6 | 118 ±26,8 | 172,9 ±11,3 | 39,6 ±7,3 | 21 | 78,8 | 150 | 30 | 73 | 239,1 | 199 | 68,4 |
| ŽENY (n=54) | 45,6 ±13,1 | 111,6 ±21,1 | 166,8 ±7,8 | 40,1 ±6,5 | 21 | 78,8 | 150 | 30,2 | 73 | 182 | 184,2 | 57,6 |
| MUŽI (n=31) | 48,9 ±11,5 | 131,3 ±31,1 | 183,6 ±7,8 | 38,9 ±8,5 | 21 | 96 | 169 | 30 | 72 | 239,1 | 199 | 68,4 |

* Hodnoty v tabulce jsou uvedené jako průměrná hodnota ± SD (směrodatná odchylka)

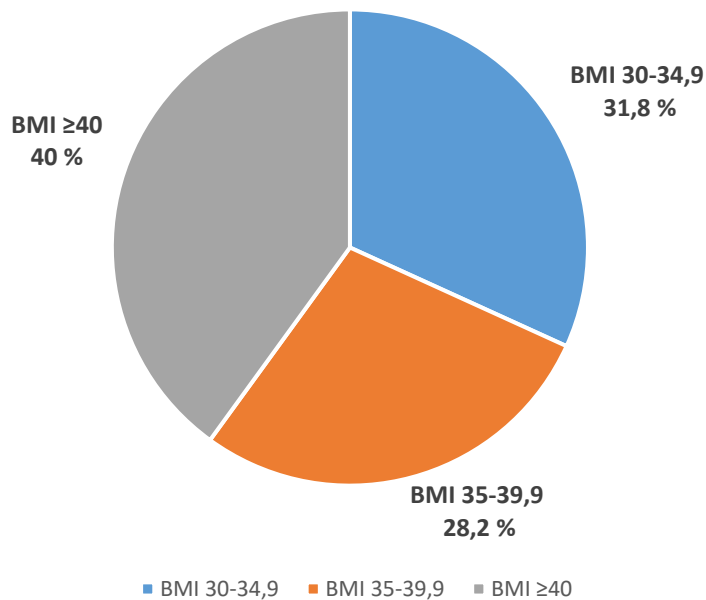
Věk (roky)

BM (kg)

Výška (cm)

BMI (kg/m²)

Graf 2 Procentuální rozdělení výzkumného souboru (n=85) dle hodnoty BMI (kg/m²)



Tabulka 11 Rozdělení výzkumného souboru podle hodnoty BMI (kg/m²)

| ROZDĚLENÍ VÝZKUMNÉHO SOUBORU PODLE HODNOTY BMI (kg/m ²) | | | |
|---|-------------|-------------|----------|
| | BMI 30-34,9 | BMI 35-39,9 | BMI ≥ 40 |
| CELEK (n=85) | 27 | 24 | 34 |
| ŽENY (n=54) | 15 | 14 | 25 |
| MUŽI (n=31) | 12 | 10 | 9 |

U všech pacientů proběhlo měření tělesného složení a RMR pomocí NK. Výsledky odpovídají datům, které uvádí literatura, tedy že ženy mají fyziologicky méně MM a více FM než muži. Ženy měly v průměru 32,3 ± 5,3 kg MM a 53,9 ± 13,4 kg FM. Muži měli v průměru 46,7 ± 8,0 kg MM a 49,4 ± 20,6 kg FM. Tomu odpovídá i vyšší zastoupení FFM u mužů (81,9 ± 13,4 kg). U žen zastoupení FFM dosahovalo v průměru 57,7 ± 9,1 kg. Průměrná hodnota RMR byla vyšší u mužů než u žen (muži 10 585 ± 1 727 kJ/den; ženy 8 475 ± 1 737 kJ/den). Charakteristiku výzkumného vzorku podle tělesného složení uvádí tabulka 12, hodnoty RMR naměřené metodou NK tabulka 13 a graf 3.

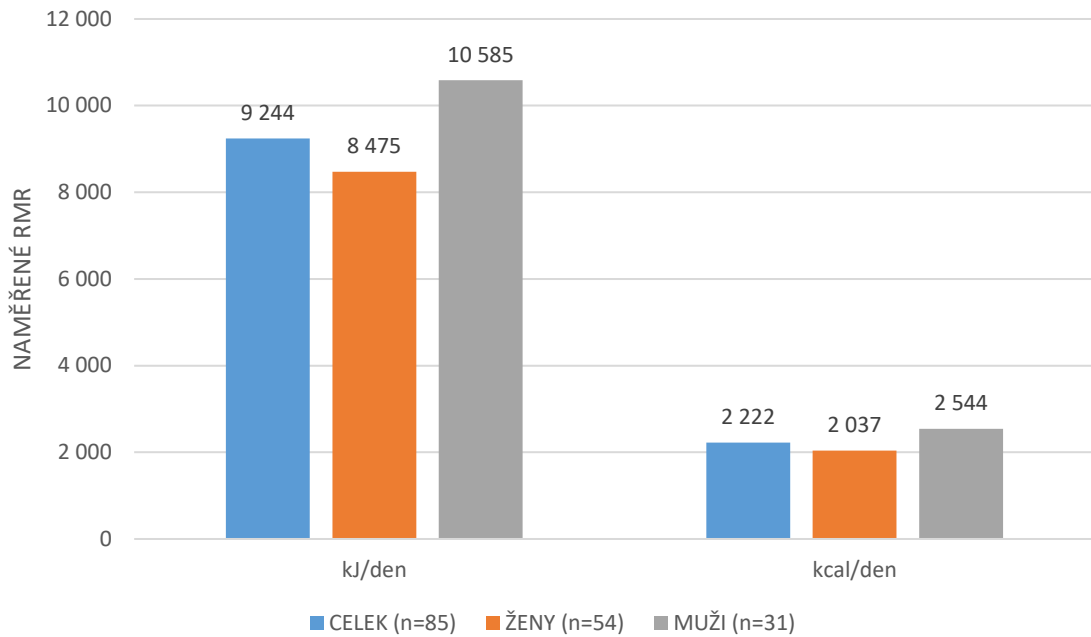
Tabulka 12 Charakteristika výzkumného souboru podle tělesného složení

| PRŮMĚRNÁ HODNOTA | | | | | |
|---------------------|------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| | MM (kg) | FM (kg) | PBF (%) | FFM (kg) | TBW (kg) |
| CELEK (n=85) | 37,5 ± 9,5 | 52,3 ± 16,4 | 43,8 ± 7,7 | 66,5 ± 15,9 | 48,9 ± 11,8 |
| ŽENY (n=54) | 32,3 ± 5,3 | 53,9 ± 13,4 | 47,9 ± 4,0 | 57,7 ± 9,1 | 42,4 ± 6,7 |
| MUŽI (n=31) | 46,7 ± 8,0 | 49,4 ± 20,6 | 36,6 ± 7,3 | 81,9 ± 13,4 | 60,2 ± 10,0 |

Tabulka 13 Charakteristika výzkumného souboru podle hodnoty RMR naměřené NK

| HODNOTA RMR (kJ/den) | | | |
|----------------------|------------------|---------|---------|
| | PRŮMĚRNÁ HODNOTA | MINIMUM | MAXIMUM |
| CELEK (n=85) | 9 244 ± 2 003 | 4 855 | 14 107 |
| ŽENY (n=54) | 8 475 ± 1 737 | 4 855 | 13 279 |
| MUŽI (n=31) | 10 585 ± 1 727 | 7 276 | 14 107 |

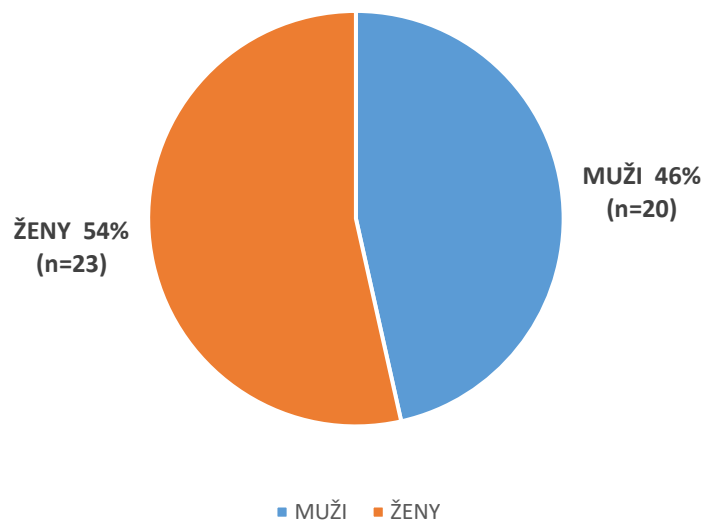
Graf 3 Grafické znázornění velikosti RMR výzkumného souboru



6.1. Kontrolní soubor

Do kontrolního souboru byli vybráni jedinci s BMI odpovídající pásnu normální tělesné hmotnosti (BMI 18,5-24,9 kg/m²) a nadváhy (BMI 25-29,9 kg/m²). Průměrné BMI bylo 23,5 ± 2,7 kg/m², přičemž většina (65 %) spadala do pásma pro normální tělesnou hmotnost (BMI 18,5-24,9 kg/m²). Velikost kontrolního souboru byla 43 jedinců, zastoupení žen a mužů bylo téměř vyrovnané (23 žen; 20 mužů). Podrobná charakteristika kontrolního souboru je uvedena v tabulce 14 a 15 a znázorněna grafem 4 a 5.

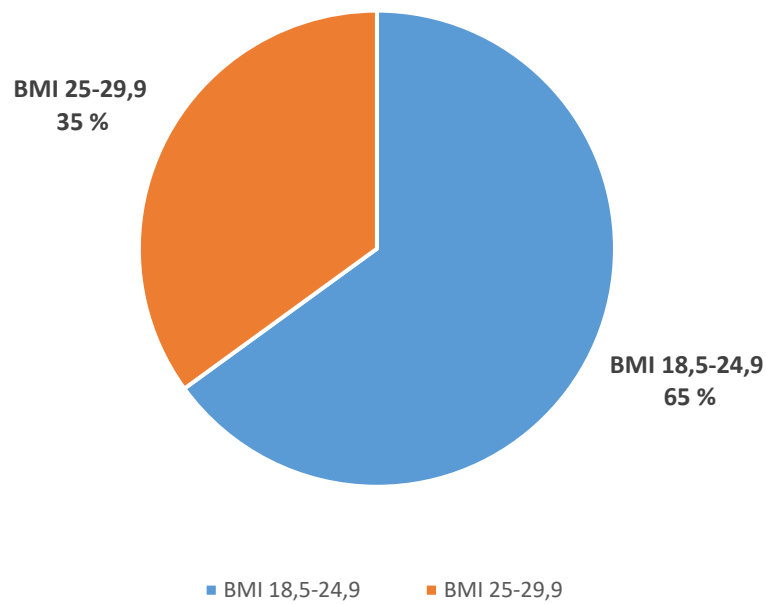
Graf 4 Zastoupení žen a mužů v kontrolním souboru (n=43)



Tabulka 14 Charakteristika kontrolního souboru

| | PRŮMĚRNÁ HODNOTA* | | | | MINIMÁLNÍ HODNOTA | | | | MAXIMÁLNÍ HODNOTA | | | |
|-------------------------|-------------------|---------------|---------------|--------------|-------------------|------|-------|------|-------------------|-------|-------|------|
| | VĚK | BM | VÝŠKA | BMI | VĚK | BM | VÝŠKA | BMI | VĚK | BM | VÝŠKA | BMI |
| CELEK (n=43) | 32,8 ±7,8 | 73,3 ±13,9 | 1726 ±9,8 | 23,5 ±2,7 | 24 | 48,7 | 158 | 18,5 | 53 | 122,3 | 207 | 28,9 |
| ŽENY (n=23) | 30,6 ±8,3 | 66,2 ±11,1 | 170,8 ±8,1 | 22,6 ±2,7 | 24 | 48,7 | 158 | 18,5 | 53 | 99,6 | 190 | 28,1 |
| MUŽI (n=20) | 35,4 ±6,5 | 81,4 ±12,5 | 182,2 ±8,1 | 24,4 ±2,4 | 24 | 66,3 | 173 | 20,5 | 48 | 122,3 | 207 | 20,5 |

Graf 5 Procentuální rozdělení kontrolního souboru (n=43) dle hodnoty BMI (kg/m²)



Tabulka 15 Rozdělení kontrolního souboru podle hodnoty BMI (kg/m²)

| ROZDĚLENÍ KONTROLNÍHO SOUBORU PODLE HODNOTY BMI (kg/m ²) | | |
|--|---------------|-------------|
| | BMI 18,5-24,9 | BMI 25-29,9 |
| CELEK (n=43) | 32 | 11 |
| ŽENY (n=23) | 19 | 4 |
| MUŽI (n=20) | 13 | 7 |

Stejně jako u výzkumného souboru bylo u kontrolní skupiny měřeno tělesné složení a RMR. Získané údaje o tělesném složení reflektují, stejně jako u výzkumného souboru, fyziologické rozdíly mezi muži a ženami. Ženy měly nižší zastoupení MM (27,4 ± 4,7 kg) a vyšší zastoupení FM (16,8 ± 5,3 kg) než muži (MM=38,3 ± 6,8 kg; FM=14,5 ± 4,6 kg). Naopak muži měli více FFM než ženy (muži 66,4 ± 12,4 kg; ženy 49,4 ± 7,8 kg). Průměrná hodnota RMR byla 8 688 ± 1 276 kJ/den u mužů a 6 811 ± 850 kJ/den u žen. Charakteristiku kontrolního souboru podle tělesného složení uvádí tabulka 16, hodnoty RMR naměřené nepřímou kalorimetrií tabulka 17 a graf 6.

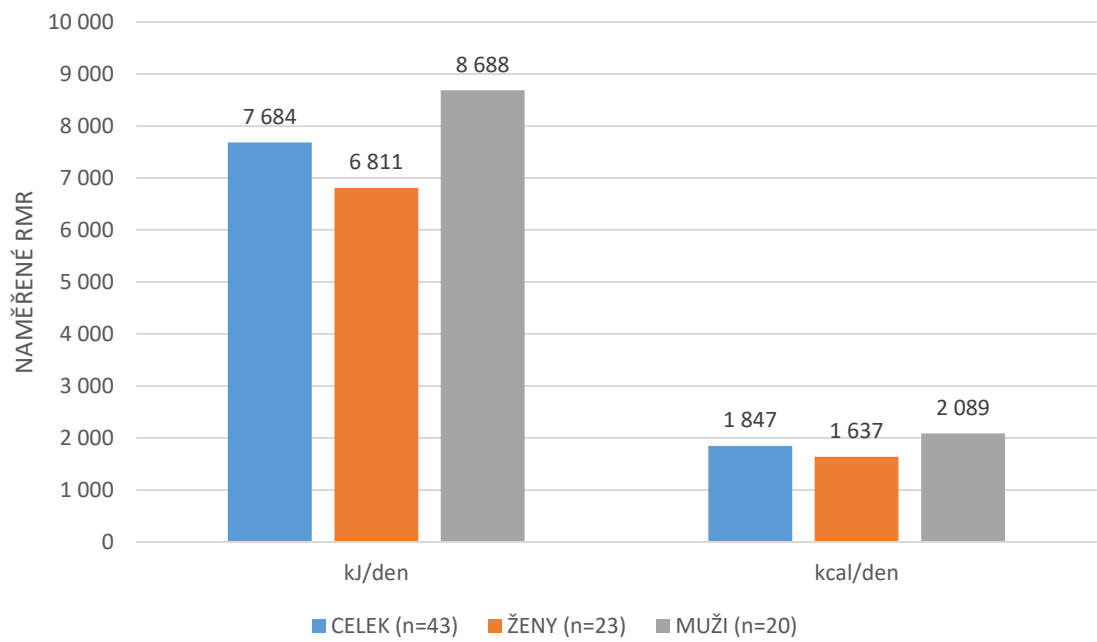
Tabulka 16 Charakteristika kontrolního souboru podle tělesného složení

| PRŮMĚRNÁ HODNOTA | | | | | |
|---------------------|------------|------------|------------|-------------|------------|
| | MM (kg) | FM (kg) | PBF (%) | FFM (kg) | TBW (kg) |
| CELEK (n=43) | 32,4 ± 7,9 | 15,8 ± 5,1 | 21,7 ± 6,5 | 57,3 ± 13,2 | 42,4 ± 9,6 |
| ŽENY (n=23) | 27,4 ± 4,7 | 16,8 ± 5,3 | 25,2 ± 5,6 | 49,4 ± 7,8 | 36,5 ± 5,8 |
| MUŽI (n=20) | 38,3 ± 6,8 | 14,5 ± 4,6 | 17,8 ± 5,2 | 66,4 ± 12,4 | 49,2 ± 8,4 |

Tabulka 17 Charakteristika výzkumného souboru podle hodnoty RMR naměřené NK

| HODNOTA RMR (kJ/den) | | | |
|----------------------|------------------|---------|---------|
| | PRŮMĚRNÁ HODNOTA | MINIMUM | MAXIMUM |
| CELEK (n=43) | 7 684 ± 1 419 | 5 204 | 11 631 |
| ŽENY (n=23) | 6 811 ± 850 | 5 204 | 8 882 |
| MUŽI (n=20) | 8 688 ± 1 276 | 6 693 | 11 631 |

Graf 6 Grafické znázornění velikosti RMR výzkumného souboru



7. Výsledky

7.1. Cíl 1

Analyzovat vztah FFM a FM v souvislosti s velikostí RMR.

Pro porovnání výsledků byl zvolen test lineární nezávislosti, konkrétně Pearsonův test korelačního koeficientu. Tento test se využívá v případě, že je potřeba na hladině významnosti α ověřit, zda jsou nebo nejsou hodnoty dvou párových spojitých výběrů s předpokladem normality dat nezávislé.

Postup Pearsonova testu korelačního koeficientu:

- Stanovení dvou párových výběrů X a Y:
X = FFM, FM (kg)
Y = RMR naměřené pomocí NK (kJ/den)
- Určení nulové (H0) a alternativní (H1) hypotézy:
H0 = veličiny jsou nezávislé
H1 = veličiny nejsou nezávislé
- Stanovení hladiny významnosti ($\alpha=0,05$)
- Stanovení stupně volnosti (n-2)
- Stanovení výběrového korelačního koeficientu (r)
- Stanovení testovacího kritéria (t)
- Stanovení kritické hodnoty (t.krit)
- Porovnání t a t.krit a přijmutí či zamítnutí H0

Pro interpretaci výsledků je stěžejní znalost testovacího kritéria (t) a kritické hodnoty (t.krit):

- $t < t.krit$ = testovací kritérium nepřekročilo kritickou hodnotu a přijímá se nulová hypotéza
- $t > t.krit$ = testovací kritérium překročilo kritickou hodnotu a přijímá se hypotéza alternativní

Vzhledem k fyziologicky rozdílnému tělesnému složení žen a mužů, kdy ženy mají více FM, a naopak méně FFM než muži, byly všechny analyzované parametry pro obě skupiny hodnoceny zvlášť.

TESTOVÁNÍ ZÁVISLOSTI RMR NA ZASTOUPENÍ FFM A FM

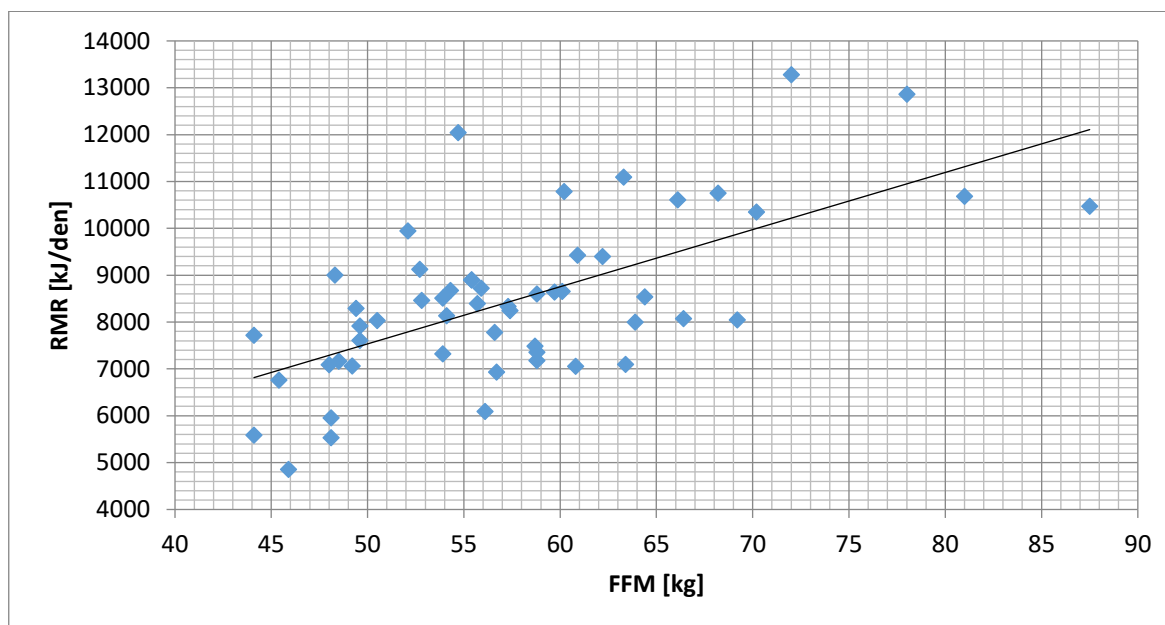
Při porovnávání lineární nezávislosti FFM a RMR překročilo testovací kritérium kritickou hodnotu, a proto byla zamítnuta H0 o lineární nezávislosti. Stejně tomu bylo při porovnání lineární nezávislosti FM a RMR. V obou případech byla přijata H1. U všech skupin byla zjištěna lineární závislost mezi hodnotami FM a RMR a FFM a RMR. Největší překročení kritické hodnoty při statistickém testování bylo zjištěno u testování závislosti FFM a RMR. Závislost RMR na FFM byla nejsignifikantnější. Vztahy mezi FFM/RMR a FM/RMR jsou podrobně popsány v tabulce 18-21 a znázorněny grafem 7-14. Pro jednodušší orientaci jsou všechny výsledky vyneseny v tabulce 22.

TESTOVÁNÍ ZÁVISLOSTI RMR NA FFM U VÝZKUMNÉHO SOUBORU

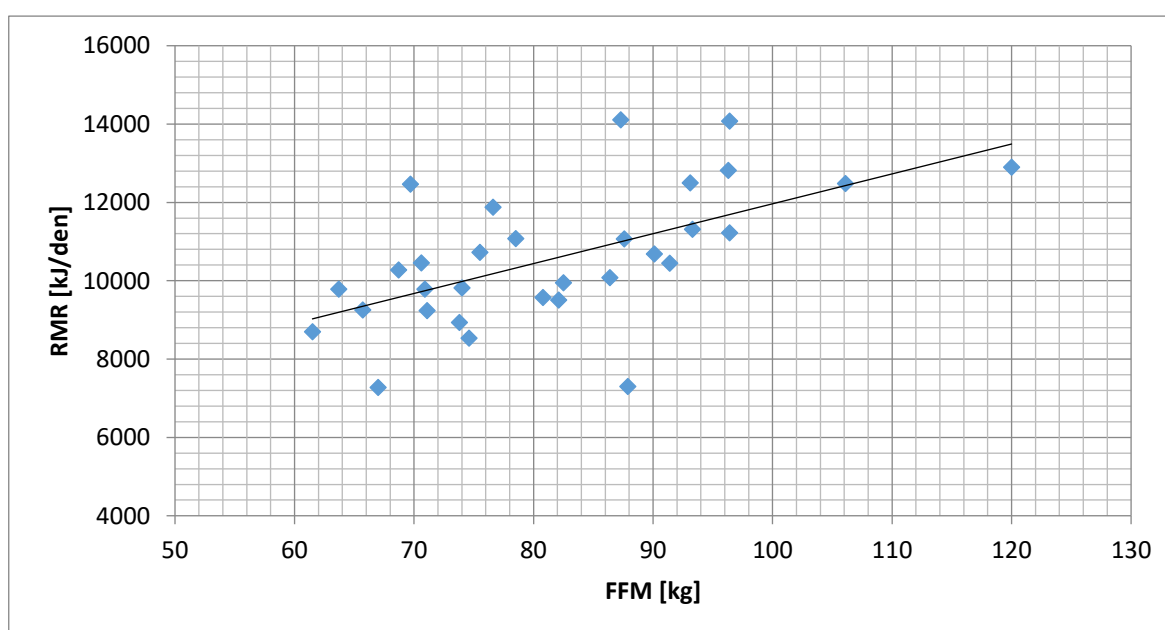
Tabulka 18 Test lineární nezávislosti RMR na FFM u výzkumného souboru

| | OBÉZNÍ ŽENY | OBÉZNÍ MUŽI |
|---------------------------|-------------|-------------|
| Výzkumný soubor (n=X) | 54 | 31 |
| Korelační koeficient (r) | 0,640 | 0,592 |
| Testovací kritérium (t) | 6,006 | 3,951 |
| Kritická hodnota (t.krit) | 0,031 | 0,032 |
| Poměr t a t.krit | 191 | 125 |

Graf 7 Znárodnění závislosti RMR na FFM u výzkumného souboru žen (n=54)



Graf 8 Znárodnění závislosti RMR na FFM u výzkumného souboru mužů (n=31)

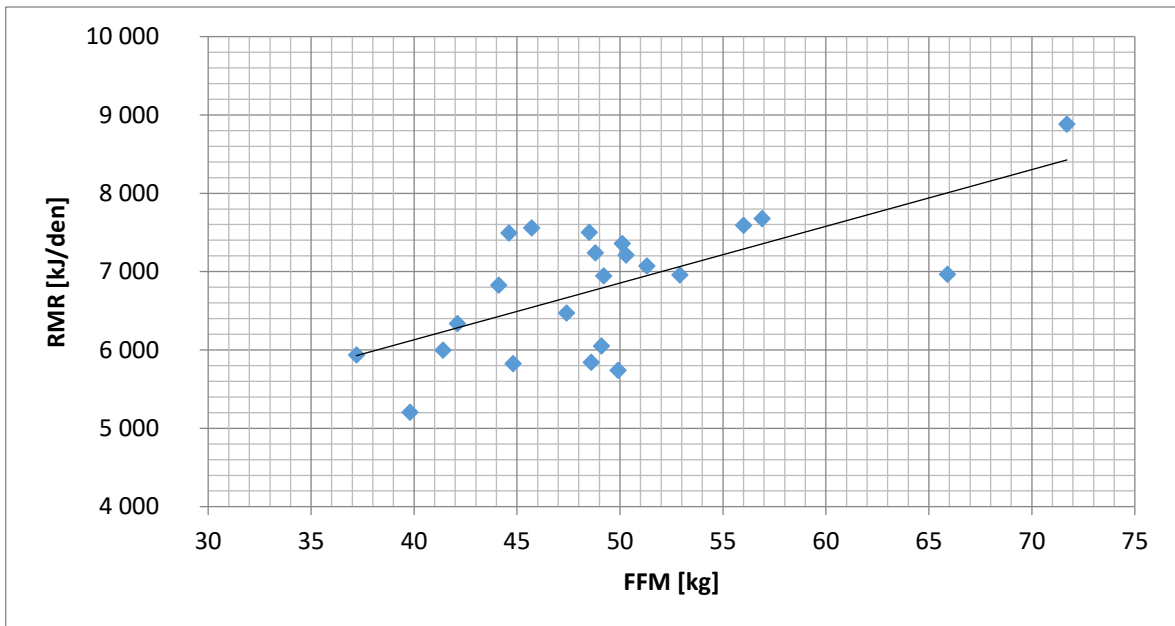


TESTOVÁNÍ ZÁVISLOSTI RMR NA FFM U KONTROLNÍHO SOUBORU

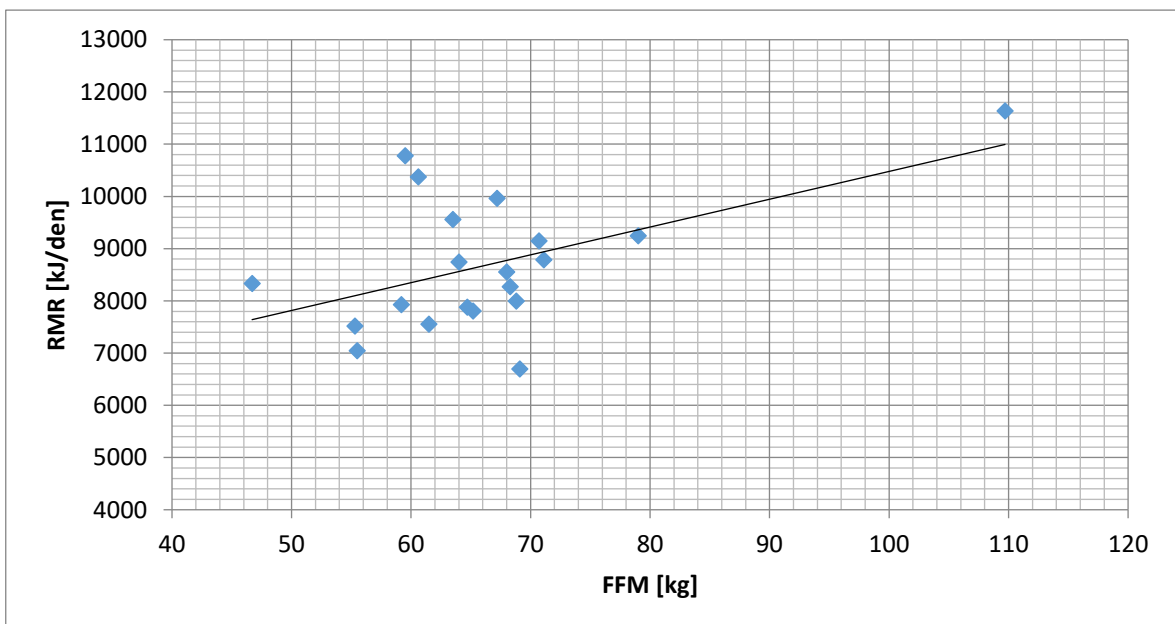
Tabulka 19 Test lineární nezávislosti RMR na FFM u kontrolního souboru

| | KONTROLY ŽENY | KONTROLY MUŽI |
|---------------------------|---------------|---------------|
| Výzkumný soubor (n=X) | 23 | 20 |
| Korelační koeficient (r) | 0,680 | 0,515 |
| Testovací kritérium (t) | 4,247 | 2,552 |
| Kritická hodnota (t.krit) | 0,032 | 0,032 |
| Poměr t a t.krit | 134 | 80 |

Graf 9 Znárodnění závislosti RMR na FFM u kontrolního souboru žen (n=23)



Graf 10 Znárodnění závislosti RMR na FFM u kontrolního souboru mužů (n=20)

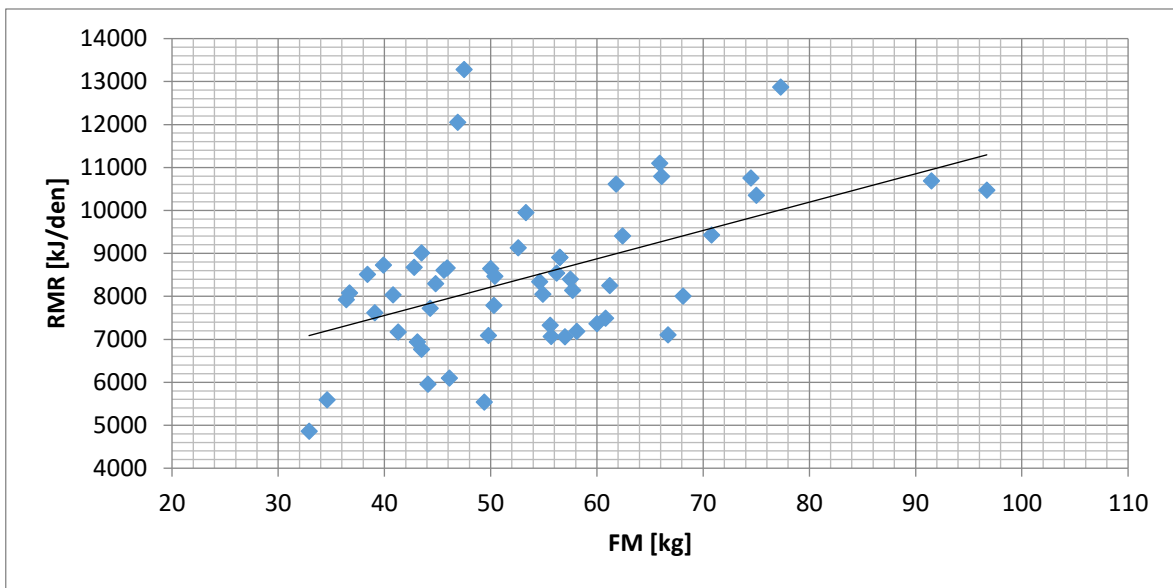


TESTOVÁNÍ ZÁVISLOSTI RMR NA FM U VÝZKUMNÉHO SOUBORU

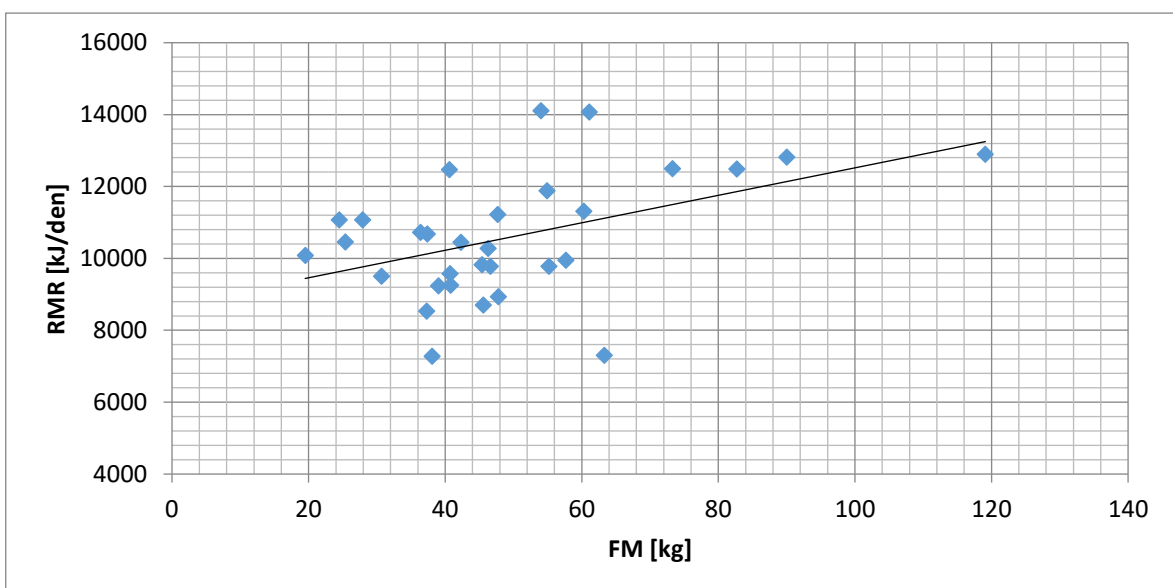
Tabulka 20 Test lineární nezávislosti RMR na FM u výzkumného souboru

| | OBÉZNÍ ŽENY | OBÉZNÍ MUŽI |
|---------------------------|-------------|-------------|
| Výzkumný soubor (n=X) | 54 | 31 |
| Korelační koeficient (r) | 0,507 | 0,456 |
| Testovací kritérium (t) | 4,243 | 2,756 |
| Kritická hodnota (t.krit) | 0,031 | 0,032 |
| Poměr t a t.krit | 135 | 87 |

Graf 11 Znázornění závislosti RMR na FM u výzkumného souboru žen (n=54)



Graf 12 Znázornění závislosti RMR na FM u výzkumného souboru mužů (n=31)

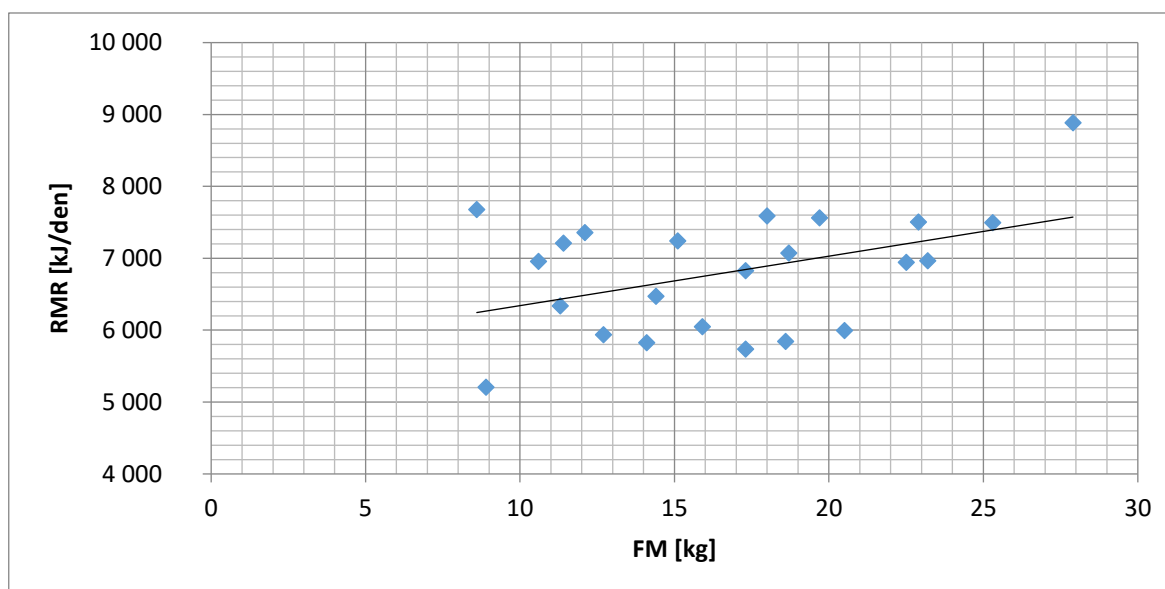


TESTOVÁNÍ ZÁVISLOSTI RMR NA FM U KONTROLNÍHO SOUBORU

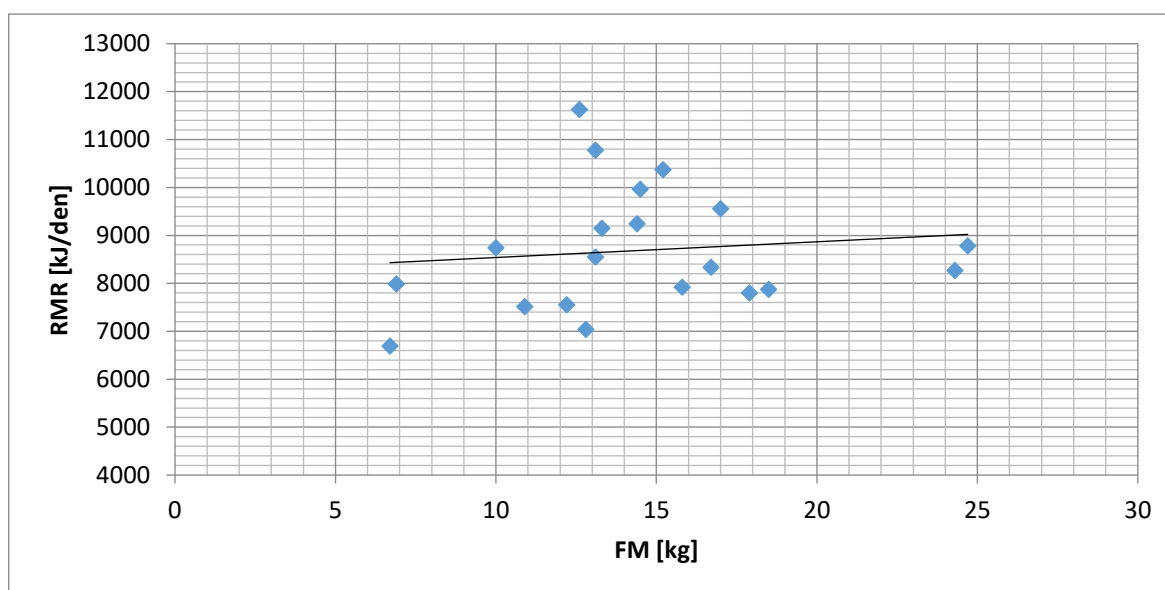
Tabulka 21 Test lineární nezávislosti RMR na FM u kontrolního souboru

| | KONTROLY ŽENY | KONTROLY MUŽI |
|---------------------------|---------------|---------------|
| Výzkumný soubor (n=X) | 23 | 20 |
| Korelační koeficient (r) | 0,463 | 0,119 |
| Testovací kritérium (t) | 2,396 | 0,510 |
| Kritická hodnota (t.krit) | 0,032 | 0,032 |
| Poměr t a t.krit | 76 | 16 |

Graf 13 Znázornění závislosti RMR na FM u kontrolního souboru žen (n=23)



Graf 14 Znázornění závislosti RMR na FM u kontrolního souboru mužů (n=20)



Tabulka 22 Porovnání závislosti RMR na FFM a RMR na FM u výzkumného i kontrolního souboru

| | VÝZKUMNÝ SOUBOR | | KONTROLNÍ SOUBOR | |
|-------------------------|---------------------------------------|-------|------------------|-------|
| | ŽENY | MUŽI | ŽENY | MUŽI |
| n=X | 54 | 31 | 23 | 20 |
| | TEST LINEÁRNÍ NEZÁVISLOSTI RMR NA FFM | | | |
| r | 0,640 | 0,592 | 0,680 | 0,515 |
| t | 6,006 | 3,951 | 4,247 | 2,552 |
| t.krit | 0,031 | 0,032 | 0,032 | 0,032 |
| Poměr t a t.krit | 191 | 125 | 134 | 80 |
| | TEST LINEÁRNÍ NEZÁVISLOSTI RMR NA FM | | | |
| r | 0,507 | 0,456 | 0,463 | 0,119 |
| t | 4,243 | 2,756 | 2,396 | 0,510 |
| t.krit | 0,031 | 0,032 | 0,032 | 0,032 |
| Poměr t a t.krit | 135 | 87 | 76 | 16 |

POROVNÁNÍ RMR (ABS) S HODNOTOU RMR PŘEPOČTENOU NA KG BM A KG FFM

Součástí C1 bylo dále porovnat hodnotu RMR naměřenou pomocí NK v absolutních číslech (abs), hodnotu RMR přepočtenou na kilogram tělesné hmotnosti (RMR/kg/BM) a hodnotu RMR přepočtenou na kilogram FFM (RMR/kg/FFM). Výzkumný soubor měl v absolutních číslech jednoznačně vyšší RMR než soubor kontrolní. Velikost RMR byla v absolutních číslech $9\,244 \pm 2\,003$ kJ/den u výzkumného souboru a $7\,684 \pm 1\,419$ kJ/den u souboru kontrolního. Po vydělení RMR kilogramem tělesné hmotnosti byl výsledek opačný. RMR/kg/BM bylo vyšší u souboru kontrolního, 106 ± 14 kJ/den. RMR/kg/BM u výzkumného souboru bylo 79 ± 14 kJ/den. Zajímavé bylo porovnání RMR/kg/FFM, kde byl mezi soubory pouze minimální rozdíl. RMR/kg/FFM u výzkumného souboru bylo 141 ± 23 kJ/den, u kontrolního souboru 136 ± 19 kJ/den. Pro lepší přehlednost jsou výsledky vyneseny v tabulce 23.

Tabulka 23 Porovnání RMR (abs) s hodnotou RMR přepočtenou na kg BM a kg FFM

| (kJ/den) | VÝZKUMNÝ SOUBOR (n=85) | | KONTROLNÍ SOUBOR (n=43) | |
|-------------------|------------------------|----------------|-------------------------|---------------|
| RMR (abs) | 9 244 ± 2 003 | | 7 684 ± 1419 | |
| RMR/kg/BM | 79 ± 14 | | 106 ± 14 | |
| RMR/kg/FFM | 141 ± 23 | | 136 ± 19 | |
| | VÝZKUMNÝ SOUBOR | | KONTROLNÍ SOUBOR | |
| (kJ/den) | ŽENY (n=54) | MUŽI (n=31) | ŽENY (n=23) | MUŽI (n=20) |
| RMR (abs) | 8 475 ± 1 737 | 10 585 ± 1 727 | 6 811 ± 850 | 8 688 ± 1 276 |
| RMR/kg/BM | 77 ± 13 | 83 ± 15 | 104 ± 12 | 108 ± 17 |
| RMR/kg/FFM | 147 ± 23 | 131 ± 19 | 139 ± 16 | 133 ± 23 |

7.2. Cíl 2

Stanovit absolutní číselnou a průměrnou relativní procentuální odchylku mezi velikostí RMR stanovenou pomocí NK a vypočtenou dle predikční rovnice H-B.

Pro porovnání výsledků byl zvolen studentův párový t-test. Jedná se o nejčastěji používaný parametrický test, který se využívá tam, kde je potřeba porovnat 2 soubory výběrových dat u kterých není známá střední hodnota základního souboru. Párový t-test porovnává data jednoho výběrového souboru získaná dvěma rozlišnými metodami, v tomto případě hodnotu RMR naměřenou pomocí NK a hodnotu RMR vypočtenou pomocí rovnice H-B. Vzhledem k tomu, že existují fyziologické rozdíly v tělesném složení žen a mužů, přičemž tělesné složení ovlivňuje velikost RMR, byly metody porovnávány pro obě skupiny zvlášť.

Postup párového t-testu:

- Určení nulové (H0) a alternativní (H1) hypotézy:
H0 = metodiky nevykazují statisticky významný rozdíl
H1 = metodiky vykazují statisticky významný rozdíl
- Výpočet rozdílu párových hodnot u výběrového souboru (n = počet párů)
- Výpočet aritmetického průměru a směrodatné odchylky ze zjištěného rozdílu
- Výpočet testovacího kritéria (t)
- Stanovení stupně volnosti (n-1)
- Stanovení hladiny významnosti ($\alpha=0,05$)
- Stanovení kritické hodnoty (t.krit)
- Porovnání t a t.krit a přijetí či zamítnutí H0
t<t.krit = testovací kritérium nepřekročilo kritickou hodnotu a přijímá se H0
t>t.krit = testovací kritérium překročilo kritickou hodnotu a přijímá se H1

VÝSLEDKY PÁROVÉHO T-TESTU

Z výzkumného souboru došlo k překročení kritické hodnoty při statistickém testování ($t>t.krit$) pouze u žen. Mezi hodnotami RMR naměřenými NK a hodnotami vypočítanými pomocí rovnice H-B byla přijata H1. Metodiky v tomto případě vykazovaly statisticky významný rozdíl. Stejně tomu bylo u mužů i žen z kontrolního souboru. Statisticky významný rozdíl nebyl zjištěn pouze u výzkumného souboru mužů, kde $t<t.krit$ a byla tak přijata H0. Výsledky párového t-testu jsou shrnuty v tabulce 24.

Tabulka 24 Výsledky párového t-testu

| | VÝZKUMNÝ SOUBOR | | KONTROLNÍ SOUBOR | |
|------------------------|-----------------|-------------|------------------|-------------|
| | ŽENY (n=54) | MUŽI (n=31) | ŽENY (n=23) | MUŽI (n=20) |
| RMR kJ/den (NK) | 8 475 | 10 585 | 6 811 | 8 688 |
| RMR kJ/den (HB) | 7 588 | 10 229 | 6 079 | 7 724 |
| Průměrný rozdíl | -887 | -356 | -732 | -964 |
| t | 4,828 | 1,173 | 5,675 | 3,708 |
| t.krit | 2,006 | 2,042 | 2,074 | 2,093 |

STANOVENÍ ABSOLUTNÍ ČÍSELNÉ A PRŮMĚRNÉ RELATIVNÍ PROCENTUÁLNÍ ODCHYLKY

Pro porovnání rozdílů hodnot RMR naměřených pomocí NK a hodnot RMR získaných propočtem dle rovnice H-B byla stanovena absolutní číselná a relativní procentuální odchylka. U výzkumného souboru byla v obou případech zjištěna větší průměrná odchylka u žen než u mužů, u kontrolního souboru tomu bylo přesně naopak. Výsledky jsou pro přehlednost nejdříve shrnuty společně v tabulce 25 a následně podrobně rozvinuty.

Tabulka 25 Průměrná absolutní číselná a průměrná relativní procentuální odchylka hodnot RMR dle rovnice H-B v porovnání s NK u výzkumného i kontrolního souboru

| | VÝZKUMNÝ SOUBOR | | KONTROLNÍ SOUBOR | |
|------------------------|-----------------|----------------|------------------|---------------|
| | ŽENY (n=54) | MUŽI (n=31) | ŽENY (n=23) | MUŽI (n=20) |
| RMR kJ/den (NK) | 8 475 ± 1 737 | 10 585 ± 1 727 | 6 811 ± 850 | 8 688 ± 1 276 |
| RMR kJ/den (HB) | 7 588 ± 983 | 10 229 ± 1 896 | 6 079 ± 499 | 7 724 ± 839 |
| Abs odchylka (kJ/den) | 877 ± 1 337 | 356 ± 1 662 | 732 ± 605 | 964 ± 1 132 |
| Relativní odchylka (%) | 13,4 ± 9,2 | 12 ± 11,2 | 10,6 ± 7,2 | 11,3 ± 9,9 |

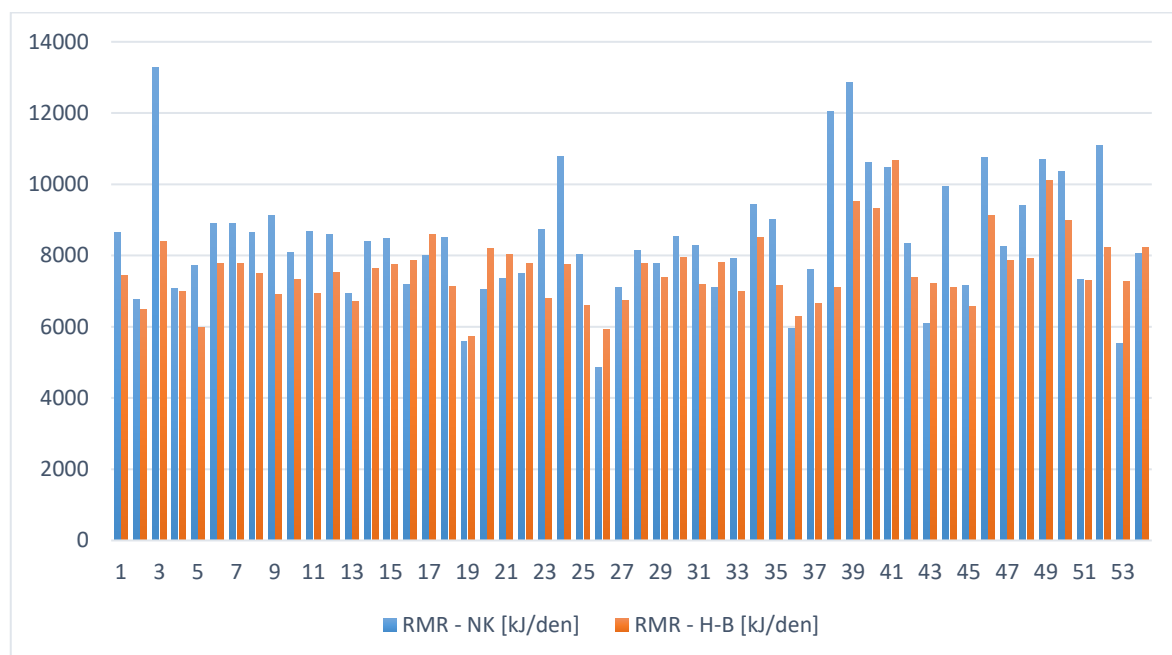
STANOVENÍ ABSOLUTNÍ ČÍSELNÉ A PRŮMĚRNÉ RELATIVNÍ PROCENTUÁLNÍ ODCHYLKY U VÝZKUMNÉHO SOUBOROU

Pro porovnání rozdílů hodnot RMR naměřených pomocí NK a hodnot RMR získaných propočtem dle rovnice H-B byla stanovena absolutní číselná a relativní procentuální odchylka. U výzkumného souboru byla v obou případech zjištěna větší průměrná odchylka u žen než u mužů (Tab 26). V průměru byla absolutní číselná odchylka u žen 877 ± 1 337 kJ/den (Graf 15), relativní průměrná procentuální odchylka byla 13,4 ± 9,2 % (Tab 27). U mužů byla průměrná absolutní číselná odchylka 356 ± 1 662 kJ/den (Graf 16), průměrná relativní procentuální odchylka byla 12 ± 11,2 % (Tab 28).

Tabulka 26 Průměrná absolutní číselná a průměrná relativní procentuální odchylka hodnot RMR dle rovnice H-B v porovnání s NK u výzkumného souboru

| | OBÉZNÍ ŽENY | OBÉZNÍ MUŽI |
|-----------------------------|---------------|----------------|
| Výzkumný soubor (n=X) | 54 | 31 |
| RMR kJ/den (NK) | 8 475 ± 1 737 | 10 585 ± 1 727 |
| RMR kJ/den (HB) | 7 588 ± 983 | 10 229 ± 1 896 |
| Absolutní odchylka (kJ/den) | 877 ± 1 337 | 356 ± 1 662 |
| Relativní odchylka (%) | 13,4 ± 9,2 | 12 ± 11,2 |

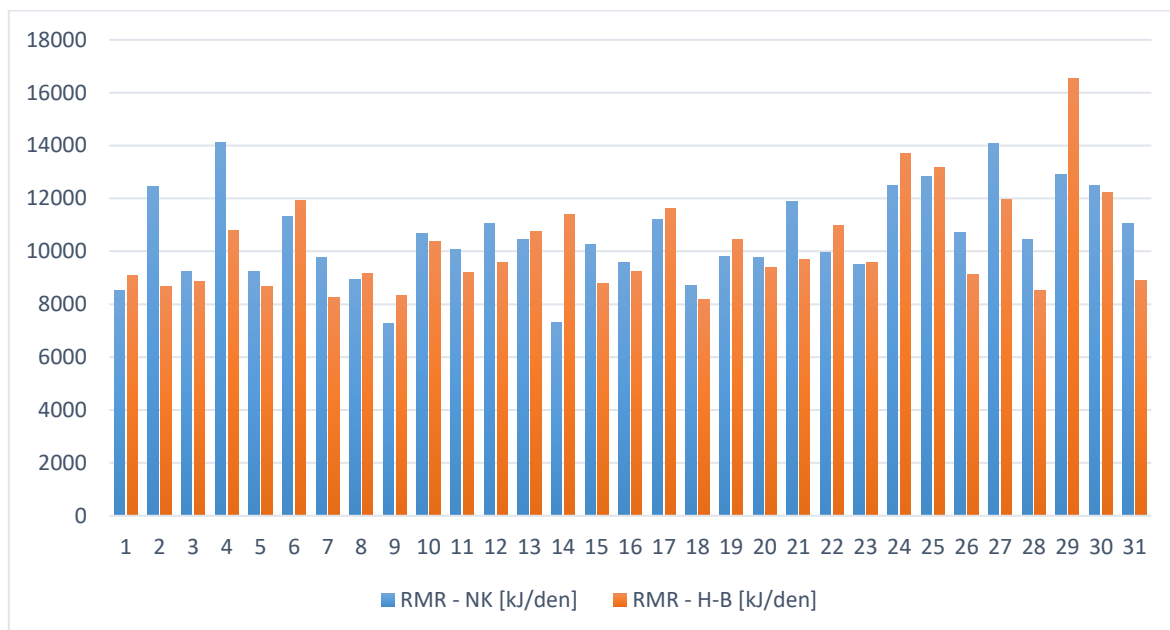
Graf 15 Průměrné absolutní číselné odchylky hodnot RMR dle rovnice H-B v porovnání s NK u obézních žen (n=54)



Tabulka 27 Absolutní číselná (AO) a relativní procentuální (RO) odchylka dle rovnice H-B v porovnání s NK u obézních žen (n=54)

| | AO (kJ) | RO (%) | | AO (kJ) | RO (%) | | AO (kJ) | RO (%) |
|------------|---------|--------|------------|---------|--------|------------|---------|--------|
| 1. | -1 204 | 13,9 | 19. | -1 385 | 16,3 | 37. | -1 857 | 20,6 |
| 2. | -291 | 4,3 | 20. | 135 | 2,4 | 38. | 337 | 5,7 |
| 3. | -4 885 | 36,8 | 22. | 1 154 | 16,3 | 39. | -961 | 12,6 |
| 4. | -78 | 1,1 | 22. | 662 | 9,0 | 40. | -4 944 | 41,0 |
| 5. | -1 725 | 22,4 | 23. | 295 | 3,9 | 41. | -3 356 | 26,1 |
| 6. | -1 125 | 12,6 | 24. | -1 925 | 22,1 | 42. | -1 283 | 12,1 |
| 7. | -1 121 | 12,6 | 25. | -3 047 | 28,2 | 43. | 193 | 1,8 |
| 8. | -1 131 | 13,2 | 26. | -1 425 | 17,7 | 44. | -956 | 11,5 |
| 9. | -2 222 | 24,4 | 27. | 1 054 | 21,7 | 45. | 1 122 | 18,4 |
| 10. | -761 | 9,4 | 28. | -365 | 5,2 | 46. | -2 847 | 28,6 |
| 11. | -1 738 | 20,0 | 29. | -367 | 4,5 | 47. | -592 | 8,3 |
| 12. | -1 078 | 12,5 | 30. | -407 | 5,2 | 48. | -1 623 | 15,1 |
| 13. | -215 | 3,1 | 31. | -604 | 7,1 | 49. | -388 | 4,7 |
| 14. | -776 | 9,2 | 32. | -1 093 | 13,2 | 59. | -1 480 | 15,7 |
| 15. | -712 | 8,4 | 33. | 696 | 9,8 | 51. | -581 | 5,4 |
| 16. | 668 | 9,3 | 34. | -929 | 11,7 | 52. | -1 377 | 13,3 |
| 17. | 660 | 7,5 | 35. | -931 | 9,9 | 53. | -16 | 0,2 |
| 18. | -2 874 | 25,9 | 36. | 1 726 | 31,2 | 54. | 162 | 2,0 |

Graf 16 Absolutní číselné odchylky hodnot RMR dle rovnice H-B v porovnání s NK u obézních mužů (n=31)



Tabulka 28 Absolutní číselná (AO) a relativní procentuální (RO) odchylka dle rovnice H-B v porovnání s NK u obézních mužů (n=31)

| | AO (kJ) | RO (%) | | AO (kJ) | RO (%) | | AO (kJ) | RO (%) |
|-----|---------|--------|-----|---------|--------|-----|---------|--------|
| 1. | 564 | 6,6 | 12. | -1 484 | 13,4 | 23. | 62 | 0,6 |
| 2. | -3 785 | 30,4 | 13. | 294 | 2,8 | 24. | 1 226 | 9,8 |
| 3. | -397 | 4,3 | 14. | 4 091 | 56,0 | 24. | 345 | 2,7 |
| 4. | -3 328 | 34,6 | 15. | -1 475 | 14,4 | 26. | -1 597 | 14,9 |
| 5. | -551 | 6,0 | 16. | -334 | 3,5 | 27. | -2 108 | 15,0 |
| 6. | 625 | 5,5 | 17. | 415 | 3,7 | 28. | -1 947 | 18,6 |
| 7. | -1519 | 15,5 | 18. | -522 | 6,0 | 28. | 3 653 | 28,3 |
| 8. | 215 | 2,4 | 19. | 630 | 6,4 | 30. | -251 | 2,0 |
| 9. | 1052 | 14,5 | 20. | -376 | 3,8 | 31. | -2 179 | 19,7 |
| 10. | -321 | 3,0 | 21. | -2 184 | 18,4 | | | |
| 11. | -864 | 8,6 | 22. | 1 016 | 10,2 | | | |

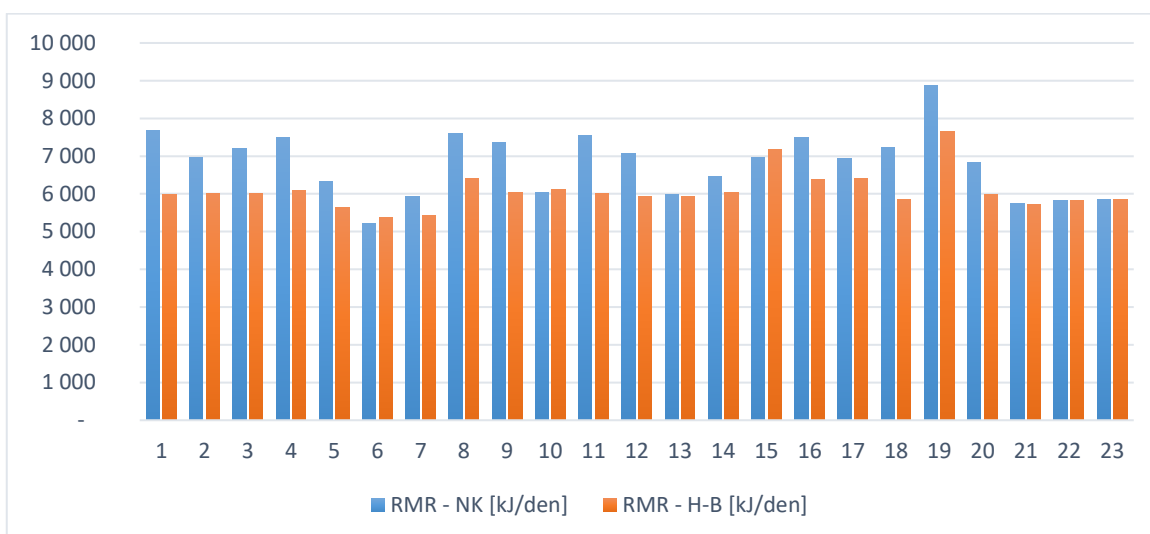
STANOVENÍ ABSOLUTNÍ ČÍSELNÉ A PRŮMĚRNÉ RELATIVNÍ PROCENTUÁLNÍ ODCHYLKY U KONTROLNÍHO SOUBORU

U kontrolní skupiny tomu bylo naopak než u skupiny výzkumné. Průměrná absolutní číselná i průměrná relativní procentuální odchylka byla u žen nižší než u mužů (Tab 28). Průměrná absolutní číselná odchylka byla u žen 732 ± 605 kJ/den (Graf 17), průměrná relativní procentuální odchylka byla $10,6 \pm 7,2$ % (Tab 30). U mužů byla průměrná absolutní číselná odchylka $964 \pm 1 132$ kJ/den (Graf 18), průměrná relativní procentuální odchylka byla $11,3 \pm 9,9$ % (Tab 31).

Tabulka 29 Průměrná absolutní číselná a průměrná relativní procentuální odchylka hodnot RMR dle rovnice H-B v porovnání s NK u kontrolního souboru

| | KONTROLY ŽENY | KONTROLY MUŽI |
|-----------------------------|---------------|---------------|
| Výzkumný soubor (n=X) | 23 | 20 |
| RMR kJ/den (NK) | 6 811 ± 850 | 8 688 ± 1 276 |
| RMR kJ/den (HB) | 6 079 ± 499 | 7 724 ± 839 |
| Absolutní odchylka (kJ/den) | 732 ± 605 | 964 ± 1 132 |
| Relativní odchylka (%) | 10,6 ± 7,2 | 11,3 ± 9,9 |

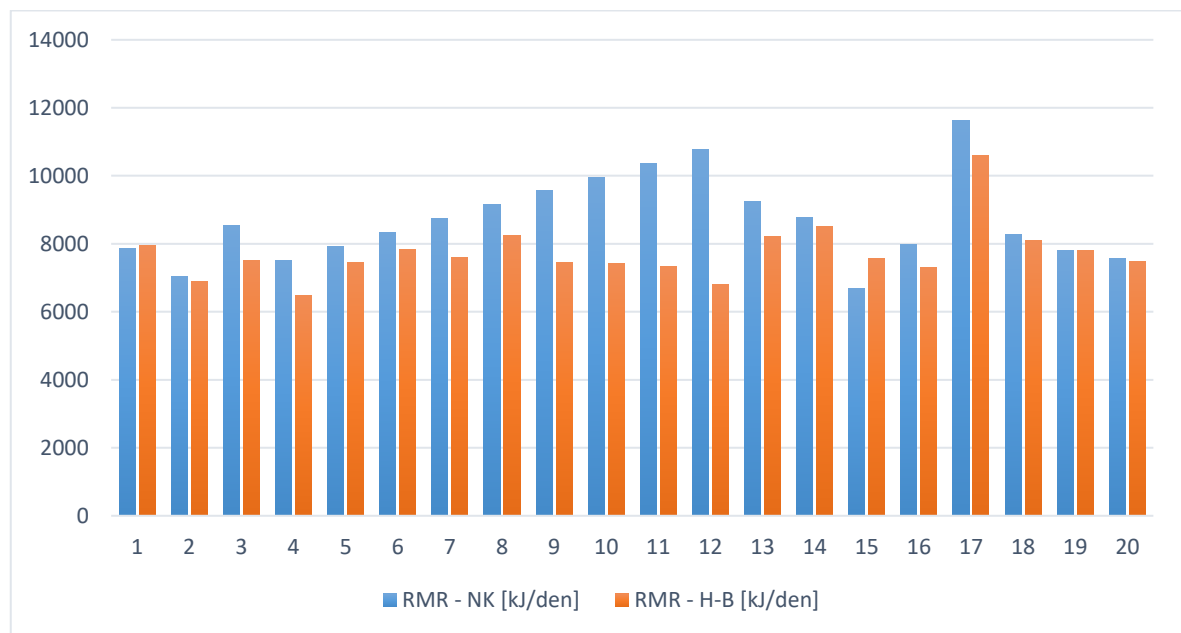
Graf 17 Absolutní číselné odchylky hodnot RMR dle rovnice H-B v porovnání s NK u kontrolního souboru žen (n=23)



Tabulka 30 Absolutní číselná (AO) a relativní procentuální (RO) odchylka dle rovnice H-B v porovnání s NK u kontrolního souboru žen (n=23)

| | AO (kJ) | RO (%) | | AO (kJ) | RO (%) | | AO (kJ) | RO (%) |
|-----------|---------|--------|------------|---------|--------|------------|---------|--------|
| 1. | -1 679 | 21,9 | 9. | -1 130 | 18,1 | 17. | -539 | 7,8 |
| 2. | -957 | 13,8 | 10. | 76 | 1,3 | 18. | -1 390 | 19,2 |
| 3. | -1 212 | 16,8 | 11. | -1 561 | 20,7 | 19. | -1 238 | 13,9 |
| 4. | -1 394 | 18,6 | 12. | -1 134 | 16,0 | 20. | -840 | 12,3 |
| 5. | -703 | 11,1 | 13. | -58 | 1,0 | 21. | -40 | 0,5 |
| 6. | 169 | 3,2 | 14. | -440 | 6,8 | 22. | -3 | 0,0 |
| 7. | -497 | 8,4 | 15. | 209 | 3,0 | 23. | 7 | 0,1 |
| 8. | -1 167 | 15,4 | 16. | -1 132 | 15,1 | | | |

Graf 18 Absolutní číselné odchytky hodnot RMR dle rovnice H-B v porovnání s NK u kontrolního souboru mužů (n=20)



Tabulka 31 Absolutní číselná (AO) a relativní procentuální (RO) odchytky dle rovnice H-B v porovnání s NK u kontrolního souboru mužů (n=20)

| | AO (kJ) | RO (%) | | AO (kJ) | RO (%) | | AO (kJ) | RO (%) |
|-----------|---------|--------|------------|---------|--------|------------|---------|--------|
| 1. | 75 | 1,0 | 8. | -900 | 9,8 | 15. | 863 | 12,9 |
| 2. | -151 | 2,1 | 9. | -2 106 | 22,0 | 16. | -683 | 8,5 |
| 3. | -1 049 | 12,3 | 10. | -2 555 | 25,6 | 17. | -1 037 | 8,9 |
| 4. | -1 030 | 13,7 | 11. | -3 030 | 29,2 | 18. | -179 | 2,2 |
| 5. | -486 | 6,1 | 12. | -3 983 | 37,0 | 19. | 2 | 0,0 |
| 6. | -507 | 6,1 | 13. | -1 023 | 11,1 | 20. | -76 | 1,0 |
| 7. | -1 150 | 13,2 | 14. | -274 | 3,1 | | | |

7.3. Shrnutí výsledků

C1 *Analyzovat vztah FFM a FM v souvislosti s velikostí RMR.*

V obou případech byla zjištěna lineární závislost o vlivu FFM a FM na velikost RMR, přičemž vztah FFM ku RMR byl signifikantnější.

Při statistickém testování závislosti RMR na FFM a RMR na FM došlo k překročení testovacího kritéria v obou případech a byla tak přijata H1 o lineární závislosti. Největší překročení kritické hodnoty bylo zjištěno u testování závislosti FFM a RMR. I přesto, že bylo potvrzeno, že velikost RMR je ovlivňována i množstvím FM, závislost RMR na FFM byla signifikantnější.

Vliv FFM na velikost RMR byl potvrzen i při přepočtu RMR na kilogram tělesné hmotnosti (RMR/kg/BM). I přesto, že je RMR v absolutních číslech vyšší u obézních jedinců ($9\,244 \pm 2\,003$ kJ/den) než u kontrolního souboru ($7\,684 \pm 1\,419$ kJ/den), při přepočtu RMR/kg/BM byla výsledná hodnota RMR u výzkumného souboru nižší (79 ± 14 kJ/den) než u souboru kontrolního (106 ± 14 kJ/den). Pokud se ale velikost RMR přepočte na RMR/kg/FFM dosahovala v obou případech téměř stejných hodnot (výzkumný soubor 141 ± 23 kJ/den; kontrolní soubor 136 ± 19 kJ/den)

C2 *Stanovit absolutní číselnou a průměrnou relativní procentuální odchylku mezi velikostí RMR stanovenou pomocí NK a vypočtenou dle predikční rovnice H-B.*

Mezi metodami byl zjištěn významný rozdíl pouze u obézních žen. U obézních mužů významný rozdíl mezi metodami zjištěn nebyl.

Mezi metodami pro stanovení RMR pomocí NK a výpočtem dle rovnice H-B byla zjištěn statisticky významný rozdíl u žen z výzkumného souboru a žen i mužů ze souboru kontrolního. Absolutní číselná odchylka byla u obézních žen $877 \pm 1\,337$ kJ/den, u žen z kontrolního souboru 732 ± 605 kJ/den a u mužů z kontrolního souboru $964 \pm 1\,132$ kJ/den. Významný rozdíl mezi metodami nebyl zjištěn pouze u obézních mužů ($356 \pm 1\,662$ kJ/den), a to i přesto, že předpokladem bylo zjištění signifikantního rozdílu zejména u výzkumného souboru. Možným vysvětlením tohoto výsledku může být snížená kvalita měření způsobená neúplným dodržáním stanovených podmínek některými muži z výzkumného souboru v období 24 hodin před plánovaným měřením.

Průměrná relativní procentuální odchylka výzkumného souboru byla u žen $13,4 \pm 9,2$ %, u mužů $12 \pm 11,2$ %. Průměrná relativní procentuální odchylka kontrolního souboru byla u žen $10,6 \pm 7,2$ %, u mužů $11,3 \pm 9,9$ %.

8. Diskuze

Obezita je onemocnění, s kterým se potýká přes 2 miliardy dospělých a 41 milionů dětí. Vedle dopadu na zdraví jedince je obezita považována i za velký socioekonomicky problém. S výjimkou malého procenta vzniká obezita u většiny jedinců na podkladě nevhodné životosprávy. Hlavní roli hraje pozitivní energetická bilance, kdy jedinec přijímá více energie, než během dne vydá. I přesto, že již existují chirurgické metody léčby obezity, nebo lze redukci podpořit farmakoterapií, bez změny životního stylu nebudou ani tyto metody úspěšné. Konzervativní léčba, která spočívá ve změně způsobu stravování a zapojení pohybové aktivity, zůstává nadále hlavní metodou léčby obezity.

Pro nastavení správného redukčního režimu je zapotřebí stanovit individuální energetickou potřebu. Aby došlo k redukci hmotnosti, musí být jedinec v negativní energetické bilanci, kdy je energetický výdej větší než energetický příjem. Určit přesnou velikost energetického výdeje je ale v praxi jen těžko proveditelné, neboť se energetický výdej skládá ze tří proměnných, a to bazálního metabolismu, výdeje daného fyzickou aktivitou a termickým efektem stravy. V praxi se pro určení energetické potřeby nejčastěji vychází z hodnoty BMR, respektive RMR, který se na velikosti celkového energetického výdeje podílí nejvíce, a to ze 60-80 %. Za zlatý standard stanovení RMR se považuje NK, jejíž klinické využití je limitováno vysokou cenou i časovou náročností samotného měření. Rutinně používanou alternativou je výpočet dle predikčních rovnic, které kalkulují velikost RMR pomocí základních antropometrických parametrů (tělesná hmotnost, výška, věk, pohlaví).

Velikost RMR je ovlivněna tělesným složením. Za variabilitu ve velikosti RMR je ze 60–80 % zodpovědné zastoupení FFM. Nárůst RMR lze pozorovat i u vyššího zastoupení FM (Lazzer et al., 2010; Hirsch et al., 2017). Vzhledem k tomu, že predikční rovnice počítají pouze s celkovou tělesnou hmotností a neberou v potaz tělesné složení, tedy zastoupení FM a FFM, klesá u jedinců s abnormálním tělesným složením jejich přesnost. Zejména u obézních může dojít volbou určité predikční rovnice k podhodnocení nebo nadhodnocení energetické potřeby a nevhodnému nastavení dietní terapie.

Vliv FM a FFM na velikost RMR byl znatelný i v tomto výzkumu, kdy oba parametry vykazovaly lineární závislost ve vztahu k RMR, přičemž vliv FFM na RMR byl signifikantnější. Obézní jedinci mají, oproti neobézním, více FFM a mají tak i vyšší klidový výdej. Průměrná velikost FFM výzkumného souboru obézních jedinců byla $66,5 \pm 16$ kg, kontrolního souboru (BMI 18,5-29,9 kg/m²) 57 ± 13 kg. Tomu odpovídá i vyšší RMR u obézních jedinců ($9\,244 \pm 2\,003$ kJ/den) oproti souboru kontrolnímu ($7\,684 \pm 1\,419$ kJ/den). Při porovnání průměrné hodnoty RMR obézních s konvenčně doporučenými redukčními režimy zjistíme, že ani zdaleka nepokrývají energetickou potřebu, protože neberou v potaz abnormální tělesné složení. Ženám bývá často předepisována redukční dieta o 5 000-5 500 kJ/den, přitom hodnoty RMR obézních žen se v tomto výzkumu pohybovaly v rozmezí 4 855-13 279 kJ/den. Mužům bývá předepisovaná dieta o 5 500-7 500 kJ/den, přitom hodnoty RMR obézních mužů se v tomto výzkumu pohybovaly v rozmezí 7 276-14 107 kJ/den. Průměrné RMR bylo u žen $8\,475 \pm 1\,737$ kJ/den, u mužů $10\,585 \pm 1\,727$ kJ/den. Podobných výsledků se dobrala i studie z roku 2019 do které bylo zahrnuto 50 obézních jedinců, z toho 36 žen a 14 mužů. Průměrné RMR naměřené NK bylo u žen $8\,085 \pm 1\,414$ kJ/den, u mužů $10\,032 \pm 1\,805$ kJ/den (Pokorná, 2019). Předepisováním diet o takto nízkém příjmu bez znalosti tělesného složení

a dosavadního energetického příjmu je velmi problematické, protože ve většině případů nepokrývá ani minimum energetické potřeby. Dlouhodobý příjem energie, pokud je nižší než bazální potřeba, vede ke ztrátě aktivní tělesné hmoty a snížení RMR. Nízké RMR je následně rizikovým faktorem opětovného přibývání na váze. Dietoterapie by proto měla být vždy nastavena individuálně po konzultaci s nutričním terapeutem, jehož role je v rámci konzervativní léčby obezity nezastupitelná.

Zajímavý byl přepočítání RMR/kg/BM a RMR/kg/FFM. Ačkoliv byla velikost RMR u obézních v absolutních číslech vyšší než u neobézních, při přepočtu na kg/BM tomu bylo naopak. RMR/kg/BM byla u výzkumného souboru obézních jedinců 79 ± 14 kJ/den, u kontrolního souboru 106 ± 14 kJ/den. To by mohlo být zapříčiněno právě vyšším zastoupením FM jakožto metabolicky méně aktivní tkáň a lze to považovat za rizikový faktor přibývání na váze. Průměrné zastoupení FM u obézních bylo 52 ± 16 kg, u neobézních 16 ± 5 kg. Naopak při přepočtu RMR/kg/FFM dosahovalo RMR obou skupin téměř stejných hodnot. RMR/kg/FFM byla u výzkumného souboru 141 ± 23 kJ/den, u kontrolní souboru 136 ± 19 kJ/den. Na základě tohoto výsledku lze opět zmínit fakt, že velikost RMR je pozitivně ovlivňována zastoupením FFM. Hlavní pozornost při nastavení redukční režimu by proto měla být věnována zabránění poklesu FFM. K tomu je zapotřebí stanovit adekvátní energetickou potřebu, která bude brát v potaz abnormální tělesné složení obézních pacientů a jejich vyšší energetickou potřebu.

Rutině používanou metodou pro stanovení RMR tam, kde podmínky neumožňují využití NK, jsou predikční rovnice. Stanovení RMR na základě těchto rovnic je u dospělých zdravých jedinců s normální vahou poměrně spolehlivé, ale zůstává sporné u pacientů s obezitou, zejména pro určení optimálního energetického příjmu. V současné době existuje přes 200 rovnic, nejčastěji používanou zůstává rovnice H-B, která zohledňuje hlavní determinanty energetického výdeje, kterými jsou pohlaví, tělesná hmotnost, výška a věk. Na základě porovnání hodnot RMR získaných pomocí NK s hodnotami RMR vypočítanými pomocí predikčních rovnic se dle dostupných dat zdá být nejlepší volbou pro stanovení RMR zmíněná rovnice H-B. Ta u obézních jedinců podhodnocuje energetickou potřebu nejméně (Müller et al., 2001; Flack et al., 2016; Kruizenga et al., 2016; Bruno Affonso Parenti et al., 2018). Nicméně, dle systematického přehledu z roku 2016 neexistuje pro obézní jedince rovnice, která by energetickou potřebu stanovila přesně (Madden et al., 2016).

Součástí této práce bylo porovnání hodnot RMR naměřených pomocí NK s hodnotami RMR získanými výpočtem dle rovnice H-B. Bylo zjištěno, že u výzkumného souboru mužů není mezi metodami statisticky významný rozdíl. Z těchto výsledků lze tedy vyvodit, že je možné v praxi použít rovnici H-B pro obézní muže a získat tak výslednou hodnotu RMR srovnatelnou s hodnotou RMR stanovenou pomocí NK. Ke stanovení takového závěru by však bylo třeba dalších výzkumů. Je třeba zohlednit možnost vlivu nesplnění podmínek ze strany měřených jedinců 24 hodin před provedeným měřením. U mužů byla průměrná hodnota RMR(NK) $10\,585 \pm 1\,727$ kJ/den, průměrná hodnota RMR(H-B) byla $10\,229 \pm 1\,896$ kJ/den. Mezi metodami byl průměrný rozdíl $356 \pm 1\,662$ kJ/den. Ačkoli vykazovaly obě metodiky podobné hodnoty, relativní procentuální odchylka byla poměrně vysoká a srovnatelná s průměrnou procentuální odchylkou u žen, u kterých byl mezi metodami zjištěn statisticky významný rozdíl. Průměrná procentuální odchylka byla u mužů $12 \pm 11,2$ %. U většiny se tato odchylka pohybovala v rozmezí 0,6-19,4 %. Pouze 4 z 31 mužů měli extrémní odchylku pohybující se v rozmezí 23,6-56 %. Při odstranění těchto jedinců ze vzorku klesla průměrná procentuální odchylka na 8,6 %. U žen byl mezi metodami zjištěn statisticky významný

rozdíl. RMR(NK) bylo v průměru $8\,475 \pm 1\,737$ kJ/den, RMR(H-B) bylo $7\,588 \pm 983$ kJ/den, průměrný rozdíl byl $877 \pm 1\,337$ kJ/den. Průměrná procentuální odchylka byla $13,4 \pm 9,2$ %.

Vzhledem k náročnosti měření NK, kde jsou kladeny nejen velké nároky na personál, ale sám měřený jedinec musí dodržet řadu zásad, mohlo být měření zatíženo chybou. Nedodržení pokynů o čase poslední konzumace jídla, pití, kouření nebo pohybové aktivitě na straně měřeného, stejně jako jeho neschopnost být během měření v naprostém psychickém a fyzickém klidu, mohlo výsledek měření ovlivnit. Podmínky pro zapojení do výzkumu zároveň nebraly v potaz zdravotní stav jedince, tedy zda se s něčím léčí, nebo zda užívá léky, které by mohly energetický výdej ovlivnit. Všem bylo pouze doporučeno, pokud užívají léky, a lze tak učinit, aby si je vzali až po provedeném měření. I přes tyto limitace však výsledky přinesly řadu důležitých informací, které je při nastavení vhodné dietoterapie dobré brát v potaz.

Důležitým zjištěním je průměrná hodnota RMR, která u žen, až na jeden případ, neklesá pod 6 000 kJ/den, u mužů pod 7 200 kJ/den. Doporučování konvenčních diet o 5 000-5 500 kJ/den pro ženy a 5 500-7 500 kJ/den pro muže tak nepokrývá ani minimální energetickou potřebu. Dodržování takto přísných diet vede ke ztrátě metabolicky aktivní FFM, která se z největší části podílí na velikosti RMR. Ztráta FFM vede ke snížení RMR, přičemž nízké RMR je považováno za rizikový faktor přibývání na váze. Vedle toho dieta, která nerespektuje ani minimální energetickou potřebu, není dlouhodobě udržitelná a v kombinaci se sníženým RMR vede k takzvanému jojo efektu. Právě proto je stěžejní před zahájením redukčního režimu určit adekvátní energetickou potřebu, a to nejlépe pomocí NK, která je považována za zlatý standard. Použití predikčních rovnic, jakožto alternativy k NK, není u obézních pacientů vhodné, neboť se zvyšujícím se BMI klesá jejich přesnost. Vhodnou alternativou se zdá být propočet dosavadního energetického příjmu na základě přesného zápisu jídelníčku. Snížení vstupního energetického příjmu o 10-20 % by mělo vést k adekvátnímu úbytku tělesné hmotnosti, a to i bez znalosti energetické potřeby.

9. Závěr

V rámci výzkumu byla analyzována data o RMR získaná pomocí NK v souvislosti s údaji o tělesném složení. Hlavním zájmem bylo zjistit, jak velikost FFM a FM ovlivňuje velikost RMR u osob s obezitou. Součástí práce bylo i porovnání hodnot RMR naměřených pomocí NK s hodnotami RMR získanými výpočtem pomocí rovnice H-B, přičemž NK je považována za metodu referenční. Pro splnění cíle práce byly stanoveny 2 dílčí cíle.

V rámci plnění prvního dílčího cíle bylo zkoumáno, zda existuje závislost mezi množstvím FFM a hodnotou RMR a množstvím FM a hodnotou RMR. V obou případech byla zjištěna lineární závislost, přičemž vztah FFM ku RMR byl signifikantnější. Bylo potvrzeno, že na velikosti RMR se z největší části podílí právě množství FFM, což potvrdilo i porovnání RMR při přepočtu na kg/FFM. Ačkoli bylo RMR u obézních jedinců v absolutních číslech vyšší než u jedinců s normální váhou nebo lehkou nadváhou, při přepočtu RMR na kg/FFM byla u obou skupin velikost RMR téměř shodná.

Ačkoli FM neovlivňuje velikost RMR tak významně jako FFM, byla mezi FM a RMR rovněž prokázána lineární závislost. Lze tedy předpokládat, že s rostoucím zastoupením FM poroste i RMR. Nicméně, pokud se absolutní hodnota RMR přepočítala na kg/BM, byla u obézních výrazně nižší než u osob s normální tělesnou hmotností nebo nadváhou. To by mohlo být zapříčiněno právě vyšším zastoupením FM jakožto metabolicky méně aktivní tkáně, a lze to považovat za rizikový faktor přibývání na váze.

Pro stanovení RMR bylo v rámci výzkumu použito měření pomocí NK, která je považována za zlatý standard. Vzhledem k finanční, časové i personální náročnosti se v běžné klinické praxi toto vyšetření téměř nepoužívá. Místo toho je stanovení RMR nahrazeno výpočtem dle predikčních rovnic. Cílem práce bylo zjistit, jak moc se hodnoty RMR vypočítané na základě jedné z nejpoužívanějších predikčních rovnic, rovnice H-B, liší od hodnot RMR získaných pomocí NK. Významný rozdíl byl zjištěn u kontrolního souboru žen i mužů a u výzkumného souboru obézních žen. U kontrolního souboru obézních žen byla absolutní průměrná odchylka $877 \pm 1\,337$ kJ/den. U obézních mužů nebyl statisticky významný rozdíl prokázán. Hodnoty se ale i tak lišily v průměru o $356 \pm 1\,662$ kJ/den. Možným vysvětlením tohoto výsledku může být snížená kvalita měření způsobená neúplným dodržáním stanovených podmínek některými z mužů v období 24 hodin před plánovaným měřením.

Na velikost RMR má vliv jak zastoupení FFM, tak i zastoupení FM, kdy hodnota RMR roste při zvyšujícím se zastoupením obou parametrů. Stanovení RMR na základě predikčních rovnic tak může být problematické, protože rovnice tyto dva parametry neberou v potaz a počítají pouze s celkovou tělesnou hmotností. Na základě toho může dojít k nepřesnému určení energetické potřeby, a to nejen u obézních jedinců s abnormálním tělesným složením, ale, jak ukázaly výsledky tohoto výzkumu, i u jedinců s normální tělesnou hmotností nebo nadváhou.

10. Seznam použité literatury

ARMBRUSTER, M. et al. Metabolite profiles evaluated, according to sex, do not predict resting energy expenditure and lean body mass in healthy non-obese subjects. *European Journal of Nutrition*. 2019, **58**(6), 2207-2217. DOI: 10.1007/s00394-018-1767-1

BERKOVÁ, Marie a Zdeněk BERKA. Obezita, body mass index, obvod pasu a mortalita. *Vnitřní lékařství*. 2011, **57**(1), 85-91. ISSN 0042-773X

BROCHU, M et al. What are the physical characteristics associated with a normal metabolic profile despite a high level of obesity in postmenopausal women? *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. 2001, **86**(3), 1020–1025. DOI: 10.1210/jcem.86.3.7365

BRUNO AFFONSO PARENTI, de Oliveira et al. A new resting metabolic rate equation for women with class III obesity. *Nutrition*. 2018, 49, 1-6. DOI: 10.1016/j.nut.2017.11.024

BUNC, Václav a Marie SKALSKÁ. Jsou předpoklady pro pohybové zatížení u osob s nadváhou nebo obezitou odlišné než u osob s normální hmotností? *Česká kinantropologie*. 2011, **15**(3), 55-63. ISSN 1211-9261

BUŽGA, Marek et al. Porovnání výsledků různých metod stanovení tělesného tuku. *Hygiena*. 2012, **57**(3), 105-109. ISSN 1802-6281

CANNON, Thomas a JungHun CHOI. Development of a Segmental Bioelectrical Impedance Spectroscopy Device for Body Composition Measurement. *Sensors*. 2019, **19**(22), 4825. DOI: 10.3390/s19224825

CNOP, M. et al. The concurrent accumulation of intra-abdominal and subcutaneous fat explains the association between insulin resistance and plasma leptin concentrations. *Diabetes*. 2002, **51**(4), 1005-15. DOI: 10.2337/diabetes.51.4.1005

COLLES, Susan L., DIXON, John B., MARKS, Paul, STRAUSS, Boyd J. a Paul E O'BRIEN. Preoperative weight loss with a very-low-energy diet: quantitation of changes in liver and abdominal fat by serial imaging. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2006, **84**(2), 304-311. DOI: 10.1093/ajcn/84.2.304

COMPHER, Charlene, et al. Best practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: a systematic review. *Journal of the American Dietetic Association*. 2006, **106**(6), 881-903. DOI: 10.1016/j.jada.2006.02.009

DE LANY, P. James. *Doubly Labeled Water for Energy Expenditure. In Emerging technologies for nutrition research: potential for assessing military performance capability*. Washington, D.C.: National Academy Press, 1997. Dostupné také z <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK233774/>

DE LORENZO, Antonio et al. New equations to estimate resting energy expenditure in obese adults from body composition. *Acta Diabetol*. 2018, **55**(1), 59-66. DOI: 10.1007/s00592-017-1061-3

DESAI, B. Babasaheb. *Handbook of Nutrition and Diet*. New York: Marcel Dekker, Inc., 2000. ISBN 0-8247-0375-8

EKICI, Ugur a Murat Ferhat FERHATOGLU. Perioperative and Postoperative Effects of Preoperative Low-Calorie Restrictive Diets on Patients Undergoing Laparoscopic Sleeve Gastrectomy. *Journal of Gastrointestinal Surgery*. 2018, 24, 313–319. DOI: 10.1007/s11605-019-04157-5

FLACK, D. Kyle et al. Cross-Validation of Resting Metabolic Rate Prediction Equations. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*. 2016, 116(9), 1413–1422, 2016. DOI: 10.1016/j.jand.2016.03.018

FRIED, Martin. *Moderní chirurgické metody léčby obezity*. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-0958-9

FRIED, Martin. Nové směřování chirurgické léčby obezity a některých metabolických onemocnění. *Časopis lékařů českých*. 2017, 156(6), 314–318. ISSN 0008-7335

GÁBA, Aleš, PŘIDALOVÁ, Miroslava, PELCLOVÁ, Jana, RIEGEROVÁ, Jarmila a Lenka TLUČÁKOVÁ. Analýza tělesného složení a pohybové aktivity u českých a slovenských žen. *Medicina sportiva bohemia & slovacca*. 2010, 19(3), 152–159. ISSN 1210-5481

GÁBA, Aleš, ZAJAC-GAWLAK, Izabela, PŘIDALOVÁ, Miroslava a Dariusz POŚPIECH. Analýza rozdílů vybraných parametrů tělesného složení stanovených přístrojem InBody 720 a Tanita BC-418. *Medicina sportiva bohemia & slovacca*. 2011, 20(2), 88–96. ISSN 1210-5481

GÁBA, Aleš, PŘIDALOVÁ, Miroslava a Izabela ZAJAC-GAWLAK. Posouzení objektivitě hodnocení výskytu obezity na základě body mass indexu vzhledem k procentuálnímu zastoupení tělesného tuku u žen ve věku 55–84 let. *Časopis lékařů českých*. 2014, 153(1), 22–27

GEISLER, Corrina et al. Age-Dependent Changes in Resting Energy Expenditure (REE): Insights from Detailed Body Composition Analysis in Normal and Overweight Healthy Caucasians. *Nutrients*. 2016, 8, 322. DOI: 10.3390/nu8060322

GERBES, P., ANDERUN, C. a A. THORELL. Weight loss prior to bariatric surgery: an updated review of the literature. *Scandinavian Journal of Surgery*. 2014, 104(1), 33–39. DOI: 10.1177/1457496914553149

Global nutrition report: Nourishing the SDGs. Bristol: Development Initiatives Poverty Research, 2017. Dostupné z <https://globalnutritionreport.org/reports/2017-global-nutrition-report/>

GROPPER, S. Sareen a Jack L. SMITH. *Advanced Nutrition and Human Metabolism*. (6th ed.). Belmont, USA: Wadsworth/Cengage Learning, 2013

HAINER, Vojtěch a Běla BENDLOVÁ. Etiopatogeneze obezity. In HAINER, Vojtěch. *Základy klinické obezitologie: 2., přepracované a doplněné vydání*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3252-7

HAINER, Vojtěch. Etiopatogeneze obezity. In KUNEŠOVÁ, Marie. *Základy obezitologie*. Praha: Galén, 2016. ISBN 978-80-7492-217-6

- HAINER, Vojtěch. Kombinovaná farmaka v léčbě obezity: minulost a současnost. *Praktický lékař*. 2017, **97**(3), 109-116. ISSN 0032-6739
- HALUZÍK, Martin. Bariatrické operace u nemocných s diabetem. *Vnitřní lékařství*. 2016, **62**(4), 30-35. ISSN 0042-773X
- HARRIS, J. Arthur a Francis G. BENEDICT. A biometric study of human basal metabolism. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 1918, **4**(12): 370–373. DOI 10.1073/pnas.4.12.370
- HIRSCH, K. R., SMITH-RYAN, A. E., BLUE, M. N. M., MOCK, M. G. a E. T. TREXLER. Influence of segmental body composition and adiposity hormones on resting metabolic rate and substrate utilization in overweight and obese adults. *Journal of Endocrinological Investigation*. 2017, **40**(6), 635–643. DOI: 10.1007/s40618-017-0616-z
- HLÚBIK, Jan a Pavol HLÚBIK. Tělesné složení ovlivňující riziko vzniku civilizačních nemocí. *Hygiena*. 2016, **61**(2), 70-73. ISSN 1802-6281. DOI: 10.21101/hygiena.a1455
- HSU, P.-H. et al. Determination of the energy requirements in mechanically ventilated critically ill elderly patients in different BMI groups using the Harris–Benedict equation. *Journal of the Formosan Medical Association*. 2018, **117**(4), 301-307 DOI: 10.1016/j.jfma.2017.12.010
- CHOOI, Yu Chung, DING, Cherlyn a Faidon MAGKOS. The epidemiology of obesity. *Metabolism Clinical and Experimental*. 2018, **92**, 6-10. DOI: 10.1016/j.metabol.2018.09.005
- IROM, P. et al. Agreement between equation-estimated resting metabolic rate and indirect calorimetry-estimated resting metabolic rate in low-income obese women. *Arch Endocrinol Metab*. 2020, **64**(4), 402-411. DOI: 10.20945/2359-3997000000226
- JAIME, T. Jiménez et al. Effect of calorie restriction on energy expenditure in overweight and obese adult women. *Nutr Hosp*. 2015, **31**(6), 2428-2436. DOI: 10.3305/nh.2015.31.6.8782
- KASPER, Heinrich. *Výživa v medicíně a dietetika: Překlad 11. vydání*. Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-247-4533-6
- KENNY, Glen P., NOTLEY, Sean R. a Daniel GAGNON. Direct calorimetry: a brief historical review of its use in the study of human metabolism and thermoregulation. *European journal of applied physiology*. 2017, **117**(9), 1765-1785. DOI: 10.1007/s00421-017-3670-5
- KRUIZENGA, M. Hinke, HOFSTEENGE, H. Geesje a Peter J. M. WEIJS. Predicting resting energy expenditure in underweight, normal weight, overweight, and obese adult hospital patients. *Nutrition & Metabolism*. 2016, **13**:85. DOI: 10.1186/s12986-016-0145-3
- KŘÍŽOVÁ, J. Energetický metabolismus. In ZLATOHLÁVEK, Lukáš. *Klinická dietologie a výživa. Druhé rozšířené vydání*. Praha: Current MeFdia, 2019. Medicus. ISBN 978-80-88129-44-8

- KUNEŠOVÁ, Marie. *Léčba obezity dietou*. In HAINER, Vojtěch. *Základy klinické obezitologie: 2., přepracované a doplněné vydání*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3252-7
- KUNEŠOVÁ, Marie. *Vyšetření v obezitologii*. In HAINER, Vojtěch. *Základy klinické obezitologie: 2., přepracované a doplněné vydání*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3252-7
- KUNEŠOVÁ, Marie. *Klasifikace a diagnostika obezity*. In KUNEŠOVÍ, Marie. *Základy obezitologie*. Praha: Galén, [2016]. ISBN 978-80-7492-217-6
- KUTÁČ, Petr a Martin SIGMUND. Validita měření segmentální analýzy rozložení tělesného tuku bioimpedančním analyzátozem. *Česko-slovenská pediatrie*. 2016, **71**(4), 202-207. ISSN 0069-2328. Dostupné také z: <http://www.prolekare.cz/cesko-slovenska-pediatrie-clanek/validita-mereni-segmentalni-analyzy-rozlozeni-telesneho-tuku-bioimpedancnim-analyzatozem-58976>
- LAZZER, Stefano et al. Relationship between basal metabolic rate, gender, age, and body composition in 8,780 white obese subjects. *Obesity (Silver Spring)*. 2010, **18**(1), 71-8. DOI: 10.1038/oby.2009.162
- LEMOŠ, Thaisa a Dympna GALLAGHER. Current body composition measurement techniques. *Current Opinion in Endocrinology, Diabetes and Obesity*. 2017, **24**(5), 310-314. DOI: 10.1097/MED.0000000000000360
- MADDEN, A.M., MULROONEY, H.M. a S. SHAH. Estimation of energy expenditure using prediction equations in overweight and obese adults: a systematic review. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*. 2016, **29**(4), 458-476. DOI: 10.1111/jhn.12355
- MALÁ, Lucia, MALÝ, Tomáš a František ZAHÁLKA. *Fitness Assessment. Body Composition*. Praha: Karolinum, 2015. ISBN 978-80-246-2560-7
- MASSARINI, Stefano et al. Routine resting energy expenditure measurement increases effectiveness of dietary intervention in obesity. *Acta diabetologica*. 2018, **55**(1), 75-85. DOI: 10.1007/s00592-017-1064-0
- MATOULEK, Martin. *Fyzická aktivita v léčbě obezity*. In MATOULEK, Martin. *Manuál praktické obezitologie: nejen pro praktické lékaře. 2., rozšířené vydání*. Praha: NOL, 2019. ISBN 978-80-903929-7-7
- MATOULEK, Martin. *Obezita – vyšetření s multidisciplinárním přístupem*. In MATOULEK, Martin. *Manuál praktické obezitologie: nejen pro praktické lékaře. 2., rozšířené vydání*. Praha: NOL, 2019. ISBN 978-80-903929-7-7
- MATOULEK, Martin a Aneta SADÍLKOVÁ. *Chirurgická léčba obezity*. In MATOULEK, Martin. *Manuál praktické obezitologie: nejen pro praktické lékaře. 2., rozšířené vydání*. Praha: NOL, 2019. ISBN 978-80-903929-7-7.
- MATOULEK, Martin a Ondřej MIKEŠ. *Farmakologie obezity: antiobezitika*. In MATOULEK, Martin. *Manuál praktické obezitologie: nejen pro praktické lékaře. 2., rozšířené vydání*. Praha: NOL, 2019. ISBN 978-80-903929-7-7

MÜLLER, B, MERK S, BÜRGI U a P. DIEM. Berechnung des Grundumsatzes bei schwerer und morbider Adipositas [Calculating the basal metabolic rate and severe and morbid obesity]. *Praxis (Bern 1994)*. 2001, **90**(45), 1955-63

NDAHIMANA, Didace a Eun-Kyung KIM. Measurement methods for physical activity and energy expenditure: a review. *Clinical nutrition research* 2017, **6**(2), 68-80. DOI: 10.7762/cnr.2017.6.2.68

PARAVIDINO, V. Barreto et al. Effect of physical exercise on spontaneous physical activity energy expenditure and energy intake in overweight adults (the EFECT study): a study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, [s. l.]. 2018, **19**(167). DOI: 10.1186/s13063-018-2445-6

PAŘÍZKOVÁ, Jana. Pohybová aktivita a složení těla. *Pohybové ústrojí*. 2012, **19**(3-4), 205-216. ISSN 1212-4575. Dostupné také z: http://www.pojivo.cz/pu/PU_34_2012intra.pdf

PAŘÍZKOVÁ, Jana, SAMEŠOVÁ, Daniela, DVOŘÁKOVÁ, Hana, JANEBOVÁ, Martina a P. SEDLÁK. Dlouhodobé změny ve složení těla, distribuci tuku a pohybové aktivitě u českých dětí. *Vox paediatricae*. 2019, **19**(9), 33-36. ISSN 1213-2241

PASTUCHA, Dalibor. *Tělovýchovné lékařství: vybrané kapitoly*. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4837-5

PISKÁČKOVÁ, Zlata, BIENERTO VÁ-VAŠKŮ, Julie, FOREJT, Martin, MATĚJKOVÁ, Halina a Lucie MARTYKÁNOVÁ. Spánek a jeho vliv na rozvoj obezity. *Diabetologie, metabolismus, endokrinologie, výživa*. 2010, **13**(2), 77-81. ISSN 1211-9326. Dostupné také z http://www.tigis.cz/images/stories/DMEV/2010/02/06_piskackova_dmev_2_10.pdf

POKORNÁ, Veronika. Využití nepřímé kalorimetrie v praxi nutričního terapeuta. Praha, 2020. Diplomová práce. Univerzita Karlova, 1. lékařská fakulta, III. interní klinika - klinika endokrinologie a metabolismu 1.LF a VFN v Praze. Vedoucí práce Sadílková, Aneta

POLI, V., Sanches et al. Resting energy expenditure in obese women: Comparison between measured and estimated values. *British Journal of Nutrition*. 2016, **116**(7), 1306-1313. DOI: 10.1017/S0007114516003172

PRADO DE OLIVIERA, Erick et al. Comparison of predictive equations for resting energy expenditure in overweight and obese adults. *Journal of Obesity*. 2011, 534714. DOI: 10.1155/2011/534714

Referenční hodnoty pro příjem živin. V ČR 2. vyd. Praha: Společnost pro výživu, 2019. 261 str. ISBN 978-80-906659-3-4

ROSADO, Lopes Eliaena, SANTIAGO de BRITO, Roberta, BRESSAN, Josefina a José Alfredo Martínez HERNÁNDEZ. Effectiveness of prediction equations in estimating energy expenditure sample of Brazilian and Spanish women with excess body weight. *Nutr Hosp*. 2014, **29**(3), 513-8. DOI: 10.3305/nh.2014.29.3.7170

ROSOLOVÁ, Hana. Metabolický, respektive kardiometabolický syndrom. *Interní Medicína Pro Praxi*. 2015, **17**(2), 61-62. Dostupné také z https://www.internimedicina.cz/artkey/int-201502-0004_Metabolicky_respektive_kardiometabolicky_syndrom.php

- SADÍLKOVÁ, Aneta a Martin MATOULEK. Redukční dieta trochu jinak. Stravovací zvyklosti a redukční diety. In MATOULEK, Martin. *Manuál praktické obezitologie: nejen pro praktické lékaře. 2., rozšířené vydání*. Praha: NOL, 2019. ISBN 978-80-903929-7-7
- SKIPPER, Annalynn. *Dietitian`s handbook of enteral and parenteral nutrition. (3rd ed.)*. Canada: Jones & Bartlett Learning, 2012
- SOARES, M. J. a M. J. MÜLLER. Resting energy expenditure and body composition: critical aspects for clinical nutrition. *European Journal of Clinical Nutrition*. 2018, 72, 1208–1214. DOI: 10.1038/s41430-018-0220-0
- SOBOTKA, Luboš a S. P. ALLISON. *Basics in clinical nutrition*. 4th ed. Praha: Galén, 2011. ISBN 978-80-7262-821-6
- SUCHARDA, Petr. Zdravotní rizika obezity a nemoci komplikující obezitu. In KUNEŠOVÍ, Marie. *Základy obezitologie*. Praha: Galén, 2016. ISBN 978-80-7492-217-6
- ŠTICH, Vladimír. Adaptace tukové tkáně na redukční nízkenergetickou dietu u obézních jedinců. *Vnitřní lékařství*. 2016, 62(Suppl 4), 123-128. ISSN 0042-773X
- TSIGOS, Constantine et al. Management of obesity in adults: European clinical practise guidelines. *Obesity Facts*. 2008, 1, 106– 116. DOI: 10.1159/000126822
- TUR, Joseph A. a Maria del Mar BIBILONI. Anthropometry, Body Composition and Resting Energy Expenditure in Human. *Nutrients*. 2019, 11(8), 1891, 1-3. DOI: 10.3390/nu11081891
- VILIKUS, Zdeněk et al. *Výživa sportovců a sportovní výkon*. Praha: Karolinum, 2015. ISBN 978-80-246-3152-3
- WHITE, A. David et al. Handheld Indirect Calorimetry as a Clinical Tool for Measuring Resting Energy Expenditure in Children with and without Obesity. *Child Obes*. 2019, 15(4), 280-287. DOI: 10.1089/chi.2018.0332
- WHO. *Body Mass Index – BMI*. Dostupné z <https://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle/body-mass-index-bmi>
- ZADÁK, Zdeněk. *Výživa v intenzivní péči. (2. vyd.)*. Praha: Grada, 2008
- ZLATOHLÁVEK, Lukáš. *Klinická dietologie a výživa. Druhé rozšířené vydání*. Praha: Current Media, 2019. Medicus. ISBN 978-80-88129-44-8.

11. Seznam grafů

| | |
|--|----|
| Graf 1 Zastoupení žen a mužů ve výzkumném souboru (n=85)..... | 37 |
| Graf 2 Procentuální rozdělení výzkumného souboru (n=85) dle hodnoty BMI (kg/m ²) | 38 |
| Graf 3 Grafické znázornění velikosti RMR výzkumného souboru | 40 |
| Graf 4 Zastoupení žen a mužů v kontrolním souboru (n=43) | 40 |
| Graf 5 Procentuální rozdělení kontrolního souboru (n=43) dle hodnoty BMI (kg/m ²)..... | 41 |
| Graf 6 Grafické znázornění velikosti RMR výzkumného souboru | 43 |
| Graf 7 Znázornění závislosti RMR na FFM u výzkumného souboru žen (n=54)..... | 45 |
| Graf 8 Znázornění závislosti RMR na FFM u výzkumného souboru mužů (n=31) | 45 |
| Graf 9 Znázornění závislosti RMR na FFM u kontrolního souboru žen (n=23) | 46 |
| Graf 10 Znázornění závislosti RMR na FFM u kontrolního souboru mužů (n=20)..... | 46 |
| Graf 11 Znázornění závislosti RMR na FM u výzkumného souboru žen (n=54)..... | 47 |
| Graf 12 Znázornění závislosti RMR na FM u výzkumného souboru mužů (n=31) | 47 |
| Graf 13 Znázornění závislosti RMR na FM u kontrolního souboru žen (n=23) | 48 |
| Graf 14 Znázornění závislosti RMR na FM u kontrolního souboru mužů (n=20)..... | 48 |
| Graf 15 Průměrné absolutní číselné odchylky hodnot RMR dle rovnice H-B v porovnání s NK u obézních žen (n=54) | 52 |
| Graf 16 Absolutní číselné odchylky hodnot RMR dle rovnice H-B v porovnání s NK u obézních mužů (n=31) | 53 |
| Graf 17 Absolutní číselné odchylky hodnot RMR dle rovnice H-B v porovnání s NK u kontrolního souboru žen (n=23) | 54 |
| Graf 18 Absolutní číselné odchylky hodnot RMR dle rovnice H-B v porovnání s NK u kontrolního souboru mužů (n=20)..... | 55 |

12. Seznam tabulek

| | |
|--|----|
| Tabulka 1 Hodnoty PAL (Physical Activity Level) pro dospělé pro různé pracovní činnosti a aktivity ve volném čase | 20 |
| Tabulka 2 Optimální zastoupení FM | 29 |
| Tabulka 3 Vzorec pro výpočet BMI (kg/m ²) | 30 |
| Tabulka 4 Klasifikace obezity dle BMI | 30 |
| Tabulka 5 Obvod pasu, hodnocení k metabolickému a kardiovaskulárnímu riziku | 31 |
| Tabulka 6 Distribuce tuku dle indexu WHR | 31 |
| Tabulka 7 Klasifikace obezity na základě procentuálního zastoupení FM | 33 |
| Tabulka 8 Weirova rovnice | 36 |
| Tabulka 9 Výpočet RMR (kcal/den) dle rovnice Harrise-Benedicta | 36 |
| Tabulka 10 Charakteristika výzkumného souboru | 38 |
| Tabulka 11 Rozdělení výzkumného souboru podle hodnoty BMI (kg/m ²) | 39 |
| Tabulka 12 Charakteristika výzkumného souboru podle tělesného složení | 39 |
| Tabulka 13 Charakteristika výzkumného souboru podle hodnoty RMR naměřené NK | 39 |
| Tabulka 14 Charakteristika kontrolního souboru | 41 |
| Tabulka 15 Rozdělení kontrolního souboru podle hodnoty BMI (kg/m ²) | 42 |
| Tabulka 16 Charakteristika kontrolního souboru podle tělesného složení | 42 |
| Tabulka 17 Charakteristika výzkumného souboru podle hodnoty RMR naměřené NK | 42 |
| Tabulka 18 Test lineární nezávislosti RMR na FFM u výzkumného souboru | 45 |
| Tabulka 19 Test lineární nezávislosti RMR na FFM u kontrolního souboru | 46 |
| Tabulka 20 Test lineární nezávislosti RMR na FM u výzkumného souboru | 47 |
| Tabulka 21 Test lineární nezávislosti RMR na FM u kontrolního souboru | 48 |
| Tabulka 22 Porovnání závislosti RMR na FFM a RMR na FM u výzkumného i kontrolního souboru | 49 |
| Tabulka 23 Porovnání RMR (abs) s hodnotou RMR přepočtenou na kg BM a kg FFM | 49 |
| Tabulka 24 Výsledky párového t-testu | 50 |
| Tabulka 25 Průměrná absolutní číselná a průměrná relativní procentuální odchylka hodnot RMR dle rovnice H-B v porovnání s NK u výzkumného i kontrolního souboru | 51 |
| Tabulka 26 Průměrná absolutní číselná a průměrná relativní procentuální odchylka hodnot RMR dle rovnice H-B v porovnání s NK u výzkumného souboru | 51 |
| Tabulka 27 Absolutní číselná (AO) a relativní procentuální (RO) odchylka dle rovnice H-B v porovnání s NK u obézních žen (n=54) | 52 |
| Tabulka 28 Absolutní číselná (AO) a relativní procentuální (RO) odchylka dle rovnice H-B v porovnání s NK u obézních mužů (n=31) | 53 |
| Tabulka 29 Průměrná absolutní číselná a průměrná relativní procentuální odchylka hodnot RMR dle rovnice H-B v porovnání s NK u kontrolního souboru | 54 |
| Tabulka 30 Absolutní číselná (AO) a relativní procentuální (RO) odchylka dle rovnice H-B v porovnání s NK u kontrolního souboru žen (n=23) | 54 |
| Tabulka 31 Absolutní číselná (AO) a relativní procentuální (RO) odchylka dle rovnice H-B v porovnání s NK u kontrolního souboru mužů (n=20) | 55 |

13. Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obrázek 1 Schéma metody DLW | 22 |
| Obrázek 2 Přímá vs. nepřímá kalorimetrie | 23 |
| Obrázek 3 Schéma principu nepřímé kalorimetrie a měření pomocí canopy | 23 |
| Obrázek 4 Místa pro měření obvodu pasu a boků | 31 |
| Obrázek 5 10 bodů pro měření kožních řas..... | 32 |

14. Seznam příloh

Příloha 1 Etická komise

| | | | | |
|---|---|---|--------------------------------------|--------------------------|
| Etická komise Všeobecné fakultní nemocnice v Praze ETHICS COMMITTEE of the General University Hospital, Prague | Na Bojišti 1 128 08 Praha 2 tel.: 224964131 e-mail: eticka.komise@vfn.cz | | | |
| Vážená paní Bc. Alžběta Staňová K Přívozu 192 413 01 Dobříň | 19.11.2020 č.j. 2018/20 S-IV | | | |
| Vážená paní bakalářko, Etická komise VFN projednávala na svém zasedání dne 19.11.2020 Vámi předložený individuální výzkum č.j. 2018/20 S-IV – diplomová práce. | | | | |
| Název studie/Title of CT: Vliv tělesného složení na hodnotu klidového metabolismu u obézních pacientů. | | | | |
| Žadatel/Applicant: Bc. Alžběta Staňová, III. Interní klinika – klinika endokrinologie a metabolismu VFN a I.LF UK, U Nemocnice 1, 128 08 Praha 2 | | | | |
| Lhůta pro podání písemné zprávy o průběhu KH od jeho zahájení/ Time schedule for submission of the written Annual Report: <input checked="" type="checkbox"/> 1x ročně/Once a year <input type="checkbox"/> Jiná lhůta/Other | | | | |
| Úhrada nákladů spojených s posouzením žádosti a vydáním stanoviska /Reimbursement of costs related to assessment of the EC: <input type="checkbox"/> Ano/Yes <input checked="" type="checkbox"/> Ne, důvod/No, reasons: Nesponzorovaný projekt | | | | |
| Datum doručení žádosti / Date of submission of the Application Form: 4.11.2020 Datum jednání EK+čas/Date and time of Ethics Committee's session: 19.11.2020 (15:30 – 18:30 hod) | | | | |
| Místo hodnocení/ Jméno zkoušejícího <i>Trial Site / Name of Investigator</i> | Místní EK <i>Local EC</i> | Adresa místní EK <i>Address</i> | | |
| Bc. Alžběta Staňová, III. Interní klinika – klinika endokrinologie a metabolismu VFN a I.LF UK, U Nemocnice 1, 128 08 Praha 2 | <input checked="" type="checkbox"/> | EK při VFN, Na Bojišti 1, 128 08 Praha 2 | | |
| Seznam hodnocených dokumentů/List of all submitted documents: | | | | |
| Název dokumentu, verze, datum <i>Document title, version, date</i> | Schváleno /Approved | | Vzato na vědomí / Taken into account | |
| | ANO Yes | NE No | ANO Yes | NE No |
| Průvodní dopis z 29.10.2020 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Dotazník k předkládaným dokumentům - Víceúčelový formulář EK VFN, 29.10.2020 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Žádost o dataznikovou akci, 29.10.2020 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Čestné prohlášení o provádění výzkumu, vě. Souhlasu přednosy kliniky, 29.10.2020 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Životopis hlavního zkoušejícího: Bc. Alžběta Staňová, bez data | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Stanovisko etické komise: | | | | |
| EK vydává / EC issues | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Souhlasné stanovisko/Favourable opinion <input type="checkbox"/> Nesouhlasné stanovisko/Unfavourable opinion | | | | |
| EK VFN vydává souhlasné stanovisko k provedení individuálního výzkumu na III. interní klinice VFN a I. LF UK v Praze. | | | | |
|  | |  Podpis předsedy / zastupce EK VFN Signature of Chairperson / Vice-Chairperson PharmDr. Zbyněk Sklenář, Ph.D. | | |
| 1 2 | | | | |

Seznam členů etické komise/ List of the Ethics Committee Members:

| | Muž/ Žena/ Male/ Female | Odbornost Specialist | Zaměstnanec zřizovatele EK* | | Funkce v EK Role in EC | Přítomen Attendance | | Hlasoval Voted | |
|--|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | | | Ano Yes | Ne No | | Ano Yes | Ne No | Ano Yes | Ne No |
| PharmDr.Zbyněk Sklenář, Ph.D, MBA | M/M | Pharmacist Pharmacologist | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Předseda/ Chairperson | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| MUDr.Magda Šíšková, CSc. | Ž/F | Haematologist | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Místopředseda/Vice- chairperson | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| JUDr.Milada Džupinková, MBA | Ž/F | Lawyer | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Člen/Member | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Jana Farkačová | Ž/F | Lab.Technician | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Člen/Member | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Doc.MUDr.Pavel Freitag, CSc. | M/M | Gynaecologist | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Člen/Member | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Ing.Antonín Grošpic, CSc. | M/M | Engineer | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Člen/Member | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Prof.MUDr.Éva Kubala Havrdová, CSc. | Ž/F | Neurologist | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Člen/Member | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| MUDr.Hana Honová | Ž/F | Oncologist | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Člen/Member | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| MUDr. Jiří Humhal | M/M | Cardiologist | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Člen/Member | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| MUDr.Anna Jedličková | Ž/F | Microbiologist | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Člen/Member | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| MUDr.Ladislav Korábek, CSc., MBA | M/M | Dental surgeon | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Člen/Member | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Prof.MUDr.Jan Roth, CSc. | M/M | Neurologist | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Člen/Member | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Mgr.Libuše Roytová Mgr.ThLic.of Theologie | Ž/F | Member of clergy | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Člen/Member | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| MUDr.Kateřina Rusinová, MgA.,Ph.D. | Ž/F | Anesthesiologist -Intensive Med. | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Člen/Member | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| JUDr.Sárka Špectánová | Ž/F | Lawyer | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Člen/Member | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| MUDr.Marcela Trojánková | Ž/F | Privat Nefrologist | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Člen/Member | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Prof.MUDr.Jiří Zeman, DrSc. | M/M | Paediatrist – AdolescentMed | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Člen/Member | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

pozn: *Zaměstnanec zřizovatele EK/ Employee of EC appointing authority)

Etická komise prohlašuje, že byla ustavena a pracuje v souladu se správnou klinickou praxí (GCP) a platnými právními předpisy. Poslední sloupec udává, zda členové EK byli přítomni hlasování, ale nikoli jak hlasovali ve věci. /The Ethics Committee hereby declares that it was established and operates in accordance with its Rules of Procedure in compliance with GCP and valid legal regulations. EC members personally presented the voting procedure (and NOT their individual voting result to or against the cause) are indicated in the last column:

Ano/Yes Ne/No

Komentář/Comments:

Datum/Date: 19.11.2020

Etická komise
Všeobecné fakultní nemocnice
v Praze
Na Bojišti 1, 128 00 Praha

Podpis předsedy EK nebo zástupce
Signature of Chairperson or Vice-Chairperson

PharmDr. Zbyněk Sklenář, Ph.D.

Protokol o úplnosti náležitostí diplomové práce

Bc. Alžběta Staňová

Vliv tělesného složení na hodnotu klidového energetického výdeje u obézních pacientů

Mgr. Aneta Sadílková

Prohlašuji, že jsem odevzdal (a) vysokoškolskou kvalifikační práci v souladu s:

Opatřením rektora č. 6/2010 (dostupné z <http://www.cuni.cz/UK-3470.html>)

Opatřením rektora č. 8/2011 (dostupné z <http://www.cuni.cz/UK-3735.html>)

Opatřením děkana č. 10/2010 (dostupné z http://www.lf1.cuni.cz/file/21321/opad10_10.pdf)

Zároveň prohlašuji, že jsem do Studijního informačního systému vložil (a) plný **text vysokoškolské kvalifikační práce** včetně všech povinných souborů podle typu práce:

- abstrakt ČJ
- abstrakt AJ

Při vkládání textu práce a všech souborů jsem postupoval (a) podle návodu dostupného z http://www.lf1.cuni.cz/file/25838/navod_vkladani_prace.pdf

Nahrané soubory jsem následně zkontrolovala.

Odpovídám za správnost a úplnost elektronické verze práce a všech dalších vložených elektronických souborů.

1 exemplář práce svázaný v pevné plátěné vazbě v příloze obsahuje všechny povinné náležitosti:

Příloha č. 1 – Titulní strana, Prohlášení diplomanta, Identifikační záznam, abstrakt v ČJ a AJ -

http://www.lf1.cuni.cz/file/21323/opad10_10_pril1.pdf

Příloha č. 6 – Prohlášení zájemce o nahlédnutí -

http://www.lf1.cuni.cz/file/21329/opad10_10_pril6.pdf

V Praze, 26. 4. 2021

Podpis studenta:

Kontrolu úplnosti náležitostí provedla osoba pověřená garantem:

