



UNIVERZITA KARLOVA
I. lékařská fakulta

Studijní program: Specializace ve zdravotnictví

Studijní obor: Výživa dospělých a dětí

Ing. Anna Jílková

Hodnocení klidového energetického výdeje a tělesného složení u obézních pacientů

Evaluation of resting energy expenditure and body composition in obese patients

Diplomová práce

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

Praha, 2023

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, 30. 06. 2023

Ing. Anna Jílková

.....

Podpis

Identifikační záznam

JÍLKOVÁ, Anna. Hodnocení klidového energetického výdeje a tělesného složení u obézních pacientů. [Evaluation of resting energy expenditure and body composition in obese patients]. Praha, 2023. 78 s., 3 příl. Diplomová práce (Mgr.). Univerzita Karlova, 1. lékařská fakulta, III. interní klinika – klinika endokrinologie a metabolismu 1. LF UK a VFN. Vedoucí práce Matoulek, Martin.

Poděkování

Ráda bych poděkovala prof. MUDr. Martinu Matoulkovi, Ph.D. za vedení této diplomové práce, cenné připomínky a vzájemnou spolupráci. Poděkování patří také Mgr. Ondřeji Káděmu za pomoc a ochotu při praktické části a vyhodnocování dat. Děkuji také své rodině a příteli za podporu.

ABSTRAKT

Úvod: Základem léčby obezity je konzervativní režim založený na redukčním jídelníčku a pohybové aktivitě, individuálně nastavený pro každého jedince. Jelikož obézní často vykazují extrémní odchylky v tělesné kompozici oproti jedincům s normální váhou, je často těžké nastavit jejich energetickou potřebu či zjistit jejich výdej energie. Ke zlatému standardu zjištění klidového energetického výdeje (RMR) patří vyšetření pomocí nepřímé kalorimetrie. Tato metoda může také odhalit odchylky od výpočtů prediktivních rovnic, zjistit míru adaptace jedince na nízký energetický příjem, a tak nastavit vhodnou terapii.

Cíle: Hlavním cílem práce je analýza a popis dat o tělesném složení a hodnotách klidového energetického výdeje vybraných skupin obézních jedinců, jejichž výsledky měření RMR pomocí nepřímé kalorimetrie dosahovaly úrovně pod 95 % predikovaného RMR vypočítaného pomocí rovnice HARRISE BENEDICTA. Dílčími cíli je popsat závislost velikosti některých komponentů tělesného složení na velikosti RMR a zjistit, jestli odchylky mezi velikostmi celkového naměřeného RMR a RMR vypočítaného pomocí H-B u adaptované skupiny jsou významné.

Metodika: Do výzkumu bylo vybráno 71 pacientů III. interní kliniky 1. LF UK a VFN v Praze s body mass indexem $\geq 30 \text{ kg/m}^2$. Výzkumný soubor se skládal z 39 žen a 32 mužů s průměrným BMI $45,2 \pm 11,7 \text{ kg/m}^2$ a průměrným věkem $53,3 \pm 13,9$ let. Pacienti podstoupili měření klidového metabolismu pomocí metody nepřímé kalorimetrie za použití přístroje Cortex MetaLyzér 3B a měření tělesného složení na bioimpedančním tetrapolárním zařízení InBody 230, zároveň byla hodnota klidového metabolismu vypočítána pro každého jedince pomocí H-B rovnice. Celá skupina byla rozdělena do pěti skupin podle odchylky měření pomocí NK a od výpočtu H-B rovnicí. Hodnoty byly následně porovnány a statisticky vyhodnoceny.

Výsledky: V celkovém souboru zkoumaných jedinců se nacházelo 32,4 % jedinců se sníženou hodnotou RMR v porovnání s výpočtem RMR podle HARRISE BENEDICTA, což odpovídá 23 jedincům. Ve skupině adaptovaných vycházel průměrný naměřený RMR $2242,0 \pm 616,7 \text{ kcal}$ oproti H-B výpočtu $2637,9 \pm 712,9 \text{ kcal}$. Statisticky tento výsledek nebyl významný, ale byly nalezeny vysoké odchylky mezi jednotlivými případy. Nejvyšší odchylka od prediktivního výpočtu H-B činila -42 a $+43$ % v celém souboru. Množství svalové tkáně adaptované skupiny činilo průměrně $44,3 \pm 11,9 \text{ kg}$ a množství FFM $77,9 \pm 20,1 \text{ kg}$. Při statistickém testování závislosti RMR na FFM a svalové tkáni u adaptované skupiny byla zjištěna vysoká míra korelace.

Závěr: Zkoumaný soubor vykazoval velké množství obézních jedinců se sníženou naměřenou hodnotou klidového metabolismu oproti výpočtu prediktivní rovnice H-B. Zároveň byla zjištěna lineární závislost mezi množstvím svalové hmoty a FFM a hodnoty RMR. U těchto adaptovaných jedinců se jako ideální intervence k redukci hmotnosti a současnému zlepšení zdravotního stavu již nejeví v první řadě vhodně nastavený redukční jídelníček, ale spíše zařazení pravidelné pohybové aktivity a tím zvýšení hodnot FFM a svalové hmoty.

Klíčová slova: obezita, energetický výdej, redukce hmotnosti, nepřímá kalorimetrie

ABSTRACT

Introduction: The basis of obesity treatment is a conservative regimen based on a reduced diet and physical activity, individually set for each person. As the obese often show extreme deviations in body composition compared to individuals of normal weight, it is often difficult to determine their energy needs or determine their energy expenditure. The gold standard for determining resting energy expenditure (REE) is examination using indirect calorimetry (IC). This method can also detect deviations from the calculations of predictive equations, determine the degree of adaptation of the individual to low energy intake, and thus set the appropriate therapy.

Objectives: The main objective of the work is the analysis and description of data on body composition and resting energy expenditure values of selected groups of obese individuals whose REE measurement results using indirect calorimetry reached a level below 95 % of the predicted REE calculated using the Harris Benedict (H-B) equation. The sub-goals are to describe the dependence of the size of some components of body composition on the size of the REE and to find out if the deviations between the number of the total measured REE and the REE calculated using H-B in the adapted group are significant.

Methodology: For the research 71 patients of General Faculty Hospital in Prague were selected with a body mass index ≥ 30 kg/m². The research group consisted of 39 women and 32 men with an average BMI of $45.2 \pm 11,7$ kg/m² and an average age of $53.3 \pm 13,9$ years. Patients underwent measurement of resting metabolism using the method of indirect calorimetry using the Cortex MetaLyzer 3B device and body composition measurement on the bioimpedance tetrapolar device InBody 230, at the same time, the value of resting metabolism was calculated for each individual using the H-B equation. The whole group was divided into five groups according to the deviation of the measurement using IC and from the calculation of the H-B equation. The values were subsequently compared and statistically evaluated.

Results: In the total set of examined individuals, there were 32.4 % of individuals with a reduced RMR value compared to the RMR calculation according to Harris Benedict, which corresponds to 23 individuals. In the adapted group, the average measured RMR was 2242.0 ± 616.7 kcal compared to the H-B calculation of 2637.9 ± 712.9 kcal. Statistically, this result was not significant, but high case-to-case variation was found. The highest deviation from the H-B predictive calculation was -42 and +43 % in the whole research group. The amount of muscle tissue of the adapted group averaged 44.3 ± 11.9 kg and the amount of FFM 77.9 ± 20.1 kg. When statistically testing the dependence of REE on FFM and muscle tissue in the adapted group, a high degree of correlation was found.

Conclusion: The studied population showed a large number of obese persons with a reduced measured value of resting metabolism compared to the calculation of the H-B predictive equation. At the same time, a linear dependence was found between the

amount of muscle mass and FFM and REE values. For these adapted individuals, the ideal intervention for weight reduction and simultaneous improvement of health status is no longer primarily an appropriately adjusted weight loss diet, but rather the inclusion of regular physical activity and thus an increase in FFM values and muscle mass.

Keywords: obesity, energy expenditure, weight loss, indirect calorimetry

Obsah

1. Úvod	11
2. Obezita	12
2.1. Diagnostika a příčiny obezity.....	12
2.2. Základní ukazatele stavu obezity.....	12
2.3. Sekundární obezita	13
2.4. Komplikace spojené s obezitou	14
2.4.1. Kardiovaskulární onemocnění	15
2.4.2. Nádorová onemocnění	15
2.4.3. Respirační onemocnění	16
2.4.4. Gastrointestinální poruchy	16
2.4.5. Muskuloskeletální poruchy.....	16
2.4.6. Diabetes Mellitus 2. typu.....	17
2.4.7. Psychické poruchy	17
2.4.8. Sexuální dysfunkce	17
2.5. Prevalence obezity	17
2.5.1. Výskyt ve světě.....	17
2.5.2. Výskyt v České republice	18
2.5.3. Dětská obezita.....	18
2.6. Terapie obezity	18
2.6.1. Vyšetření pacienta.....	18
2.6.2. Dietní režim.....	19
2.6.3. Pohybová aktivita.....	20
2.6.4. Psychoterapie.....	22
2.6.5. Farmakoterapie.....	23
2.6.6. Bariatrická chirurgie	23
3. Bariatrie	25
3.1. Indikace a kontraindikace.....	25
3.2. Metody bariatrických výkonů.....	25
3.2.1. Adjustabilní žaludeční bandáž.....	26
3.2.2. Tubulizace žaludku	26
3.2.3. Plikace žaludku.....	26
3.2.4. Gastrický bypass.....	27

3.2.5.	Biliopankreatická diverze.....	27
3.2.6.	Intragastrický balon.....	28
3.3.	Vyšetření před bariatrickým výkonem	29
3.4.	Dietní režim	29
3.4.1.	Před operací.....	29
3.4.2.	Po operaci.....	29
3.5.	Bariatric a DM II.	31
3.6.	Selhání léčby a možné komplikace.....	31
3.7.	Role nutričního terapeuta	32
4.	Energetický metabolismus.....	33
4.1.	Energetická bilance	33
4.2.	Energetický příjem.....	33
4.3.	Energetický výdej	34
4.3.1.	Složky.....	34
4.4.	Měření energetického výdeje	35
4.4.1.	Přímá kalorimetrie.....	35
4.4.2.	Nepřímá kalorimetrie	36
4.4.3.	Metoda dvojitě značené vody.....	38
4.4.4.	Sledování tepové frekvence.....	38
4.4.5.	Sledování tělesné aktivity	39
4.4.6.	Výpočty energetického výdeje.....	39
4.4.7.	Faktory ovlivňující měření energetického výdeje	39
5.	Cíle práce	40
5.1.	Dílčí cíle.....	40
5.2.	Úkoly.....	40
6.	Metodika	41
6.1.	Příprava a průběh měření tělesného složení a nepřímé kalorimetrie	41
6.2.	Analýza dat	42
6.3.	Charakteristika výzkumného souboru.....	42
7.	Výsledky.....	46
7.1.	Splnění hlavního cíle.....	46
7.2.	Splnění dílčích cílů	50
8.	Diskuse	52

9. Závěr.....	54
10. Seznam použité literatury.....	55
11. Seznam zkratk	65
12. Seznam grafů	67
13. Seznam tabulek.....	68
14. Seznam obrázků	69
15. Seznam příloh	70

1. Úvod

Obezita je dnes jedním z nejrozšířenějších multifaktoriálních onemocnění na naší planetě. Ročně přibývá až několik stovek milionů nových jedinců s nadváhou či obezitou, v současnosti trpí tímto onemocněním přes 2 miliardy světové populace (WHO, 2021). Společně s tímto onemocněním se zvyšuje výskyt přidružených zdravotních komplikací, mezi které patří hypertenze, zvýšené riziko infarktu myokardu, cévní mrtvice, diabetu mellitu 2. typu, dyslipidémie, chorob žlučníku, poškození pohybového aparátu, sexuální dysfunkce, psychické poruchy, kožní problémy, či výskyt některých malignit a také zvýšená míra mortality. Stále roste počet obézních jedinců v mladším věku dokonce i dětí (Zadák, 2008). Přitom je obezita jedním z onemocnění, které můžeme značně ovlivnit svým životním stylem a prostředím, ve kterém žijeme. Léčebných postupů známe mnoho, od konzervativní terapie výživou, pohybem, edukací, přes farmaceutickou léčbu až k chirurgické. Pro chirurgickou léčbu obezity se používá také termínů bariatrická, či metabolická chirurgie (Pichlerová, 2021).

Obezita jakožto multifaktoriální onemocnění vzniká na základě mnoha činitelů a faktorů. Jen pouze část jedinců trpí obezitou na základě genetických predispozic či jiných onemocnění. Největší z příčin je nevyvážená vysokoenergetická strava s vysokým množstvím tuku, jednoduchých cukrů, slazených nápojů či ultrazpracovaných potravin. Dalším problémem je stále se snižující energetický výdej, a to hlavně v důsledku sedavých zaměstnání.

Základem léčby obezity je konzervativní režim založený na redukčním jídelníčku a pohybové aktivitě, vedený multidisciplinárním týmem specialistů. Cílem je navodit negativní energetickou bilanci a zároveň redukovanou hmotnost udržet. Už 5-10 % snížení hmotnosti značně přispívá ke snížení zdravotních komplikací. K nastavení redukčního režimu je více než žádoucí dostatečné vyšetření pacienta, jeho stravovacích zvyklostí a zjištění antropometrických ukazatelů. V průběhu léčby jsou pak tyto parametry průběžně sledovány. K přesnějšímu vyšetření slouží metody vyšetření bioelektrickou impedanční analýzou, která určí tělesné složení či metodou nepřímé kalorimetrie, kdy je zjištěna hodnota klidového metabolismu.

V teoretické části této práce bude popsána problematika obezity, jejich komplikací, léčbě se zaměřením na bariatrickou léčbu. Dále budou popsány komponenty celkového energetického výdeje a metody, kterými můžeme tento výdej měřit. V části praktické budou analyzována a vyhodnocena data změřených obézních pacientů metodou nepřímé kalorimetrie, data z prediktivní rovnice dle Harrise-Benedicta a také data a údaje o tělesném složení jedinců.

2. Obezita

2.1. Diagnostika a příčiny obezity

Příčiny obezity jsou komplexní a multifaktoriální. Nejjednodušším vysvětlením jejího rozvoje je důsledek energetické nerovnováhy mezi příjmem a výdejem ve prospěch vysokého energetického příjmu, který vede k udržování a nabývání tukových zásob organismu. Na regulaci energetické bilance a tukových zásob se podílejí komplexní interakce mezi biologickými (genetickými a epigenetickými), behaviorálními, sociálními a environmentálními faktory (včetně chronického stresu) (Kyrou et al., 2006). Rychlý nárůst prevalence obezity za posledních 30 let je způsoben především kulturními a environmentálními vlivy. Dieta s vysokoenergetickými potravinami, větší velikost porcí, nízká fyzická aktivita, sedavý způsob života a také poruchy příjmu potravy jsou považovány za důležité rizikové faktory pro rozvoj obezity (Branca et al. 2007). Tyto behaviorální a environmentální faktory vedou ke změnám struktury tukové tkáně (hypertrofie a hyperplazie adipocytů, zánětlivá reakce) a sekrece hormonů (např. adipokiny) (Tilg et al., 2006). Chirurgické operace u pacientů s obezitou se ukázaly jako vhodný výzkumný nástroj, který umožňuje vhled do patogeneze obezity a také na regulaci hladu a sytosti. Hormony trávicí soustavy sdělují informace z gastrointestinálního traktu regulačním centřům chuti k jídlu v CNS (Buhmann et al., 2014; Holtmann et al. 2014). Obezita je spojena také se změnami ve složení střevní mikrobioty. Produkty střevních mikrobů mohou indukovat příznivé metabolické účinky zvýšením mitochondriální aktivity, aktivací střevní glukoneogeneze různými cestami genové exprese a hormonální regulace (Gerard, 2015). Úloha termogeneze hnědé tukové tkáně a její příspěvek k energetickému výdeji je zkoumán především za účelem vývoje strategií pro zisk a aktivaci energie jako preventivního opatření pro kontrolu hmotnosti u obézních (Kozica et al., 2015; Yumuk et al., 2015).

2.2. Základní ukazatele stavu obezity

Obezita je charakterizována jako zmnožení tukové tkáně nad určitou fyziologickou mez, zároveň jde o multifaktoriální onemocnění, částečně vznikající na genetickém podkladě, působením vnějšího prostředí a selháním kontrolních mechanismů ovlivňujících příjem potravy. U žen se fyziologická hranice tuku pohybuje do 25-30 %, u mužů do 15-20 % hmotnosti těla. Optimální množství je však dáno geneticky pro každého jedince a zajišťuje tepelnou homeostázu a energetickou funkčnost organismu. Nejjednodušší ukazatel sloužící ke klasifikaci obezity je hodnocení BMI, které však nezohledňuje poměry tělesného složení, pouze výšku a váhu. Například sportovci jsou běžně nesprávně klasifikováni mezi obézní kvůli vysokému množství svalové hmoty. BMI je tedy užitečným ukazatelem na úrovni populace, ne však pro stanovení individuální diagnózy. K dalším ukazatelům nadváhy či obezity patří antropometrická vyšetření, měření obvodu pasu, poměru pasu a boků, měření kožních řas pomocí kaliperu, diagnostika tělesného složení pomocí bioimpedance, zobrazovacích metod jako je duální rentgenová absorpciometrie (DEXA), počítačová

tomografie (CT), magnetická rezonance (MRI). Tyto zobrazovací metody jsou však náročné na obsluhu, finance a jsou používány pouze výjimečně (Ceniccola et al., 2019). Některé hodnoty hodnocených antropometrických ukazatelů jsou znázorněny v tabulce 1.

Tabulka 1 Antropometrické ukazatele obezity (Kohout, 2021)

BMI	
Podváha	<18,5
Norma	18,5 - 24,9
Nadváha	25 – 29,9
Obezita I. stupně	30 – 34,9
Obezita II. stupně	35 – 39,9
Obezita III. stupně	nad 40
Poměr obvodu pas: boky	
ženy	do 0,85
muži	do 1,0
Obvod pasu a souvislost s riziky komplikací obezity	
muži	zvýšené nad 94 cm, velmi zvýšené nad 102 cm
ženy	zvýšené nad 80 cm, velmi zvýšené nad 88 cm

Indikací k léčbě obezity je BMI, distribuce a množství tuku na těle, v potaz se berou také komorbidity, rizikové faktory a pacientovy pocity. K léčbě nadváhy a obezity se přistupuje, pokud jsou splněna následující kritéria:

1. BMI ≥ 30 kg/m² nebo
2. Nadváha s BMI mezi 25 a <30 kg/m² a současně:
 - přidružené zdravotní komplikace (např. hypertenze, diabetes mellitus 2. typu)
 - abdominální obezita (muži obvod pasu nad 94 cm, ženy nad 80 cm)
 - nemoci, které obezita zhoršuje
 - vysoká úroveň psychosociálního stresu.

Alternativně je možno říct, že k léčbě obezity lze přistupovat při BMI >25 kg/m² a současném metabolickém syndromu, bez metabolického syndromu při BMI >30 kg/m² (Bischoff et al., 2020).

2.3. Sekundární obezita

Primární obezita činí 95-98 % všech případů obezity. Obezita sekundární je následkem působení jiných onemocnění, metabolických poruch, genetických vad či užíváním léků.

Z genetických vad se nejčastěji vyskytuje obezita způsobená monogenně podmíněným Prader – Williho syndromem, diagnostikovaným již v dětství. Další možnou příčinou sekundární obezity jsou endokrinní onemocnění jako Cushingův syndrom, syndrom polycystických ovárií, méně často také insulinom, hypogonadismus, hyperestrogenismus, pseudohypoparatyreóza nebo hypotyreóza. Obezitogenně působí léky jako deriváty sulfonylurey, beta – blokátory, inzulin, některá psychofarmaka a kortikoidy (Kunešová, 2004; Pichlerová, 2016).

2.4. Komplikace spojené s obezitou

Obezita je spojená s výskytem mnohých onemocnění a potíží. Příčina diabetu 2. typu souvisí až z 60 % se zvýšeným BMI. Na vzniku ischemické choroby srdeční nebo hypertenze se obezita podílí z 20 %, na vzniku některých malignit z 10-30 %. Tuková tkáň představuje místo tvorby některých hormonů, prozánětlivých cytokinů v těle a tím se podílí na patogenezi zmíněných onemocnění (Hainer, 2021). Obezita je součástí tzv. metabolického syndromu, což je soubor symptomů, zahrnujících také hypertenzi, hyperglykemii, dyslipidémii. Riziko vzniku kardiovaskulárních onemocnění je u osob s metabolickým syndromem třikrát vyšší než u zdravých osob (Svobodová et al., 2012).

Za mechanismem vzniku komplikací obezity stojí mnoho činitelů. Mezi nejvýznamnější faktory patří zánětlivá reakce a funkce střevního mikrobiomu. Obezita se spojuje se stavem chronického zánětu, řízeného zvýšeným metabolismem buněk jako odpovědí na přebytečný příjem nutrientů. Tento zánětlivý stav je přítomen v orgánech jako jsou játra, mozek, slinivka břišní a tuková tkáň (Hotamisligil, 2017).

Buňky imunitního systému jsou hojně zastoupeny i v tukové tkáni a obezitou indukovaná aktivace jejich zánětlivé odpovědi způsobuje změny v jejich počtu a aktivitě (Mráz et al., 2014). To vede ke vzniku zánětu a dysregulaci imunitního systému se změnami pozorovatelnými již v dětství. Tento mechanismus vysvětluje působení obezity ve spojení s jejími metabolickými a vaskulárními komplikacemi, společně se zvýšeným rizikem vzniku nádorových a infekčních onemocnění (Milner et al., 2012; Catalán et al., 2013).

Stále větší pozornost je věnována úloze mikrobiomu, a to i při rozvoji komplikací souvisejících s obezitou. Střevní bakterie ovlivňují metabolismus hostitele prostřednictvím signálních drah s účinky na zánětlivou reakci, ukládání tuku a inzulínovou rezistenci (Lea, 2010). Bylo prokázáno, že obezita je spojena s významnou rolí mikrobiomu (Tilg et al., 2011). Studie zkoumající transplantaci fekální mikroflóry štíhlých jedinců jedincům obézním prokázaly zlepšení citlivosti na inzulin a mikrobiální diverzitu (Eckel et al., 2011).

2.4.1. Kardiovaskulární onemocnění

Hypertenze

Mezi výskytem hypertenze a BMI existuje téměř lineární vztah, redukce hmotnosti snižuje tlak krve u většiny hypertoniků. Pokles hmotnosti o 1 kg může vést ke snížení diastolického tlaku o 1 mm Hg, přičemž redukce 10 kg vede k poklesu systolického tlaku o 5 až 20 mm Hg. Obézní děti mají přibližně třikrát větší pravděpodobnost vzniku hypertenze než děti neobézní (do Carmo et al., 2016; Matoulek, 2019).

Dyslipidémie

Účinek obezity na metabolismus lipidů zahrnuje zvýšení hladin lipoproteinů s nízkou denzitou (LDL), s velmi nízkou denzitou (VLDL), triglyceridů a současně snížení hladin lipoproteinů s vysokou denzitou (HDL) (Kinlen et al., 2017).

Ischemická choroba srdeční a srdeční selhání

Studie Nordestgaard et al. (2012) zjistila, že na každé zvýšení BMI o 4 kg/m² se zvyšuje pravděpodobnost vzniku ischemické choroby srdeční o 26 %. Co se týče srdečního selhání, obezita ovlivňuje vývoj srdce již v dětství, přičemž obézní děti mají výrazně zvětšenou levou komoru (Maggio et al., 2008). Studie Kenchaiah et al. (2002), která sledovala 6000 dospělých jedinců bez předchozí anamnézy srdečního selhání zjistila, že riziko srdečního selhání je u obézních dvojnásobné, přičemž s každým bodem vzestupu BMI vzroste riziko vzniku srdečního selhání o 5 % u mužů a 7 % u žen.

Cévní mozková příhoda

Obézní jedinci mají dvakrát vyšší pravděpodobnost vzniku cévní mozkové příhody (ischemické nebo hemoragické), než lidé s BMI v normě, a to i při úpravě ostatních rizikových faktorů spojených s obezitou (Kinlen et al., 2017).

Neurologická onemocnění

Kardiovaskulární rizikové faktory jako hypertenze, dyslipidémie a diabetes, jsou všechny spojeny se zvýšeným rizikem vzniku demence, Alzheimerovy a Parkinsonovy choroby (Zuhaib et al., 2019).

2.4.2. Nádorová onemocnění

Odhaduje se, že obézní jedinci představují přibližně 20 % všech případů pacientů s nádorovými onemocněními (Wolin et al., 2010). Přehledový článek Mezinárodní agentury pro výzkum nádorových onemocnění (IARC) dospěl k závěru, že je obezita příčinou čtvrtiny až třetiny případů karcinomu tlustého střeva, prsu, endometria, ledvin a jícnu (Friedenreich & Orenstein, 2002). Je také spojována se zvýšeným rizikem karcinomu žaludku, slinivky, žlučníku a leukémie (Vucenik & Stains, 2012).

Nejenže je výskyt nádorových onemocnění u obézních častější, ale také je mnohem horší prognóza nemoci. Studie Ewertz et al. (2011) zjistila, že obézní ženy s rakovinou prsu mají o 46 % vyšší pravděpodobnost vzniku vzdálených metastáz a 38 % vyšší pravděpodobnost úmrtí než ženy s normální hmotností.

2.4.3. Respirační onemocnění

Obstrukční spánková apnoe (OSA) je spojena s hypertenzí, inzulinovou rezistencí, jaterní dysfunkcí, systémovým zánětem a dyslipidemií (Bonsignore et al., 2011). U dětí může vést k neprospívání, poruchám chování, snížení intelektuálních funkcí a vyššímu riziku kardiovaskulárních komorbidit (Tauman et al., 2006). Obezita je hlavním faktorem vzniku OSA u dospělých. Studie Li et al. (2010) na 4000 dospělých žijících v USA zjistila, že prevalence OSA odpovídala 12 % u obézních oproti 3 % u štíhlých subjektů.

Obezita také zvyšuje riziko vzniku astmatu jak u dětí, tak dospělých. Obézní jedinci jsou také více náchylní ke vzniku těžké formy astmatu, zároveň je toto onemocnění hůře diagnostikováno. Redukce hmotnosti se jeví jako nejvhodnější způsob léčby (Dias-Junior et al., 2013).

2.4.4. Gastrointestinální poruchy

Nealkoholické ztučnění jater (NAFLD) je nyní celosvětově nejčastější příčinou chronického onemocnění jater a odhaduje se, že je přítomno u 20–35 % dospělých v rozvinutých zemích (Moore, 2010). Jedna třetina těchto případů progreduje do nealkoholické steatohepatitidy (NASH), charakterizované zánětem a dysfunkcí jater, což může vést k jaterní cirhóze a hepatocelulárnímu karcinomu (Dietrich et al., 2014). NAFLD je považována za jaterní manifestaci metabolického syndromu a její riziko silně koreluje s BMI (Fabrini et al., 2014). Obezita je také spojena s onemocněními žlučníku, se zvýšeným rizikem pankreatitidy a gastroezofageální refluxní choroby. Nejlepší možnou léčbou všech těchto onemocnění je redukce hmotnosti (Aune et al., 2016).

2.4.5. Muskuloskeletální poruchy

Obezita je spojena s významným snížením úrovně fyzické aktivity a je jedním z hlavních rizikových faktorů osteoartrózy (Berenbaum et al., 2013). Největší dopad je na kolenní klouby, ale existuje zvýšené riziko také v kloubech rukou, což svědčí o příčině zánětlivé i mechanické (Bray, 2014; Pichlerová, 2016). S vyšší váhou je také charakteristický výskyt bolestí v páteři a nemožnost vykonávat různé druhy sportovních aktivit či běžných činností kvůli vysoké hmotnosti (Gefen et al., 2015).

Obezita je nejsilnějším ovlivnitelným rizikovým faktorem dny, přičemž obézní muži mají relativní riziko 2–3krát vyšší ve srovnání se štíhlými jedinci. Redukce hmotnosti snižuje riziko opakujících se dnových záchvatů, zatímco zvýšení hmotnosti zvyšuje jejich četnost (Nguyen et al., 2017). (Nielsen et al., 2017).

2.4.6. Diabetes Mellitus 2. typu

Diabetes mellitus 2. typu (dále DM2) je metabolická porucha charakterizovaná zvýšenou hladinou glukózy v krvi a současnou inzulinovou rezistencí s relativním nedostatkem inzulinu. V současnosti tvoří tento typ diabetu 92 % všech případů, pouze 8 % spadá do kategorie diabetu 1. typu či gestačního a jiných forem. Většina pacientů s diabetem 2. typu jsou obézní a globální epidemie obezity do značné míry vysvětluje nárůst případů DM2 za poslední dvě desetiletí (Eckel et al., 2011). Riziko DM2 stoupá s rostoucí tělesnou hmotností; studie na více než 21 000 dospělých v National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) zjistila, že riziko stoupá z 8 % u lidí s normální hmotností na 43 % u jedinců s obezitou 3. stupně (Nguyen et al., 2011).

2.4.7. Psychické poruchy

Nejčastěji se jedná o depresivní poruchy nálad a úzkostné poruchy. Jedinci vnímají jinak své tělo, mají snížené sebevědomí, sebehodnocení, trpí častěji závislostmi, snaží se o sociální izolaci a často trpí poruchami příjmu potravy. Prevalence deprese u lidí s obezitou 3. stupně se pohybuje mezi 29-56 %, u populace normální hmotnosti je to 17 %. Těmito poruchami trpí častěji ženy než muži, což je způsobeno větším vnímáním svého vzhledu ženami. Obézní lidé také často nerozpoznávají rozdíl mezi fyziologickým a emočním hladem. Emoční jezení se označuje jako pojem zajídání stresu, negativních myšlenek, deprese nebo jako pouhé jezení z nudy, kvůli potěšení či jako odměna (Pichlerová, 2021).

2.4.8. Sexuální dysfunkce

U mužů je obezita spojena se sníženým počtem spermií a zvýšeným výskytem erektilní dysfunkce (Sermondade et al., 2012). U žen vede ke snížení plodnosti, komplikovanější léčbě neplodnosti a větším četnostem potratů v těhotenství. Primární příčinou ženské neplodnosti je syndrom polycystických ovarií (PCOS), který také zvyšuje míru těhotenských komplikací (Best et al., 2015).

2.5. Prevalence obezity

2.5.1. Výskyt ve světě

Celosvětová prevalence nadváhy a obezity u dospělých od roku 1975 do roku 2016 vzrostla téměř trojnásobně. Od roku 1975 do roku 2016 se počet lidí s nadváhou a obezitou zvýšil z 857 milionů na 2,1 miliardy, z tohoto čísla 650 milionů lidí trpí obezitou. Odhaduje se, že celosvětově 39 % mužů a 40 % žen má BMI vyšší než 25 kg/m² (Fleming et al., 2013). V Evropě je 17 % dospělých obézních a současné trendy řadí Evropu na trajektorii obezity podobnou Spojeným státům (Von Ruesten et al., 2015). Významné regionální rozdíly existují i v Evropě, což svědčí o faktu, že socioekonomické podmínky hrají roli v rozvoji

obezity (Berghofer et al., 2008). Co se týče příkladů konkrétních států, obezita zasahuje 20 % mužů a 22 % žen v Belgii, 27 % mužů a 30 % žen ve Spojeném království, 25 % mužů a 34 % žen v Mexiku, 11 % mužů a 10 % žen v Číně a 13 % mužů a 42 % žen v Jižní Africe (World obesity federation, 2022). K nejvyššímu průměrnému přírůstku hmotnosti dochází mezi 35. a 65. rokem života, u žen především v období menopauzy (Smith et al., 2016).

Míra obezity se zvyšuje také v rozvojových zemích, kde činí překvapivě až 62 % z celkového počtu obézních na světě. Subsaharská Afrika je jedinou oblastí světa, ve které není obezita běžná. V rozvojových zemích je míra nadváhy a obezity vyšší u žen než u mužů, v rozvinutých zemích naopak (Ng et al., 2014; Smith et al., 2016).

2.5.2. Výskyt v České republice

Výzkum STEM z roku 2021 ukazuje na vzestup obézních i lidí s nadváhou v České republice. Normální hmotnost má 32 % dospělé populace, obezitou trpí 28 %, nadváhou 38 % populace. Výskyt podváhy v populaci je minimální a tvoří ho především ženy. Ženy s normální hmotností vykazují téměř dvojnásobný počet (41 %) oproti mužům s ideální hmotností (24 %). S věkem postupně přibývá množství obézních, u nejstarší věkové skupiny (nad 75 let) klesá. Zároveň také záleží na dosažené úrovni vzdělání, kdy s vyšším dosaženým vzděláním roste počet lidí s normální hmotností, záleží však stále na rozdělení vzdělanostních skupin podle věku (Pichlerová, 2021).

2.5.3. Dětská obezita

Na vzniku nadváhy a obezity v dětském věku se podílí především chybná výživa a nedostatečný pohyb, často výskyt obezity u dětí souvisí s výskytem obezity v rodině a výchovou (Smith et al., 2016). Hodnocení dětské obezity využívá jak hodnocení BMI, tak percentilových grafů BMI, kdy 90.-97. percentil signalizuje nadměrnou hmotnost a nad 97. percentil se dítě považuje za obézní. Prevalence dětské obezity se za posledních 40 let zvýšila až desetkrát. Podle dat Světové zdravotnické organizace trpělo v roce 2019 obezitou po celém světě 38 milionů dětí mladších 5 let a 340 milionů dětí od 5 do 19 let (World Health Organization, 2023). Prevalence obezity u dětí je velmi odlišná v různých věkových skupinách. Například podle posledních statistik trpí nadváhou či obezitou 24 % dospívajících dívek a 30 % dospívajících chlapců na světě (Boženský et al., 2022).

2.6. Terapie obezity

2.6.1. Vyšetření pacienta

Základem vyšetření je získání komplexní anamnézy, fyzikální vyšetření, laboratorní vyšetření krve. Odběr pacientovi anamnézy zahrnuje zjištění etnické příslušnosti, osobní anamnézu a prodělané nemoci, rodinnou anamnézu, sociální anamnézu, zjištění dietních návyků a případných poruch příjmu potravy (bulimie, anorexie, noční přejídání), frekvenci a charakter fyzické aktivity, psychické poruchy, přítomnost deprese, abusů návykových

látek, předchozí léčbu obezity, vývoj váhy a také motivace a očekávání pacienta k léčbě. Fyzikální vyšetření zahrnuje změření výšky a zvážení, výpočet BMI, změření tlaku, případně vyšetření tělesného složení. Následně posouzení přítomnosti nebo dopadu onemocnění přidružených s obezitou (diabetes, hypertenze, dyslipidémie, respirační, kloubní, kardiovaskulární onemocnění, poruchy spánku) anebo také přítomnost acanthosis nigricans jako kožní příznak prediabetu. Minimální laboratorní vyšetření zahrnuje vyšetření hladiny glukózy nalačno, vyšetření sérových lipidů (celkový cholesterol, HDL a LDL cholesterol, triglyceridy), hladinu kyseliny močové, hladiny hormonů štítné žlázy (TSH), hladiny jaterních enzymů. Doporučená jsou také vyšetření jater (ultrazvuk, biopsie), endokrinní a kardiovaskulární vyšetření a vyšetření na spánkovou apnoe (Yumuk et al., 2015; Via et al. 2014).

2.6.2. Dietní režim

Každá změna hmotnosti by měla být založena na koordinaci výživy, pohybu a behaviorální terapie. V závislosti na individuální situaci může jedna složka převažovat nad ostatními komponenty.

Stravovací návyky jsou subjektem, který podléhá dlouholetým formováním a personalizací u jedince a vyžaduje tak velkou odpovědnost jejich následná restrukturalizace. Všechny změny ve stravování by měly být praktikovány jako dlouhodobě udržitelné a zároveň k nim přistupováno po malých krocích. Důsledkem této změny životního stylu je trvalá ztráta hmotnosti bez tzv. jo-jo efektu, tedy následnému skokovému nárůstu hmotnosti po kalorické restrikci. Většinou nárazových, jednostranných diet a úplným hladověním lze obvykle dosáhnout pouze krátkodobých výsledků. Dlouhodobá udržitelnost a bezpečnost těchto způsobů byla jen málokdy vědecky doložena a nelze je doporučit k redukci hmotnosti. Pacienti s nadváhou a obezitou by měli být informováni o správném způsobu hubnutí lékařem, obezitologem či nutričním terapeutem. Podle dokládaných studií je výsledek redukce hmotnosti asi dvakrát nižší než očekávání pacienta, jelikož většina pacientů očekává výsledky velmi rychle, bez větší snahy (Kozica et al., 2015).

Nutriční anamnézu odebírá kvalifikovaný lékař nebo nutriční terapeut. Zahrnuje stravovací zvyklosti, fyzickou aktivitu a další informace vztahující se k příjmu a výdeji energie. Pouze na základě podrobné anamnézy může specialista reagovat na všechny individuální potřeby pacienta a pracovat s nimi. Terapie se zaměřuje a pravidelně kontroluje výběr potravin, jídelní chování a provozování fyzické aktivity. Monitoruje se také pacientova hmotnost a její vývoj, obvody pasu a boků, případně u diabetiků glykémie (Bischoff et al., 2020).

Snížení hmotnosti lze dosáhnout pouze negativní energetickou bilancí. Snížením příjmu energie o 500 až 1000 kcal denně při pravidelné pohybové aktivitě je reálná redukce hmotnosti 0,5 – 1,0 kg za týden (2-4 kg za měsíc). Samozřejmostí je nutričně vyvážená strava, s dostatečným příjmem bílkovin a mikronutrientů. Žádoucí trvalé snížení hmotnosti u nadváhy s přidruženými onemocněními je 5-10 %. Nejlepší způsob dosažení kalorické

restrikce je omezení vysokoenergetických potravin, potravin bohatých na tuky a jednoduchých sacharidů. Často se klade otázka, zda by měla být preferována dieta nízkotučná nebo nízkosacharidová. Mnoho studií ukazuje, že obě varianty mohou být stejně účinné (Gardner et al., 2016). Snížení tuků v dietě není určitě jedinou strategií, jak se v minulosti předpokládalo (Tobias et al., 2015). Některé studie také ukazují, že snížený obsah sacharidů může být i účinnější než snížení obsah tuků, v případě hubnutí, snížení inzulínové rezistence, stabilizaci glykémie a zlepšení kvality života (Bazzano et al., 2014; Guldbbrand et al.; 2014; Juanola-Falgarona et al. 2014). To je odůvodněno aktivací nervového centra odměňováním a hladověním vyvolaným účinkem cukrů. Princip diet low carb či low fat, jak bývají často nazývány, by měl být spojen s dietou se zvýšeným obsahem bílkovin, které mají efekt zahnání hladu. Naproti tomu cukry (mono- a disacharidy), cukerné alkoholy a alkohol mohou hlad vyvolávat a je lepší se jejich konzumaci vyhýbat či ji omezit (Lobley et al., 2015; Wang et al., 2015).

LCD a VLCD diety

LCD (low calory diet, nízkokalorická dieta) a VLCD (very low calory diet, velmi nízkokalorická dieta) se řadí mezi diety s kalorickou hodnotou 800-1200 kcal (LCD) a 400-600 kcal (VLCD) denně. Tyto diety nezajišťují dostatečný přívod mikronutrientů a vitamínů, je třeba tyto látky suplementovat. Obvykle se jedná o uměle připravené diety s adekvátním rozložením živin, přesto však není vhodné dodržovat je více jak tři měsíce. Tyto dietní režimy jsou indikovány především u vysoce obézních pacientů, adaptovaných na nízký energetický příjem a také u pacientů s omezenými možnostmi navýšit pohybovou aktivitu. Také jsou používány u diabetiků druhého typu k prolomení inzulínové rezistence a zlepšení kompenzace diabetu či úpravě antidiabetické léčby. Indikací je také příprava na bariatrický výkon, kdy je významné hlavně zmenšení velikosti jater a tím lepší manipulace s orgány v břišní dutině. Dietní režimy LCD/VLCD jsou vhodné pro pacienty s vyšším množstvím energetických zásob uložených v tukové tkáni. Důležité je při jejich dodržování provádět také pohybovou aktivitu, zaměřenou na větší svalové partie, aby nedocházelo k přílišnému odbourávání svalových bílkovin. Odbourávání aktivní svalové hmoty doprovází zvýšení hodnot kyseliny močové a zhoršení renálních funkcí. Důležitá je u těchto rizikových pacientů také kontrola mineralogramu (Matoulek, 2019).

2.6.3. Pohybová aktivita

Zvýšení energetického výdeje pomocí pohybu je hlavním pilířem terapie obezity. Metaanalýza Wu et al. (2009) jasně ukazuje, že kombinace dietní intervence s adekvátní fyzickou aktivitou je účinnější než pouhé snižování energetického příjmu prostřednictvím diety. Koncepce pohybové terapie si klade za cíl také zlepšit profil metabolického a kardiovaskulárního rizika, příznivě ovlivnit případné komorbidity a zvýšit fyzickou zdatnost, podrobnější přehled ukazuje tabulka č. 2. V konečném důsledku má být dosaženo návratu k vyšší funkčnosti a mobilitě a zejména zlepšení zdravotní a psychosociální kvality života. Pravidelná fyzická aktivita je navíc to nejlepší, co dělat k vyhnutí se opětovnému nabrání

tělesné hmotnosti po úspěšném zhubnutí, kvůli zvýšené spotřebě energie cvičením a zvýšenému energetickému výdeji v důsledku nárůstu svalové hmoty (Catenacci et al., 2008).

Před zahájením tréninkového plánu je třeba vyšetřit zátěžovou kapacitu pomocí zátěžového EKG a/nebo spiroergometrie, pacienta dostatečně motivovat a také sledovat parametry glykemie a krevního tlaku po zátěži. Výběr pohybové aktivity je dán hlavně stavem hybné soustavy a pacientovými preferencemi. Pokud může pacient chodit, může i chůze být jedinou aktivitou, ke větší efektivitě lze použít i hole nordic walking, sledovat kroky pomocí krokoměru, zkusit jízdu na rotopedu, případně na kole. Vhodným sportem je také plavání, odporový trénink s vlastní vahou či se zátěží. Aktivita by měla být vždy prováděna za dohledu fyzioterapeuta nebo rehabilitačního lékaře, případně příslušně kvalifikovaného trenéra.

Obvykle doporučovaná frekvence pohybové aktivity je 3-4krát za týden, s dobou trvání alespoň 40-50 minut, při aktivitě každodenní alespoň 30 minut denně. Pokud pacient nebyl předtím aktivní, je vhodné začínat pomalu a aktivitu zintenzivňovat postupně, stejně tak její délku. Pro výsledný efekt pohybové terapie obezity není důležitý pouze počet spálených kalorií, ale také fakt, že fyzická aktivita brání v adaptaci na nízký kalorický příjem (Fried et al., 2018). Také před plánovanou bariatrickou operací je vhodné pravidelný odporový a kardio trénink zařadit, jelikož dochází k lepší pooperační prognóze a zkrácení času rekonvalescence. Úbytek váhy po bariatrické operaci může často přinést zesílení bolestí kloubů a svalů, to je dáno změnou těžiště a míst kloubního zatížení (Bliddal et al., 2014).

Tabulka 2 Přehled očekávaných účinků fyzické aktivity (Fried & Svačina, 2018)

Krátkodobé účinky (v minutách, hodinách, dnech)
<ul style="list-style-type: none">• Úprava glykemie, krevního tlaku
Střednědobé účinky (v týdnech)
<ul style="list-style-type: none">• Snížení obvodu pasu a boků• Redukce tukové tkáně• Zvýšení svalové hmoty
Dlouhodobé účinky (v měsících)
<ul style="list-style-type: none">• Redukce hmotnosti• Kompenzace diabetu (HbA_{1c})• Zvýšená fyzická zdatnost (VO_{2max})• Upravení lipidového spektra

2.6.4. Psychoterapie

Jedním ze způsobů, jak motivovat obézní k dietě a fyzické aktivitě, je kombinace psychologické léčby s kognitivně-behaviorálními postupy. Mnoho obézních pacientů má vysoká očekávání od úbytku hmotnosti, jelikož se více zajímají o svůj atraktivnější vzhled a méně o zdravotní přínosy, které jsou často spojeny s úbytkem hmotnosti o 5 až 10 % (Iturbe et al., 2022). Frustrace z nedosažení svých cílů o postavě vede k ukončení plánů na snižování hmotnosti. Psychika hraje důležitou roli jak v přibývání na váze, tak v následném redukčním režimu. Pokud je pacient ve stresu, redukce hmotnosti může také stagnovat (Yumuk et al., 2015).

Kognitivně-behaviorální terapie (KBT) je kombinací kognitivní terapie a behaviorální terapie a jejím cílem je pomoci pacientovi upravit náhled a porozumění myšlenkám a názorům týkajícím se regulace hmotnosti, obezity a jejích důsledků, současně také přímo řeší chování, které vyžaduje změnu a motivaci pro úspěšné hubnutí a udržení hmotnosti. KBT zahrnuje několik složek, jako je sebemonitorování (např. dietní záznamy), techniky kontrolující proces stravování, kontrola a posilování stimulů a také kognitivní a relaxační techniky. Prvky KBT by měly tvořit součást dietní terapie nebo jako strukturovaný program tvořit základ specializované intervence. Tuto péči lze částečně poskytovat také ve skupinkách nebo individuálně (záleží na pacientových preferencích). KBT mohou poskytovat nejen registrovaní psychologové, ale také další vyškolení zdravotníci, jako jsou lékaři, dietologové, nutriční terapeuti nebo psychiatři a důležitost tohoto aspektu léčby stále roste. (Sharma, 2007; Moffitt et al., 2015).

2.6.5. Farmakoterapie

Farmakoterapie je důležitou součástí léčby obezity, avšak měla by následovat po selhání předcházejících terapií a být hlavně doplňkem terapie. Není schopna udržet dlouhodobou redukci hmotnosti, protože se pacient nenaučí změnit svoji celkovou životosprávu. Cílem léčby farmaky je zvýšit úbytek hmotnosti docílený pohybovou aktivitou a redukčním jídelníčkem. Indikací k farmakoterapii je BMI vyšší než 30 a selhání nefarmakologických opatření (tzn. během 3 měsíců nebylo dosaženo většího poklesu hmotnosti než 5 %) anebo vyšší než 27, pokud jsou zároveň přítomna kardiovaskulární a metabolická rizika (DM2, hypertenze, dyslipidémie). V současnosti indikujeme léčbu farmaky pouze dospělým pacientům, není doporučeno podávat mladistvým a dětem i starším 65 let. Každý léčivý přípravek by měl být konzultován s předepisujícím lékařem a zvolen individuálně podle povahy pacienta.

Mechanismy působení antiobezitik (Bray et al., 2014):

1. Léky ovlivňující příjem potravy působením na CNS a vyvoláním pocitu nasycení nebo utlumení pocitu hladu, a to pomocně neuropřenašečů serotoninu, dopaminu, noradrenalinu (např. sibutramin, fentermin) anebo prostřednictvím hormonálních mechanismů (např. leptin, neuropeptid Y).
2. Léky ovlivňující pocit hladu, sytosti a regulaci odpovědí v CNS pomocí endokanaboidních, opioidních, glutamátových a dopaminergních receptorů (např. rimonabant, tarabant, liraglutid).
3. Léky zvyšující energetický výdej neboli termogenní farmaka (např. sibutramin, efedrin, kofein).
4. Léky ovlivňující metabolismus v periferních tkáních – játrech, svalech, pankreatu, tukové tkáni (např. hormony GIT).
5. Léky snižující dostupnost tuků v organismu, ovlivňující jejich vstřebávání (např. orlistat).

2.6.6. Bariatrická chirurgie

Bariatrická chirurgie je nejúčinnější metodou léčby morbidní obezity z hlediska dlouhodobého úbytku hmotnosti, zlepšení současných komorbidit, kvality života a snížení celkové mortality (Flegal et al., 2013; Sjöström 2013). Komplexní přehled možností chirurgické léčby obezity a jejich komorbidit uvádí Mezinárodní Federace pro Chirurgii Obezity (IFSO), Mezinárodní Federace pro Chirurgii Obezity – Evropská Kapitola (IFSO-EC), Evropská asociace pro studium obezity (EASO) (Fried et al., 2013). O operaci by se mělo uvažovat u pacientů ve věku 18-60 let s BMI $\geq 40,0$ kg/m² nebo s BMI mezi 35,0 a 39,9 kg/m² a přidruženými onemocněními, u kterých se očekává, že chirurgicky navozený úbytek hmotnosti zlepší jejich prognózu (např. 2 diabetes a další metabolické poruchy,

kardiovaskulární onemocnění, onemocnění kloubů a závažné psychické problémy související s obezitou) (Buchwald et al., 2009).

K funkčnosti a úspěšnosti léčby bariatrickou operací je potřeba multidisciplinární tým. Před odesláním pacienta k zákroku je potřeba komplexní diagnostika, zajištění předoperačního a pooperačního sledování. Rozhodnutí o operaci by tedy mělo následovat po komplexním mezioborovém posouzení. Multidisciplinární tým by měl sestávat z odborníků se zkušenostmi s léčbou obezity a s bariatrickou chirurgií, zahrnující lékaře obezitologa, chirurga, anesteziologa, psychologa, nutričního terapeuta/specialistu a zdravotní sestru (Sauerland et al., 2005).

Laparoskopická technika operace je první volbou léčby v bariatrické chirurgii, pokud k ní neexistují kontraindikace. Ve většině situací je klíčovou otázkou pro úspěšný výsledek zkušenost bariatrického chirurga. Morbidní obezita je celoživotním komplexním onemocněním. Za léčbu komorbidit před operací a za sledování po operaci zodpovídá ošetřující lékař, avšak pacient přebírá celoživotní odpovědnost za dodržování pravidel a kontroly svého stavu. V dnešní době se přesouvá primární cíl operace k jejím zdravotním benefitům a upouští se od cíle úbytku hmotnosti (Bose et al., 2010; Leslie et al., 2012).

3. Bariatrie

3.1. Indikace a kontraindikace

O tom, zda je pacient vhodným kandidátem pro bariatrickou operaci rozhoduje především lékař a jeho tým a může také umožnit výjimky některým pacientům. Mezi obecná indikační kritéria patří:

- Věk nad 18 let.
- BMI větší nebo rovno 35 kg/m², a zároveň přítomnost přidružených onemocnění např. DM2, hypertenze, poruchy metabolismu lipidů aj., nebo pokud v minulosti BMI přesáhl 35 a selhávají dietní a pohybová opatření.
- BMI nad 40 kg/m², bez kontraindikace (Matoulek, 2020).

Kontraindikace provedení bariatrické operace pak zahrnují poruchy příjmu potravy, závislosti na drogách, alkoholu, přítomnost zhoubných nádorů, těhotenství, jaterní cirhóza s portální hypertenzí, srdeční selhání, pokročilá stadia některých onemocnění, vysoce snížený intelekt a také nespolupráce a nemotivovanost pacienta k léčbě. Relativní kontraindikací je pak také Crohnova choroba, přítomnost peptického vředu, či nízký nebo vysoký věk (DuCoin, et al., 2020).

3.2. Metody bariatrických výkonů

Metody bariatrických operací můžeme rozdělit na dva základní typy – restriční a malabsorbční. Mezi restriční se řadí adjustabilní žaludeční bandáž, sleeve gastrektomie, plikace žaludku, mezi malabsorbční gastrický bypass, biliopankreatická diverze a další modifikace operací. Jednotlivé typy jsou znázorněny na obrázku 1.

V současnosti je těžké posoudit k jakému výkonu bariatrické operace pacienta přiřadit nebo jakou operaci upřednostnit. Pokud není přítomna kontraindikace laparoskopické techniky, přistupuje se k ní spíše než k chirurgické (Reoch et al, 2011).

Výběr typu operace ovlivňují předoperační charakteristiky pacienta, např.:

- BMI (index tělesné hmotnosti)
- věk
- pohlaví
- rozložení tělesného tuku
- významná hiátová hernie
- gastroezofageální reflux (GERD)
- přítomnost diabetu 2. typu, délka jeho trvání, předoperační koncentrace HbA1c, kombinovaná antidiabetická léčba a koncentrace C – peptidu nalačno
- přítomnost dyslipidémie
- snížená inteligence

- očekávání/realistické cíle pacienta
- porucha příjmu potravy
- dlouhodobá léčba přidružených onemocnění nebo další situace, u kterých hraje absorpce a farmakokinetika podstatnou roli (Fried et al., 2014).

3.2.1. Adjustabilní žaludeční bandáž

Tato metoda spočívá v laparoskopickém nasazení silikonové manžety v horní části žaludku, kdy vzniká nad manžetou malý žaludek, který se rychle plní potravou a tím je navozen pocit sytosti. Při postupném snižování hmotnosti a zmenšování množství tukové tkáně je nutné manžetu utahovat pomocí komůrky v podkoží. Od této metody se postupně upouští kvůli ne zcela dlouhodobým účinkům. Tato metoda také vyžaduje značnou spolupráci pacienta a restrikcí některých potravin, jelikož by mohly ucpat průchod manžetou. Jedná se například o bobulovité ovoce, zeleninu a ovoce se slupkou jako rajčata, papriky, nebezpečné je také pečivo, které vytváří lepkavou hmotu, neprůchozí manžetou. Pacienti jsou většinou odkázáni na vysokoenergetické potraviny, které navodí pocit nasycení i v malých dávkách. Problémem bandáže je právě také fakt, že není uspokojen pocit hladu, jelikož pod bandáží zůstává velký žaludek normálního rozměru (Matoulek, 2020).

3.2.2. Tubulizace žaludku

Jde o restriktivní bariatrickou metodu, při které se odstraní část žaludku, následně zůstává žaludek o objemu asi 80-120 ml. Efekt je dán zmenšením objemu žaludku ale také snížením produkce hormonu ghrelinu, odpovědného za pocit hladu. V některých případech však dochází ke znovuobnovení produkce hormonu, což vede k následnému zvyšování hmotnosti. Tato metoda zaznamenala velký nárůst v posledních 15 letech a v celosvětovém počtu bariatrických operací se řadí na druhé místo po gastrickém bypassu. Její efekt je srovnatelný s gastrickým bypassem, současně se vyskytuje minimum dlouhodobých komplikací. Jedinou vážnější komplikací je náchylnost ke vzniku GER a hiátové hernie a poměrně náročnější léčba. Oproti gastrickému bypassu se však jedná stále o poměrně novou metodu a je třeba více studií k jejímu ohodnocení (DuCoin et al., 2020). Po operaci se velmi snižuje množství potravy potřebné k nasycení (asi čtvrtina až třetina běžné porce), než bylo před operací. Jelikož je zachován normální průchod potravy z jícnu do žaludku a dvanáctníku, není potřeba vyřazovat určité potraviny (kromě období po operaci). Pokud se nedostaví očekávaný výsledek operace (snížení hmotnosti či ústup diabetu 2. typu) je možné provést další následný výkon (např. duodenální switch) (Matoulek, 2020).

3.2.3. Plikace žaludku

Plikace je obdobnou novější restriktivní metodou k tubulizaci žaludku, avšak šetrnější, jelikož není odstraněna část velkého zakřivení žaludku. Část velkého zakřivení žaludku je zavinuta k malému zakřivení a zajištěna nevstřebatelnými stehy, dochází ke vzniku pliky (řasy) uvnitř žaludku a zmenšení žaludečního prostoru. Tento výkon je reverzibilní, což je výhodné z důvodů, kdy je potřeba provedení jakéhokoliv jiného bariatricko–metabolického

výkonu. Anatomicky je dosaženo podobného efektu jako u sleeve gastrektomie, v pooperačním režimu se často může přejít dříve k pevné stravě (Abdelbaki et al., 2012).

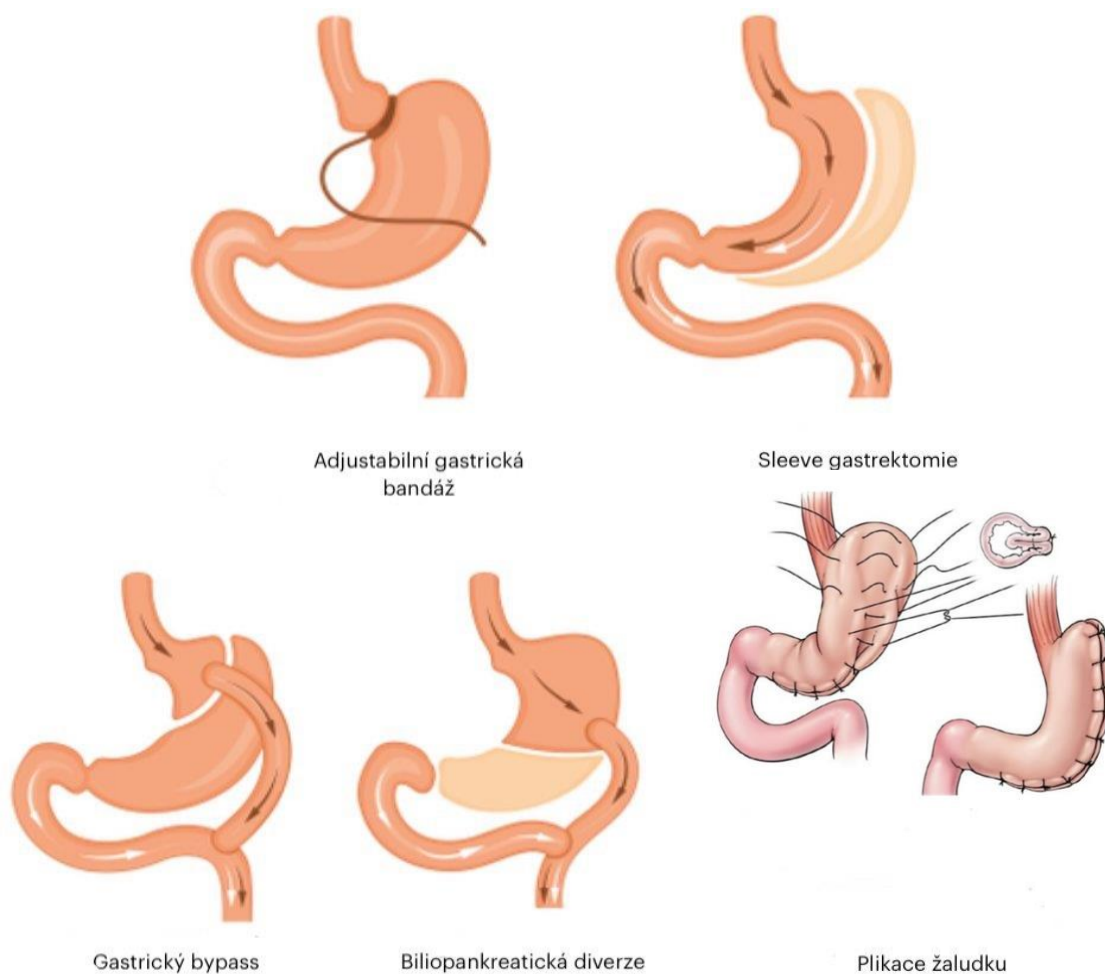
3.2.4. Gastrický bypass

Jedná se o nejpobulárnější metodu s kombinací malabsorbčního a restriktivního principu. Nejčastěji se jedná o variantu Roux – Y GBP, kdy je žaludek přerušen v horní části a je z něj vytvořen tzv. pouch (kapsa). Zbylý žaludek je ponechán na místě, ale vyřazen z pasáže stravy. Pouch je následně spojen s tenkým střevem, kde potrava pokračuje, velká část žaludku, dvanáctník, a část jejunu (celkem asi 75-150 cm) je tak vyřazena z procesu trávení a vstřebávání živin. Zároveň, aby nedocházelo k refluxu žluče do pouche, je 150 cm od duodenojejunálního přechodu vytvořena Roux – Y anastomóza, kterou je zajištěn přívod žluče a pankreatické šťávy do tenkého střeva. Další méně častou metodou bypassu je Omega – loop GBP, kdy je spojena proximální část žaludku (pouch) spojena anastomózou typu omega s tenkým střevem (Sarwer et al., 2010).

3.2.5. Biliopankreatická diverze

Jediná, čistě malabsorbční bariatricko–metabolická metoda, je považována za nejradikálnější metodu, celosvětově se provádí v menším měřítku. Dochází k odstranění značné části tenkého střeva společně s resekci žaludku, kvůli čemu se zmenšuje plocha umožňující absorpci a asimilaci živin. Provádí se několik různých modifikací BPD. Metoda BDP typu duodenálního switchu spočívá v resekci žaludku způsobem sleeve gastrektomie a přerušeni trávící trubice 5 cm za pylorem. Na toto místo je našita alimentární klička v délce 250 cm, biliopankreatická klička je našita na alimentární kličku 80-120 cm od caeka, distální část dvanáctníku je slepě uzavřena. Je provedena rekonstrukce zažívacího traktu anastomózou typu Roux-Y. Tato bariatrická operace vykazuje největší hmotnostní úbytky a remisi DM2 až v 95 % (Kasalický, 2020).

Obrázek 1 Typy bariatrických výkonů (NZIP, 2023)



3.2.6. Intragastrický balon

Intragastrický balon není klasickou bariatrickou metodou, je však jistou alternativou k těmto výkonům. Jedná se o gastrokopické zavedení silikonového balonu o objemu asi 500 ml, naplněného vzduchem nebo fyziologickým roztokem. Fyziologický roztok bývá obarven metylenovou modří, která při případném prasknutí balonu obarví moč. Tato metoda je doporučována pouze vysoce obézním rizikovým pacientům na 3-6 měsíců jako příprava na bariatrický výkon. Balon urychluje navození pocitu sytosti a naplnění žaludku, tím snižuje příjem potravy a redukuje tělesnou hmotnost. Výhodou metody je nízká invazivita výkonu, nevýhodou dočasnost (maximálně 6 měsíců) a některé kontraindikace aplikace jako přítomnost nespecifických střevních zánětů, patologie žaludku či ileózní stavy (Tate et al., 2017).

3.3. Vyšetření před bariatrickým výkonem

Před operací je potřeba projít sérií vyšetření a konzultací s odborníky, aby bylo dosaženo dlouhodobého efektu bez komplikací. Základem je vyšetření a léčba u obezitologa, který pacienta doporučí k operaci, sleduje jeho vývoj hmotnosti, kontroluje a předepisuje léky a posílá k dalším specialistům. Nutriční vyšetření je zcela zásadní předoperační příprava, nutriční terapeut tráví s pacientem často více času než lékař a je i schopen lépe rozpoznat, jestli je pacient na operaci připraven. Dalším vyšetřením by mělo být psychologické vyšetření a příprava, což je často velmi opomíjené, ale neméně důležité, zvláště pokud je či byl pacient psychiatricky sledován. Podstoupení gastroscopického vyšetření pak vylučuje gastroduodenální vředovou chorobu a gastroezofageální reflux a jiné patologie. Další vyšetření pak mohou zahrnovat RTG vyšetření jícnu a žaludku, ultrasonografii břicha (zaměřením na levý jaterní lalok z důvodu hepatomegalie a žlučník z důvodu cholecystitidy a cholecystolitiázy), spirometrii z důvodu vedení celkové anestezie a také fyzioterapeutické vyšetření, případně fyzioterapeutická příprava již před výkonem (Národní zdravotnický portál, 2023).

3.4. Dietní režim

3.4.1. Před operací

Dietní příprava začíná již měsíce před operací, edukací a praktikováním zásad zdravé výživy a redukčního režimu. Redukce 5-10 % hmotnosti je spojena s výrazným snížením rizika pooperačních komplikací, zároveň zajistí zmenšení orgánů (hlavně jater) a lepší manipulaci s laparoskopem v průběhu operace. Je doporučeno pravidelně plánovat stravu do 3-5 porcí za den. Svačiny se zařazují v případě hladu mezi hlavními jídly a také kvůli zvyknutí si na více menších porcí denně. Hlavní jídla by měla obsahovat zdroj komplexních sacharidů s vyšším podílem vlákniny, kvalitní bílkoviny, doplněné ovocem nebo zeleninou. Snažit se omezit vysoce zpracované potraviny (sladkosti, fastfood, uzeniny), alkohol, kávu a perlivé nápoje (jsou v prvních týdnech po operaci zcela zakázány). Je doporučeno upravit nutriční deficiencie (nízké hladiny vitamínů a minerálních látek) před operací. Snažit se jíst pomalu, v klidu, řádně rozkousat sousta a sledovat dostavení pocitu sytosti. Pacient by se měl snažit naučit stravovacímu režimu, který ho bude doprovázet po zbytek života (Fried et al., 2018).

3.4.2. Po operaci

V dietním režimu po operaci se nachází obecné zásady, avšak stejně jak při režimu před operací jsou všechna doporučení velmi individuální a odvíjí se od konzultací s lékařem a nutričním terapeutem. Na rozdíl od stravy před operací by se měla stát nejvíce zastoupenou živinou v hlavních jídlech bílkovina. Strava po operaci se rozděluje do několika fází podle času po operaci, druhu operace a toleranci pacienta. Pro obecné zásady pooperační diety platí následující pravidla (Aguas-Ayesa et al., 2023):

- Porce by měly mít objem 100-150 ml.
- Je vhodné porce pravidelně odměřovat (odvažovat), či mít vhodnou odměrku (kelímek od jogurtu o příslušném objemu).
- Dávat pozor na postupné zvětšování porce.
- Při pocitu sytosti přestat jíst, případně vždy jako první dojídat bílkovinnou část jídla.
- Pít výhradně neperlivé nápoje, vynechávat kofeinové nápoje a alkohol (první týdny po operaci).
- V případě malabsorbčních výkonů doplňovat minerální látky a vitamíny.
- Nepít brčkem a oddělovat tekutiny od tuhé stravy, tzn. pít 15-30 minut před jídlem nebo po jídle (Aguas-Ayesa et al., 2023; Fried & Svačina, 2018).

První týden po operaci je klíčové podávat striktně šetřící stravu tekuté čiré konzistence. Zařazují se různé druhy vývarů, zeleninové a ovocné šťávy (ředěné vodou) jako je jablečná, hroznová, brusinková, neslazené čaje. Do vývaru nebo bujónu se přidává bílkovinné modulární dietetikum, např. Protifar, zároveň se zařazuje sipping v množství asi 2 dávek denně. V některých případech se podává parenterální výživa.

Druhý týden po operaci se přechází na stravu tekuté kašovitě konzistence, kdy se podávají bujóny, vývary, zahuštěné menší porcí sacharidové potraviny (brambory, těstoviny), mixovaným masem a kořenovou zeleninou, zároveň doplněné Protifarem nebo jiným bílkovinným modulárním dietetikem a sipping. Podle tolerance jsou přidány kysané mléčné výrobky, neslazené, tekuté konzistence (acidofilní mléko, kyška, kefír, tekutý jogurt). Je možné také zařadit řídké obilninové kaše, puding, bramborovou kaši.

Třetí až čtvrtý týden po operaci se zařazuje strava kašovitě hutné konzistence, společně s modulárním dietetikem. Podávají se vařená vejce, měkké maso, měkké sýry, jogurty, tvarohy, pyré, obilné kaše, vařená zelenina a ovoce. Nepodává se pečivo.

Pátý až šestý týden od operace se přechází na stravu smíšenou tuhé konzistence, společně s modulárním bílkovinným dietetikem. Postupně začíná mít podobu klasické vyvážené stravy, podávané doživotně. Konzistence je již tuhá, postupně jsou zařazovány i luštěniny a pečivo podle tolerance. Při jakýchkoliv trávicích potížích nebo neadekvátní toleranci se ve fázích vrací o řád níže (Matoulek, 2020).

Po operaci se doporučuje být pod pravidelnou kontrolou lékařů i nutričního terapeuta. Od počátku je vhodné léčby je vhodné monitorovat hladiny vitamínů a minerálních látek, především vitamínu D, který bývá deficitní již před začátkem léčby u většiny pacientů. Větší rizika deficitů jsou přítomna po malabsorbčních bariatrických operacích. Schéma pooperačních kontrol udává tabulka 3.

Tabulka 3 Schéma kontrol po bariatrické operaci (Matoulek, 2020)

Čas od operace	Vyšetření doporučené	Vyšetření volitelné
1 měsíc	Lékař, nutriční terapeut	
3 měsíce	Lékař, nutriční terapeut	Fyzioterapeut
6 měsíců	Lékař, nutriční terapeut, biochemické vyšetření	Fyzioterapeut, psycholog
12 měsíců	Lékař, nutriční terapeut, biochemické vyšetření, psycholog	Fyzioterapeut, denzitometrie

3.5. Bariatrie a DM II.

Diabetes mellitus 2. typu (DM2) společně s obezitou, představují největší problém dnešního veřejného zdraví a jsou také hlavní příčinou zvýšené úmrtnosti, nemocnosti. Podle Mezinárodní diabetologické federace byla v roce 2021 prevalence diabetu asi 537 milionů lidí na světě, z toho 90 % právě DM2 a v roce 2040 se předpokládá nárůst až k 640 milionům (International Diabetes Federation, 2023). Účinky tradiční léčby, jako je úprava životního stylu a léčebná intervence, jsou značně omezené, a právě proto se jeví metabolická chirurgie jako jeden z nejúčinnějších a dlouhodobých způsobů kompenzace (Syu et al., 2017).

Bariatrická chirurgie snižuje až 40krát riziko diabetu 2. typu a dochází u operovaných až k 90% remisi tohoto onemocnění. Do dvou let se kompenzují také výdaje na farmakoterapii diabetu. Mortalita přitom klesá až o 50 % (Fried et al., 2018). Podle metaanalýzy Buchwalda a kol. (2009) dochází k úspěšné remisi DM2 hlavně po biliopankreatické diverzi (95 %), dále po bypassových operacích (80 %), ale i ostatní operace jsou velmi úspěšné (50-80 %).

3.6. Selhání léčby a možné komplikace

Úspěšnost léčby závisí jak na výběru typu operace, tak spolupráci pacienta a pravidelných kontrolách. Většina selhání léčby a opětovný nárůst hmotnosti vyplývá z nedostatečné přípravy pacienta před operací. Bariatrickou operaci je možné přejít, pacient se plíživým zvětšováním porcí může dostat na kapacitu žaludku před výkonem. Důležité je nepřestat docházet na opakované kontroly, a to při úspěšné i selhávající léčbě. Dalšími možnými faktory ovlivňujícími úspěšnost operace jsou také vliv mikrobioty pacienta, hormonální změny po operaci, případné snížení pohybové aktivity, ztráta svalové hmoty a vymizení

motivace pacienta dodržovat stravovací návyky. Stále je také možná reoperace pacienta a změna sleeve gastrektomie nebo plikace na bypass či jiný výkon (Aguas-Ayesa et al., 2023).

3.7. Role nutričního terapeuta

Nutriční terapeut (specialista) hraje nezastupitelnou roli v léčbě před a po bariatrické operaci. Sledování pacienta a nastavení vhodných stravovacích návyků probíhá ještě před naplánováním operace, pacient se snaží redukovat alespoň část hmotnosti konzervativní léčbou. Nutriční terapeut nastaví adekvátní redukční příjem energie, rozložení jednotlivých živin během dne, seznámí pacienta se zásadami zdravého talíře, s problematikou hlavních makroživin i mikroživin, navrhuje případnou farmakologickou léčbu (na předpis lékaře), a také pomáhá s výběrem sportovní aktivity (Matoulek, 2020).

4. Energetický metabolismus

4.1. Energetická bilance

Základní komponenty energetické bilance zahrnují energetický příjem, energetický výdej a zásobu energie. Tělesná hmotnost se mění v závislosti na neadekvátním energetickém příjmu k jeho výdeji. Příjem energie zajišťují základní makronutrienty – sacharidy, bílkoviny, tuky a také alkohol. Výdej je dán součtem bazálního metabolismu (BMR – Bazal Metabolic Rate), termického efektu stravy (TEF – Thermic Effect of Food) a fyzickou aktivitou, která je také nejvíce variabilní komponent celkového výdeje (Hill et al., 2012).

Pokud se energetický příjem rovná výdeji, organismus je ve vyrovnané energetické bilanci a hmotnost je stabilní. Pokud příjem energie převyšuje výdej, hovoříme o pozitivní energetické bilanci (u přejídání, nabírání hmotnosti). Naopak když je příjem menší než výdej, jedná se o negativní energetickou bilanci při zánětlivých stavech, hubnutí, anorexii. Uplatňuje se zde mnoho faktorů, které tuto bilanci ovlivňují (Hill et al., 2012).

4.2. Energetický příjem

Energie je přijímána do organismu skrz sacharidy, bílkoviny, tuky, alkohol. Jednotkou používanou k měření energie je kilojoule (kJ) nebo kilokalorie (kcal). Jedna kilokalorie (kcal) odpovídá v přepočtu 4,184 kilojoulům (kJ). Pokud zohledníme nepatrné ztráty energie močovinou a dusíkatých zplodin metabolismu bílkovin močí, pak bude energetická hodnota (množství spalného tepla) živin následující: 17 kJ (4 kcal)/g sacharidů, 17 kJ (4 kcal)/g bílkovin, 38 kJ (9 kcal)/g tuků a 30 kJ (7 kcal)/g alkoholu (Kasper, 2015).

4.3. Energetický výdej

Celkový energetický výdej (CEV, TEE – Total Energy Expenditure) zahrnuje energii potřebnou pro bazální metabolismus, fyzickou aktivitu, termický efekt stravy. Je variabilní a závisí na fyzickém, psychickém a celkovém zdravotním stavu člověka a případných onemocněních.

4.3.1. Složky

Bazální metabolismus

Bazální metabolismus (BMR – Basal Metabolic Rate) je množství energie v bdělém stavu organismu, v teplotně neutrálním prostředí, po 12hodinovém lačnění a nezbytný pro udržení funkcí životně důležitých orgánů jako je srdce, plíce, mozek, játra, ledviny, svalová tkáň, kůže a pohlavní orgány. Jeho hodnota činí asi 60 % CEV a odvíjí se od způsobu života, fyzické aktivity, pohlaví, věku, množství svalové hmoty, množství tukové hmoty a genetické predispozici. Při spánku se toto číslo snižuje o 5-10 %. BMR je možné změřit různými metodami či vypočítat rovnicemi (Lam et al., 2016).

Klidový metabolický obrat (RMR – Resting Metabolic Rate) představuje energii organismu potřebnou pro udržení základních životních funkcí, ale je méně striktní než bazální (pokojová teplota, kratší lačnění). Pokud počítáme CEV, používáme buď BMR nebo RMR, který je asi o 10 % vyšší (Kasper, 2015).

Termický efekt potravy

Termický efekt potravy neboli postprandiální termogeneze představuje množství energie, které organismus potřebuje ke zpracování přijaté stravy, tedy k jejímu trávení, absorpci, asimilaci a ukládání do zásobních forem. U stravy smíšené se pohybuje kolem 8-10 % (sacharidy 6 %, bílkoviny 30 %, tuky 3 %, veganská strava je přibližně na 8 %, vysokobílkovinná pak na 25 %) (Kohout et al., 2021). Stárnutí, fyzická aktivita, obezita a inzulínová rezistence mají vliv na celkový TEF (Lam et al., 2016).

Fyzická aktivita

Faktor fyzické aktivity (PAL – Physical Activity Level) bývá nejvariabilnější složkou energetického výdeje. Udává energii spotřebovanou činností svalové tkáně během spontánní nebo zamýšlené aktivity. Podíl na CEV zaujímá od 15 % u lidí se sedavým způsobem života až k 50 % a více u velmi aktivních jedinců. Spontánní fyzická aktivita zahrnuje aktivitu běžných denních činností, držení postury nebo tzv. fidgeting (nevědomé pohyby, vrtění se). Fyzická aktivita je ovlivněna mnoha faktory, mezi které patří genetická predispozice, pohlaví, věk, komplex interakcí mezi fyziologickými a biochemickými signály nervové soustavy i účinkem vnějšího prostředí (Lam et al., 2016).

Faktor onemocnění a horečky

Při zvýšené tělesné teplotě se zvyšuje množství potřebné energie organismem, jelikož člověk produkuje větší množství tepla. Některá onemocnění taktéž vyžadují zvýšené množství energie, kvůli reparačním dějům probíhajícím v organismu, přičemž většinu zánětlivých onemocnění doprovází taktéž zvýšená teplota. Faktor, kterým násobíme množství energie bazálního metabolismu je uveden v tabulce 4 (Zadák, 2008).

Tabulka 4 Faktor fyzické aktivity, teploty a onemocnění (Zadák, 2008)

Faktor	Fyzická aktivita	Teplota	Onemocnění
1			Pacient bez komplikací
1,1		38°C	Pooperační stav bez komplikací
1,2	Pouze Sedavý nebo ležící způsob života	39°C	zlomeniny
1,3		40°C	sepsé
1,4	Sedavý způsob života, občasná fyzická aktivita	41°C	peritonitida
1,5		42°C	Polytrauma, rehabilitace
1,6	Sedavý způsob života a pravidelná fyzická aktivita		Polytrauma se sepsí
1,7			Popáleniny 30–70 % povrchu těla
1,8	Denně více času ve stoje, za chůze,		
1,9	aktivní sportovec		
2 a více	Fyzicky náročný práce, vrcholový sport		Popáleniny 70–90 % povrchu těla

4.4. Měření energetického výdeje

4.4.1. Přímá kalorimetrie

Přímá kalorimetrie spočívá v měření vyprodukovaného tepla organismem. Tento koncept je založen na předpokladu, že všechny energetické substráty oxidací produkují teplo.

Subjekt měření musí být umístěn v izolované komoře a být v absolutním klidovém stavu, aby byla vyloučena produkce tepla pohybovou aktivitou. Tento princip je náročný na technické a finanční provedení, proto se praktikuje pouze v malém množství klinických zařízení a spíše se upřednostňuje měření pomocí nepřímé kalorimetrie (Oshima et al., 2017).

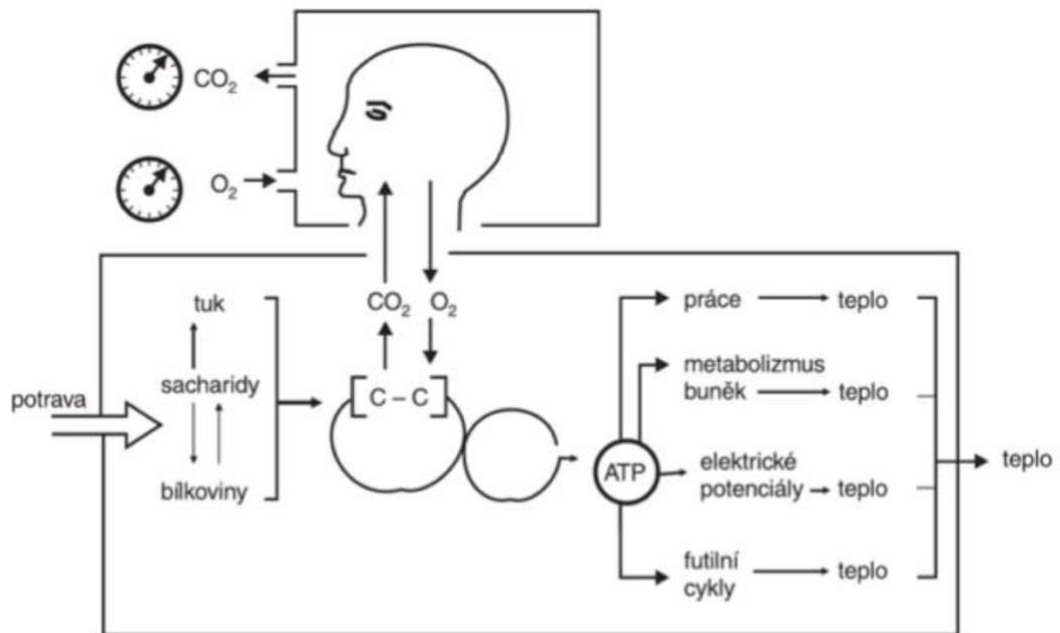
4.4.2. Nepřímá kalorimetrie

Nepřímá kalorimetrie se považuje za zlatý standard měření energetického výdeje ve zdravotnických zařízeních. Princip spočívá v měření spotřeby kyslíku (VO_2) a produkci oxidu uhličitého (VCO_2) organismem. Kromě RMR lze z výsledků pomocí stechiometrických rovnic a hodnot oxidace získat hodnoty utilizace substrátů (sacharidů, tuků, bílkovin), uvedeno v tabulce 5. Poměr mezi VO_2 a VCO_2 definuje respirační kvocient (RQ), který koresponduje s využitím některého se substrátů. Kompletní oxidace glukózy představuje RQ s hodnotou 1,0, RQ hodnoty 0,7 představuje utilizaci mixované stravy. Nepřímá kalorimetrie umožňuje neinvazivně a jednoduše měřit jedince bez zdravotních komplikací a zároveň i pacienty na jednotce intenzivní péče, s umělou ventilací a pomáhá tak personalizovat předpisy nutriční podpory, monitorovat metabolickou odezvu na nutriční podporu a zlepšit tak stav pacienta (Delsoglio et al., 2019). K provedení měření je zapotřebí buď obličejová dýchací maska s turbínou nebo canopy, do kterých jedinec dýchá (obr. 3). Dále je potřebný přístroj, který měří objem vdechovaného a vydechovaného vzduchu a analyzuje tak spotřebu O_2 a produkci CO_2 a také software, který naměřená data dále zpracovává a vyhodnocuje (Zadák, 2008). Schéma principu měření znázorňuje obrázek 2.

Tabulka 5 Spotřeba kyslíku, produkce oxidu uhličitého a RQ při úplné oxidaci základních energetických substrátů (Kohout, 2021)

Substrát	Spotřeba O_2 (l/g)	Produkce CO_2 (l/g)	RQ
Cukry (glukóza)	0,829	0,829	1,0
Tuky (palmitát)	2,01	1,43	0,7
Bílkoviny (smíšený protein)	0,966	0,774	0,8

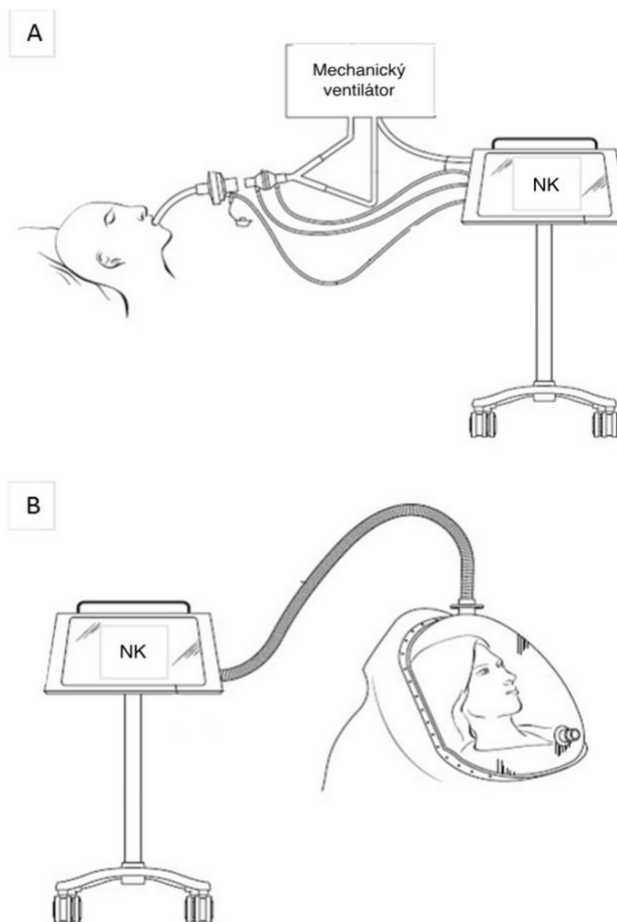
Obrázek 2 Schéma principu měření nepřímou kalorimetrií (Zadák, 2008)



Aby byly výsledky měření co nejpřesnější, je potřeba dodržovat tyto podmínky:

- Pacient je v dostatečném odstupu i před samotným měřením instruován a měl by všechny pokyny následně dodržet.
- Pacient v posledních 4-6 hodinách před měřením nemá provádět žádnou fyzicky namáhavou činnost.
- Pacient by neměl před měřením užívat alkohol, kofein, léky ovlivňující energetický výdej.
- Pacient je minimálně po 2-4 hodinách lačnění.
- Příchod pacienta by měl být ideálně 10-20 minut před měřením, aby se pacient zklidnil.
- Místo měření je tiché, tepelně indiferentní (kolem 22-23°C), bez výrazného proudění vzduchu.
- Měření je prováděno vleže, pacient by měl být v psychickém i fyzickém klidu a neměl by usnout.
- Měření probíhá dostatečně dlouho, aby byl pacient alespoň 5 minut v ustáleném stavu (většinou 20-30 minut).
- Obsluha přístroje je dostatečně kvalifikována k práci s přístrojem a provádí kalibraci podle pokynů výrobce nebo podle potřeby.

Obrázek 3 (A) Měření nepřímou kalorimetrií pomocí dýchací masky s turbínou (B) Měření nepřímou kalorimetrií pomocí canopy (Delsoglio, 2019)



4.4.3. Metoda dvojitě značené vody

Metoda dvojitě značené vody se používá v případě, kdy není možné měření spotřeby kyslíku a produkce oxidu uhličitého na základě vydýchaného vzduchu. Jde hlavně o sportovce a jedince v extrémních podmínkách. Metoda spočívá ve vypití vody obsahující stabilní izotopy kyslíku (^{18}O) a vodíku (^2H), kdy se za 12 hodin po vypití stanoví koncentrace ^{18}O a ^2H v libovolné tělní tekutině (moč, sliny nebo plazma). Princip je založen na faktu, že oba izotopy jsou z těla vyloučeny rozdílně: ^2H pouze ve formě vody a ^{18}O ve formě vody a oxidu uhličitého, jehož produkce je měřena. Tato metoda se používá k dlouhodobému měření energetického výdeje, a záleží na rychlosti vylučování izotopů, první odběr se provede 12 hodin po vypití a další v rozmezí, které odpovídá 1-3 poločasům izotopů v organismu. U aktivních lidí se jedná o dobu 3-5 dní, u lidí s minimálním pohybem a seniorů odpovídá 3-4 týdnů. Tato metoda se v běžné klinické praxi nepoužívá pro svoji finanční a časovou náročnost (Kohout et al., 2021).

4.4.4. Sledování tepové frekvence

Jedná se o nepřímou metodu určenou pro sledování energetického výdeje. Monitoringem tepové frekvence můžeme přibližně odhadnout energetický výdej za určité období. Avšak

limitace metody spočívá ve velkých individuálních rozdílech, ve skutečnosti, že vztah frekvence a výdeje není lineární v celém rozsahu změřené tepové frekvence a také na klinickém stavu jedince (arytmie) či užívaných farmakách (Kohout et al., 2021).

4.4.5. Sledování tělesné aktivity

Další nepřímá metoda, se kterou pracuje mnoho moderních technologií a aplikací monitorujících pohyb. Jedná se především o akcelerometry, které sledují zrychlení a pohyb různých částí těla a na základě zadaných a získaných hodnot mohou odhadnout informaci o tělesné aktivitě a také jejím vlivu na celkový energetický výdej. Tato metoda je použitelná pouze u zdravých jedinců, použití na nemocných je dosud problematické (Kohout et al., 2021).

4.4.6. Výpočty energetického výdeje

Bazální metabolický výdej, výdej jedince po 12hodinách lačnění za klidových podmínek, je možné vypočítat pomocí antropometrických údajů jedince (váha, výška) jeho věku a pohlaví. Některé rovnice rovněž zohledňují zastoupení tukové či svalové tkáně. Nejčastěji a nejdéle se používá vzorec podle Harrise-Benedicta, u mužů i žen platí odlišný vzorec (Harris & Benedict, 1918):

$$\text{Muži: BMR} = 66,473 + (13,7516 \times \text{hmotnost [kg]}) + (5,0033 \times \text{výška [cm]}) - (6,755 \times \text{věk [roky]})$$

$$\text{Ženy: BMR} = 655,0955 + (9,5634 \times \text{hmotnost [kg]}) + (1,8496 \times \text{výška [cm]}) - (4,6756 \times \text{věk [roky]})$$

Novější rovnicí, stanovenou pro americkou populaci, je Mifflinova-St. Jeorova rovnice:

$$\text{Muži: BMR} = 10 \times \text{hmotnost [kg]} + (6,25 \times \text{výška [cm]}) - (5 \times \text{věk [roky]}) + 5$$

$$\text{Ženy: BMR} = 10 \times \text{hmotnost [kg]} + (6,25 \times \text{výška [cm]}) - (5 \times \text{věk [roky]}) - 161$$

Mimo jiné lze také počítat s koeficienty v kcal/kg a vypočítat celkovou energetickou potřebu za den. Například u zdravého jedince normostenika počítáme s 30 kcal/kg/den, u sportovce 40 kcal/kg/den a u těžce obézního s 10-15 kcal/kg/den (Amirkalali et al., 2008).

4.4.7. Faktory ovlivňující měření energetického výdeje

Odlišnosti měření jsou způsobeny mnoha různými faktory, které se u každého jedince podílí jinou mírou. Jedinec sám ovlivňuje výsledek měření svým tělesným složením, ale také psychickým rozpoložením, tělesnou teplotou, příjmem potravy a vylučováním, předchozí fyzickou aktivitou, konzumací alkoholu, kofeinu, kouřením či užitím některých léčiv. Mezi vnější činitele ovlivňující výsledky měření patří teplota, tlak, proudění vzduchu, kvalifikace pracovníků provádějících měření a správná kalibrace přístrojů (Kohout et al., 2021).

PRAKTICKÁ ČÁST

5. Cíle práce

Hlavním cílem práce (C1) je analýza a popis dat o tělesném složení a hodnotách klidového energetického výdeje vybraných skupin obézních jedinců, jejichž výsledky měření RMR pomocí nepřímé kalorimetrie dosahovaly úrovně pod 95 % predikovaného RMR vypočítaného pomocí rovnice Harrise Benedicta. Současně také rozdělit celý soubor do skupin podle míry odchylky od prediktivní rovnice H-B a porovnat charakteristiky jednotlivých skupin. Přitom hodnota naměřená metodou nepřímé kalorimetrie je považována za metodu referenční.

5.1. Dílčí cíle

C2 Zjistit závislost tělesného složení u adaptovaných pacientů na hodnotě naměřeného RMR.

C3 Porovnat výsledky měření RMR nepřímou kalorimetrií a pomocí výpočtu RMR Harrise Benedicta mezi skupinami.

5.2. Úkoly

Ke splnění cílů práce byly stanoveny tyto úkoly:

- U vybraného vzorku obézních jedinců získat výsledek měření klidového energetického výdeje metodou nepřímé kalorimetrie a údaje o tělesném složení přístrojem InBody 230.
- U stejného souboru jedinců vypočítat hodnotu klidového energetického výdeje pomocí rovnice Harrise Benedicta.
- Rozdělit soubor na skupiny podle hodnoty adaptace.
- Zvolit testovací kritérium a získaná data statisticky vyhodnotit.
- Zformulovat závěry.

6. Metodika

Výzkumná část práce byla prováděna na III. interní klinice endokrinologie a metabolismu Všeobecné fakultní nemocnice a 1. lékařské fakulty Univerzity Karlovy v Praze. Sběr dat probíhal od listopadu 2021 do května 2023, přičemž na nepřímé kalorimetrii bylo proměřeno celkem 224 jedinců. Kritériem pro výběr subjektů výzkumu bylo BMI ≥ 30 kg/m², současně ve stejné době provedený test tělesného složení bioimpedance, úspěšně absolvovaný test nepřímé kalorimetrie (nalezení tzv. steady-state). V průběhu výzkumu byla některá data o jedincích také ztracena nebo neuložena, nakonec celkový vzorek obsahoval 71 jedinců. K měření nepřímé kalorimetrie bylo použito přístroje Cortex MetaLyzer 3B a k bioimpedanční tetrapolární elektrické analýze přístroj InBody 230. Tyto výsledky byly porovnány s výpočtem klidového metabolismu pomocí rovnice H-B (k výpočtu klidového metabolismu bylo připočteno 10 % z vypočteného bazálního metabolismu).

6.1. Příprava a průběh měření tělesného složení a nepřímé kalorimetrie

Podmínky pro podstoupení měření NK a bioimpedance:

- 12 hodin před měřením nejíst, poslední jídlo by mělo být lehké.
- Od posledního jídla pít pouze čistou vodu, nepít alkohol, kávu ani černý a zelený čaj.
- Před měřením nekouřit ani neužívat žádné nikotinové výrobky.
- 24 hodin před měřením nevykonávat náročnější pohybovou aktivitu.
- Přijít s dostatečným předstihem a sedět alespoň 10 minut v klidu (fyzický i psychický neklid ovlivňuje kvalitu měření).
- Neužívat léky, které mohou ovlivnit měření (např. betablokátory, antidepresiva, antiobezitika a jiné). Pokud je to možné, užít tyto léky až po měření.
- V průběhu měření by měl vydržet pacient v úplném klidu po dobu 20-30 minut, ale zároveň nesmí usnout.
- Zajištění optimální teploty asi 23°C, při vyšší teplotě před měřením vyvětrat, v průběhu měření omezit proudění vzduchu.
- Kontraindikací je těhotenství a přítomnost defibrilátoru (bioimpedance). Ženy by neměly být měřeny několik dní před a v průběhu menstruace.
- Všechna zařízení a předměty, se kterými je pacient v přímém kontaktu jsou po každém měření vydezinfikovány.
- Pacient je informován o všech podmínkách v dostatečném předstihu a seznámen s průběhem měření zdravotnickým personálem.

Obě provedená měření na sebe navazovala, probíhala v ranních hodinách od 7:00 do 9:00, aby pacienti mohli lépe dodržet stanovené podmínky. Měření na přístroji InBody předcházelo měření na nepřímé kalorimetrii. Pacient byl měřen naboso, ve spodním prádle. V případě nepřímé kalorimetrie byl přístroj před prvním měřením ve dni zkalibrován. Dle

pacientova obličej byla nasazena maska s jednorázovou turbínou příslušné velikosti. Následovalo 20 minut měření v klidu v poloze vleže, kdy byl přístrojem nalezen pětiminutový interval ustáleného stavu (pokud byly dodrženy všechny podmínky měření). Přístroj poté zanalyzoval spotřebu O₂ a produkci CO₂ a dosazením do Weirovy rovnice dopočítal hodnotu pacientova RMR.

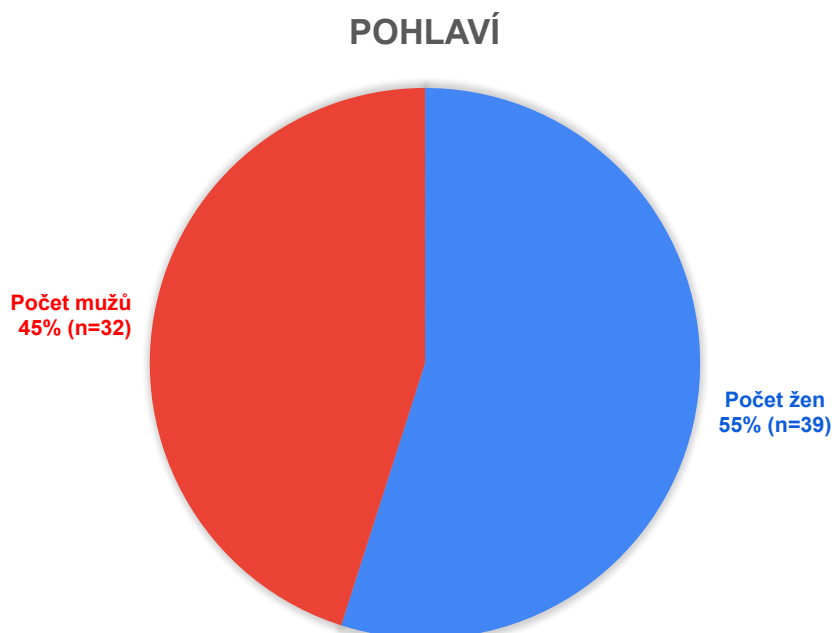
6.2. Analýza dat

Výsledky měření byly na konci výzkumu vyexportovány z databází příslušných zařízení a zaznamenány do tabulek programu Microsoft Office Excel. Některé hodnoty musely být následně upraveny nebo dopočítány. Zkoumaní jedinci byli rozděleni do skupin podle míry odchylky naměřeného RMR a výpočtu RMR podle Harrise Benedicta do 5 skupin. Následně byly výsledky vyhodnoceny pomocí programu Microsoft Office Excel a Statistica.

6.3. Charakteristika výzkumného souboru

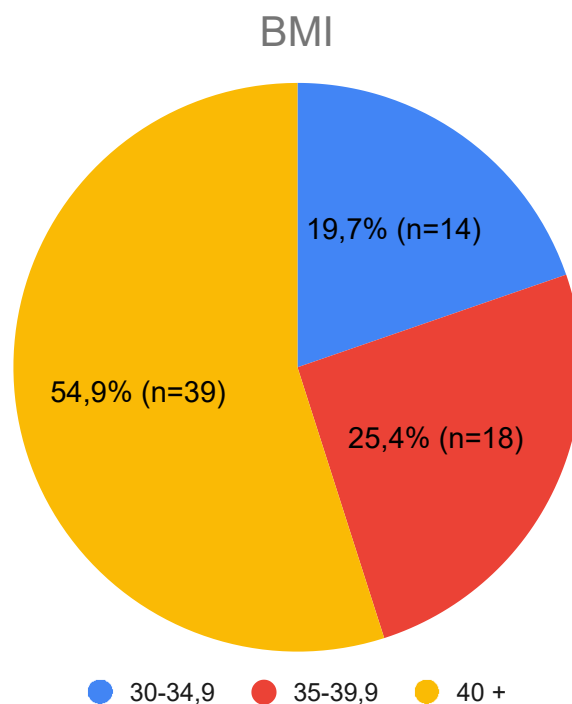
Výzkumný soubor se skládal z pacientů III. interní kliniky, kliniky endokrinologie a metabolismu 1. LF UK a VFN v Praze. Pro zapojení do výzkumu byli vybráni obézní pacienti s BMI ≥ 30 kg/m², kteří byli buď hospitalizováni na oddělení nebo docházeli na konzultace k nutričním terapeutům. Celkem kritériím odpovídalo a do výzkumu bylo zapojeno 71 jedinců, z toho 39 žen (55 %) a 32 mužů (45 %) (graf 1).

Graf 1 Zastoupení mužů a žen ve výzkumném souboru (n=71)

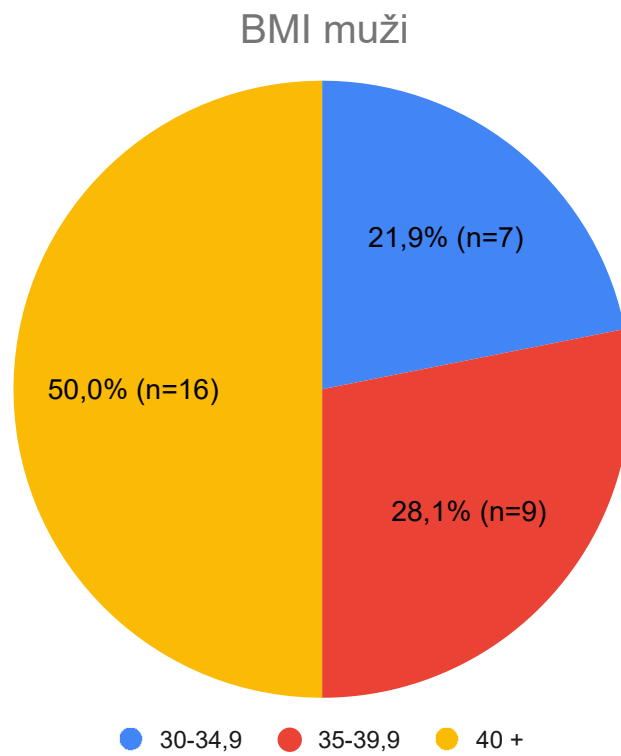


Průměrný BMI v souboru činil $45,2 \pm 11,6 \text{ kg/m}^2$, vyšší průměrný BMI dosahovaly ženy ($46,9 \text{ kg/m}^2$) než muži ($43,2 \text{ kg/m}^2$). Nejnižší naměřený BMI byl 30 kg/m^2 , nejvyšší $85,6 \text{ kg/m}^2$. Pacienti byli také rozděleni podle stupně BMI do skupin obezity I. stupně, kde spadalo 19,7 % jedinců, II. stupně s 25,4 % jedinců a nejvíce do skupiny obezity III. stupně, kde spadalo 54,9 % jedinců (graf 2), rozdělení BMI u mužů a žen znázorňuje graf 3 a 4. Průměrný věk pacientů činil $53,3 \pm 13,9$ let, nejmladšímu účastníku studie bylo 20 let, nejstaršímu pak 79 let. Průměrný věk byl nižší u žen (52,2 let) než u mužů (54,7 let). Průměrná výška souboru činila $174,0 \pm 12,3$ cm, nejvyšší účastník měřil 205 cm, nejnižší pak 128 cm. Ženy měřily v průměru $167,0 \pm 9,5$ cm, muži $182,5 \pm 9,7$ cm. Co se týče tělesné hmotnosti průměrná hodnota celého souboru činila $137,0 \pm 37,5$ kg, průměr mužů ($144,0 \pm 36,2$ kg) byl vyšší než průměr žen ($131,2 \pm 38,0$ kg). Nejlehčí jedinec vážil 71,0 kg, nejtěžší 235,7 kg. Podrobnější údaje znázorňuje tabulka 6.

Graf 2 Rozložení BMI ve výzkumném souboru (n=71)



Graf 3 Rozložení BMI ve výzkumném souboru mužů (n=32)



Tabulka 6 Popisné charakteristiky souboru (n=71)

Zkoumané parametry	Průměr	Minimum	Maximum
věk (roky)	53,3 ± 13,9	20,0	79,0
výška (cm)	174,0 ± 12,3	128,0	205,0
váha (kg)	137,0 ± 37,5	71,0	235,7
BMI (kg/m ²)	45,2 ± 11,7	30,0	85,5
BSA (m ²)	68,5 ± 9,9	46,0	92,8
RMR H-B (kcal/d/hod)	103,6 ± 26,5	65,0	177,0
RMR H-B (kcal/d)	2485,5 ± 635,1	1560,0	4248,0
RMR naměřený (kcal/d)	2509,0 ± 629,4	1369,0	4010,0
RMR HB - RMR naměřený (kcal)	-23,5 ± 408,4	-1010,0	1418,0
úroveň RMR oproti výpočtu H-B (%)	102,2 ± 16,3	57,8	143,2
RMR/TH (kcal/d/kg)	18,7 ± 3,3	10,4	27,4
RMR/BSA (kcal/d/m ²)	1027,3 ± 173,0	601,0	1526,0
odchylky normy (%)	2,4 ± 16,3	-42,0	43,0
kvalita (%)	66,3 ± 22,1	13,0	100,0
RQ	0,8 ± 0,1	0,7	1,1
BF (min)	14,6 ± 4,1	4,0	24,0
IB-sval (kg)	42,7 ± 11,2	20,4	77,6
IB-tuk (kg)	61,6 ± 25,4	8,1	124,8
IB-voda (kg)	55,5 ± 13,8	27,8	97,9
IB-FFM (kg)	75,2 ± 18,7	37,8	133,5
WHR	1,0 ± 0,2	0,3	1,3
Množství tuku (%)	44,0 ± 9,5	6,8	57,0

7. Výsledky

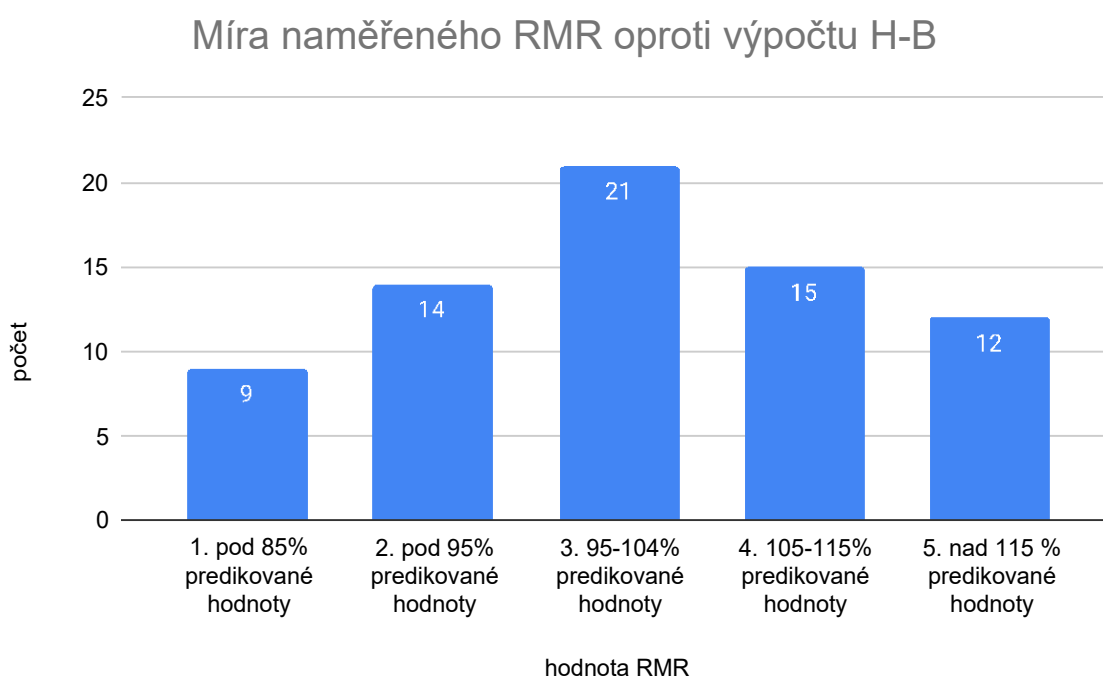
7.1. Splnění hlavního cíle

Hlavním cílem práce (C1) je analýza a popis dat o tělesném složení a hodnotách klidového energetického výdeje vybraných skupin obézních jedinců, jejichž výsledky měření RMR pomocí nepřímé kalorimetrie dosahovaly úrovně pod 95 % predikovaného RMR vypočítaného pomocí rovnice Harrise Benedicta. Současně také rozdělit celý soubor do skupin podle míry odchylky od prediktivní rovnice H-B a porovnat charakteristiky jednotlivých skupin. Přitom hodnota naměřená metodou nepřímé kalorimetrie bude považována za metodu referenční.

Tento popsaný výzkumný soubor byl rozdělen na skupiny podle úrovně hodnoty naměřeného RMR k hodnotě výpočtu RMR podle H-B do pěti skupin (graf 5). Jednalo se o 5 skupin s výsledky RMR:

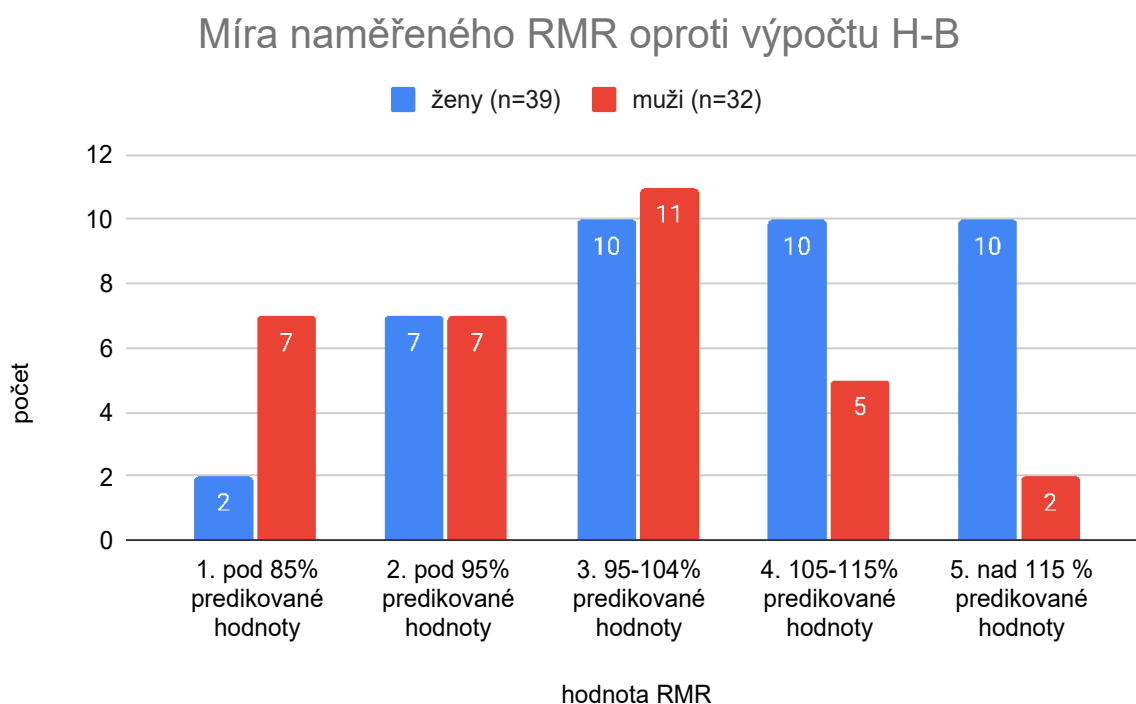
1. pod 85 % predikované hodnoty
2. pod 95 % predikované hodnoty
3. 95-104 % predikované hodnoty
4. 105-115 % predikované hodnoty
5. nad 115 % predikované hodnoty

Graf 4 Rozložení jedinců do skupin podle míry hodnoty naměřeného RMR k výpočtu podle H-B rovnice (n=71)



V celkovém souboru zkoumaných jedinců se nacházelo 32,4 % jedinců se sníženou hodnotou RMR v porovnání s výpočtem RMR podle Harrise Benedicta, což odpovídá 23 jedincům. Ve skupině 1, s výsledkem pod 85 % predikované hodnoty, se nacházelo 9 jedinců, nejvýraznější rozdíl činil 58 % z hodnoty prediktivní rovnice H-B. Dalších 14 jedinců se nacházelo ve skupině 2, s výsledky pod 95 % predikované hodnoty. Ve skupině 3 o 95-104 % predikované hodnoty se nacházelo 21 jedinců, ve skupině 4 o predikované hodnotě 105-115 % 15 jedinců a v poslední skupině 5 s predikovanou hodnotou nad 115 % 12 jedinců. Rozložení skupin tedy odpovídalo rozložení Gaussovy křivky. Nejvyšší odchylka od prediktivního výpočtu H-B činila -42 a +43 %. Co se týče rozložení pohlaví ve skupinách, zajímavým údajem je zvyšující se množství mužů ve vyšším čísle skupiny, a naopak snižující se množství žen (graf 6). Toto rozložení může být odůvodněno právě vyšším množstvím svalové hmoty u mužů nebo vyšší adaptací žen na nízký energetický příjem a tím nižší hodnoty RMR.

Graf 5 Rozložení jedinců podle míry RMR naměřeného a podle výpočtu rovnicí H-B mezi pohlavími



Charakteristiky jednotlivých skupin se velmi nelišily. Podrobné výsledky jsou obsaženy v přílohách. Nejnižšího průměrného věku dosahovala skupina 2 ($50,3 \pm 16,6$ let) a nejvyššího pak skupina 4 ($55,5 \pm 10,3$ let). Co se týče průměrné výšky ve skupinách, zde dosahovala nejnižších hodnot skupina 5 ($165,7 \pm 14,8$ cm) nejvyšších hodnot skupina 1 ($180,3 \pm 8,8$ cm). Průměrná hmotnost byla také naměřena nejnižší ve skupině 1 ($121,7 \pm 28,9$ kg) a nejvyšší ve skupině 3 ($149,6 \pm 35,2$ kg).

Mezi další charakteristiky popisující tělesné složení patřilo množství svalů, tuku, vody, beztukové hmoty a procentuálního zastoupení tuku. Tyto hodnoty taktéž nevypovídaly o jisté charakterizaci skupiny. Například celkově nejnižší hodnotu svalové hmoty dosahovala skupina 5 ($36,2 \pm 9,1$ kg), avšak hlavně kvůli nižší průměrné výšce, ve skupině 1 byla naměřena nejvyšší svalová hmota ($49,5 \pm 10,7$ kg). Průměrně nejvyšší množství tuku dosahovala skupina 3, tedy $67,4 \pm 23,8$ kg a nejnižší skupina 1 a to $54,0 \pm 33,4$ kg. Ostatní výsledky jsou uvedeny v tabulce 7.

Tabulka 7 Popisné statistiky srovnávající jednotlivé skupiny

Zkoumané parametry (průměr)	Skupina 1	Skupina 2	Skupina 3	Skupina 4	Skupina 5
věk (roky)	$53,3 \pm 14,0$	$50,3 \pm 16,6$	$53,9 \pm 11,9$	$55,5 \pm 10,3$	$52,9 \pm 18,6$
výška (cm)	$180,3 \pm 8,8$	$174,8 \pm 14,1$	$177,1 \pm 11,8$	$171,5 \pm 7,1$	$165,7 \pm 14,8$
váha (kg)	$142,4 \pm 39,6$	$137,6 \pm 42,9$	$149,6 \pm 35,2$	$127,6 \pm 38,2$	$121,7 \pm 28,9$
BMI (kg/m ²)	$43,9 \pm 12,9$	$44,6 \pm 11,7$	$47,8 \pm 10,7$	$43,9 \pm 15,3$	$44,1 \pm 7,7$
RMR H-B (kcal/d)	$2741,3 \pm 698,2$	$2571,4 \pm 740,3$	$2678,9 \pm 645,3$	$2249,6 \pm 473,8$	$2150,0 \pm 432,9$
RMR naměřený (kcal/d)	$2115,6 \pm 563,8$	$2323,2 \pm 655,7$	$2675,7 \pm 637,3$	$2467,9 \pm 544,5$	$2780,5 \pm 599,4$
IB-sval (kg)	$49,5 \pm 10,7$	$40,9 \pm 11,8$	$46,7 \pm 11,7$	$40,1 \pm 8,2$	$36,2 \pm 9,1$
IB-tuk (kg)	$54,0 \pm 33,4$	$65,5 \pm 26,7$	$67,4 \pm 23,8$	$57,6 \pm 27,5$	$57,5 \pm 17,3$
IB-voda (kg)	$64,1 \pm 13,4$	$53,1 \pm 14,6$	$60,2 \pm 14,4$	$52,4 \pm 10,1$	$47,5 \pm 11,6$
IB-FFM (kg)	$87,0 \pm 18,0$	$72,1 \pm 19,7$	$81,7 \pm 19,5$	$70,9 \pm 13,1$	$64,3 \pm 15,6$
WHR	$0,9 \pm 0,3$	$1,0 \pm 0,2$	$1,0 \pm 0,1$	$1,0 \pm 0,2$	$1,0 \pm 0,1$
množství tuku (%)	$36,3 \pm 14,7$	$46,8 \pm 6,8$	$44,4 \pm 9,6$	$43,1 \pm 8,3$	$46,8 \pm 6,3$

Skupina 1 a 2 se sníženým RMR pod 95 % naměřeným podle nepřímé kalorimetrie nevykazovala odlišné vlastnosti než ostatní skupiny (tabulka 8).

Tabulka 8 Popisné statistiky skupin 1 a 2

Popisné statistiky (Skupina 1+2, n=23)			
Proměnná	Průměr	Minimum	Maximum
věk (roky)	51,5 ± 15,4	20,0	69,0
výška (cm)	177,0 ± 12,4	155,0	205,0
váha (kg)	139,5 ± 40,8	81,1	235,7
BMI (kg/m ²)	44,3 ± 11,9	32,3	74,7
BSA (m ²)	69,9 ± 10,5	50,8	92,8
RMR H-B (kcal/d)	2637,9 ± 712,9	1560,0	4248,0
RMR naměřený (kcal/d)	2242,0 ± 616,7	1369,0	3686,0
RMR H-B – RMR naměřený (kcal)	396,0 ± 290,8	92,0	1418,0
úroveň RMR oproti výpočtu H-B (%)	85,4 ± 8,7	57,8	94,2
IB-sval (kg)	44,3 ± 11,9	24,3	67,4
IB-tuk (kg)	61,0 ± 29,3	8,1	120,8
IB-voda (kg)	57,4 ± 14,9	32,2	86,7
IB-FFM (kg)	77,9 ± 20,1	43,9	114,9
WHR	1,0 ± 0,2	0,3	1,2
Množství tuku (%)	42,7 ± 11,5	6,8	57,0

7.2. Splnění dílčích cílů

C2 Zjistit závislost tělesného složení u adaptovaných pacientů na hodnotě naměřeného RMR.

Pro zjištění závislosti tělesného složení na hodnotě RMR byl zvolen korelační test s hladinou významnosti alfa $<0,05$. Pokud hodnota p vyšla menší než toto číslo, jednalo se o statisticky významnou korelaci mezi hodnotami neboli vzájemnou závislost. Červeně zvýrazněné jsou v tabulce zvýrazněné statisticky významné hodnoty. Hodnoty korelace ukazují sílu vztahu a pohybují se od -1 do 1. Záporná hodnota ukazuje na negativní korelaci, což znamená, že čím vyšší jedna hodnota tím nižší hodnota druhá. V případě adaptovaných pacientů skupiny 1 a 2 vyšla silná korelace mezi množstvím svalů, FFM, vody a velikostí naměřeného RMR. Naopak statisticky nevýznamná byla závislost procenta tuku na velikosti RMR. Velikosti porovnávaných proměnných uvádí tabulka 9.

Tabulka 9 Korelace tělesného složení a RMR u skupiny 1 a 2

Korelace (Skupina 1+2 n=23, $p < 0,05$)	
Proměnná	RMR naměřený (kcal/d)
IB-sval (kg)	0,7452
	$p < 0,05$
IB-voda (kg)	0,7381
	$p < 0,05$
IB-FFM (kg)	0,7306
	$p < 0,05$
Množství tuku (%)	0,2398
	$p = 0,270$

C3 Porovnat výsledky měření RMR nepřímou kalorimetrií a pomocí výpočtu RMR Harrise Benedicta mezi skupinami.

Pro srovnání výsledků byl zvolen párový t-test pro nezávislé vzorky (tab. 10), s hladinou významnosti $\alpha = 0,05$. Tento test se používá při porovnání průměrů 2 skupin nezávislých případů. Zde byly porovnány průměry RMR H-B a průměry RMR naměřeného pomocí NK u jednotlivých skupin. Pokud hodnota $p < 0,05$ jedná se o rozdíl statisticky významný. Tento případ nastal pouze u skupiny 5, kde byly nejvýraznější odchylky od prediktivní rovnice. Skupina 1 i skupina adaptovaných (1+2) byla s hodnotou p téměř rovna, což za předpokladu většího množství případů mohlo také vykazovat statistickou významnost.

Tabulka 10 Porovnání statistické významnosti RMR naměřeného a RMR vypočítaného pomocí H-B

RMR H-B (kcal/d) vs. RMR naměřený (kcal/d), t-test pro nezávislé vzorky			
	Průměr (RMR H-B) + Sm.odch. (kcal/d)	Průměr (RMR naměřený) + Sm.odch. (kcal/d)	p
Skupina 1 (n=9)	2741,3 ± 698,2	2115,6 ± 563,8	0,0527
Skupina 2 (n=14)	2571,4 ± 645,8	2323,2 ± 655,7	0,3563
Skupina 3 (n=21)	2678,9 ± 645,8	2675,7 ± 637,3	0,9872
Skupina 4 (n=15)	2249,6 ± 473,8	2467,9 ± 544,5	0,2513
Skupina 5 (n=12)	2150,0 ± 432,9	2780,5 ± 599,4	0,0073
Skupina 1+2 (n=23)	2637,9 ± 712,9	2242,0 ± 616,7	0,0501

8. Diskuse

Obezita je jedním z nejrozšířenějších multifaktoriálních onemocnění, vzniká působením velkého množství obezitogenních faktorů, ve kterých se jedinec pohybuje. Jen málo případů obezity vzniká na genetickém podkladě nebo následkem nemoci, většinou je důvodem nesprávná životospráva a nedostatek pohybu. Obezita je problémem nejen jedince zvýšeným rizikem vzniku dalších komorbidit a zvýšenou mortalitou, ale také výrazným socioekonomickým problémem. Pro dosažení redukce hmotnosti je důležité dosáhnout negativní energetické bilance, a to snížením přijímané potravy či zvýšením pohybové aktivity. Léčba obezity je ale komplexní záležitost a v mnoha případech se snížit či udržet redukovanou hmotnost nedaří. Kromě konzervativní léčby dietními intervencemi a pohybem mohou pomoci další přístupy jako psychoterapie, farmakoterapie či bariatrická chirurgie, která má dnes stále rostoucí potenciál.

Aby byl redukční režim úspěšný je důležité dobře stanovit individuální energetickou potřebu organismu a zajistit, aby byl jedinec v negativní energetické bilanci. Určit hodnotu energetického výdeje je v praxi velmi těžko proveditelné, jelikož tato hodnota se skládá ze složek bazálního metabolismu, fyzické aktivity a termického efektu stravy. Velikost těchto tří složek je zastoupena u každého jedince různou mírou, například hodnota BMR se pohybuje od 50-80 % CEV, kdy značnou roli hraje tělesné složení jedince a velikost FFM (Carneiro et al., 2016). Jelikož prediktivní rovnice vypočítávající hodnotu BMR nezohledňují velikost svalové či tukové tkáně, vykazují zvláště u jedinců abnormálního tělesného složení (obézní, sportovci) značnou nepřesnost a často dochází k nesprávnému nastavení dietní terapie a redukčního režimu. Proto se v dnešní době využívá jako zlatý standard vyšetření RMR nepřímá kalorimetrie, která pomocí analýzy vdechovaných a vydechovaných plynů určí RMR s vysokou přesností. Například v klinické studii zkoumající 38 obézních osob dosahovala hodnota RMR vypočítaná rovnicí Harrise-Benedicta odchylky $\pm 10\%$ v porovnání s hodnotou naměřenou nepřímou kalorimetrií pouze u 18 obézních osob, což činí 48 % z celkového souboru (Sadílková, 2017). Nepřímá kalorimetrie pomáhá tak identifikovat jedince, u kterých již dále nemá smysl upravovat dietu, ale spíše zacílit na zvýšení pohybové aktivity a aktivní tělesné hmoty. Tito jedinci z důvodu dodržování různých diet v minulosti vykazují tzv. adaptaci na nízký energetický příjem. Mimo to je možnost odhalit také osoby se zvýšenou hodnotou RMR oproti prediktivnímu výpočtu H-B a docílit tak například efektivnějšímu nabírání svalové hmoty nebo také jedince, kteří podhodnocují svůj energetický příjem při zaznamenávání jídelníčku.

Snížená hodnota bazálního (klidového) metabolismu u obézních osob může být způsobena důsledkem opakovaných pokusů o redukci hmotnosti. Pokud je energetický příjem dlouhodobě snížen pod hodnoty BMR, jedná se o adaptaci na nízký příjem a výsledkem je snížený BMR pod predikovanou hodnotu. V tomto výzkumu se nacházelo 32,4 % takto adaptovaných obézních jedinců. Poli et al. (2016) porovnával klidový metabolismus změřený nepřímou kalorimetrií s výsledky RMR podle prediktivních rovnic na vzorku

obézních žen. Při srovnání s H-B rovnicí bylo adaptovaných jedinců celkem 27 %. Tato skutečnost metabolické adaptace je odůvodněna hlavně rozdílnými koncentracemi hormonů, které hrají roli v regulaci tělesné kompozice. Jsou jimi hlavně hormony štítné žlázy, leptin, testosteron či inzulin, jejichž koncentrace se snižuje, či kortizol, ghrelin, jejichž koncentrace se zvyšuje. Tyto změny v hormonálním systému mohou přetrvávat i po opakovaných úspěšných pokusech redukce hmotnosti (Trexler et al., 2014).

Velikost RMR je velmi ovlivněna tělesným složením jedince. Avšak vyšší RMR vykazují jak jedinci s vysokým FFM, tak jedinci s velkým množstvím tukové hmoty, jelikož i zde závisí na celkové hmotnosti jedince. Většina predikčních rovnic (jako je tomu u H-B rovnice) neberou v potaz tělesné složení jedince, proto také kolísá jejich přesnost. V rámci této diplomové práce byla hodnocena spojitost mezi množstvím svalové hmoty, FFM na hodnotu klidového metabolismu u skupiny adaptovaných pacientů. Bylo zjištěno, že s vyšším množstvím svalové tkáně i beztukové hmoty roste i klidový energetický výdej. Stejných závěrů došel také Hirsch et al. (2017) ve studii zaměřené na korelaci tělesného složení a množství hormonů tukové tkáně na 49 jedincích. Porovnával zde však i výsledky mužů a žen a složení jednotlivých segmentů těla. Tyto výsledky naznačují velký význam pohybové aktivity k udržení a nárůstu svalové hmoty u adaptovaných pacientů, kde nemá redukční dieta již zásadní roli a může jen dalšími restrikcemi zhoršovat úbytek aktivní svalové hmoty.

Při porovnání jednotlivých odchylek mezi hodnotami naměřeného RMR pomocí NK a výpočtu podle H-B rovnice výsledky kolísaly od -42 % do +43 %. Tyto odchylky mohly být dány jak adaptací na nízký energetický výdej, tak zvýšenou svalovou hmotou ve skupině se zvýšenými hodnotami RMR. Ve skupině adaptovaných vycházel průměrný naměřený RMR $2242,0 \pm 616,7$ kcal oproti H-B výpočtu $2637,9 \pm 712,9$ kcal. Statisticky tento výsledek nebyl významný, ale byly nalezeny vysoké odchylky mezi jednotlivými případy. Je také možné že odchylky byly dány nedodržením některých pokynů před měřením, nespoluprací ze strany pacienta a neschopností dosáhnout během měření stavu psychického i fyzického klidu. Taktéž nebyl vzat v potaz zdravotní stav jedince a byli tak měřeni jedinci s různými komorbiditami. I přesto, že nepřímá kalorimetrie klade vysoké nároky na personál i dodržování přísných pravidel vyšetření, dokáže velmi přesně zjistit klidový energetický výdej jedince a pomoci tak nastavit adekvátní redukční plán.

9. Závěr

V rámci tohoto výzkumu byla analyzována a popsána data z výstupů měření klidového energetického výdeje obézních pacientů nepřímou kalorimetrií a měření tělesného složení bioimpedanční metodou. Klidový energetický výdej pomocí nepřímé kalorimetrie byl následně srovnáván s výpočtem podle rovnice Harrise Benedicta. Celý výzkumný soubor byl rozdělen na skupiny podle míry odchylky od výpočtu pomocí prediktivní rovnice do pěti skupin. Ze souboru vyšlo velké procento jedinců (32,4 %) se sníženou úrovní RMR oproti prediktivní rovnici, u kterých předpokládáme adaptaci na nízký energetický příjem. U této skupiny 23 adaptovaných jedinců byl průměrný naměřený RMR $2637,9 \pm 712,9$ kcal/den oproti výpočtu prediktivní rovnicí $2242,0 \pm 616,7$ kcal/den, statisticky tento výsledek nebyl významný, ale ve vzorku byly nalezeny výraznější odchylky, nejvyšší -42 % od prediktivního výpočtu. V tomto souboru pacientů byla shledána lineární závislost mezi velikostí naměřeného RMR a množstvím svalové tkáně i FFM.

Tyto výsledky naznačují, že při hodnocení energetického výdeje vykazují obézní jedinci značné odchylky, nepřímá kalorimetrie jakožto zlatý standard určení klidového energetického výdeje může značně pomoci v nastavení redukční terapie a odhalení podhodnocování či nadhodnocování energetických potřeb organismu. U jedinců se sníženým RMR se jeví jako vhodná cesta terapie hlavně pohybová aktivita, která pomáhá zvýšit FFM a svalovou hmotu a zvyšuje tak celkový výdej energie organismu.

Léčba obezity je velmi komplexní a náročná záležitost, vyžaduje u každého jedince dlouhodobý individuální přístup, nastavení specifické dietní i pohybové terapie. V některých případech, kdy léčba selhává nebo stagnuje je vhodné využít i cesty psychoterapie, léčby farmaky či metod bariatrické chirurgie. Úspěšná léčba však často není závislá na přísných dietních postupech, které obezitu mohou dokonce prohloubit, ale na pravidelných kontrolách, spolupráci s nutričním terapeutem, úpravě stravovacích zvyklostí a udržitelném zdravém životním stylu.

10. Seznam použité literatury

Abdelbaki, T. N., Huang, C.-K., Ramos, A., Neto, M. G., Talebpour, M., & Saber, A. A. (2012). Gastric Plication for Morbid Obesity: a Systematic Review. *Obesity Surgery*, 22(10), 1633–1639. doi:10.1007/s11695-012-0723-z

Aguas-Ayesa, M., Yáñez-Esquiroz, P., Olazarán, L., Gómez-Ambrosi, J., & Frühbeck, G. (2023). Precision nutrition in the context of bariatric surgery. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*. <https://doi.org/10.1007/s11154-023-09794-5>

Amirkalali, B., Hosseini, S., Heshmat, R., & Larijani, B. (2008). Comparison of Harris Benedict and Mifflin-ST Jeor equations with indirect calorimetry in evaluating resting energy expenditure. *Indian journal of medical sciences*, 62(7), 283-290. <http://www.bioline.org.br/abstract?ms08050>

Aune, D., Sen, A., Norat, T., Janszky, I., Romundstad, P., Tonstad, S., & Vatten, L. J. (2016). Body Mass Index, Abdominal Fatness, and Heart Failure Incidence and Mortality: A CLINICAL PERSPECTIVE. *Circulation*, 133(7), 639–649. doi:10.1161/circulationaha.115.016801

Bazzano, L. A., Hu, T., Reynolds, K., Yao, L., Bunol, C., Liu, Y., ... He, J. (2014). Effects of Low-Carbohydrate and Low-Fat Diets. *Annals of Internal Medicine*, 161(5), 309. doi:10.7326/m14-0180

Berenbaum, F., Eymard, F., & Houard, X. (2013). Osteoarthritis, inflammation and obesity. *Current Opinion in Rheumatology*, 25(1), 114–118. doi:10.1097/bor.0b013e32835a9414

Berghofer, A., Pischon, T., Reinhold, T. (2008). Obesity prevalence from a European perspective: a systematic review. *BMC Public Health*, 8(1), 200. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-8-200>

Best, D., & Bhattacharya, S. (2015). Obesity and fertility. *Hormone Molecular Biology and Clinical Investigation*, 24(1). doi:10.1515/hmbci-2015-0023

Bischoff, S. C., & Schweinlin, A. (2020). Obesity therapy. *Clinical Nutrition ESPEN*. doi:10.1016/j.clnesp.2020.04.01

Bliddal, H., Leeds, A. R., & Christensen, R. (2014). Osteoarthritis, obesity and weight loss: evidence, hypotheses and horizons - a scoping review. *Obesity Reviews*, 15(7), 578–586. doi:10.1111/obr.12173

Bonsignore, M. R., McNicholas, W. T., Montserrat, J. M., & Eckel, J. (2011). Adipose tissue in obesity and obstructive sleep apnoea. *European Respiratory Journal*, 39(3), 746–767. doi:10.1183/09031936.00047010

- Bose, M., Teixeira, J., Olivan, B., Bawa, B., Arias, S., Machineni, S., Pi-Sunyer, F. X., Scherer, P. E., & Laferrère, B. (2010). Weight loss and incretin responsiveness improve glucose control independently after gastric bypass surgery. *Journal of diabetes*, 2(1), 47–55. <https://doi.org/10.1111/j.1753-0407.2009.00064.x>
- Boženský, J., Kytarová, J., Bednaříková, K., Aldhoon Hainerová, I., Pilcová, R., Zamrazilová, H., Tláškal, P., Procházka, B., Divoká, J., Kunešová, M., & Pastucha, D. (2022). Dětská obezita 2021. *Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví*.
- Branca, F., Nikogosian, H., Lobstein, T. (2007). *The challenge of Obesity in the WHO European Region and the Strategies for Response: Summary*. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe.
- Bray, G. A. (2014). Medical treatment of obesity: The past, the present and the future. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, 28(4), 665–684. doi:10.1016/j.bpg.2014.07.015
- Buhmann, H., le Roux, C.W., Bueter, M. (2014). The gut brain axis in obesity. *Best Pract Res Clin Gastroenterol*, 28, 559-571. <https://doi.org/10.1016/j.bpg.2014.07.003>
- Buchwald, H., Estok, R., Fahrbach, K., Banel, D., Jensen, M. D., Pories, W. J., Bantle, J. P., & Sledge, I. (2009). Weight and type 2 diabetes after bariatric surgery: systematic review and meta-analysis. *The American journal of medicine*, 122(3), 248–256.e5. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2008.09.041>
- Carneiro, I. P., Elliott, S. A., Siervo, M., Padwal, R., Bertoli, S., Battezzati, A., & Prado, C. M. (2016). Is Obesity Associated with Altered Energy Expenditure? *Advances in Nutrition*, 7(3), 476–487. doi:10.3945/an.115.008755
- Catalán, V., Gómez-Ambrosi, J., Rodríguez, A., & Frühbeck, G. (2013). Adipose tissue immunity and cancer. *Frontiers in Physiology*, 4. doi:10.3389/fphys.2013.00275
- Catenacci, V. A., Ogden, L. G., Stuht, J., Phelan, S., Wing, R. R., Hill, J. O., & Wyatt, H. R. (2008). Physical activity patterns in the national weight control registry. *Obesity*, 16(1), 153-161. <https://doi.org/10.1038/oby.2007.6>
- Ceniccola, G. D., Castro, M. G., Piovacari, S. M. F., Horie, L. M., Corrêa, F. G., Barrere, A. P. N., Toledo, D. O. (2019). Current technologies in body composition assessment: advantages and disadvantages. *Nutrition* 62:25-31. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2018.11.028>
- Delsoglio, M., Achamrah, N., Berger, M. M., & Pichard, C. (2019). Indirect calorimetry in clinical practice. *Journal of clinical medicine*, 8(9), 1387. <https://doi.org/10.3390/jcm8091387>

Dias-Junior, S. A., Reis, M., de Carvalho-Pinto, R. M., Stelmach, R., Halpern, A., & Cukier, A. (2013). Effects of weight loss on asthma control in obese patients with severe asthma. *European Respiratory Journal*, 43(5), 1368–1377. doi:10.1183/09031936.00053413

Dietrich, P., & Hellerbrand, C. (2014). Non-alcoholic fatty liver disease, obesity and the metabolic syndrome. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, 28(4), 637–653. doi:10.1016/j.bpg.2014.07.008

do Carmo, J.M., da Silva, A.A., Wang, Z. et al. (2016). Obesity-Induced Hypertension: Brain Signaling Pathways. *Curr Hypertens Rep*, 18, 58. <https://doi.org/10.1007/s11906-016-0658-1>

Bhat, Z. F., Morton, J. D., Mason, S., Bekhit, A. E. -D. A., & Bhat, H. F. (2017). Obesity and neurological disorders: Dietary perspective of a global menace. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(8), 1294-1310. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1404442>

DuCoin, C., Moore, R.L., Provost, D.A. (2020). Indications and Contraindications for Bariatric Surgery. In: Nguyen, N., Brethauer, S., Morton, J., Ponce, J., Rosenthal, R. (eds) *The ASMBS Textbook of Bariatric Surgery*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-27021-6_6

Eckel, R. H., Kahn, S. E., Ferrannini, E., Goldfine, A. B., Nathan, D. M., Schwartz, M. W., ... Smith, S. R. (2011). Obesity and Type 2 Diabetes: What Can Be Unified and What Needs to Be Individualized? *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 96(6), 1654–1663. doi:10.1210/jc.2011-0585

Ewertz, M., Jensen, M.-B., Gunnarsdóttir, K. Á., Højris, I., Jakobsen, E. H., Nielsen, D., ... Cold, S. (2011). Effect of Obesity on Prognosis After Early-Stage Breast Cancer. *Journal of Clinical Oncology*, 29(1), 25–31. doi:10.1200/jco.2010.29.7614

Fabbrini, E., Sullivan, S., & Klein, S. (2009). Obesity and nonalcoholic fatty liver disease: Biochemical, metabolic, and clinical implications. *Hepatology*, 51(2), 679–689. doi:10.1002/hep.23280

Flegal, K. M., Kit, B. K., Orpana, H., & Graubard, B. I. (2013). Association of all-cause mortality with overweight and obesity using standard body mass index categories: a systematic review and meta-analysis. *JAMA*, 309(1), 71–82. <https://doi.org/10.1001/jama.2012.113905>

Fried, M., & Svačina, Š. (2018). *Moderní trendy v léčbě obezity a diabetu*. Axonite CZ.

Fried, M., Yumuk, V., Oppert, J. M., Scopinaro, N., Torres, A., Weiner, R., ... & Frühbeck, G. (2014). Interdisciplinární evropská doporučení metabolické a bariatrické chirurgie. *Česká obezitologická společnost ČLS JEP*. <https://www.obesitas.cz/files/start/pro->

obezitology/interdisciplinarni-evropska-doporuceni-metabolicke-a-bariatricke-chirurgie.pdf

Fried, M., Yumuk, V., Oppert, J. M., Scopinaro, N., Torres, A. J., Weiner, R., Yashkov, Y., Frühbeck, G., European Association for the Study of Obesity, & International Federation for the Surgery of Obesity - European Chapter (2013). Interdisciplinary European Guidelines on metabolic and bariatric surgery. *Obesity facts*, 6(5), 449–468. <https://doi.org/10.1159/000355480>

Friedenreich, CH. M., Orenstein, M. R., (2002). Physical Activity and Cancer Prevention: Etiologic Evidence and Biological Mechanisms, *The Journal of Nutrition*, 132 (11), 3456S–3464S, doi.org/10.1093/jn/132.11.3456S

Gardner, C.D., Offringa, L.C., Hartle, J.C., Kapphahn, K. and Cherin, R. (2016), Weight loss on low-fat vs. low-carbohydrate diets by insulin resistance status among overweight adults and adults with obesity: A randomized pilot trial. *Obesity*, 24: 79-86. <https://doi.org/10.1002/oby.21331>

Gefen, A., & Benayahu, D. (Eds.). (2015). The Mechanobiology of Obesity and Related Diseases. Studies in Mechanobiology, *Tissue Engineering and Biomaterials*. [doi:10.1007/978-3-319-09336-9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-09336-9)

Gerard, P. (2015). Gut microbiota and obesity. *Cell Mol Life Sci*. DOI: 10.1007/s00018-015-2061-5.

Guldbrand, H., Lindström, T., Dizdar, B., Bunjaku, B., Östgren, C. J., Nystrom, F. H., & Bachrach-Lindström, M. (2014). Randomization to a low-carbohydrate diet advice improves health related quality of life compared with a low-fat diet at similar weight-loss in Type 2 diabetes mellitus. *Diabetes research and clinical practice*, 106(2), 221-227. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2014.08.032>

Hainer, V. (2021). *Základy klinické obezitologie* (3., zcela přepracované a doplněné vydání). Grada Publishing.

Harris, A. J., Benedict, F. G. (1918). A biometric study of human basal metabolism. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 4(12): 370–373. DOI 10.1073/pnas.4.12.370

Hill, J. O., Wyatt, H. R., & Peters, J. C. (2012). Energy Balance and Obesity. *Circulation*, 126(1), 126–132. [doi:10.1161/circulationaha.111.087213](https://doi.org/10.1161/circulationaha.111.087213)

Hirsch, K. R., Smith-Ryan, A. E., Blue, M. N. M., Mock, M. G., & Trexler, E. T. (2017). Influence of segmental body composition and adiposity hormones on resting metabolic rate and substrate utilization in overweight and obese adults. *Journal of Endocrinological Investigation*, 40(6), 635–643. [doi:10.1007/s40618-017-0616-z](https://doi.org/10.1007/s40618-017-0616-z)

Holéczy, P., & Bužga, M. (2016). Současná bariatricko/metabolická chirurgie. *Gastroenterologie a hepatologie*, 70(6). doi: 10.14735/amgh2016485

Holtmann, G., Talley, N.J. (2014). The stomach brain axis. *Best Pract Res Clin Gastroenterol*, 28, 967-979. <https://doi.org/10.1016/j.bpg.2014.10.001>

Hotamisligil, G. S. (2017). Inflammation, metaflammation and immunometabolic disorders. *Nature*, 542(7640), 177–185. doi:10.1038/nature21363

Choi, H. K., Atkinson, K., Karlson, E. W., & Curhan, G. (2005). Obesity, Weight Change, Hypertension, Diuretic Use, and Risk of Gout in Men. *Archives of Internal Medicine*, 165(7), 742. doi:10.1001/archinte.165.7.742

International Diabetes Federation. (2023). Retrieved from <https://idf.org/aboutdiabetes/what-is-diabetes/facts-figures.html>

Iturbe, I., Echeburúa, E., & Maiz, E. (2022). The effectiveness of acceptance and commitment therapy upon weight management and psychological well-being of adults with overweight or obesity: A systematic review. *Clinical psychology & psychotherapy*, 29(3), 837–856. <https://doi.org/10.1002/cpp.2695>

Juanola-Falgarona, M., Salas-Salvadó, J., Ibarrola-Jurado, N., Rabassa-Soler, A., Díaz-López, A., Guasch-Ferré, M., ... & Bulló, M. (2014). Effect of the glycemic index of the diet on weight loss, modulation of satiety, inflammation, and other metabolic risk factors: a randomized controlled trial. *The American journal of clinical nutrition*, 100(1), 27-35. <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.081216>

Kasalický, M. (2020). Chirurgická léčba těžké obezity–bariatrie. *Vnitřní lékařství*, 66(8), 472-477. <https://casopisvnitrnilekarstvi.cz/pdfs/vnl/2020/08/02.pdf>

Kasper, H. (2015). *Výživa v medicíně a dietetika*. Praha: Grada, 255, 443-500.

Kenchiah, S., Evans, J. C., Levy, D., Wilson, P. W. F., Benjamin, E. J., Larson, M. G., ... Vasan, R. S. (2002). Obesity and the Risk of Heart Failure. *New England Journal of Medicine*, 347(5), 305–313. doi:10.1056/nejmoa020245

Kinlen, D., Cody, D., & O'Shea, D. (2017). Complications of obesity. *QJM: An International Journal of Medicine*, 111(7), 437–443. doi:10.1093/qjmed/hcx152

Kohout, P., Havel, E., Matějovič, M., Šenkyřík, M., Tuček, Š., & Tomáška, M. (2021). *Klinická výživa*. Galén.

Kozica, S., Lombard, C., Teede, H., Ilic, D., Murphy, K., Harrison, C. (2015) Initiating and Continuing Behaviour Change within a Weight Gain Prevention Trial: A Qualitative Investigation. *PLoS ONE* 10(4): e0119773. doi:10.1371/journal.pone.0119773

Kunešová, M. (2004). Obezita–etiopatogeneze, diagnostika a léčba. *Interní Med*, 9, 435–440.

Kyrou, I., Chrousos, G.P., Tsigos, C. (2006). Stress, visceral obesity, and metabolic complications. *Ann N Y Acad Sci*. 1083, 77–110. <https://doi.org/10.1196/annals.1367.008>

Lam, Y. Y., & Ravussin, E. (2016). Analysis of energy metabolism in humans: A review of methodologies. *Molecular Metabolism*, 5(11), 1057–1071. doi:10.1016/j.molmet.2016.09.005

Leslie, D. B., Dorman, R. B., Serrot, F. J., Swan, T. W., Kellogg, T. A., Torres-Villalobos, G., Buchwald, H., Slusarek, B. M., Sampson, B. K., Bantle, J. P., & Ikramuddin, S. (2012). Efficacy of the Roux-en-Y gastric bypass compared to medically managed controls in meeting the American Diabetes Association composite end point goals for management of type 2 diabetes mellitus. *Obesity surgery*, 22(3), 367–374. <https://doi.org/10.1007/s11695-011-0494-y>

Ley, R. E. (2010). Obesity and the human microbiome. *Current Opinion in Gastroenterology*, 26(1), 5–11. doi:10.1097/mog.0b013e328333d751

Li, C., Ford, E. S., Zhao, G., Croft, J. B., Balluz, L. S., & Mokdad, A. H. (2010). Prevalence of self-reported clinically diagnosed sleep apnea according to obesity status in men and women: National Health and Nutrition Examination Survey, 2005–2006. *Preventive Medicine*, 51(1), 18–23. doi:10.1016/j.ypmed.2010.03.016

Lobley, G., Holtrop, G., Horgan, G., Bremner, D., Fyfe, C., & Johnstone, A. (2015). Responses in gut hormones and hunger to diets with either high protein or a mixture of protein plus free amino acids supplied under weight-loss conditions. *British Journal of Nutrition*, 113(8), 1254–1270. doi:10.1017/S0007114515000069

Maggio, A. B. R., Aggoun, Y., Marchand, L. M., Martin, X. E., Herrmann, F., Beghetti, M., & Farpour-Lambert, N. J. (2008). Associations among Obesity, Blood Pressure, and Left Ventricular Mass. *The Journal of Pediatrics*, 152(4), 489–493. doi:10.1016/j.jpeds.2007.10.042

Matoulek, M. (2019). *Manuál praktické obezitologie nejen pro praktické lékaře (2., rozšířené vydání)*. NOL - nakladatelství odborné literatury.

Matoulek, M. (2020). *Manuál úspěšného hubnutí*. NOL - nakladatelství odborné literatury.

- Milner, J., & Beck, M. (2012). The impact of obesity on the immune response to infection. *Proceedings of the Nutrition Society*, 71(2), 298-306. doi:10.1017/S0029665112000158
- Moffitt, R., Haynes, A., & Mohr, P. (2015). Treatment beliefs and preferences for psychological therapies for weight management. *Journal of clinical psychology*, 71(6), 584–596. <https://doi.org/10.1002/jclp.22157>
- Moore, J. (2010). Non-alcoholic fatty liver disease: The hepatic consequence of obesity and the metabolic syndrome. *Proceedings of the Nutrition Society*, 69(2), 211-220. doi:10.1017/S0029665110000030
- Mraz, M., & Haluzik, M. (2014). The role of adipose tissue immune cells in obesity and low-grade inflammation. *Journal of Endocrinology*, 222(3), R113–R127. doi:10.1530/joe-14-0283
- Národní zdravotnický informační portál. (2023). Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR a Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR, [cit. 04.05.2023]. Dostupné z: <https://www.nzip.cz>. ISSN 2695-0340.
- Ng, M., Fleming, T., Robinson, M., Thomson, B., Graetz, N., Margono, C., ... Abera, S. F. (2014). Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *The Lancet*, 384(9945), 766–781. doi:10.1016/s0140-6736(14)60460-8
- Nguyen, N. T., Nguyen, X.-M. T., Lane, J., & Wang, P. (2010). Relationship Between Obesity and Diabetes in a US Adult Population: Findings from the National Health and Nutrition Examination Survey, 1999–2006. *Obesity Surgery*, 21(3), 351–355. doi:10.1007/s11695-010-0335-4
- Nguyen, U.-S. D. T., Zhang, Y., Louie-Gao, Q., Niu, J., Felson, D. T., LaValley, M. P., & Choi, H. K. (2017). Obesity Paradox in Recurrent Attacks of Gout in Observational Studies: Clarification and Remedy. *Arthritis Care & Research*, 69(4), 561–566. doi:10.1002/acr.22954
- Nielsen, S. M., Bartels, E. M., Henriksen, M., Wæhrens, E. E., Gudbergesen, H., Bliddal, H., ... Christensen, R. (2017). Weight loss for overweight and obese individuals with gout: a systematic review of longitudinal studies. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 76(11), 1870–1882. doi:10.1136/annrheumdis-2017-211472
- Nordestgaard, B. G., Palmer, T. M., Benn, M., Zacho, J., Tybjaerg-Hansen, A., Davey Smith, G., & Timpson, N. J. (2012). The Effect of Elevated Body Mass Index on Ischemic Heart Disease Risk: Causal Estimates from a Mendelian Randomisation Approach. *PLoS Medicine*, 9(5), e1001212. doi:10.1371/journal.pmed.1001212

Oshima, T., Berger, M. M., De Waele, E., Guttormsen, A. B., Heidegger, C. P., Hiesmayr, M., ... & Pichard, C. (2017). Indirect calorimetry in nutritional therapy. A position paper by the ICALIC study group. *Clinical nutrition*, 36(3), 651-662. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2016.06.010>

Pichlerová, D. (2021). *Léčba obezity přehledně a prakticky*. Axonite s.r.o., nakladatelství lékařské literatury.

Pichlerová, D. (2016). Obezita–diagnostika a léčba v ordinaci praktického lékaře. *Medicína pro praxi*, 13(4), 204-210. <https://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2016/04/11.pdf>

Poli, V., Sanches, R., Moraes, A., Fidalgo, J., Nascimento, M., Andrade-Silva, S., . . . Caranti, D. (2016). Resting energy expenditure in obese women: Comparison between measured and estimated values. *British Journal of Nutrition*, 116(7), 1306-1313. doi:10.1017/S0007114516003172

Reoch, J. (2011). Safety of Laparoscopic vs Open Bariatric Surgery. *Archives of Surgery*, 146(11), 1314. doi:10.1001/archsurg.2011.270

Sadílková, Aneta. (2017). *Stanovení klidového energetického výdeje u osob s obezitou*. Diplomová práce. Univerzita Karlova, 1. lékařská fakulta, III. interní klinika – klinika endokrinologie a metabolismu 1. LF UK a VFN v Praze. https://dspace.cuni.cz/bitstream/handle/20.500.11956/86531/DPTX_2016_1_11110_0_473107_0_184683.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sauerland, S., Angrisani, L., Belachew, M., Chevallier, J. M., Favretti, F., Finer, N., Fingerhut, A., Garcia Caballero, M., Guisado Macias, J. A., Mittermair, R., Morino, M., Msika, S., Rubino, F., Tacchino, R., Weiner, R., Neugebauer, E. A., & European Association for Endoscopic Surgery (2005). Obesity surgery: evidence-based guidelines of the European Association for Endoscopic Surgery (EAES). *Surgical endoscopy*, 19(2), 200–221. <https://doi.org/10.1007/s00464-004-9194-1>

Sarwer, D. B., Wadden, T. A., Moore, R. H., Eisenberg, M. H., Raper, S. E., & Williams, N. N. (2010). Changes in quality of life and body image after gastric bypass surgery. *Surgery for Obesity and Related Diseases*, 6(6), 608–614. doi:10.1016/j.soard.2010.07.015

Sermondade, N. (2012). Obesity and Increased Risk for Oligozoospermia and Azoospermia. *Archives of Internal Medicine*, 172(5), 440. doi: 10.1001/archinternmed.2011.1382

Sharma, M. (2007). Behavioural interventions for preventing and treating obesity in adults. *Obesity Reviews*, 8(5), 441–449. doi:10.1111/j.1467-789x.2007.00351.x

Schulman, A. R., & Thompson, C. C. (2017). Complications of Bariatric Surgery: What You Can Expect to See in Your GI Practice. *The American Journal of Gastroenterology*, 112(11), 1640–1655. doi:10.1038/ajg.2017.241

- Sjöström L. (2013). Review of the key results from the Swedish Obese Subjects (SOS) trial -a prospective controlled intervention study of bariatric surgery. *Journal of internal medicine*, 273(3), 219–234. <https://doi.org/10.1111/joim.12012>
- Smith, K. B., & Smith, M. S. (2016). Obesity Statistics. *Primary Care: Clinics in Office Practice*, 43(1), 121–135. doi:10.1016/j.pop.2015.10.001
- Svačina, Š. (2011). Terapie obezity–postupy, účinnost a perspektivy. *Vnitřní lékařství*, 11(57), 946-948. <https://www.casopisvnitrnilekarstvi.cz/pdfs/vnl/2011/11/13.pdf>
- Svobodová, Š., & Topolčan, O. (2012). Metabolický syndrom, predikce a prevence. *Interní medicína pro praxi*, 14(11), 412-414. <https://www.internimedicina.cz/pdfs/int/2012/11/03.pdf>
- Syu, Y. F., Inui, A., & Chen, C. Y. (2017). A perspective on metabolic surgery from a gastroenterologist. *Journal of Pharmacological Sciences*, 133(2), 61-64. <https://doi.org/10.1016/j.jphs.2017.01.001>
- Tate, C. M., & Geliebter, A. (2017). Intra-gastric Balloon Treatment for Obesity: Review of Recent Studies. *Advances in Therapy*, 34(8), 1859–1875. doi:10.1007/s12325-017-0562-3
- Tauman, R., & Gozal, D. (2006). Obesity and obstructive sleep apnea in children. *Paediatric Respiratory Reviews*, 7(4), 247–259. doi:10.1016/j.prrv.2006.08.003
- Tilg, H., & Kaser, A. (2011). Gut microbiome, obesity, and metabolic dysfunction. *Journal of Clinical Investigation*, 121(6), 2126–2132. doi:10.1172/jci58109
- Tilg, H., & Moschen, A. R. (2006). Adipocytokines: mediators linking adipose tissue, inflammation and immunity. *Nature Reviews Immunology*, 6(10), 772–783. doi:10.1038/nri1937
- Tobias, D. K., Chen, M., Manson, J. E., Ludwig, D. S., Willett, W., & Hu, F. B. (2015). Effect of low-fat diet interventions versus other diet interventions on long-term weight change in adults: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, 3(12), 968–979. doi:10.1016/s2213-8587(15)00367-8
- Trexler, E. T., Smith-Ryan, A. E., & Norton, L. E. (2014). Metabolic adaptation to weight loss: implications for the athlete. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 11(1), 7. doi:10.1186/1550-2783-11-7
- Via, M. A., & Mechanick, J. I. (2014). Obesity as a Disease. *Current Obesity Reports*, 3(3), 291–297. doi:10.1007/s13679-014-0108-9
- Von Ruesten, A., Steffen, A., Floegel, A., van der A, D. L., Masala, G., Tjønneland, A., ... Boeing, H. (2011). Trend in Obesity Prevalence in European Adult Cohort Populations

- during Follow-up since 1996 and Their Predictions to 2015. *PLoS ONE*, 6(11), e27455. doi:10.1371/journal.pone.0027455
- Vucenik, I., & Stains, J. P. (2012). Obesity and cancer risk: evidence, mechanisms, and recommendations. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1271(1), 37–43. doi:10.1111/j.1749-6632.2012.06750.x
- Wang, S., Yang, L., Lu, J., & Mu, Y. (2014). High-Protein Breakfast Promotes Weight Loss by Suppressing Subsequent Food Intake and Regulating Appetite Hormones in Obese Chinese Adolescents. *Hormone Research in Paediatrics*, 83(1), 19–25. doi:10.1159/000362168
- Wolin, K. Y., (2010). Obesity and Cancer, *The Oncologist*, 15(6) 556–565, <https://doi.org/10.1634/theoncologist.2009-0285>
- World obesity federation. (2022). Retrieved April 29, 2023, from <https://www.worldobesity.org/about/about-obesity/obesity-classification>
- World Health Organization. (2023). Retrieved April 30, 2023, from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Wu, T., Gao, X., Chen, M., & van Dam, R. M. (2009). Long-term effectiveness of diet-plus-exercise interventions vs. diet-only interventions for weight loss: a meta-analysis. *Obesity Reviews*, 10(3), 313–323. doi:10.1111/j.1467-789x.2008.00547.x
- Yumuk, V., Tsigos, C., Fried, M., Schindler, K., Busetto, L., Micic, D., & Toplak, H. (2015). European Guidelines for Obesity Management in Adults. *Obesity Facts*, 8(6), 402-424. <https://doi.org/10.1159/000442721>
- Zadák, Z. (2008). *Výživa v intenzivní péči-2., rozšířené a aktualizované vydání*. Grada Publishing as.

11. Seznam zkratek

BF	dechová frekvence
BMI	index tělesné hmotnosti (z anglického body mass index)
BMR	hodnota bazálního metabolismu (z anglického basal metabolic rate)
BSA	tělesný povrch (z anglického body surface area)
CEV, TEE	celkový energetický výdej (z anglického total energy expenditure)
d	den
GBP	žaludeční bypass (z anglického gastric bypass)
GER	gastroezofageální reflux
H-B	Harris Benedictova rovnice
HbA _{1c}	glykovaný hemoglobin
IB	InBody
IB-BMR	Bazální metabolismus podle InBody
IB-FFM	InBody beztuková hmota (z anglického fat free mass)
kcal	kilokalorie
kJ	kilojoule
LF	lékařská fakulta
NK	nepřímá kalorimetrie
PAL	úroveň fyzické aktivity (z anglického physical activity level)
RMR	hodnota klidového metabolismu (z anglického resting metabolic rate)
RMR/BSA	Resting Metabolic Rate/tělesný povrch
RMR H-B	klidový metabolismus podle Harris - Benedicta
RMR/TH	Resting Metabolic Rate/tělesná hmotnost
RQ	respirační kvocient (z anglického respiratory quotient)

sm. odch.	směrodatná odchylka
VFN	Všeobecná fakultní nemocnice
VO _{2max}	maximální kapacita plic
WHR	poměr obvodu pasu a boků (z anglického waist hip ratio)

12. Seznam grafů

Graf 1 Zastoupení mužů a žen ve výzkumném souboru (n=71)	42
Graf 2 Rozložení BMI ve výzkumném souboru (n=71)	43
Graf 3 Rozložení BMI ve výzkumném souboru mužů (n=32)	44
Graf 4 Rozdělení mužů a žen do skupin podle hodnoty naměřeného RMR ku RMR vypočítanému	Chyba! Záložka není definována.
Graf 5 Rozložení jedinců do skupin podle míry hodnoty naměřeného RMR k výpočtu podle H-B rovnice (n=71)	46
Graf 6 Rozložení jedinců podle míry RMR naměřeného a podle výpočtu rovnicí H-B mezi pohlavími	47

13. Seznam tabulek

Tabulka 1 Antropometrické ukazatele obezity (Kohout, 2021)	13
Tabulka 2 Přehled očekávaných účinků fyzické aktivity (Fried & Svačina, 2018)	22
Tabulka 3 Schéma kontrol po bariatrické operaci (59)	31
Tabulka 4 Faktor fyzické aktivity, teploty a onemocnění (Zadák, 2008)	35
Tabulka 5 Spotřeba kyslíku, produkce oxidu uhličitého a RQ při úplné oxidaci základních energetických substrátů (Kohout, 2021)	36
Tabulka 6 Popisné charakteristiky souboru (n=71)	45
Tabulka 7 Popisné statistiky srovnávající jednotlivé skupiny	48
Tabulka 8 Popisné statistiky skupin 1 a 2	49
Tabulka 9 Korelace tělesného složení a RMR u skupiny 1 a 2	50
Tabulka 10 Porovnání statistické významnosti RMR naměřeného a RMR vypočítaného pomocí H-B	51

14. Seznam obrázků

Obrázek 1 Typy bariatrických výkonů (NZIP, 2023).....	28
Obrázek 2 Schéma principu měření nepřímou kalorimetrií (Zadák, 2008).....	37
Obrázek 3 (A) Měření nepřímou kalorimetrií pomocí dýchací masky s turbínou (B) Měření nepřímou kalorimetrií pomocí canopy (Delsoglio, 2019).....	38

15. Seznam příloh

Příloha 1 Příklad výsledkového listu měření nepřímou kalorimetrií

Příloha 2 Podrobné popisné statistiky jednotlivých skupin

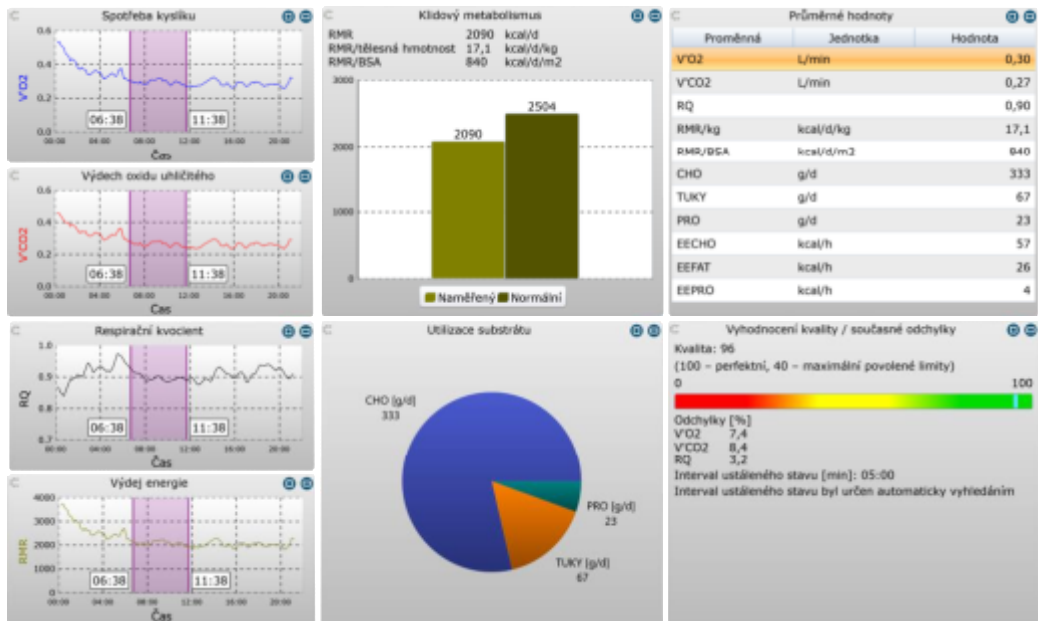
Příloha 3 Podrobné popisné statistiky adaptované skupiny

Příloha 1 Příklad výsledkového listu měření nepřímou kalorimetrií



Screenshot BMR/RMR Výsledky

Name	[REDACTED]	Váha	122,5 kg
ID	[REDACTED]	Výška	190 cm
Věk	63		
Pohlaví	muž		
Datum	19.01.2023 8:07		
Doba trvání	0:21:11		
Uživatel			
Zařízení	MetaLyzer 3B-R3	Okolní podmínky	
Test performed	with mask	Teplota	22,5°C
		Tlak	985mbar



Lékařské závěry

klidový metabolismus je 2090 kcal/d. Což činí 83 % normální hodnoty 2504 kcal/d vypočítáno metodou Harris-Benedictova rovnice. Ve vztahu k tělesné hmotnosti je hodnota 17,1 kcal/d/kg. Tento výsledek je interval ustáleného stavu 0:05:00 který se objevuje 0:06:38 po zahájení testu. V tomto intervalu je průměrná hodnota V'O2 0,30 L/min, průměrná hodnota V'CO2 je 0,27 L/min a průměrná hodnota RQ je 0,90. Tyto hodnoty naznačují utlizace substrátu 67 g/d pro tuky, 333 g/d pro sacharidy a 23 g/d pro proteiny.

Podpis

Příloha 2 Podrobné popisné statistiky jednotlivých skupin

Popisné statistiky (Skupina 1, n=9)				
Proměnná	Průměr	Minimum	Maximum	Sm.odch.
věk (roky)	53,3	23,0	69,0	14,0
výška (cm)	180,6	168,0	194,0	8,8
váha (kg)	142,4	105,9	235,7	39,6
BMI (kg/m ²)	43,9	32,3	72,7	12,9
BSA (m ²)	71,5	61,0	89,0	8,1
RMR H-B (kcal/d/hod)	114,2	80,0	177,0	29,1
RMR H-B (kcal/d)	2741,3	1920,0	4248,0	698,2
RMR naměřený (kcal/d)	2115,6	1443,0	3407,0	563,8
RMR H-B – RMR naměřený (kcal)	625,8	346,0	1418,0	345,4
míra adaptace (%)	77,6	57,8	84,2	9,5
RMR/TH (kcal/d/kg)	15,1	10,4	18,1	2,5
RMR/BSA (kcal/d/m ²)	825,0	601,0	1079,0	132,0
odchylky normy (%)	-22,7	-42,0	-16,0	9,2
kvalita (%)	70,9	32,0	96,0	22,6
RQ	0,9	0,8	1,1	0,1
BF (min)	13,9	8,0	20,0	3,9
IB-sval (kg)	49,5	33,4	67,4	10,7
IB-tuk (kg)	54,0	8,1	120,8	33,4
IB-voda (kg)	64,1	43,5	86,7	13,4
IB-FFM (kg)	87,0	59,4	114,9	18,0
WHR	0,9	0,3	1,2	0,3
BMR-IB (kcal)	2249,8	1653,0	2852,0	387,5
Množství tuku (%)	36,3	6,8	52,6	14,7

Popisné statistiky (Skupina 2, n=14)				
Proměnná	Průměr	Minimum	Maximum	Sm.odch.
věk (roky)	50,3	20,0	69,0	16,6
výška (cm)	174,8	155,0	205,0	14,1
váha (kg)	137,6	81,1	221,0	42,9
BMI (kg/m ²)	44,6	33,0	74,7	11,7
BSA (m ²)	68,9	50,8	92,8	12,0
RMR H-B (kcal/d/hod)	107,1	65,0	174,0	30,8
RMR H-B (kcal/d)	2571,4	1560,0	4176,0	740,3
RMR naměřený (kcal/d)	2323,2	1369,0	3686,0	655,7
RMR H-B – RMR naměřený (kcal)	248,2	92,0	490,0	97,8
míra adaptace (%)	90,5	87,8	94,2	1,9
RMR/TH (kcal/d/kg)	17,1	12,9	18,9	1,6
RMR/BSA (kcal/d/m ²)	937,6	752,0	1148,0	118,3
odchylky normy (%)	-8,6	-13,0	3,3	4,2
kvalita (%)	67,8	29,0	93,0	18,4
RQ	0,9	0,8	1,0	0,1
BF (min)	14,1	8,0	24,0	4,7
IB-sval (kg)	40,9	24,3	59,9	11,8
IB-tuk (kg)	65,5	36,7	118,1	26,7
IB-voda (kg)	53,1	32,2	77,5	14,6
IB-FFM (kg)	72,1	43,9	103,2	19,7
WHR	1,0	0,4	1,2	0,2
BMR-IB (kcal)	1926,6	1318,0	2599,0	425,5
Množství tuku (%)	46,8	34,3	57,0	6,8

Popisné statistiky (Skupina 3, n=21)				
Proměnná	Průměr	Minimum	Maximum	Sm.odch.
věk (roky)	53,9	30,0	74,0	11,9
výška (cm)	177,1	162,0	204,0	11,8
váha (kg)	149,6	93,0	207,0	35,2
BMI (kg/m ²)	47,8	30,5	68,1	10,7
BSA (m ²)	72,1	56,3	91,0	9,4
RMR H-B (kcal/d/hod)	111,6	74,0	164,0	26,9
RMR H-B (kcal/d)	2678,9	1776,0	3936,0	645,8
RMR naměřený (kcal/d)	2675,7	1784,0	3957,0	637,3
RMR H-B – RMR naměřený (kcal)	3,2	-130,0	151,0	84,8
míra adaptace (%)	100,0	94,6	104,4	3,1
RMR/TH (kcal/d/kg)	18,1	14,5	21,9	2,2
RMR/BSA (kcal/d/m ²)	1034,0	866,0	1303,0	125,9
odchylky normy (%)	0,0	-5,0	4,0	3,1
kvalita (%)	67,0	26,0	100,0	22,2
RQ	0,8	0,7	1,1	0,1
BF (min)	14,8	4,0	23,0	4,3
IB-sval (kg)	46,7	29,6	77,6	11,7
IB-tuk (kg)	67,4	23,5	110,4	23,8
IB-voda (kg)	60,2	38,7	97,9	14,4
IB-FFM (kg)	81,7	52,9	133,5	19,5
WHR	1,0	0,8	1,3	0,1
BMR-IB (kcal)	2135,2	1512,0	3255,0	422,3
Množství tuku (%)	44,4	21,0	55,2	9,6

Popisné statistiky (Skupina 4, n=15)				
Proměnná	Průměr	Minimum	Maximum	Sm.odch.
věk (roky)	55,5	41,0	71,0	10,3
výška (cm)	171,5	160,0	184,0	7,1
váha (kg)	127,6	92,0	219,0	38,2
BMI (kg/m ²)	43,9	30,0	85,5	15,3
BSA (m ²)	65,5	56,5	79,1	7,5
RMR H-B (kcal/d/hod)	93,7	71,0	138,0	19,7
RMR H-B (kcal/d)	2249,6	1704,0	3312,0	473,8
RMR naměřený (kcal/d)	2467,9	1844,0	3697,0	544,5
RMR H-B – RMR naměřený (kcal)	-218,3	-415,0	-119,0	93,0
míra adaptace (%)	109,6	105,9	115,4	3,0
RMR/TH (kcal/d/kg)	19,8	15,8	23,2	2,3
RMR/BSA (kcal/d/m ²)	1052,1	919,0	1322,0	115,0
odchylky normy (%)	9,7	6,0	15,0	3,0
kvalita (%)	67,7	23,0	100,0	25,2
RQ	0,9	0,7	1,0	0,1
BF (min)	13,2	9,0	21,0	3,5
IB-sval (kg)	40,1	29,2	56,2	8,2
IB-tuk (kg)	57,6	27,1	124,8	27,5
IB-voda (kg)	52,4	38,8	72,6	10,1
IB-FFM (kg)	70,9	52,9	95,6	13,1
WHR	1,0	0,6	1,2	0,2
BMR-IB (kcal)	1900,4	1512,0	2434,0	283,2
Množství tuku (%)	43,1	27,6	56,8	8,3

Popisné statistiky (Skupina 5, n=12)				
Proměnná	Průměr	Minimum	Maximum	Sm.odch.
věk (roky)	52,9	21,0	79,0	18,6
výška (cm)	165,7	128,0	180,0	14,8
váha (kg)	121,7	71,0	163,0	28,9
BMI (kg/m ²)	44,1	32,4	54,3	7,7
BSA (m ²)	63,0	46,0	75,5	9,7
RMR H-B (kcal/d/hod)	89,6	67,0	125,0	18,0
RMR H-B (kcal/d)	2150,0	1608,0	3000,0	432,9
RMR naměřený (kcal/d)	2780,5	1944,0	4010,0	599,4
RMR H-B – RMR naměřený (kcal)	-630,5	-1010,0	-336,0	212,6
míra adaptace (%)	129,1	118,3	143,2	7,1
RMR/TH (kcal/d/kg)	23,2	19,3	27,4	2,7
RMR/BSA (kcal/d/m ²)	1240,7	1017,0	1526,0	146,2
odchylky normy (%)	29,2	18,0	43,0	7,3
kvalita (%)	58,0	13,0	90,0	22,8
RQ	0,8	0,8	1,0	0,1
BF (min)	16,9	11,0	22,0	3,7
IB-sval (kg)	36,2	20,4	53,2	9,1
IB-tuk (kg)	57,5	32,9	87,7	17,3
IB-voda (kg)	47,5	27,8	69,1	11,6
IB-FFM (kg)	64,3	37,8	93,2	15,6
WHR	1,0	0,8	1,1	0,1
BMR-IB (kcal)	1758,3	1187,0	2382,0	336,8
Množství tuku (%)	46,8	34,7	55,7	6,3

Příloha 3 Podrobné popisné statistiky adaptované skupiny

Popisné statistiky (Skupina 1+2, n=23)				
Proměnná	Průměr	Minimum	Maximum	Sm.odch.
věk (roky)	51,5	20,0	69,0	15,4
výška (cm)	177,0	155,0	205,0	12,4
váha (kg)	139,5	81,1	235,7	40,8
BMI (kg/m ²)	44,3	32,3	74,7	11,9
BSA (m ²)	69,9	50,8	92,8	10,5
RMR H-B (kcal/d/hod)	109,9	65,0	177,0	29,7
RMR H-B (kcal/d)	2637,9	1560,0	4248,0	712,9
RMR naměřený (kcal/d)	2242,0	1369,0	3686,0	616,7
RMR H-B – RMR naměřený (kcal)	396,0	92,0	1418,0	290,8
úroveň RMR oproti výpočtu H-B (%)	85,4	57,8	94,2	8,7
skupina podle míry adaptace	1,6	1,0	2,0	0,5
RMR/TH (kcal/d/kg)	16,3	10,4	18,9	2,2
RMR/BSA (kcal/d/m ²)	893,6	601,0	1148,0	133,3
odchylky normy (%)	-14,1	-42,0	3,3	9,5
kvalita (%)	69,0	29,0	96,0	19,7
RQ	0,9	0,8	1,1	0,1
BF (min)	14,0	8,0	24,0	4,3
IB-sval (kg)	44,3	24,3	67,4	11,9
IB-tuk (kg)	61,0	8,1	120,8	29,3
IB-voda (kg)	57,4	32,2	86,7	14,9
IB-FFM (kg)	77,9	43,9	114,9	20,1
WHR	1,0	0,3	1,2	0,2
BMR-IB (kcal)	2053,0	1318,0	2852,0	433,1
Množství tuku (%)	42,7	6,8	57,0	11,5

