

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2018

Bc. Martina Kosková

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

**Komparace jednotlivých metod určování bazálního
metabolismu**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

PhDr. Klára Coufalová, Ph.D.

Vypracovala:

Bc. Martina Kosková

Praha, duben 2018

Prohlašuji, že jsem závěrečnou diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne

.....

.....

podpis diplomanta

Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením své diplomové práce ke studijním účelům. Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto diplomovou práci použil ke studiu a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno a příjmení:

Fakulta / katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

Poděkování

Ráda bych poděkovala všem, kteří se přímo podíleli na vytvoření této práce. Zejména probandům, kteří dodrželi nelehké podmínky pro měření hodnot bazálního metabolismu. Dále bych ráda poděkovala vedoucí diplomové práce PhDr. Kláře Coufalové, Ph.D. za její odborné vedení a za její cenné rady a připomínky. Také bych ráda poděkovala své sestře, která mi pomohla s odstraněním gramatických a stylistických nedostatků mé práce.

Abstrakt

Název: Komparace jednotlivých metod určování bazálního metabolismu

Cíle: Cílem práce je komparace jednotlivých metod zjišťování hodnot bazálního metabolismu. Tyto hodnoty byly zjišťovány pomocí nepřímé kalorimetrie, pletysmografie, bioimpedanční metody a pomocí predikčních rovnic.

Metody: Výzkumu se zúčastnilo 31 osob, z nichž bylo osm mužů a dvacet tři žen. Všichni probandí byli ve věku 21–30 let. Nikdo z probandů nebyl profesionální sportovec, všichni byli zdraví a žádná z žen nebyla těhotná či neměla menstruaci. Ke sběru dat byla použita metoda nepřímé kalorimetrie, bioelektrický impedanční analyzátor Tanita MC – 980 a BOD POD. Na základě naměřených antropometrických dat byly vypočítány hodnoty bazálního metabolismu z predikčních rovnic dle Harrise & Benedicta, Fleische a Schofielda.

Výsledky: Výsledky metod, které byly použity pro tuto skupinu probandů, se liší, ale ne významně. Pokud zvolíme jako referenční metodu nepřímou kalorimetrii, není žádná z metod zástupná. Výsledky u ostatních metod se významně neliší, proto můžeme brát ostatní metody jako zástupné. Z výpočtů jsme také zjistili, že FFM velmi ovlivňuje výsledky hodnoty bazálního metabolismu u všech metod, které byly v této práci použity.

Klíčová slova: metabolismus, nepřímá kalorimetrie, pletysmografie, bioelektrická impedance, Harris Bennedictova rovnice, Fleischův koeficient, Schofieldova rovnice

Abstract

Title: Comparison of individual methods of basal metabolism determination

Objectives: The aim of the work is to compare the individual methods of basal metabolism. These values were measured by indirect calorimetry, plethysmography, bioelectric impedance and predictive equations.

Methods: The research was attended by 31 people, including eight men and twenty-three women. All participants of my research were aged 21-30 years. None of the participants was a professional athlete, they were all healthy and none of the women were pregnant or had menstruation. The indirect calorimetry, bioelectronics impedance device Tanita MC - 980 and BOD POD were used to collect the data. Basal metabolic rates were calculated from the prediction equations by Harris & Benedict, Fleisch's equation and Schofield's equation using measured anthropometric values.

Results: The results of the methods that have been used for this group of people vary, but the difference is not significant. If we choose as a reference method indirect calorimetry, we can't replace it by any other method. The results for other methods are not significantly different, so we can replace one method with another, except indirect calorimetry. From calculations, we also found out that fat free mass greatly influences the results of basal metabolic rate in all methods used in this work.

Keywords: metabolism, indirect calorimetry, plethysmography, bioelectric impedance, Harris & Benedict equation, Fleisch's coefficient, Schofield's equation

Obsah

1	ÚVOD.....	12
2	TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE	14
2.1	METABOLISMUS.....	14
2.2	ENERGETICKÝ METABOLISMUS	15
2.2.1	<i>Celkový denní energetický výdej.....</i>	<i>15</i>
2.2.2	<i>Termický efekt přijaté stravy.....</i>	<i>20</i>
2.2.3	<i>Fyzické aktivity</i>	<i>20</i>
2.2.4	<i>Energetická bilance organismu</i>	<i>21</i>
2.3	BAZÁLNÍ METABOLISMUS	23
2.4	ZPŮSOBY ZJIŠŤOVÁNÍ A MĚŘENÍ BAZÁLNÍHO METABOLISMU	26
2.4.1	<i>Přímá kalorimetrie.....</i>	<i>27</i>
2.4.2	<i>Nepřímá kalorimetrie.....</i>	<i>28</i>
2.4.3	<i>Bioelektrická impedanční analýza (BIA)</i>	<i>30</i>
2.4.4	<i>Celotělová pletysmografie – BOD POD.....</i>	<i>33</i>
2.4.5	<i>Predikční rovnice.....</i>	<i>35</i>
2.4.6	<i>Tabulkové hodnoty pro náležitý bazální metabolismus</i>	<i>42</i>
2.5	KLIDOVÝ METABOLISMUS.....	43
2.6	PRACOVNÍ METABOLISMUS	44
3	CÍLE A ÚKOLY PRÁCE, HYPOTÉZY	45
3.1	CÍLE PRÁCE.....	45
3.2	ÚKOLY PRÁCE.....	45
3.3	HYPOTÉZY	45
4	METODIKA PRÁCE	46
4.1	POPIS VÝZKUMNÉHO SOUBORU	46
4.2	POUŽITÉ METODY	47

4.2.1	<i>Bioelektrická impedance</i>	47
4.2.2	<i>Celotělová pletysmografie</i>	49
4.2.3	<i>Predikční rovnice</i>	49
4.3	SBĚR DAT.....	50
4.4	ANALÝZA DAT	51
5	VÝSLEDKY	53
5.1	ZÁKLADNÍ STATISTIKA	53
5.2	ZÁSTUPNOST METOD.....	56
5.3	KORELACE A LINEÁRNÍ REGRESNÍ ANALÝZA.....	59
6	DISKUSE	73
7	ZÁVĚR	76
	SEZNAM LITERATURY	78
	SEZNAM TABULEK	88
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	89
	SEZNAM GRAFŮ	90
	SEZNAM PŘÍLOH.....	91

Seznam použitých symbolů a zkratek

ADP – adenosin difosfát

AEE – activity energy expenditure – energetický výdej při aktivitě

ATP – adenosin trifosfát

BEE – basal energy expenditure – bazální energetický výdej

BIA – bioelektrická impedanční analýza

BM – body mass – tělesná hmotnost

BMI – body mass index – index tělesné hmotnosti

BMR – basal metabolic rate – hodnota bazálního metabolismu

BSA – tělesný povrch

CBM – cell body mass – hodnota buněčné hmoty

CP – kreatin fosfát

E – energie

ΔE – energetická bilance

ECM – extracellular cell mass – hodnota extracelulární hmoty

ECW – extracellular water – extracelulární voda

EEO₂ – energetický ekvivalent kyslíku

FFM – fat free mass – tukuprostá hmota

FM – fat mass – tuková hmota

IC – indirect calorimetry – nepřímá kalorimetrie

ICW – intracellular water – intracelulární voda

IS – informovaný souhlas

kJ – kilojoul

kcal – kilokalorie

MET – metabolický ekvivalent

nál. BMR – náležitá hodnota bazálního metabolismu

nRQ – nebílkovinný respirační kvocient

PM – pracovní metabolismus

r – korelační koeficient

R^2 – koeficient determinace

REE – resting energetic expenditure – klidový energetický výdej

RMR – resting metabolic rate – hodnota klidového metabolismu

RQ – respirační kvocient

SD – standard deviation – směrodatná odchylka

SEE – standard error estimation – standardní odchylka odhadu

TBW – total body water – celková tělesná voda

TDEE – total daily energy expenditure – celkový denní energetický výdej

TEF – termický efekt přijaté stravy

VCO_2 – výdej oxidu uhličitého

VO_2 – spotřeba kyslíku

WHR – waist hip ratio – poměr obvodu pasu k obvodu bokům

1 ÚVOD

Práci zabývající se hodnotou bazálního metabolismu jsem si vybrala z důvodu aktuálnosti tohoto tématu. Mnoho lidí se v dnešní době zabývá svojí postavou a snaží se buď zhubnout, nebo si alespoň udržet svoji aktuální hmotnost. Nyní, v době sedavého způsobu života, je značná část populace ohrožena civilizačními chorobami, proto je dobré, aby lidé věděli, jakou hodnotu bazálního metabolismu mají a jaká je jejich energetická bilance. Spousta lidí nemá čas na pravidelné pohybové aktivity a ani jejich strava není ta nejracionálnější.

Základem zdravého životního stylu je vyvážená energetická bilance, tedy vyrovnaný příjem a výdej energie. Vyvážená energetická bilance je stav vhodný v případě udržení stávající hmotnosti. Negativní energetická bilance je vhodná v případě redukce tělesné hmotnosti. A právě pro udržení vyvážené nebo negativní energetické bilance je třeba, aby jedinci znali hodnotu svého bazálního metabolismu.

Ačkoliv si každý může zaplatit analýzu složení těla, která zahrnuje také hodnotu bazálního metabolismu, domnívám se, že tuto možnost většina lidí nevyužije ať už z finančních důvodů, nevědomosti nebo nedostatku času.

Stanovení hodnoty bazálního metabolismu se může lišit dle použitých metod a rovnic, proto si kladu za cíl porovnat různé metody určování bazálního metabolismu. K zjištění výsledků energetického výdeje využiji skupinu lidí ve věku 20–30 let. Probandi by měli reprezentovat náhodný vzorek populace ve věku 20–30 let, takže nikdo z probandů nebude ani příliš obézní ani příliš svalnatý a určitě žádný z nich nebude vrcholovým sportovcem.

Hodnoty bazálního metabolismu budou učeny pomocí predikčních rovnic, kterými bude rovnice Harrise & Benedicta, Schofieldova rovnice a rovnice podle Fleische. Dále budou určeny pomocí nepřímé kalorimetrie a na dvou přístrojích, kterými jsou Tanita MC – 980 a BOD POD.

Tanita MC – 980 i BOD POD slouží nejen k určení hodnoty bazálního metabolismu, ale také k analýze složení těla. Kromě těchto přístrojů existují i metody které ke zjištění složení těla využívají základní antropometrické parametry.

Existují však i predikční rovnice, které slouží k odhadu hodnoty bazálního metabolismu. Výsledek si může doma spočítat za pomoci znalosti těchto rovnic a za

pomoci kalkulačky každý. Tyto rovnice využívají různé množství proměnných, kterými jsou věk, pohlaví, tělesná výška, tělesná hmotnost a jiné. Jedním z cílů bude určit, zda je možné využít nějakou rovnici místo drahého měření. Také budu chtít zjistit, zda se metody v určování bazálního metabolismu významně liší jedna od druhé.

2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE

2.1 Metabolismus

Pod pojem metabolismus zařazuje Javorka (2001) všechny energetické a chemické přeměny, které probíhají v organismu po přijetí potravy. Javorka (2001) také uvádí, že tento proces zahrnuje vše od zpracování, trávení, vstřebávání až po konečnou distribuci potravy cirkulačními systémy k buňkám. Metabolismus lze rozdělit na látkový a energetický.

Látkový metabolismus zajišťuje stálý transport látek přes buněčnou membránu, jejich rozklad, zisk stavebních látek či úplný rozklad na látky odpadní. Látkový metabolismus zahrnuje dvě skupiny protichůdných procesů, kterými jsou procesy anabolické a katabolické (Teplá, 2014).

Energetický metabolismu zajišťuje uvolňování a spotřebu energie. Celkový energetický metabolismus se rovná součtu energie vydané (práce, teplo) a energie získané z potravy (Teplá, 2014).

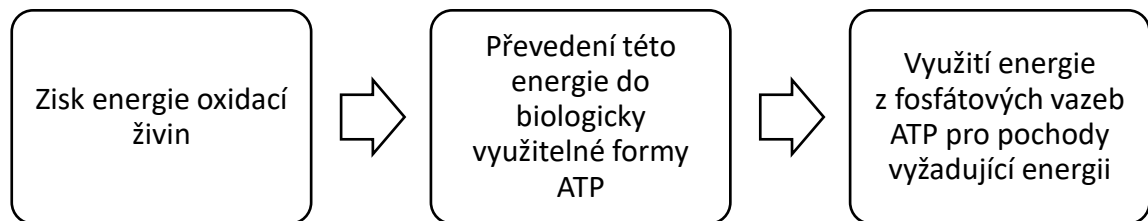
Energii získává lidské tělo buď z makroergních fosfátů, kterými jsou ATP, ADP, CP nebo z makroergních substrátů, tedy sacharidů, lipidů a proteinů (Bartůňková, 2010). Tyto živiny jsou přijaty ze stravy a jsou enzymaticky rozkládány a vstřebávány v trávicí soustavě. Sacharidy se štěpí na jednoduché cukry, tzv. monosacharidy, z nichž nejvýznamnější je glukóza. Glukóza slouží jako zdroj energie pro svalovou práci, například při sportu. Tuky (lipidy) se rozkládají na mastné kyseliny a glycerol. Bílkoviny (proteiny) se rozkládají na aminokyseliny (Jančík a kol., 2006).

Nároky na množství přijímané energie a poměr živin v potravě se liší dle pohlaví, věku, pohybové aktivity během dne, množství svalové hmoty, zdravotního stavu jedince a také genetických faktorů, které nemůže jedinec ovlivnit (Jančík a kol., 2006).

Havlíčková (2006) uvádí, že při tělesném klidu či při málo intenzivní práci tělo čerpá energii ze všech živin. Pokud se jedná o intenzivní svalovou činnost, hlavním zdrojem energie jsou cukry, při dlouhodobé vytrvalostní sportovní činnosti jsou zdrojem energie převážně tuky.

2.2 Energetický metabolismus

Energetický metabolismus v sobě zahrnuje veškeré procesy v živých buňkách, které probíhají při transformaci energie. Energetickou transformaci v buňkách z živin přijímaných z okolí můžeme rozdělit do tří fází (Masopust a Průša, 2004).



Jak již bylo zmíněno, organismus získává energii z přijaté stravy, a to z bílkovin, sacharidů a tuků.

Energetická spotřeba organismu je dle Svačiny (2013) součtem bazálního metabolismu (více v samostatné kapitole 2.3), termického efektu přijaté stravy (kapitola 2.2.2), fyzické aktivity (kapitola 2.2.3) a dalších faktorů. Mezi další faktory řadí např. pohlaví, věk či zdravotní stav jedince, kdy se zhoršujícím se stavem stoupají energetické nároky organismu.

2.2.1 Celkový denní energetický výdej

Celkový denní energetický výdej organismu (TDEE – total daily energy expenditure) můžeme vyjádřit jako množství energie, které organismus vydá během určitého časového úseku, nejčastěji za 24 hodin. TDEE je ovlivněno pohlavím, věkem a tělesnou hmotností. Hodnotu TDEE lze vyjádřit několika způsoby. Prvním z nich je vyjádření TDEE jako množství energie za den, druhý způsob popisuje TDEE jako množství energie na kilogram tělesné hmotnosti. Poslední možností je označit TDEE jako násobek bazálního metabolismu (FAO/WHO/UNU, 2004). Javorka (2001) definuje, že TDEE je dáno součtem hodnoty klidového metabolismu (RMR), který v sobě zahrnuje i bazální metabolismus (BMR), termickým efektem stravy (TEF) a vlivem pohybové aktivity (AEE).

Rovnice celkového denního energetického výdeje:

$$TDEE = REE + TEF + AEE$$

Javorka (2001) uvádí, že celkový energetický výdej je definován jako množství energie spotřebované anebo vynaložené za jednotku času. Vyjadřujeme jej v kJ nebo v kcal za 1 hodinu či za 24 hodin.

Převod: 1 kilokalorie (kcal) = cca 4184 joule (J) = 4,185 kJ

1 kalorie (cal) = 4,185 joule (J)

Jedna kalorie je definována jako „množství tepelné energie, které je nutné na ohřátí jednoho gramu vody o 1 °C, z 15 °C na 16 °C“ (Javorka, 2001).

Tabulka č. 1 ukazuje, kolik energie se uvolní z energeticky bohatých vazeb, jaké je využití kyslíku a výdej CO₂, a udává také, jaký respirační kvocient mají jednotlivé makronutrienty.

Tabulka 1: Energetický zisk, spotřeba kyslíku a respirační kvocient hlavních živin

	Energie (kJ/g)	Spotřeba O₂ (litr O₂/g)	Respirační kvocient (RQ)
Tuky	39,5	2,02	0,71
Bílkoviny	19,7	1,01	0,84
Sacharidy			
Polysacharidy	17,5	0,83	1,0
Glukóza	15,6	0,75	1,0
Etylalkohol	29,7	1,46	0,67

Zdroj: Svačina (2013)

Existuje několik způsobů, jak určit energetický výdej. Vilikus a kol. (2012) uvádějí, že energetický výdej lze změřit přímou i nepřímou energometrií (kalorimetrií). Přímá kalorimetrie je založena na měření tepla produkovaného metabolickou činností organismu a provádí se v laboratorních podmínkách. Metoda je technicky náročná a používá se spíše při pokusech na zvířatech.

Nepřímá kalorimetrie je metoda, která se užívá ke stanovení energetického výdeje na základě naměřené spotřeby kyslíku (VO_2). Tato metoda je založena na tom, že VO_2 úzce souvisí s energetickým výdejem organismu (Vilikus a kol., 2012).

Vilikus a kol. (2012) udávají, že když tělo spotřebuje 1 litru kyslíku pomalým spalováním živin, uvolní se 4,7 – 5,0 kcal, což je 19,7 – 20,9 kJ energie. Toto množství energie se nazývá energetický ekvivalent pro kyslík (EEO_2). Dále je pro výpočet energetického výdeje nutné zjistit hodnotu respiračního kvocientu (RQ). Respirační kvocient je rozebrán v kapitole 2.2.1.1.

Dle Kohlíkové (2004) je energetický ekvivalent kyslíku množství energie, které vznikne využitím jednoho litru kyslíku. Při utilizaci cukrů je tato hodnota 21,1 kJ, pro tuky je to 19 kJ a pro bílkoviny jde o hodnotu 18 kJ. U smíšené stravy je tato hodnota 20,1 kJ.

V laboratorních podmínkách se dle Bartůňkové (2013) používá množství spotřebovaného kyslíku VO_2 k určení energetického výdeje v klidu i při zatížení. K porovnání klidových a zátěžových hodnot energetické spotřeby se poté používá hodnota metabolického ekvivalentu (MET). MET tedy vyjadřuje intenzitu fyzické zátěže.

Převod: 1 MET = $3,5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (klidová spotřeba kyslíku vsedě)

1 MET = $4,184 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$

Hodnoty MET se mohou pohybovat od 1,1 MET při spánku, až po 18,4 MET například při maratónu. Čím vyšší je intenzita fyzické zátěže, tím vyšší jsou požadavky na energii nutnou k jejímu pokrytí (Müllerová, 2014).

Energetickou náročnost některých denních aktivity a sportovních činností zobrazuje tabulka č. 2.

Tabulka 2: Energetická náročnost některých aktivit a sportovních činností

kJ/hod	Denní aktivity a sportovní činnosti
do 400 kJ	spaní, čtení, psaní, práce na počítači, sledování televize, řízení auta
400-800 kJ	žehlení, příprava a vaření jídla, hygiena, oblékání, umývání nádobí, kulečnick
800-1000 kJ	vytírání podlahy, lehké zahradnické práce, lehký aerobik, nakupování, chůze rychlostí 4 km/hod
1000-1500 kJ	drhnutí podlahy, luxování, mytí oken, stolní tenis, volejbal, tanec, chůze rychlostí 6 km/hod, většina rekreačních sportů
1500-1900 kJ	běh rychlostí 8 km/hod, bruslení, sexuální aktivita, intenzivní aerobik, fotbal, vysokohorská turistika, plavání-prsa, kondiční trénink
1900-2100 kJ	jízda na kole 20 km/hod, sjezdové lyžování, tenis, kanoistika, spinning, chůze do schodů, štípání dříví, závodní tanec, plavání-kraul, basketbal
2100-2500 kJ	běh vyšší rychlostí, běh na lyžích, závodní plavání, horolezectví, odhrabávání sněhu, florbal, skákání přes švihadlo, squash, badminton

Zdroj: Bernaciková (2012)

2.2.1.1 Respirační kvocient

Respirační kvocient (RQ) vyjadřuje poměr vydechovaného oxidu uhličitého (CO₂) a kyslíku (O₂) spotřebovaného k oxidaci. Díky tomu můžeme zjistit, jaké substráty jsou právě metabolizovány (Bartůňková, 2010).

Bartůňková (2010) navíc uvádí, že organismus neustále vydává energii, ať už člověk pouze leží, sportuje či pracuje. Důležitá podmínka pro uvolnění energie je příjem kyslíku

z vnějšího prostředí. Pokud známe údaj, kolik kyslíku jsme za určité časové období spotřebovali, můžeme vypočítat, kolik energie jsme za toto období vydali. Welburn (2008) uvádí, že pokud spotřebujeme jeden litr kyslíku, vydali jsme 5 kcal. Dále Welburn (2008) říká, že čím je oxidovaná živina bohatší na kyslík, tím méně kyslíku spotřebuje a tím vyšší je její RQ.

Havličková (2006) podává detailnější popis hodnot respiračního kvocientu. Píše, že pokud je naměřená hodnota respiračního kvocientu více než jedna ($RQ > 1$), jde o přeměnu sacharidů na tuky, pokud je respirační kvocient menší než 0,7 ($RQ < 0,7$) znamená to, že se tuky a bílkoviny mění na sacharidy (glukogeneze). Hodnoty RQ jednotlivých živin jsou uvedeny v tabulce č. 1.

Výpočet RQ:

$$RQ = \frac{\text{Přírůstek CO}_2}{\text{Úbytek O}_2}$$

Na hodnotu respiračního kvocientu mají vliv i další faktory, které tuto hodnotu výrazně snižují či zvyšují a je potřeba s nimi počítat a eliminovat je, pokud má RQ vypovídat o poměru metabolismu živin. V tabulce č. 3 jsou uvedeny faktory, které hodnoty RQ snižují, a také ty, které je naopak zvyšují.

Tabulka 3: Faktory ovlivňující respirační kvocient

Faktory snižující RQ	Faktory zvyšující RQ
Metabolická acidóza	Metabolická alkalóza
Svalová práce	Kyslíkový dluh
Hyperventilace	Hypoventilace
Přeměna cukrů na tuky	Přeměna tuků na cukry

Zdroj: Kočvarová (2008)

Při metabolismu tuků nevzniká pouze oxid uhličitý a voda, jako tomu je u sacharidů a tuků, vzniká také nebílkovinný dusík, kvůli kterému je složitější určit RQ. Při intenzivní námaze stoupá RQ, jelikož vzniká kyselina mléčná, která se mění na CO₂, a ten je poté ve zvýšené míře vydechován (Andresová a Novák, 2004).

Nebílkovinný respirační kvocient (nRQ) zjistíme dle Andresové a Nováka (2004) tak, že odečteme od celkového respiračního kvocientu hodnoty pro oxidaci bílkovin. Hodnoty celkového respiračního kvocientu se pohybují v rozmezí 0,7–1,0, jak ukazuje tabulka č. 1. Přesto se můžeme setkat s hodnotami vyššími než 1 (nRQ > 1). V tom případě se jedná o nadměrný přísun sacharidů, který může vyvolat lipogenezi. Také se můžeme setkat s hodnotami menšími než 0,7 (nRQ < 0,7), což může být naopak způsobeno lipolýzou.

2.2.2 Termický efekt přijaté stravy

Svačina (2013) uvádí, že termický efekt přijaté potravy (TEF) je způsoben metabolickými nároky organismu na zpracování potravy, je uváděn v procentech přijaté energie a představuje nárůst energetického výdeje po jídle po dobu maximálně 60–90 minut s návratem k původním hodnotám asi za dvě až čtyři hodiny. To, jaký výdej energie bude tělo mít, závisí na složení stravy. Termický efekt přijaté stravy se u jednotlivých živin výrazně liší. Přijmeme-li sacharidy, bude jejich TEF 5–10 %, tuky mají TEF nejnižší, a to 0–3 % a bílkoviny mají TEF 20–30 %. Někteří autoři udávají, že TEF souvisí s pocitem nasycení po jídle. Čím vyšší je TEF daného jídla, tím silnější by měl být pocit nasycení (Crovetti et al., 1998).

2.2.3 Fyzické aktivity

Pohybová aktivita je další část, která zvyšuje energetický výdej člověka během dne. Pohybové aktivity mohou mít aerobní či anaerobní charakter.

2.2.4 Energetická bilance organismu

Jak uvádí Welburn (2008), rovnováha mezi příjmem a výdejem energie nemůže a ani není u jedince zachována denně. Energetická rovnováha platí pro zhruba čtrnáctidenní souhry příjmu a výdeje potravy. To v praxi vypadá tak, že i když se jedinec přejídá několik dní, automaticky se sníží příjem energie v jiných dnech a opačně. Energetická bilance může být narušena i řadou jiných mechanismů, nejen nadměrným příjmem potravy. Mezi tyto mechanismy může patřit stres či porucha žláz s vnitřní sekrecí.

Energetická bilance organismu je vyjádřena vztahem, kde ΔE (energetická bilance) je rovna rozdílu mezi přijatou a vydanou energií.

Vzorec:

$$\Delta E = E \text{ přijatá} - E \text{ vydaná}$$

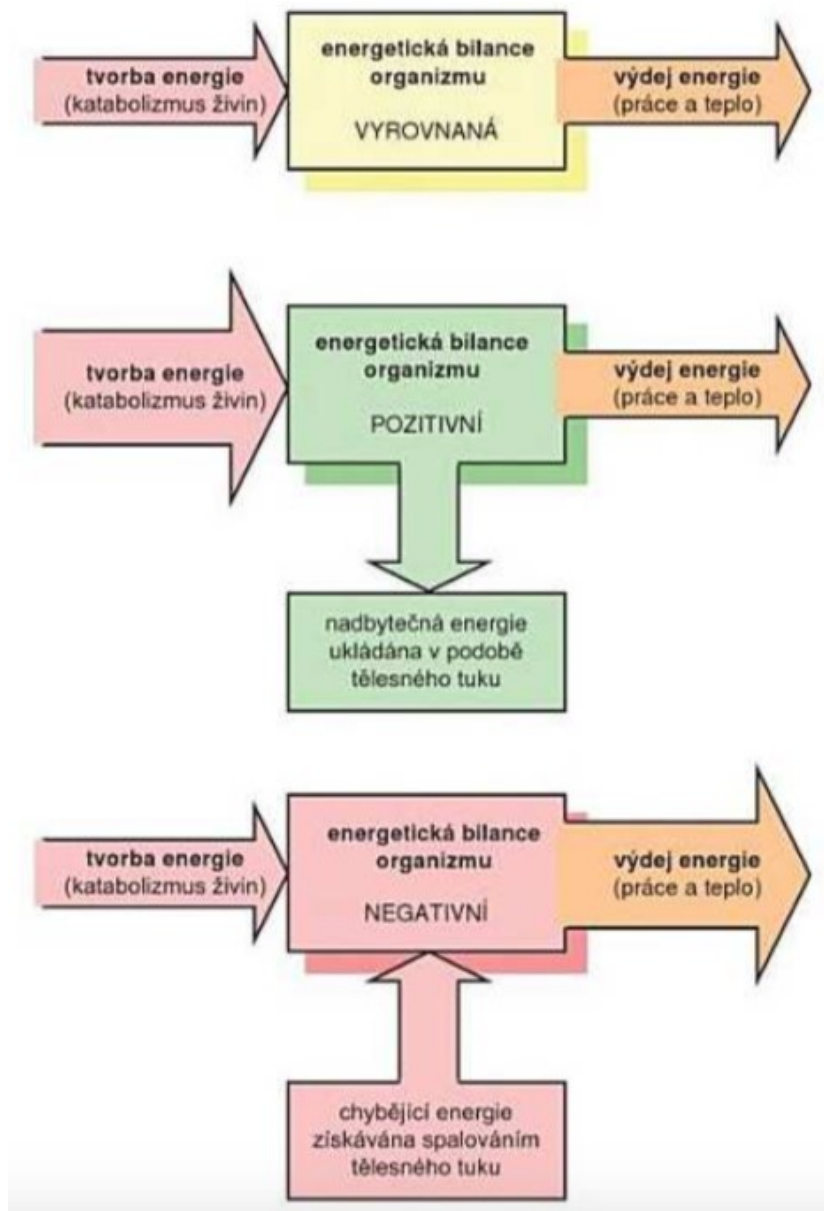
Energetická bilance může být buď pozitivní, negativní, nebo rovnovážná, jak ukazuje obrázek č.1. Pro udržení stálé tělesné hmotnosti a homeostázy v těle je důležité zachovávat rovnovážnou energetickou bilanci.

U negativní energetické bilance jde o stav, kdy výdej energie převládá nad příjmem energie (Kittnar a kol., 2011).

Naopak u pozitivní energetické bilance příjem energie z potravy převažuje nad výdejem energie na metabolické pochody v organismu. Tento stav poté vede k nárůstu hmotnosti a později vede k většímu riziku vzniku civilizačních chorob (Kittnar a kol., 2011).

Uvolněná energie, která vzniká štěpením vazeb organických molekul, se z cca 60 % přemění na teplo a ze zhruba 40 % je využita k práci (Kittnar, 2011).

Zdroji energie jsou glykogen, tuky a bílkoviny. Zdravý dospělý člověk má přibližně 15 kg tuku (18–30 % u žen a 10–25 % celkové tělesné hmotnosti u mužů). Toto množství by mohlo pokrýt denní energetickou potřebu zhruba na dva měsíce. Podíl tukové hmoty je ovlivněn pohlavím, věkem, životním stylem i etnickým původem. S přibývajícím věkem podíl tuku přibývá na úkor svalové hmoty, jejíž podíl naopak klesá (Kočvarová, 2007).



Obrázek 1: Energetická bilance organismu

Zdroj: Kittnar a kol., (2011)

2.3 Bazální metabolismus

Bazální metabolismus (BMR – basal metabolic rate) neboli bazální energetický výdej – (BEE – basal energy expenditure) je dle Svačiny (2013) nejnižší energetický výdej organismu ráno těsně po probuzení a to 12–18 hodin po posledním jídle. Bazální metabolismus (BMR) je ovlivněn věkem, pohlavím, tělesným složením i tělesnou teplotou a je též definován jako minimální produkce tepla v organismu. Rokyta (2016) navíc upozorňuje, že bazální metabolismus je přímo řízen hormony štítné žlázy, adrenalinem a také leptinem.

Dle Trumba at al. (2002) vyjadřuje bazální metabolismus množství energie potřebné k udržení metabolické aktivity a základních životních funkcí organismu těsně po probuzení. Bazální metabolismus představuje 60–75 % denního energetického výdeje. Z těchto 60–75 % BMR jde 60 % energie na produkci tepla a 40 % energie je spotřebováno na udržení základních životních funkcí (Compher et al., 2006; Wang et al., 2000).

Mezi základní životní funkce patří činnost kardiovaskulárního a respiračního systému, činnost ledvin a základních neurohumorálních mechanismů, činnost mozku, transport proteinů i jiných substancí a molekul a další (Středa, 2009).

Průměrné hodnoty BMR činí u mužů okolo 7000 kJ/den a u žen 6300 kJ/den (Kohlíková, 2004). Bartůňková (2013) stanovuje jiné hodnoty BMR, kterými jsou 6000 kJ/den u mužů a 5000 kJ/den u žen. Tvrdí také, že bazální metabolismus má dohodnutou hodnotu 100 % a představuje základ, ke kterému se vztahují všechna další navýšení vzniklá denními aktivitami.

Zjišťování přesné hodnoty bazálního metabolismu je náročné na vybavení, podmínky i čas, a navíc je velmi finančně nákladné. Proto se pro běžnou praxi nejčastěji používá výpočet klidového metabolismu nebo tabulkové hodnoty, tzv. náležité hodnoty bazálního metabolismu (nál. BMR). Tyto tabulkové hodnoty byly naměřeny na velkém vzorku lidí, kteří dodrželi bazální podmínky a udávají průměrný energetický výdej zdravé osoby za bazálních podmínek (v klidu, nalačno, dva dny dieta bez bílkovin a v termoneutrálním prostředí, tj. 20 °C) s přihlédnutím k výšce, věku, hmotnosti a pohlaví vyšetřovaného jedince. Pro výpočet hodnoty bazálního metabolismu se nejčastěji používá rovnice Harrise a Benedicta či Fleischovy tabulky (Kohlíková, 2006).

Základní rovnice, která se používá pro odhad bazálního metabolismu, byla vytvořena již v roce 1919 Harrisem & Benedictem a od té doby byla několikrát upravována, aby odpovídala různým skupinám lidí. Mezi tyto skupiny mohou patřit tělesně postižení, různé etnické či věkové skupiny apod. Detailnější informace o výpočtech a rovnicích pro odhad hodnot bazálního metabolismu jsou v kapitole 2.4.

Mezi faktory ovlivňující bazální metabolismus patří podle Welburna (2008) tyto:

- **Genetické faktory a vliv hormonů:** BMR je ovlivňováno hormony štítné žlázy. Jestliže má jedinec sníženou aktivitu sympatiku, bude jeho BMR nižší a jeho tělesná hmotnost bude také vyšší. Adrenalin, noradrenalin, thyroxin a vyšší hladina růstového hormonu zvyšují hodnotu BMR.
- **Tělesný povrch:** Čím větší tělesný povrch jedinec má, tím větší bude jeho BMR.
- **Věk:** Obecně se udává, že s věkem klesá hodnota BMR. V průměru se uvádí 1–2 % za každé desetiletí života (Keys et al., 1973). Jiné práce však došly k tomu, že snižování BMR není lineární, a navíc probíhá jinak u mužů a jinak u žen (Poehlman et al., 1993; Poehlman, 1992).
- **Pohlaví:** Ženy mají hodnotu BMR nižší než muži. Je to dáno především podílem aktivní a pasivní tělesné hmoty. Obecně se udává, že rozdíl je 5–10 % (Arciero et al., 1993).
- **Množství aktivní tělesné hmoty:** Jak již bylo zmíněno výše, s rostoucí aktivní hmotou roste i hodnota BMR. Je to dáno nároky svalů na živiny.
- **Rasa:** Například u Eskymáků byly hodnoty BMR až o 33 % vyšší než u lidí žijících v Evropě. Změny BMR u ras jsou způsobeny odlišnou stavbou těla, hustotou kostí, výškou, podílem svalové hmoty apod.
- **Tělesná teplota a zdravotní stav:** Infekční a horečnatá onemocnění zvyšují hodnotu BMR, a to přímo úměrně ke zvýšení teploty. Jestliže se zvýší teplota tělesného jádra o 1 °C, dojde podle Cinglové (2002) ke zvýšení BMR až o 14 %.
- **Klima:** Stejně jako teplota tělesného jádra ovlivňuje i teplota okolního prostředí hodnoty BMR. Osoby žijící v chladném prostředí mají hodnotu BMR vyšší než osoby žijící v teplých krajích. Froehle (2008) udává, že s každým snížením průměrné roční teploty o 1 °C vzroste BMR asi o 5 kcal/ den.

- **Stav výživy:** Pokud jedinec dlouhodobě hladoví, sníží se jeho BMR, aby tělo šetřilo energetické zásoby.
- **Pohybová aktivita:** Po ukončení intenzivní pohybové zátěže je BMR výrazně zvýšena. Zejména silová zátěž vede ke zvýšení svalové hmoty v organismu, a jak již bylo zmíněno, tím roste i BMR.
- **Těhotenství a menstruace:** V těhotenství se BMR zrychlit musí, aby byly z těla odvedeny všechny škodliviny a volné radikály, jinak by mohlo být ohroženo zdraví nejen dítěte, ale i matky. U matky by se zdraví mohlo následně vrátit do normálních hodnot, ale u dítěte by šlo o poškození nezvratné. Při menstruaci se děloha zbavuje výstelky a tělo ztrácí krev. V tomto procesu jsou zapojeny hormony progesteron a estrogen, které zvyšují BMR (Mourek, 2005; Solomon, 1982).

Shrnutí poznatků o faktorech, které zvyšují či snižují hodnotu bazálního metabolismu, je uvedeno v tabulce č. 4.

Tabulka 4: Faktory ovlivňující BMR – shrnutí

Faktor	Účinek
Věk	V mládí je BMR ↑ (vyšší) Ve stáří je BMR ↓ (nižší) Vliv má i množství svalové hmoty, která s věkem ubývá
Pohlaví	Muži mají ↑ (vyšší) BMR Ženy mají ↓ (nižší) BMR
Výška	Vysoký člověk má ↑ (vyšší) BMR Nízký člověk má ↓ (nižší) BMR
Růst	Děti a těhotné ženy mají ↑ (vyšší) BMR
Fyzická aktivita	↑ (zvyšuje) BMR

Faktor	Účinek
Teplota	S nižší teplotou prostředí ↑ (stoupá) BMR S nižší i vyšší teplotou jádra ↑ (stoupá) BMR (tělo více pracuje na vyrovnání teploty)
Stres	↑ (zvyšuje) BMR
Teplota okolí	Teplo i zima ↑(zvyšují) BMR
Hladovění	↓ (snižuje) BMR (pokud jde o dlouhodobý stav, klesá množství svalové hmoty)
Hormony	Hormony štítné žlázy ↑ (zvyšuje) BMR Vyšší produkce thyroxinu ↑ (zvyšuje) BMR

2.4 Způsoby zjišťování a měření bazálního metabolismu

Bazální energetický výdej lze změřit přímou i nepřímou kalorimetrií. Během měření BMR je nutné dodržet několik podmínek, kterými jsou dle Kohlíkové (2006) tyto:

- **Osoba je v duševním a tělesném klidu**
Nejen emoční, ale i tělesné změny mají vliv na BMR. Proto je nejlepší, když osoba 20-30 minut před měřením odpočívá.
- **Osoba se nachází v termoneutrální zóně**
Jde o teplotu 27 °C pro osobu nahou a 20 °C pro osobu oblečenou. Tato teplota zaručuje minimální nároky na termoregulaci.
- **Osoba je 12 hodin od posledního jídla a po dobu dvou dní byl omezen příjem bílkovin**
Po přijmutí potravin, zvláště bílkovin, které jsou na zpracování nejnáročnější, se hodnota bazálního metabolismu zvyšuje, proto je třeba příjem těchto potravin omezit.

- **Osoba je vzhůru**

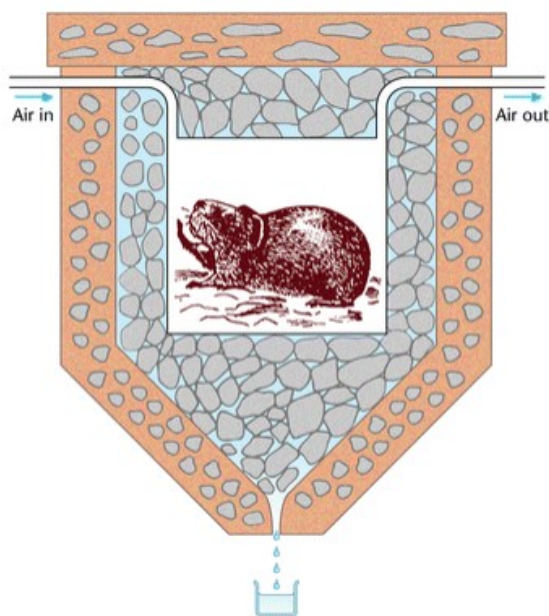
Pokud by osoba spala, byla by její BMR nižší, než je tomu u osoby v bdělém stavu.

Welburn (2008) uvádí, že pro běžnou populaci lze pro výpočet BMR použít standartní hodnotu 22,5 kcal/kg/den. Jiní autoři pak navrhují složitější rovnice pro výpočet BMR, kterým se více věnuji v kapitole 2.4.5.

2.4.1 Přímá kalorimetrie

První výzkum zabývající se přímou kalorimetrií vedený Antoinem Lavoisierem proběhl před více než dvěma sty lety v Paříži. Lavoisier vložil morče do malé komory obklopené ledem a měřil, kolik vody rozpuštěním ledu vznikne. Jelikož byla teplota tání ledu známá, byl schopen vypočítat všechny metabolické procesy v těle morčete (Mann, Truswell, 2007).

U přímé kalorimetrie jsou podmínky měření velmi technicky náročné. Měřená osoba musí být v kalorimetru (obrázek č. 2), což je tepelně izolovaná kovová nádoba ponořená do vody. Svoji tělesnou teplotou pak osoba ohřívá vzduch, přičemž teplo se odebírá do vodní lázně. Teplota vody, která se měří přesnými teploměry, je přímo úměrná velikosti bazálního metabolismu. Tato přímá kalorimetrie zjišťuje množství tepla vydaného organismem za jednotku času (Rokyta, 2016).



Obrázek 2: Schéma principu přímé kalorimetrie

2.4.2 Nepřímá kalorimetrie

Nepřímá kalorimetrie (IC) je neinvazivní metoda, která bývá taktéž označována jako nepřímá energometrie. Tato metoda se využívá nejen ke zjištění, kolik energie člověk spotřebuje, ale také jaké složky se na energii podílejí. Díky nepřímé kalorimetrii se dají zjistit hodnoty bazálního metabolismu, klidového metabolismu či pracovního metabolismu.

Tato metoda je založena na skutečnosti, že spotřeba kyslíku velmi úzce souvisí s energetickým výdejem. Zhruba 95 % uvolněné energie je získáno aerobní utilizací sacharidů, lipidů a proteinů. Na základě naměřených hodnot spotřeby kyslíku VO_2 a výdeje oxidu uhličitého VCO_2 lze zjistit množství spotřebované energie (Kočvarová, 2008).

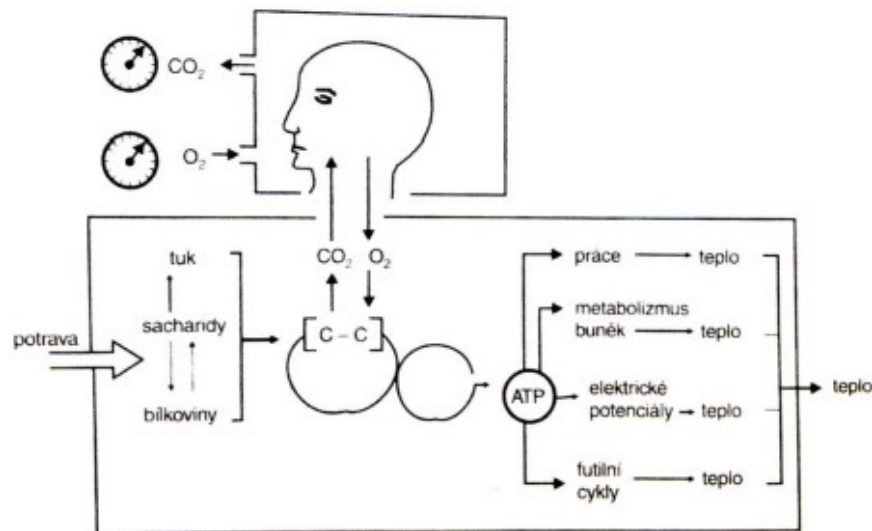
System IC může být proveden metodami uzavřeného či otevřeného kruhu. U metody uzavřeného kruhu proband přijímá kyslík z měřeného zdroje bohatého na kyslík a vydechuje do nádoby, ve které se oxid uhličitý a voda odstraní a zbývající dusík a kyslík se recyklují. Při metodě otevřeného kruhu pozorovaná osoba dýchá vzduch z okolního prostředí a vydechovaný oxid uhličitý je měřen. Ze známého množství vyprodukovaného CO_2 v určitém čase se poté vypočítá množství potřebného O_2 a tím se vypočítá i množství energie. V systému otevřeného kruhu se snižuje možnost vzniku chyb v důsledku stimulace metabolismu vzniklé použitím dodávaného kyslíku jako tomu je u metody uzavřeného kruhu (Srilakshmi, 2006).

První přístroj pro nepřímou kalorimetrii byl Douglasův vak, který vynalezl v roce 1911 britský fyziolog Douglas. Vyšetřovaná osoba dýchala po určitou dobu do vaku a poté byly analyzovány a měřeny objemy vydýchaného kyslíku (VO_2) a oxidu uhličitého (VCO_2). Dále byla analyzována moč, z které se zjišťovalo množství vylučované močoviny. Na základě toho si vyšetřující osoba udělala představu o katabolismu proteinů v těle vyšetřovaného. Tento postup už se tolik nevyužívá, jelikož je zdlouhavý a vyžaduje rozsáhlé matematické výpočty a využití laboratorní techniky (Haugen, Chan, 2007).

Od vynalezení prvního přístroje pro nepřímou kalorimetrii jsou patrné různé snahy o zdokonalení a zjednodušení přístrojů, aby bylo měření co nejvíce rychlé, přesné a příjemné, a to nejen pro vyšetřované osoby, ale také pro měřící personál. Z dnešních přístrojů, které jsou propojeny s počítačem, lze přímo vyčíst zjišťované hodnoty (Loskot, 2016).

Před měřením je třeba kalibrovat přístroj a zajistit správnou teplotu místnosti. Vyšetřovaná osoba musí před měřením minimálně 20–30 minut odpočívat, během této doby může být seznámena s průběhem měření. Poté, co odbyte čas nutný k odpočinku se vyšetřovanému nasadí kolíček na nos a náustek, do které bude vyšetřovaná osoba dýchat. Správná pozice pro měření je vleže. Přístroj poté analyzuje vydechovanou směs plynů a vypočítává aktuální spotřebu objemu kyslíku O_2 , množství vydechovaného oxidu uhličitého CO_2 , respirační kvocient RQ a aktuální energetickou potřebu organismu vyšetřované osoby (Loskot, 2016). Aby bylo měření co nejpřesnější, je potřeba, aby vyšetřovaná osoba neprováděla žádné fyzické náročné aktivity den před měřením. Také je potřeba dodržet správnou délku měření (Compher, Frankenfield, Keim, 2006).

Jak vypadá schéma nepřímé kalorimetrie lze vidět na obrázku číslo 3.



Obrázek 3: Schéma principu nepřímé kalorimetrie

2.4.3 Bioelektrická impedanční analýza (BIA)

Bioelektrická impedanční analýza (BIA) se v poslední době stává velmi populární terénní metodou zjišťování tělesného složení díky relativně nízké ceně a snadnému ovládnutí. Jedná se o neinvazivní a bezpečnou metodu, která se vyznačuje relativně vysokou odolností vůči chybě způsobené obsluhou.

K určování složení těla využívá bioelektrická impedance vodivosti v těle. Tělem vyšetřované osoby prochází slabý střídavý elektrický proud s nízkou intenzitou a různou frekvencí. Jednotlivé složky v lidském těle reagují na tento proud odlišně, a to buď jako vodič nebo jako izolant. Jelikož má tuková tkáň velmi nízkou vodivost, klade elektrickému proudu odpor. Díky tomu je možné určit poměr tukové a netukové hmoty v těle (Malá a kol., 2014). Tukuprostá hmota obsahuje vysoký podíl vody a elektrolytů, a proto je dobrým vodičem. Hodnota odporu tkáně (bioelektrická impedance) je nepřímo úměrná objemu tkáně, kterou elektrický proud prochází (Heyward a kol., 2004).

BIA měří primárně celkovou tělesnou hmotnost v kilogramech, celkovou tělesnou vodu (TBW), která se skládá z intracelulární (ICW) a extracelulární (ECW) vody a tukuprostou hmotu (FFM). Tukuprostá hmota je tvořena rozdílem mezi celkovou hmotností a hmotností tělesného tuku člověka na základě matematického vzatu, kde:

$$FFM = TBW * 0,732^{-1}$$

Hodnota 0,732 (73,2 %) reprezentuje průměrnou hydrataci tukuprosté hmoty, která se reálně pohybuje v rozmezí 61–82 % (Bunc et al., 2001).

Stablová et al. (2003) uvádějí, že na základě regresních rovnic jsou pak spočítány tyto hodnoty:

- Celková tělesná voda (TBW)
- Procento tělesného tuku (FM)
- Hodnota tukuprosté hmoty (FFM)
- Hodnota buněčné hmoty (CBM)
- Hodnota extracelulární hmoty (ECM)
 - Jedná se vlastně o poměr ECM/ BCM

Modernější přístroje pak umožňují určit segmentální rozložení tělesných tekutin či tuku v horních i dolních končetinách a v trupu. Díky tomu lze identifikovat dysbalance v těle vyšetřovaného jedince (Heller & Vodička, 2011). Kromě segmentálního rozložení pak novější přístroje také určují hodnoty:

- Množství kostní hmoty
- Množství proteinů v těle
- Množství viscerálního tuku
- Hodnotu bazálního metabolismu (BMR)

(Heller & Vodička, 2011)

Tyto přístroje jsou hojně využívány nejen v dietologii, ale i u lékaře či ve fitness centrech. Všechny přístroje nejsou stejné, liší se od sebe buď počtem elektrod, které se umisťují na tělo nebo frekvencí proudu (Heller & Vodička, 2011).

Některé přístroje využívají dva body na těle (obrázek č. 4), kterými proudí do těla proud o nízké intenzitě, a to buď dlaněmi (bipolární přístroje – Omron) nebo přes chodidla (bipedální přístroje – levnější verze přístroje Tanita). Mezi tetrapolární přístroje patří např. Bodystat. Při tomto měření se umisťují dvě elektrody na horní stranu hlezenního kloubu a dvě na hřbet ruky. To, jestli jsou využity dva, či čtyři body na těle, velmi ovlivňuje cenu i přesnost přístroje (Nováková, 2009).

Profesionální měření využívá čtyř až osmielektrodové přístroje, které umožňují tzv. segmentální měření. V případě osmielektrodového měření je tělo rozděleno do pěti „válců“, kterými jsou levá dolní končetina, pravá dolní končetina, trup, pravá horní končetina a levá horní končetina. Celkový výsledek je součtem jednotlivých partií. Pokud používáme k měření čtyřelektrodové přístroje, je obvykle měřena jedna polovina těla a ta druhá se dopočítá (Středa, 2013).

Vyšetřovaná osoba nesmí před měřením 2 hodiny jíst a 12 hodin nesmí mít zvýšenou fyzickou aktivitu, dále by se měla vyhnout příjmu většího množství kofeinu 12 hodin před měřením. Výsledky jsou ovlivněny zvýšeným či naopak sníženým příjmem tekutin oproti normálnímu stavu.

Vzhledem k tomu, že během měření probíhá tělem elektrický proud, není toto měření vhodné pro osoby s kardiostimulátorem a pro těhotné ženy.

U vyšetření tetrapolárními přístroji (obrázek č. 5 a 6) leží proband na lůžku, nesmí mít ponožky ani rukavice. Celé měření trvá asi 1–2 minuty (Riegerová a kol., 2006).

Na obrázku č. 7 je zobrazen bioimpedanční přístroj Tanita MC – 980, který byl využit při měření probandů v praktické části této práce.

Bunc (2007) přehledně zpracoval a publikoval, jaké chyby se při měření na BIA objevují. Mezi tyto chyby patří:

- Chyba vlastního měřicího přístroje, která se pohybuje okolo 1,5 %
- Elektrody – typ elektrod a jejich umístění na těle mohou způsobit chybu okolo 3 %
- Přechodový odpor mezi kůží a elektrodou – chyba je menší než 0,5 %, lze ji zanedbat, pokud je odpor nižší než 250 Ω
- Strana těla – rozdíly mezi pravou a levou stranou těla se pohybují na úrovni 1–2 % (výrobce doporučuje měřit vždy na pravé straně)
- Stav hydratace organismu – chyba způsobená zvýšeným či sníženým množstvím vody v těle činí okolo 2–4 %, proto je důležité v čase měření sledovat stav hydratace
- Náhrada těla válcem či válci – chyba se může pohybovat v rozmezí 1–3 %
- Svod mezi zemí a vyšetřovanou osobou – chyba představuje asi 1–2 %, proto je třeba vybrat vhodnou podložku, na které osoba bude ležet
- Denní variabilita – v průběhu dne se mění nejen stav hydratace, ale i další ukazatele, proto je chyba přibližně 2%
- Měřicí frekvence – nepřesnost způsobená frekvencí se pohybuje okolo 1–2 % a hraje významnou úlohu hlavně u monofrekvenčních zařízení, která měří většinou pouze odporovou část bioimpedance a tím pádem zanedbávají kapacitní složku



Obrázek 4: Ruční elektroimpedanční přístroj
Omron



Obrázek 5: Bodystat – vybavení pro měření



Obrázek 6: Průběh měření na Bodystatu



Obrázek 7: Tanita MC-980

2.4.4 Celotělová pletysmografie – BOD POD

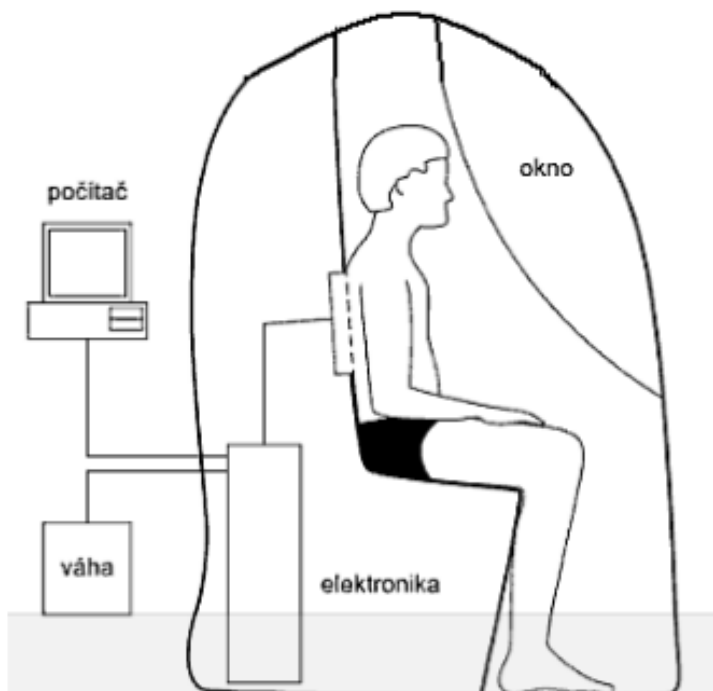
Celotělová pletysmografie je metoda, která je velmi podobná hydrodenzitometrii (podvodnímu vážení) a k výpočtům využívá Boyleova-Mariottova a Poissonova zákona (zákon řešící vztah mezi tlakem a objemem).

Pletysmografie hodnotí objem a hustotu těla na základě změny v tlaku získané prostřednictvím vzduchu vytěsněného sedící osobou v hermeticky uzavřené komoře (obrázek č. 8). Tato komora je vyplněna vzduchem. Měřená osoba má na sobě pouze čepičku a spodní prádlo nebo plavky, aby byl objem těla co nejmenší. Tímto způsobem lze dosáhnout nejpřesnějšího měření (Ginde, 2005). Měří se skutečné změny tlaku

s injekcí známého objemu vzduchu do uzavřené komory. Jelikož objem těla přemístí objem vzduchu v komoře, dojde k většímu zvýšení tlaku (Armstrong & Welsman, 1997).

Délka měření se pohybuje okolo 5–10 minut a není nijak fyzicky náročná, jelikož vyšetřovaný pouze sedí. Jediným problémem může být velikost měřicí komory, která je malá, a tak může způsobovat klaustrofobické pocity (Ginde, 2005). Výsledky měření pletysmografie získá člověk na protokolu, který je v příloze jako příloha č. 13 a zjistí tedy:

- Objem těla
- Hustotu těla
- Procentuální a absolutní obsah tuku
- Procentuální a absolutní množství tukuprosté hmoty
- Klidový metabolismus (RMR), který je v tomto případě synonymem pro BMR
- Odhad celkového energetického výdeje



Obrázek 8: Pletysmografie – schéma měřicí komory

2.4.5 Predikční rovnice

Pro výpočet BMR bylo stanoveno mnoho rovnic. Některé rovnice jsou pouze základní a velmi orientační (Faustův výpočet) a počítají pouze s hmotností jedince, jiné rovnice jsou složitější a zohledňují více proměnných faktorů.

Kvůli tomu, že některé rovnice počítají pouze s jednou proměnnou a jiné s více proměnnými, vznikají ve výsledcích přirozené odchylky. Jelikož existují i rozdílné cílové skupiny, které se liší nejen pohlavím a věkem, ale třeba i rasou a stavbou těla, nejsou všechny rovnice vhodné pro všechny osoby.

Cílem vytvoření rovnic bylo zjednodušení určení energetického výdeje bez složitých přístrojů a také zrychlení průběhu zjišťování hledaných hodnot (Svačina, 2008).

2.4.5.1 Harrisova & Benedictova rovnice

Základní rovnicí, která bývá označována za zlatý standard, je rovnice vytvořená již v roce 1918 Harrisem & Benedictem. Studie, při které vznikla predikční rovnice pro zjištění BMR, se zúčastnilo 136 mužů a 109 žen. Muži byli 148–198 cm vysokí, vážili 33–109 kg a jejich věkové rozpětí bylo 16–63 let. BMI (Body mass index) těchto mužů se pohyboval v rozmezí 15,2 – 32,5 kg/m². Ženy měřily 151–176 cm, vážily 36–94 kg a jejich věk byl 15–74 let. BMI žen činil 12,3–34,6 kg/m². Bazální výdej byl měřen pomocí nepřímé kalorimetrie za dodržení bazálních podmínek. Na základě tohoto měření vznikly dvě rovnice pro výpočet BMR, kde jedna je pro muže a druhá je pro ženy (Harris & Benedict, 1918).

Tuto predikční rovnici pro výpočet BMR můžeme použít, pokud známe tělesnou výšku, hmotnost, pohlaví a věk vyšetřované osoby. Tato rovnice není vhodná pro příliš obézní či svalnaté lidi. Výsledky rovnic vyjdou v kcal/den (Marek, Brodanová et al., 2002).

Rovnice pro muže:

- a) $BMR [kcal/den] = 66,5 + (13,75 * hmotnost [kg]) + (5,0 * výška [cm]) - (6,76 * věk [roky])$

Pozn.: Rovnice se zaokrouhlenými čísly

Zdroj: Holeček (2006)

b) $BMR [kcal/den] = 66,4730 + (13,7516 * hmotnost [kg]) + (5,00338 * výška [cm]) - (6,7750 * věk [roky])$

Pozn.: Rovnice s přesnějšími čísly

Zdroj: Hagedorn (2011)

Rovnice pro ženy:

a) $BMR [kcal/den] = 655 + (9,6 * hmotnost [kg]) + (1,85 * výška [cm]) - (4,68 * věk [roky])$

Pozn.: Rovnice se zaokrouhlenými čísly

Zdroj: Holeček (2006)

b) $BMR [kcal/den] = 665,0955 + (9,5634 * hmotnost [kg]) + (1,8496 * výška [cm]) - (4,6756 * věk [roky])$

Pozn.: Rovnice s přesnějšími čísly

Zdroj: Hagedorn (2011)

2.4.5.2 Mifflinova rovnice

Mifflinova studie byla publikována v roce 1990, zúčastnilo se jí 251 mužů, z nichž 129 mělo normální hmotnost a 122 mužů bylo obézních, a 247 žen, kde 135 jich mělo normální hmotnost a obézních bylo 112. V celém souboru byli probandi ve věku 19–28 let a jejich BMI se pohybovalo v rozmezí 17–42 kg/m².

Mifflinova predikční rovnice slouží ke zjištění klidového energetického výdeje (RMR) a k výpočtu používá hmotnost jedince i množství FFM. Zajímavé je, že pokud počítáme s FFM, je rovnice stejná pro muže i ženy.

Rovnice pro muže

a) $RMR [kcal/den] = 9,99 * hmotnost [kg] + 6,25 * výška [cm] - 4,92 * věk [roky] + 166 * 1-161$

Což je:

$$\text{RMR [kcal/den]} = 9,99 * \text{hmotnost [kg]} + 6,25 * \text{výška [cm]} - 5 * \text{věk [roky]} + 5$$

b) $\text{RMR [kcal/den]} = 19,7 * \text{FFM [kg]} + 413$

Rovnice pro ženy

a) $\text{RMR [kcal/den]} = 9,99 * \text{hmotnost [kg]} + 6,25 * \text{výška [cm]} - 4,92 * \text{věk} + 166 * 0-161$

Což je:

$$\text{RMR [kcal/den]} = 9,99 * \text{hmotnost [kg]} + 6,25 * \text{výška [cm]} - 5 * \text{věk [roky]} - 161$$

b) $\text{RMR [kcal/den]} = 19,7 * \text{FFM [kg]} + 413$

Zdroj: Mifflin (1990)

2.4.5.3 Schofieldova rovnice

Schofield et al. navrhli novou predikční rovnici v roce 1985. Jejich práce zahrnovala data od 7173 respondentů z celého světa ze 114 publikovaných studií. Výsledkem jejich práce jsou rovnice, které slouží pro predikci BMR. Tyto rovnice jsou pro ženy a muže rozdílné a jsou vhodné i pro dětský věk. Výsledek rovnice vyjde v MJ/den a počítá i se standardní odchylkou odhadu (SEE) (Schofield, 1989).

Schofieldovy rovnice jsou trojího typu. V prvním typu se používá jako proměnná pouze hmotnost jedince, v druhém typu rovnic je jako proměnná tělesná hmotnost a věk a ve třetím je jako proměnná tělesná hmotnost, věk i tělesná výška.

Tyto rovnice po několik let sloužily pro výživová doporučení ministerstva zemědělství USA a Velké Británie.

Rovnice pro muže:

- a) Rovnice s jednou proměnnou (hmotnost):

$$\text{BMR [MJ/den]} = 0,0582 * \text{hmotnost [kg]} + 3,2399$$

$$\text{SEE} = 0,6148$$

Zdroj: Chromec (2011)

- b) Rovnice se dvěma proměnnými (věk a hmotnost):

Věk 10-17: $\text{BMR [MJ/den]} = 17,868 * \text{hmotnost [kg]} + 658,2$

$$\text{SEE} = 105$$

Věk 18-29: $\text{BMR [MJ/den]} = 15,057 * \text{hmotnost [kg]} + 692,2$

$$\text{SEE} = 153$$

Věk 30-59: $\text{BMR [MJ/den]} = 11,472 * \text{hmotnost [kg]} + 873,1$

$$\text{SEE} = 167$$

Věk ≥ 60: $\text{BMR [MJ/den]} = 11,711 * \text{hmotnost [kg]} + 587,7$

$$\text{SEE} = 164$$

Zdroj: McAuley (2017)

- c) Rovnice se třemi proměnnými (věk, hmotnost a výška):

Věk 18-29: $\text{BMR [MJ/den]} = 0,063 * \text{hmotnost [kg]} + 0,042 * \text{výška [m]} + 2,953$

Věk 30-59: $\text{BMR [MJ/den]} = 0,048 * \text{hmotnost [kg]} + 0,011 * \text{výška [m]} + 3,67$

Věk ≥ 60: $\text{BMR [MJ/den]} = 0,038 * \text{hmotnost [kg]} + 4,068 * \text{výška [m]} - 3,491$

Zdroj: Shoffield (1985)

Rovnice pro ženy:

- a) Rovnice s jednou proměnnou (hmotnost):

$$\text{BMR [MJ/den]} = 0,5445 * \text{hmotnost [kg]} + 2,5135$$

$$\text{SEE} = 0,4813$$

Zdroj: Chromec (2011)

- b) Rovnice se dvěma proměnnými (věk a hmotnost):

Věk 10-17: $\text{BMR [MJ/den]} = 13,384 * \text{hmotnost [kg]} + 692,6$

$$\text{SEE} = 111$$

Věk 18-29: $\text{BMR [MJ/den]} = 14,818 * \text{hmotnost [kg]} + 486,6$

$$\text{SEE} = 119$$

Věk 30-59: $\text{BMR [MJ/den]} = 8,126 * \text{hmotnost [kg]} + 845,6$

$$\text{SEE} = 111$$

Věk \geq 60: $\text{BMR [MJ/den]} = 9,082 * \text{hmotnost [kg]} + 658,5$

$$\text{SEE} = 108$$

Zdroj: McAuley (2017)

- c) Rovnice se třemi proměnnými (věk, hmotnost a výška):

Věk 18-29: $\text{BMR [MJ/den]} = 0,057 * \text{hmotnost [kg]} + 1,148 * \text{výška [m]} + 0,411$

Věk 30-59: $\text{BMR [MJ/den]} = 0,034 * \text{hmotnost [kg]} + 0,006 * \text{výška [m]} + 3,53$

$$\text{Věk} \geq 60: \text{BMR [MJ/den]} = 0,033 * \text{hmotnost [kg]} + 1,917 * \text{výška [m]} + 0,074$$

Zdroj: Shoffield (1985)

2.4.5.4 Owenova rovnice

I Owenovy rovnice, které byly publikovány v roce 1986 a 1987, rozlišují varianty pro ženy a muže, jelikož je stavba jejich těla rozdílná. Ve svém výzkumu pracoval s 60 muži ve věku 18–82 let a se 44 ženami ve věku 18–65 let různého tělesného složení.

V těchto rovnicích lze počítat jednou s tělesnou hmotností, podruhé s FFM.

Rovnice pro muže:

- a) Rovnice počítající s hmotností

$$\text{BMR [kcal/den]} = \text{hmotnost [kg]} * 10,2 + 879$$

- b) Rovnice počítající s FFM

$$\text{BMR [kcal/den]} = 22,3 * \text{FFM [kg]} + 290$$

Rovnice pro ženy:

- a) Rovnice počítající s hmotností

$$\text{BMR [kcal/den]} = \text{hmotnost [kg]} * 7,18 + 795$$

- b) Rovnice počítající s FFM

$$\text{BMR [kcal/den]} = 19,7 * \text{FFM [kg]} + 334$$

Zdroj: Owen (1986)

2.4.5.5 Faustova rovnice

Výpočet pomocí Faustovy predikční rovnice není úplně přesný, slouží pouze jako orientační. Jednotkou výsledku Faustovy rovnice je kcal/den.

Rovnice pro muže:

$$\text{BMR [kcal/den]} = \text{hmotnost [kg]} * 24$$

Rovnice pro ženy:

$$\text{BMR [kcal/den]} = \text{hmotnost [kg]} * 23$$

Zdroj: Mandelová & Hrnčířiková (2007)

2.4.5.6 Cunninghamova rovnice

Cunninghamova rovnice slouží pro výpočet klidového metabolismu. Ke zjištění výsledků využívá FFM. Výhodou této rovnice je, že je vhodná i pro sportující jedince. Nevýhodou je pak to, že při výpočtu nezohledňuje pohlaví.

Rovnice

$$\text{RMR [kcal/den]} = 370 + 21,6 * \text{FFM [kg]}$$

Zdroj: Cunningham (1991)

2.4.6 Tabulkové hodnoty pro náležitý bazální metabolismus

2.4.6.1 Tabulkové hodnoty pro nál. BMR dle Harrise & Benedicta

Pro výpočet hodnoty nál. BMR podle Harrise & Benedicta potřebujeme znát věk, tělesnou hmotnost a tělesnou výšku jedince. Na základě těchto údajů vyhledáme v tabulkách (příloha č. 3 až příloha č. 9) příslušný faktor odpovídající danému pohlaví pro věk a výšku (F_1) a faktor pro hmotnost (F_2). Tyto faktory sečteme a získáme náležitou hodnotu bazálního metabolismu v kJ/den (Kohlíková, 2006).

$$F_1 + F_2 = \text{nál. BMR (kJ} \cdot 24^{-1}\text{)}$$

Příklad:

Pro muže, kterému je 30 let, měří 179 cm a váží 78 kg, bude hodnota nál. BMR vypočítána následovně:

Faktor pro věk a výšku (F_1)	2902	(příloha č. 4)
Faktor pro hmotnost (F_2)	4765	(příloha č. 8)
<hr/>		
Nál. BMR	7667 kJ. 24 hod⁻¹	(2902 + 4765 = 7667)

2.4.6.2 Tabulkové hodnoty nál. BMR dle Fleische

Fleisch pro výpočet náležité hodnoty bazálního metabolismu využil povrchu těla (S) a energetický výdeje (EV), který zjistíme z věku a pohlaví. Povrch těla se dá buď odečíst z nomogramu (příloha č. 10) nebo lze vypočítat pomocí rovnice podle DuBoise a DuBoise, 1916 (Heller & Vodička, 2011). Tabulka pro výpočet hodnoty nál. BMR je v příloze jako příloha č. 11.

$$\text{Nál. BM [kJ} \cdot 24^{-1}\text{]} = S [\text{m}^2] * EV [\text{kJ} \cdot 24^{-1} \text{ na m}^2\text{]}$$

Příklad:

Pro ženu, které je 40 let, měří 165 cm a váží 62 kg, bude hodnota nál. BMR vypočítána následovně:

Faktor pro věk	3511	(příloha č. 11)
Povrch těla	1,68 m ²	(příloha č. 10)
<hr/>		
Nál. BMR	5898,48 kJ. 24⁻¹	(3511* 1,68 = 5898,45)

Rovnice pro výpočet tělesného povrchu (BSA) podle DuBoise & DuBoise byla sestavena v roce 1916 a vychází z naměřených hodnot tělesné hmotnosti v kilogramech a tělesné výšky v centimetrech. Rovnice je považována za spolehlivou, ačkoli byla validována na počtu pouze devíti lidí (Jabor, 2008).

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

Zdroj: (DuBois et al., 1916)

2.5 Klidový metabolismus

Klidový metabolismus (KM) bývá též označován jako RMR (resting metabolic rate) nebo také klidový energetický výdej – REE (resting energetic expenditure). Klidový metabolismus je dle Svačiny (2013) poměrně hojně užíván a ukazuje energetické nároky organismu ve kteroukoli denní dobu.

Bartůňková (2013) ve své knize píše, že klidový metabolismus odpovídá hodnotě metabolismu při tělesném klidu a je navýšen přibližně o 1300–1700 kJ.24 h⁻¹ oproti bazálnímu metabolismu. To je možné vyjádřit jako 110–120 % náležitého bazálního metabolismu (nál. BMR).

Hodnota RMR je také ovlivněna geneticky a endokrinním systémem. Jsou jedinci, kteří mají predispozice k vyšším či nižším hodnotám RMR na základě dědičnosti. Hypofunkce štítné žlázy (hypotyreóza) snižuje nejen hodnotu bazálního metabolismu, ale i hodnotu klidového metabolismu. Naopak hypertyreóza zvyšuje hodnotu RMR a BMR (Nelms et al., 2007).

Pokud chceme klidový energetický výdej změřit, nejsou podmínky pro měření tak přísné, jako tomu je u bazálního metabolismu. Měříme po 30 min klidu na lůžku a nejméně dvě hodiny po jídle v tepelně indiferentním prostředí. Pokud chceme zjistit, jaký energetický výdej má organismus při běžných denních činnostech, je potřeba k vypočítané hodnotě připočítat 60–70 % u zdravých osob. Výsledek pak odpovídá energetickým potřebám organismu při běžném fyzickém pohybu (Svačina, 2013).

Kohlíková (2004) uvádí, že „*klidový metabolismus se stanovuje ze spotřeby kyslíku v klidových podmínkách při znalosti energetického ekvivalentu kyslíku (EE_{O2})*“. Energetický ekvivalent kyslíku dle Bartůňkové (2010) zvolíme na základě znalosti RQ. Dále Kohlíková (2006) uvádí, že k měření klidového metabolismu používáme nepřímou kalorimetrii, kterou zjistíme množství spotřeby kyslíku (VO₂).

Predikce klidového metabolismu je ovlivněna věkem, pohlavím, rasou, tělesným povrchem, tělesnou teplotou, nedávnou fyzickou aktivitou nebo také termickým efektem stravy (Buchholz et al., 2001; Volp et al., 2011).

2.6 Pracovní metabolismus

Pracovní metabolismus (PM) představuje úroveň metabolismu při různých činnostech, ať už pracovních či sportovních. Platí zde vztah, že pracovní metabolismus je výsledkem součtu metabolismu klidového a pracovních přírůstků, které jsou odlišné podle denních aktivit (Bartůňková, 2013).

Celkový energetický výdej člověka během normálních denních aktivit je okolo 1800–3000 kcal/hod, což odpovídá zhruba 7600–12 600 kJ/den (Bernaciková, 2012).

3 CÍLE A ÚKOLY PRÁCE, HYPOTÉZY

3.1 Cíle práce

Cílem diplomové práce je komparace metod zjišťování hodnot bazálního metabolismu, a to konkrétně pomocí nepřímé kalorimetrie, pletysmografie, bioimpedanční metody a predikčních rovnic. Predikční rovnice použité v této práci jsou rovnice Harrise & Benedicta, Fleische a Schofielda.

3.2 Úkoly práce

Na začátku práce byly stanoveny tyto úkoly:

- Rešerše relevantní české i zahraniční literatury týkající se zadaného tématu.
- Formulace hypotéz na základě literární rešerše.
- Konstrukce designu výzkumu.
 - Výběr vhodných laboratorních testů.
 - Výběr výzkumného souboru.
 - Příprava časového plánu.
 - Vypracování informovaného souhlasu (IS) a následné odeslání IS Etické komisy FTVS UK ke schválení.
- Realizace sběru dat.
- Zpracování výzkumných dat s využitím statistických metod.
- Deskripce a interpretace výsledků výzkumu.
- Formulace závěrů.

3.3 Hypotézy

H1: Výsledky jednotlivých metod se budou významně lišit.

H2: Výsledky z BIA a pletysmografie budou velmi silně korelovat s FFM.

H3: Výsledky z predikčních rovnic se nebudou významně lišit.

4 METODIKA PRÁCE

Tato práce má charakter empirického výzkumu, jehož hlavní metodou je pozorování.

4.1 Popis výzkumného souboru

Výzkumu se zúčastnilo 31 osob, z nichž bylo 25,8 % mužů (8) a 74,2 % žen (23). Procentuální zastoupení probandů je vidět v tabulce č. 5. Všichni probandi byli ve věku 21–30 let. Průměrný věk skupiny byl tedy $23,6 \pm 2,2$ let.

Průměrná tělesná výška všech probandů byla rovna $170,7 \text{ cm} \pm 10,4 \text{ cm}$ a tělesná hmotnost všech probandů činila $64,2 \pm 11,7 \text{ kg}$. Další charakteristikou skupiny bylo průměrné množství tukuprosté hmoty, které se rovnalo $51,1 \pm 10,3 \text{ kg}$. Povrch těla celé výzkumné skupiny byl v průměru $1,8 \pm 0,2 \text{ m}^2$. Medián v tabulce představuje střední hodnotu výsledků, která byla u věku rovna 23, u tělesné výšky 168,3 cm, u tělesné hmotnosti 62,6 kg, u FFM 48 kg a pro povrchu těla byl medián roven $1,7 \text{ m}^2$.

Nikdo z probandů nebyl profesionální sportovec, všichni byli zdraví a žádná z žen nebyla těhotná, ani neměla menstruaci. Podrobnější charakteristika výzkumné skupiny je uvedena v tabulce č. 6.

Tabulka 5: Velikost skupiny

Velikost skupiny (n)	31	100 %
Muži	8	25,8 %
Ženy	23	74,2 %

Tabulka 6: Základní charakteristika výzkumného souboru. Průměr ± SD

Ukazatel	Věk [roky]	Tělesná výška [cm]	Tělesná hmotnost [kg]	FFM [kg]	Povrch těla [m ²]
Průměr ± Směrodatná odchylka	23,6 ± 2,2	170,7 ± 10,4	64,2 ± 11,7	51,1 ± 10,3	1,7 ± 0,2

4.2 Použité metody

Pro zjištění výsledků byly použity pouze neinvazivní metody. Ke sběru dat byla použita metoda nepřímé kalorimetrie, bioimpedanční přístroj Tanita MC – 980 a BOD POD. Na základě naměřených antropometrických hodnot byly vypočítány hodnoty BMR z predikčních rovnic dle Harrise & Benedicta, Fleische a Schofielda.

4.2.1 Bioelektrická impedance

Bioimpedančním přístrojem použitým k měření antropometrických dat byla Tanita MC – 980. Tanita je multifrekvenční impedanční analyzátor, který k získávání výsledků využívá šest různých frekvencí. Vyšetřovaná osoba stála bosa ve spodním prádle na přístroji, na kterém jsou dvě elektrody pro každé chodidlo a do rukou, které měla podél těla, uchopila madla, která jsou spojena s přístrojem. V každém madle jsou další dvě elektrody. Díky nim prošel celým tělem elektrický proud o nízké intenzitě a různé vlnové délce. Na základě odporu, který tělu kladou tkáně (dobrým vodičem jsou například svaly, špatným vodičem je naopak tuková tkáň) byly poté pomocí predikčních rovnic vypočteny parametry tělesného složení. V reálných podmínkách za kontrolovaného stavu hydratace a při použití vhodných predikčních rovnic se chyba pohybuje okolo 5–7 %. Udávaná doba trvání bioelektrického impedančního měření je přibližně 20 s.

Vstupními proměnnými jsou tělesná výška, věk, pohlaví jedince a úroveň sportovní aktivity. Výstupními parametry jsou:

- Hmotnost těla
- Množství celkového tělesného tuku v procentech i v kilogramech a podíl tukové hmoty v jednotlivých segmentech těla
- Množství viscerálního (útrobního) tuku
- Množství aktivní tělesné hmoty v kg a zastoupení v jednotlivých segmentech těla
- Celkové množství vody v organismu v kg i v procentech tělesné hmotnosti a množství intracelulární i extracelulární vody
- BMI (index tělesné hmotnosti)
- Množství kostních minerálů
- Hodnotu bazálního metabolismu
- Hodnotu metabolického věku

Po změření tělesného složení na bioimpedančním přístroji Tanita MC - 980 lze kromě výsledků uvedených výše vidět v grafech srovnání probandových výsledků s průměrnou populací a také jsou vidět rozdíly mezi pravými a levými končetinami. Obrázek protokolu, který proband získá po měření, je uveden v příloze č. 12. Pro moji práci je důležitý údaj o tělesné hmotnosti, FFM a BMR.

Měření na bioelektrické impedanci není vhodné pro těhotné ženy, pro osoby s kardiostimulátorem a pro ženy během menstruace. Před měřením je potřeba dodržovat specifická pravidla, aby byly výsledky co nejpřesnější. Mezi tyto pravidla dle Haverkorta et al. (2015) patří:

- Nejít a nepít 2,5–3 hodiny před měřením
- 2,5 – 3 hodiny před měřením necvičit
- Před měřením použít toaletu
- Neprovádět měření těsně po sprchování nebo po sauně
- Měření provádět v místnosti o teplotě 20 °C–25 °C
- Pokud se provádí opakované měření, měly by vždy být dodrženy stejné podmínky

4.2.2 Celotělová pletysmografie

Celotělová pletysmografie, je metoda, která zjišťuje objem a hustotu těla a na základě této znalosti určuje složení těla a hodnotu RMR, která zde dle výrobce znamená hodnotu BMR. K tomuto měření jsme využili jediný komerčně dostupný přístroj BOD POD.

Před samotným měřením byla probandům změřena tělesná výška. Délka měření celotělové pletysmografie se pohybovala okolo 5 minut a nebyla nijak fyzická náročná.

4.2.3 Predikční rovnice

Jelikož existuje velké množství rovnic, určila jsem si pouze tři nejpoužívanější rovnice, kterými jsou Harris & Benedictova rovnice, Schofieldova rovnice se třemi neznámými a rovnice podle Fleische.

- Rovnice Harris & Benedict [kcal/den] pro **muže**:

$$\text{BMR [kcal/den]} = 66,4730 + (13,7516 * \text{hmotnost [kg]}) + (5,00338 * \text{výška [cm]}) - (6,7750 * \text{věk [roky]})$$

- Rovnice Harris & Benedict [kcal/den] pro **ženy**:

$$\text{BMR [kcal/den]} = 665,0955 + (9,5634 * \text{hmotnost [kg]}) + (1,8496 * \text{výška [cm]}) - (4,6756 * \text{věk [roky]})$$

- Schofieldova rovnice se třemi proměnnými pro **muže ve věku 18-29 let**

$$\text{BMR [MJ/den]} = 0,063 * \text{hmotnost [kg]} + 0,042 * \text{výška [m]} + 2,953$$

- Schofieldova rovnice se třemi proměnnými pro **ženy ve věku 18-29 let**:

$$\text{BMR [MJ/den]} = 0,057 * \text{hmotnost [kg]} + 1,148 * \text{výška [m]} + 0,411$$

- Fleischova rovnice pro muže i ženy s použitím tabulkových hodnot

$$\text{Nál. BMR [kJ. 24}^{-1}] = S [m^2] * EV [\text{kJ.24}^{-1} \text{ na m}^2]$$

4.3 Sběr dat

Testování výzkumného souboru proběhlo v dopoledních hodinách v laboratorních podmínkách během několika dní v únoru a v březnu 2018, kdy každý proband přišel pouze jedenkrát. Probandi byli rozděleni do několika skupin po maximálně 7 lidech, aby byla dodržena podmínka minimálně 12 hodin od posledního jídla a aby probandi nehladověli až do odpoledních hodin.

Probandi byli seznámeni a svým podpisem v informovaném souhlasu ztvrdili, že souhlasili s podmínkami měření, kterými bylo:

- 48 hodin před měřením vynechat bílkoviny ze stravy
- 24 hodin před měřením nepít kávu, alkohol
- 24 hodin před měřením se vyhnout sportovním aktivitám
- 12 hodin před měřením vůbec nejíst
- 2 hodiny před měřením nepít

Měření každého jedince trvalo maximálně 30 minut.

První částí měření bylo zjišťování výšky probandů, poté následovalo měření tělesného složení ve spodním prádle prostřednictvím Tanity MC – 980 a BOD PODU. Po naměření hodnot se probandi opět oblékli.

Závěrečným měřením byla nepřímá kalorimetrie. Probandi nejdříve dostali sport testery a poté leželi 10 minut na zádech v klidné místnosti, aby došlo k navození klidového stavu. V místnosti bylo ticho a nebyl v ní nikdo jiný. Po deseti minutách jim byl do úst vložen náustek a na nos umístěn „kolíček“, aby bylo zabráněno úniku vzduchu nosem. Měření spojené s dýcháním do náustku trvalo dalších 10 minut. Aby byly zajištěny co nejlepší podmínky pro měření, byla v místnosti teplota 20–25°C.

Všichni probandi byli testováni v Biomedicínské laboratoři Fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy, kde byly zajištěny stejné podmínky pro všechna měření. Diplomová práce byla schválena Etickou komisí UK FTVS. Schválená žádost je k dispozici v příloze pod číslem 1 a informovaný souhlas, který podepisovali probandi je v příloze pod číslem dva.

4.4 Analýza dat

Pro popis souboru byly využity základní statistické charakteristiky, které byly spočítány v Microsoft Excel. Mezi základní statistické charakteristiky patří míra polohy (aritmetický průměr) a míra variability (směrodatná odchylka), jejichž vzorce jsou uvedeny níže.

Dále byl využit Pearsonův korelační koeficient, který měl určit míru korelace (vzájemné lineární závislosti) mezi jednotlivými metodami a také mezi nezávisle proměnnými hodnotami (věk, tělesná výška, tělesná hmotnost, povrch těla a FFM) a závisle proměnnými hodnotami (výsledky BMR u jednotlivých metod). U korelační analýzy je důraz kladen především na intenzitu vzájemného vztahu. Hodnota korelačního koeficientu (r) se pohybuje v rozmezí od -1 do +1. Čím blíže je hodnota číslu jedna, tím více spolu jednotlivé metody korelují, tedy tím více spolu navzájem souvisejí a navzájem se ovlivňují. Jako kritérium statistické významnosti je považovaná hladina spolehlivosti (p -value) a koeficient determinace (R^2), který udává, kolik procent jednotkového standardizovaného rozptylu korelačních veličin je způsobeno lineární závislostí mezi nimi. Za signifikantní se považuje $p < 0,05$, což znamená, že na 95 % má vysvětlující proměnná vliv na proměnnou vysvětlovanou. Hodnota $p < 0,001$ je považována za vysoce signifikantní.

Další statistickou metodou, kterou jsem ve své práci využila je ANOVA, analýza rozptylu. Tato metoda umožňuje ověřit, zda na hodnotu náhodné veličiny pro určitého jedince má statisticky významný vliv hodnota některého znaku, který se u jedince dá pozorovat.

Lineární regresní analýza, která se zabývá jednostrannými závislostmi, je zobrazena v několika grafech. Ve všech případech je zobrazen vztah mezi nezávisle proměnnou (vysvětlující) a závisle proměnnou (vysvětlovanou). Díky koeficientu determinace lze určit zástupnost metod mezi sebou, která je v kapitole 5.3 této práce.

Dalšími statistickými metodami, které jsem počítala, byl F test a ANOVA, které jsem využila k testování statistických hypotéz, zda se výsledky BMR z predikčních rovnic významně liší či nikoli.

Použité vzorce a rovnice:

- **Aritmetický průměr** byl vypočítán pomocí rovnice níže:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$$

- Pro výpočet **směrodatné odchylky** byla použita tato rovnice:

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \left(\sum_{i=1}^N x_i^2 - N\bar{x}^2 \right)}$$

- Výpočet **korelace** byl proveden pomocí Pearsonova korelačního koeficientu:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n\bar{x}\bar{y}}{(n-1)s_x s_y} :$$

5 VÝSLEDKY

Pro přehlednost výsledků jsem tuto kapitolu rozdělila do tří podkapitol.

Všechny výsledky této práce jsou platné pouze pro tuto skupinu probandů anebo pro stejnou věkovou skupinu s velmi podobnou charakteristikou, nedají se zobecnit pro celou populaci. Jiné výsledky by určitě měly skupiny složené například pouze z mužů ve věku 60–70 nebo pouze z žen ve věk 30–40 let. Jiné hodnoty budou navíc platit pro příliš svalnatou či příliš obézní populaci, pro jinou etnickou skupinu apod.

5.1 Základní statistika

Výsledky základní statistiky jsou zobrazeny v tabulce číslo 7.

Na prvním přístroji, kterým byla Tanita MC - 980, byla minimální naměřená hodnota bazálního metabolismu ve skupině probandů 5042 kJ/den. Tato hodnota byla naměřena u ženy. Naopak maximální hodnota bazálního metabolismu byla zjištěna u muže, a to 8983 kJ/den. Průměrné BMR bylo ve skupině probandů 6449 kJ/den, pouze u mužů bylo 8249 kJ/den a u žen byla průměrná hodnota 5823 kJ/den. Střední hodnotou, mediánem, BMR na BIA bylo 6184 kJ/den. Směrodatná odchylka (SD) BMR představuje u BIA 1193 kJ/den.

Druhým přístrojem, na kterém byla probandům určována hodnota bazálního metabolismu, je pletysmografie neboli BOD POD. Na BOD PODU je dle výrobce měřeno RMR, které však zaměňují za BMR. Nejnižší hodnotou bazálního metabolismu naměřenou na BOD PODU byla hodnota 4080 kJ/den, která byla naměřena opět u ženy, nejvyšší naměřená hodnota vyšla 8462 kJ/den a byla naměřena u muže. Průměrná hodnota BMR na pletysmografii činila u celé skupiny probandů 5569 KJ/den, u mužů 7939 kJ/den a u žen 5737 kJ/den. Střední hodnota byla určena na 5273 kJ/den. Směrodatná odchylka v tomto případě představovala 1247 kJ/den.

Třetím a posledním přístrojem, kterým bylo BMR měřeno, byla nepřímá kalorimetrie. Zde byla minimální hodnota bazálního metabolismu 4998 kJ/den a nejvyšší hodnotou byla 8968 KJ/den. Průměrná hodnota BMR činila u celé skupiny 6306 kJ/den, u mužů 7403 kJ/den a u žen vyšla průměrná hodnota BMR 4931 kJ/den a střední hodnota vyšla 6048 kJ/den. Směrodatná odchylka u nepřímé kalorimetrie činila 1133 kJ/den.

Z rovnic, které byly použity pro odhad BMR, byla první rovnice Harrise & Benedicta, druhá byla rovnice podle Fleische a třetí rovnice byla rovnice podle Schofielda.

Ve výsledcích BMR podle Harrise & Benedicta vyšla nejnižší hodnota bazálního metabolismu 5416 kJ/den, střední 6072 kJ/den a nejvyšší 8568 kJ/den. Průměrnou hodnotou byla 6503 kJ/den pro všechny probandy, 8087 kJ/den u mužů a 5951 kJ/den pouze u žen. Směrodatná odchylka BMR z rovnice podle Harrise & Benedicta vyšla přesně 1000 kJ/den.

Při odhadu BMR podle Fleische vyšla nejnižší hodnota 5232 kJ/den, střední hodnota 6048 kJ/den a nejvyšší 8568 kJ/den. Průměrná hodnota bazálního metabolismu činila 6503 kJ/den, pro muže byla průměrná hodnota BMR 7722 kJ/den a pro ženy 5856 kJ/den. Směrodatná odchylka BMR měla v tomto případě hodnotu 909 kJ/den.

Jako poslední rovnici pro odhad BMR jsem využila rovnici podle Schofielda se třemi proměnnými, kterými byla tělesná výška, tělesná hmotnost a pohlaví. Nejnižší mnou vypočítané BMR vyšlo pouze 4851 kJ/den, střední hodnota se rovnala 5869 kJ/den a nejvyšší BMR činilo 8626 kJ/den. Průměrná hodnota v celé skupině probandů byla v tomto případě 6284 kJ/den, u mužů vyšla hodnota 8108 kJ/den a u žen 5649 kJ/den. Směrodatná odchylka BMR z rovnice podle Schofielda vyšla 1161 kJ/den.

Tabulka 7: Základní statistika

Ukazatel	Hodnoty naměřené na přístrojích			Hodnoty vypočítané z predikčních rovnic		
	BMR z BIA [kJ/den]	BMR z nepřímé kalorimetrie [kJ/den]	BMR z pletysmografie [kJ/den]	BMR rovnice Harrise & Benedicta [kJ/den]	BMR rovnice Fleische [kJ/den]	BMR z rovnice Schofielda [kJ/den]
Minimum	5042	4998	4080	5416	5232	4851
Maximum	8983	8986	8462	8568	8242	8626
Průměr celé skupiny	6449	6306	5569	6503	6338	6284

Ukazatel	Hodnoty naměřené na přístrojích			Hodnoty vypočítané z predikčních rovnic		
	BMR z BIA [kJ/den]	BMR z nepřímé kalorimetrie [kJ/den]	BMR z pletysmografie [kJ/den]	BMR rovnice Harrise & Benedicta [kJ/den]	BMR rovnice Fleische [kJ/den]	BMR z rovnice Schofielda [kJ/den]
Průměr muži	8249	7939	7403	8087	7722	8108
Průměr ženy	5823	5737	4931	5951	5856	5649
Medián	6184	6047	5273	6072	6048	5869
SD	1193	1133	1247	1000	909	1161

Z výsledků analýzy rozptylu s opakováním (ANOVA) bylo zjištěno, že hodnoty BMR z pletysmografie jsou nižší ve srovnání s hodnotami BMR ze všech ostatních metod.

V tabulce č. 8 lze vidět, že nulovou hypotézu, která zní, že průměry všech hodnot jsou stejné, zamítneme, protože $F_{krit.} < F$. Z toho plyne, že přijmeme alternativní hypotézu, která stanovuje, že hodnoty BMR ze všech měření se liší, ale ne významně.

Tabulka 8: ANOVA – testování H1

ANOVA	součet čtverců	průměrný čtverec	hodnota rozdělení	pravděpodobnost nulové hypotézy		
<i>Zdroj variability</i>	<i>SS</i>	<i>rozdíl</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>hodnota P</i>	<i>F krit.</i>
Mezi výběry	17931070,3	5	3586214,06	2,893767652	0,015410131	2,264309648
Všechny výběry	223071997,7	180	1239288,876			
Celkem	241003068	185				

5.2 Zástupnost metod

Pokud určíme jako referenční metodu (nezávisle proměnnou) nepřímou kalorimetrii, výsledky koeficientu determinace budou u ostatních metod v rozmezí 0,7498 až 0,63. Tyto výsledky zobrazuje tabulka č. 9.

Z toho plyne, že každá z metod dokáže vysvětlit cca 75–77 % rozptylu výsledků nepřímé kalorimetrie. Proto žádnou z metod nelze použít jako zástupnou k referenční metodě nepřímé kalorimetrie.

Tabulka 9: Koeficient determinace R^2 u referenční metody nepřímé kalorimetrie

	BMR z BIA [kJ/den]	BMR z pletysmografie [kJ/den]	BMR rovnice Harrise & Benedicta [kJ/den]	BMR podle Fleische [kJ/den]	BMR z rovnice Schofielda [kJ/den]
BMR z nepřímé kalorimetrie [kJ/den]	0,7750	0,7670	0,7886	0,7498	0,7763

Z tabulky č. 10 lze určit zástupnost metod mezi sebou. Z hodnot vyplývá, že všechny metody kromě nepřímé kalorimetrie jsou svou kvalitou informace zástupné jedna k druhé a dokáží vždy vysvětlit více než 90 % rozptylu z ustanovené závisle proměnné.

Lze tedy říct, že jednotlivé metody se liší pouze svým výsledkem, ale ne silou vztahu.

Tabulka 10: Koeficient determinace R^2 a zástupnost metod mezi sebou

	BMR z BIA [kJ/den]	BMR z pletysmografie [kJ/den]	BMR rovnice Harrise & Benedicta [kJ/den]	BMR podle Fleische [kJ/den]	BMR z rovnice Schofielda [kJ/den]
BMR z BIA [kJ/den]	1,000	0,97	0,96	0,93	0,96
BMR z pletysmografie [kJ/den]		1,000	0,93	0,90	0,94
BMR rovnice Harris & Benedict [kJ/den]			1,000	0,96	0,99
BMR podle Fleische [kJ/den]				1,000	0,96
BMR z rovnice Schofielda [kJ/den]					1,000

Při použití analýzy rozptylu v programu Microsoft Excel lze ověřit, zda se výsledky metod významně liší. Postup posuzování míry odlišnosti výsledků je zobrazen v tabulkách č. 11–13. Jelikož se ve všech případech potvrdila nulová hypotéza, že výběry mají shodné rozptyly, je možné zaměnit jednu predikční rovnici za druhou.

Nulová hypotéza znamená, že výběry mají shodné rozptyly. V našem případě jde v tabulce č. 11 o výběr BMR podle Harrise & Benedicta a BMR podle Fleische. Z tabulky je patrné, že $F < F_{\text{krit.}}$, takže se rozptyly významně neliší.

Tabulka 11: F-test BMR podle Harrise & Benedicta a BMR podle Fleische

	<i>BMR rovnice Harris & Benedict [kJ/den]</i>	<i>BMR podle Fleische [kJ/den]</i>
střední hodnota	6502,580645	6337,806452
rozptyl	999967,3849	825888,0946
pozorování	31	31
rozdíl	30	30
F	1,210778302	
P(F<=f) one-tail	0,301859947	
F Krit. one-tail	1,840871689	
	F < F krit. H0 platí	

V tabulce č. 12 je opět $F < F_{crit}$. Rozptyly BMR podle Schofielda a BMR podle Harrise & Benedicta se významně neliší.

Tabulka 12: F-test BMR podle Schofielda a BMR podle Harrise & Benedicta

	<i>BMR Schofieldova rovnice</i> [kJ/den]	<i>BMR rovnice Harris & Benedict</i> [kJ/den]
střední hodnota	6283,677419	6502,580645
rozptyl	1347605,292	999967,3849
pozorování	31	31
rozdíl	30	30
F	1,347649246	
P(F<=f) one-tail	0,209304999	
F Krit. one-tail	1,840871689	

$F < F_{crit}$ H_0 platí

Z tabulky č. 13 je patrné, že výsledky rozptylů se u BMR podle Schofieldovy rovnice a BMR podle Fleische významně neliší, jelikož $F < F_{crit}$.

Tabulka 13: F-test BMR podle Schofielda a BMR podle Fleische

	<i>BMR Schofieldova rovnice</i> [kJ/den]	<i>BMR podle Fleische</i> [kJ/den]
střední hodnota	6283,677419	6337,806452
rozptyl	1347605,292	825888,0946
pozorování	31	31
rozdíl	30	30
F	1,631704466	
P(F<=f) one-tail	0,092872778	
F Krit. one-tail	1,840871689	

$F < F_{crit}$ H_0 platí

5.3 Korelace a lineární regresní analýza

Tabulka č. 14 ukazuje, jak spolu navzájem korelují (na sobě závisejí) jednotlivé hodnoty nezávisle proměnných, kterými jsou věk v rocích, tělesná výška v centimetrech, tělesná hmotnost v kilogramech, FFM v kilogramech a povrch těla v metrech čtverečních.

Z tabulky je patrné, že velmi silně spolu koreluje tělesná hmotnost a FFM ($r = 0,96$), tělesná výška a FFM ($r = 0,86$), tělesná výška a povrch těla ($r = 0,90$), tělesná hmotnost a povrch těla ($r = 0,97$) a poslední, co spolu velmi silně koreluje, je FFM a povrch těla ($r = 0,97$).

Silná korelace je patrná u tělesné výšky a tělesné hmotnosti ($r = 0,78$).

Korelaci mezi věkem a dalšími závisle proměnnými nemá smysl dělat, jelikož věk neovlivňuje výsledky hmotnosti, výšky ani povrchu těla. Kdyby šlo o skupinu dětí, měla by korelace mezi věkem a výškou větší smysl. Ve své práci tyto korelace uvádím jen pro přehlednost výsledků všech korelací.

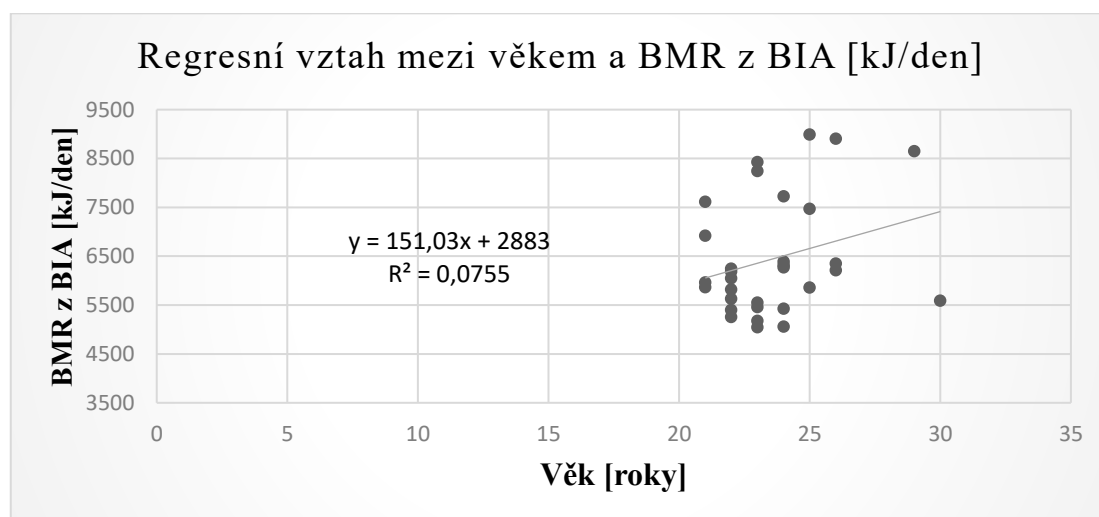
Tabulka 14: Korelace – závisle proměnné metody

	Věk [roky]	Tělesná výška [cm]	Tělesná hmotnost [kg]	FFM [kg]	Povrch těla [m ²]
Věk [roky]	1,00	0,42	0,29	0,30	0,36
Tělesná výška [cm]		1,00	0,78	0,86	0,90
Tělesná hmotnost [kg]			1,00	0,96	0,97
FFM [kg]				1,00	0,97
Povrch těla [m ²]					1,00

Tabulka č. 15 ukazuje, jak spolu korelují závislé a nezávislé proměnné ukazatele. Věk neovlivňuje výsledky žádné z metod určování BMR, proto jeho hodnota korelace s hodnotami BMR v tabulce není uvedena. V grafu č. 1 je příklad regresního vztahu mezi výsledky BMR z BIA na věku. Jelikož koeficient determinace (R^2) vyšel pouze 0,075, je výsledek BMR z BIA vysvětlen výškou pouze ze 7,5 %. Ostatní regresní vztahy mezi věkem a výsledky měření vypadají velmi podobně. Jelikož jsou data rozptýlena okolo přímky, jsou výsledky BMR z BIA (a i ostatních metod) na věku jen málo závislé.

Další hodnoty koeficientu determinace jsou zobrazeny v tabulce č. 16. Výsledek v procentech získáme vynásobením R^2 číslem sto.

Graf 1: Regresní vztah mezi věkem a BMR z BIA

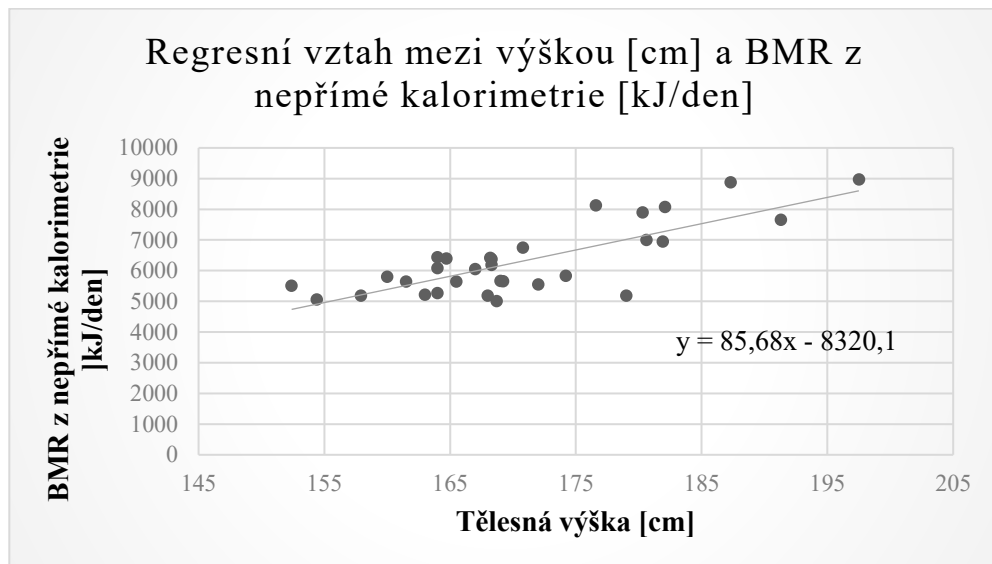


Tělesná výška koreluje silně s výsledky BMR z nepřímé kalorimetrie ($r = 0,79$). Z výsledku koeficientu determinace ($R^2 = 0,62$) vidíme, že výsledek BMR z nepřímé kalorimetrie je tělesnou výškou vysvětlen z 62 %. Velmi silně koreluje tělesná výška s výsledky BMR z BIA ($r = 0,85$), z pletysmografie ($r = 0,84$), dále s výsledky BMR podle Harrise & Benedicta ($r = 0,85$), s BMR podle Fleische ($r = 0,98$) a s výsledky BMR podle Schofielda ($r = 0,85$).

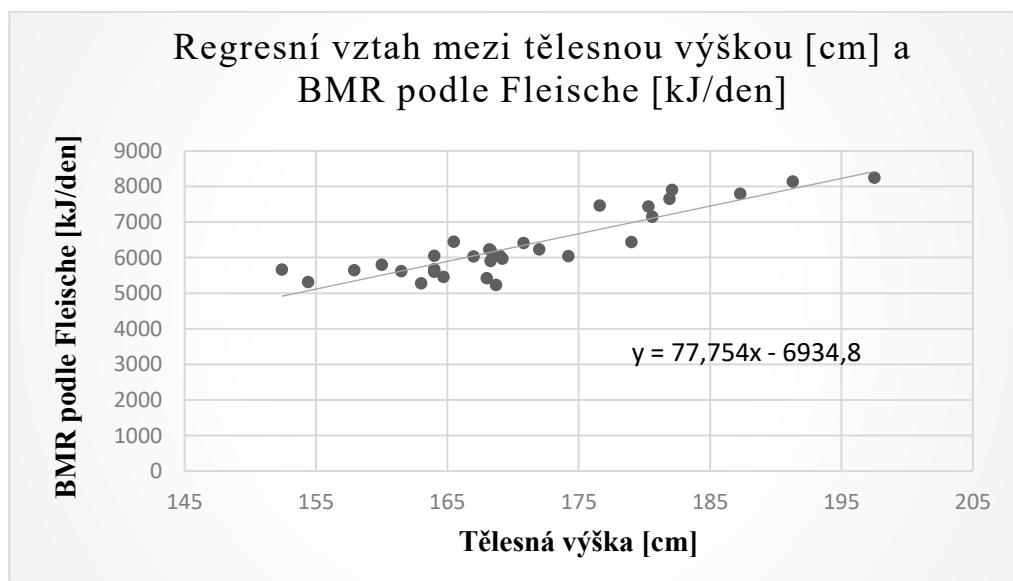
Tělesná výška dokáže vysvětlit 72,5 % rozptylu výsledků z BIA, 61,9 % z nepřímé kalorimetrie a ze 70,8 % výsledky z pletysmografie. Výsledky rozptylu rovnice podle Harrise & Benedicta jsou výškou vysvětleny ze 72,8 %, rovnice podle Fleische z 79,3 % a výsledky rozptylu BMR podle Schofieldovy rovnice ze 71,5 %. V grafech č. 2 a č. 3 lze vidět výsledky koeficientu determinace, kde v grafu číslo 2 jde o nejnižší

hodnotu koeficientu determinace, takže jsou body více vzdáleny od přímky, a v grafu číslo 3 jde o hodnotu nejvyššího koeficientu determinace, tudíž jsou body velmi blízko přímce.

Graf 2: Regresní vztah mezi výškou [cm] a BMR z nepřímé kalorimetrie [kJ/den] (nejnižší koeficient determinace)



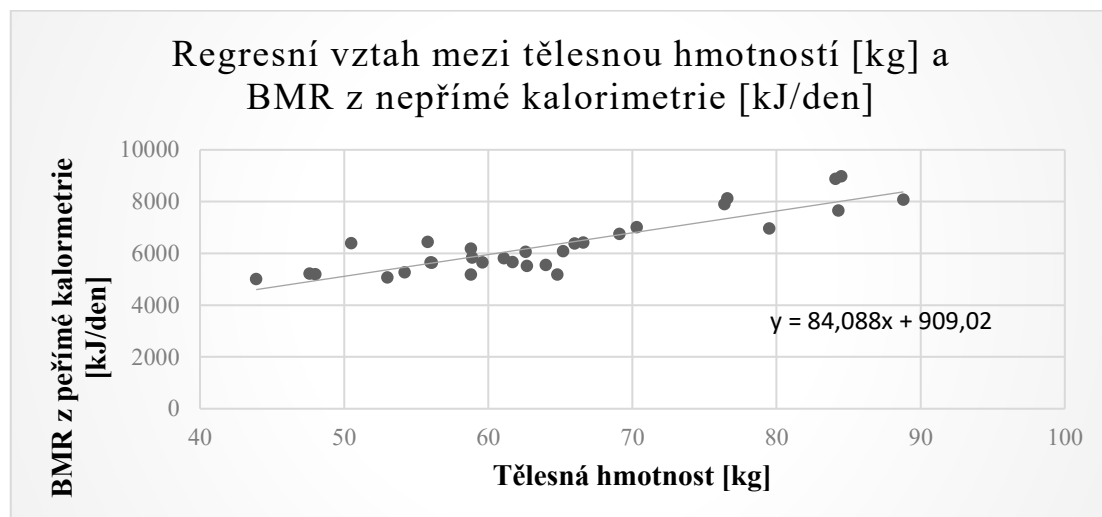
Graf 3: Regresní vztah mezi tělesnou výškou [cm] a BMR podle Fleische [kJ/den] (nejvyšší koeficient determinace)



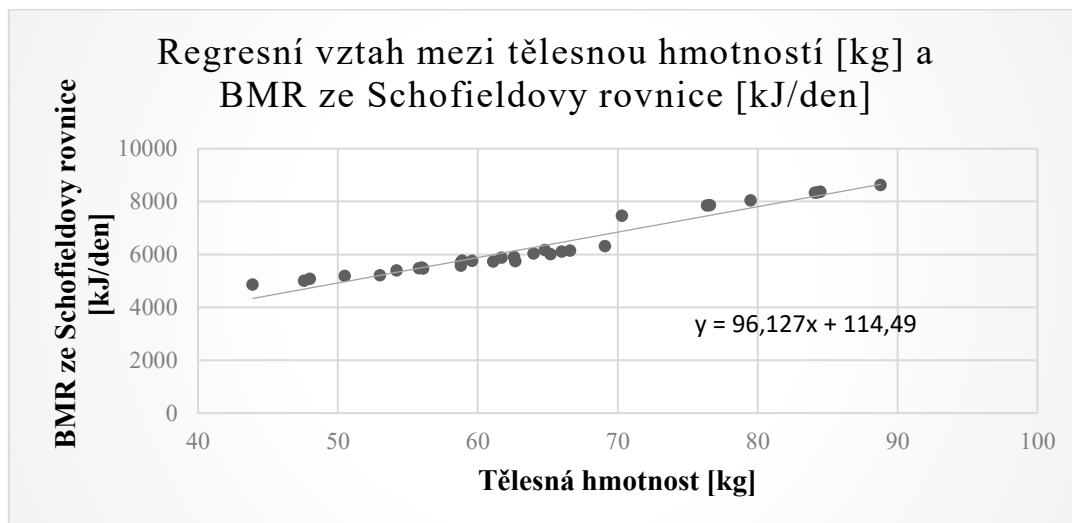
Tělesná hmotnost velmi silně koreluje s výsledky BMR z nepřímé kalorimetrie, korelační koeficient je roven 0,87. Dále tělesná hmotnost velmi silně koreluje s výsledky BMR z Tanity (BIA), BMR z pletysmografie a s výsledky BMR z predikční rovnice podle Harrise & Benedicta. Ve všech případech se korelační koeficient rovná 0,96. Tělesná hmotnost také velmi silně koreluje s výsledky BMR podle Fleische ($r = 0,95$) a s výsledky BMR podle Schofielda ($r = 0,97$).

Výsledky rozptylu BMR z BIA jsou tělesnou hmotností vysvětleny z 93 %, nepřímé kalorimetrie z 75,6 % a pletysmografie z 92,6 %. U rovnice podle Harrise & Benedicta je výsledek rozptylu BMR vysvětlen tělesnou hmotností z 91,7 %, rovnice podle Fleische z 90,5 % a Schofieldova rovnice z 94,2 %. V grafu č. 4 a 5 je znázorněna rovnice lineární regrese s nejnižší a nejvyšší hodnotou koeficientu determinace.

Graf 4: Regresní vztah mezi tělesnou hmotností [kg] a BMR z nepřímé kalorimetrie [kJ/den] (nejnižší koeficient determinace)



Graf 5: Regresní vztah mezi tělesnou hmotností [kg] a BMR ze Schofieldovy rovnice [kJ/den] (nejvyšší koeficient determinace)

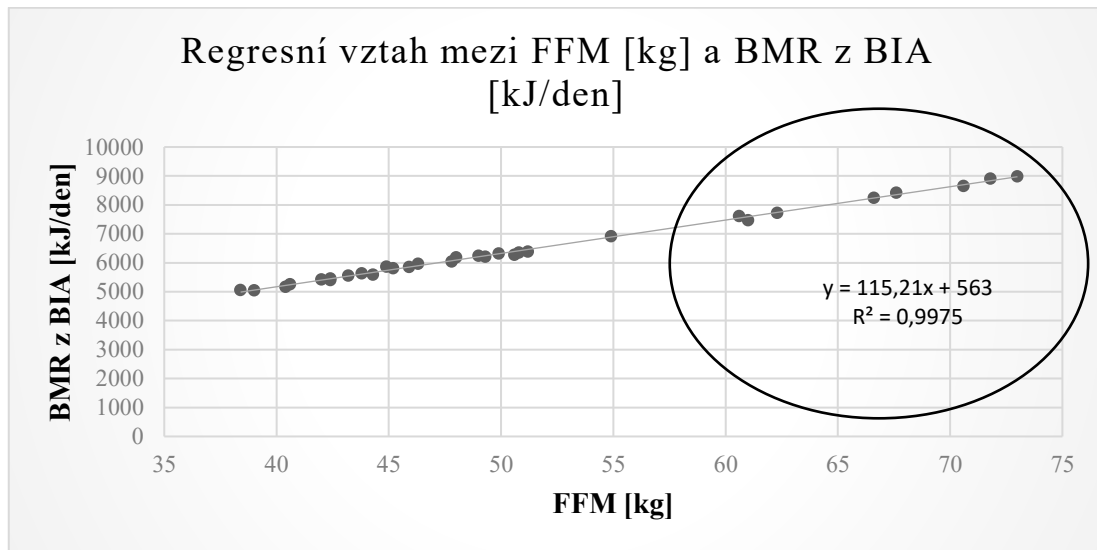


Výsledkem korelace mezi FFM a výsledkem BMR z BIA je $r = 1,0$. To společně s výsledkem $r = 0,99$ u korelace mezi FFM a výsledkem BMR z pletysmografie potvrzuje hypotézu č. 2 (H2), která uvádí, že výsledky BMR z BIA a BMR z pletysmografie budou velmi silně korelovat s FFM. Velmi silně také korelují výsledky FFM a BMR z nepřímé kalorimetrie ($r = 0,90$) a BMR podle Harrise & Benedicta a BMR podle Schofielda ($r = 0,98$). Hodnota korelace mezi FFM a BMR podle Fleische je rovna 0,96, což také značí velmi silnou korelaci.

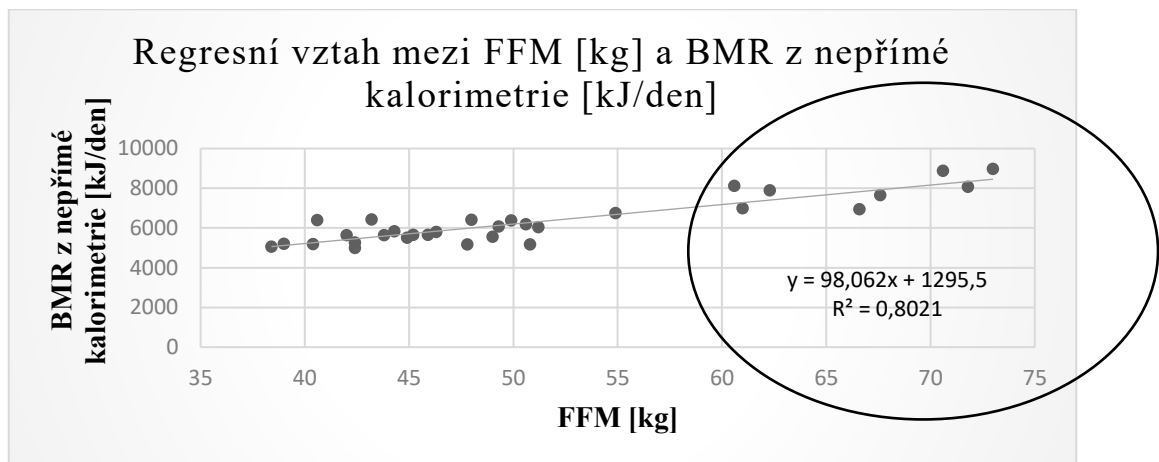
V grafech č. 6–11 je zobrazen lineární regresní vztah mezi FFM a výsledky BMR z mnou používaných metod. Dané regresní modely vysvětlují 99,7 % rozptylu závisle proměnné, kterou je BMR z BIA. Výsledky rozptylu BMR z nepřímé kalorimetrie jsou vysvětleny FFM z 97,6 % a výsledky rozptylu BMR z pletysmografie jsou FFM vysvětleny z 80 %. U predikčních rovnic jsou výsledky rozptylu BMR vysvětleny FFM z 95 % u rovnice Harrise & Benedicta, z 93 % u rovnice podle Fleische a z 95,5 % u Schofieldovy rovnice. Čím blíže jsou výsledky spojenci trendu, tím menší je součet čtverců odchylek skutečných od očekávaných hodnot.

Zajímavé je, že výsledky v grafu se dělí na dvě části, kde na levé straně jsou výsledky žen a zakroužkované výsledky vpravo patří mužům.

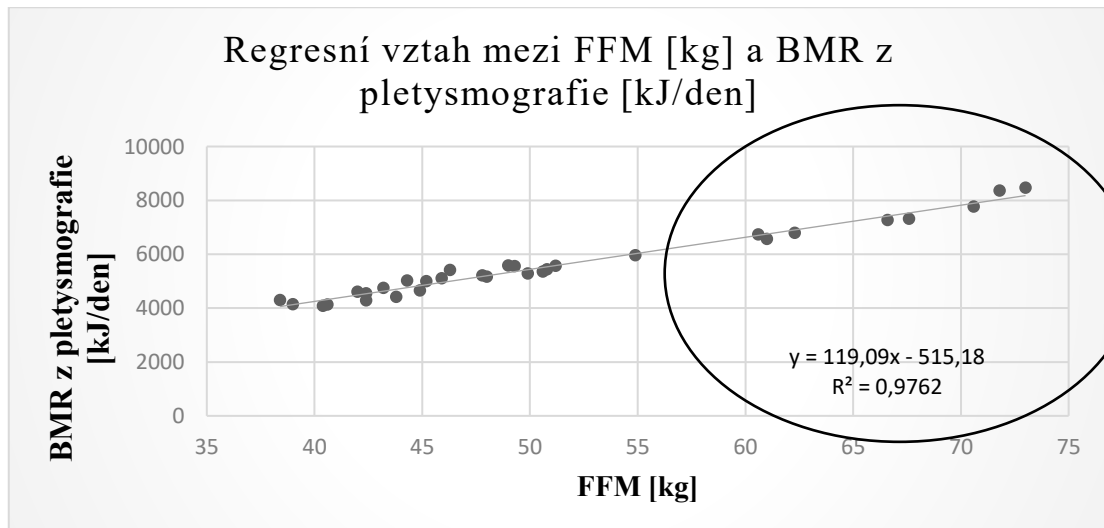
Graf 6: Regresní vztah mezi FFM [kg] a BMR z BIA [kJ/den]



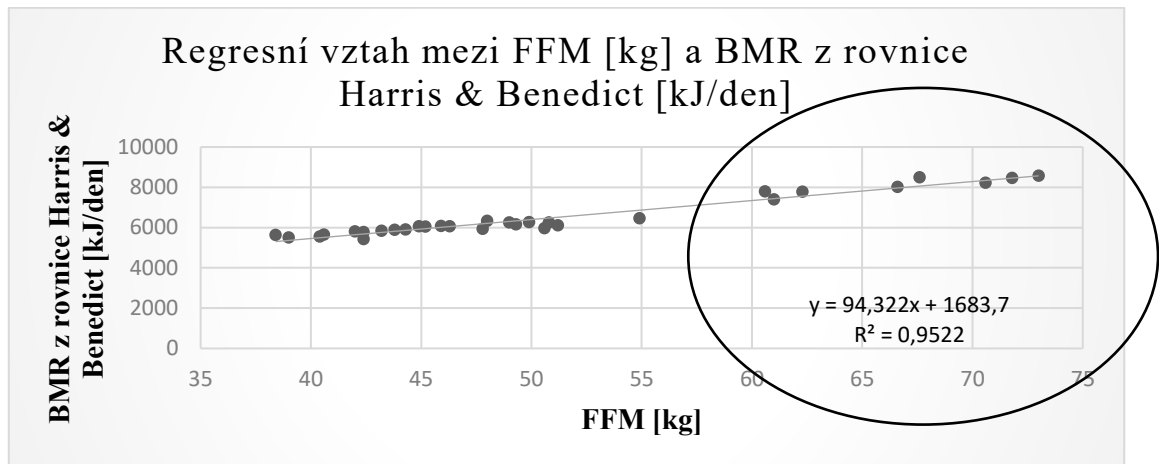
Graf 7: Regresní vztah mezi FFM [kg] a BMR z nepřímé kalorimetrie [kJ/den]



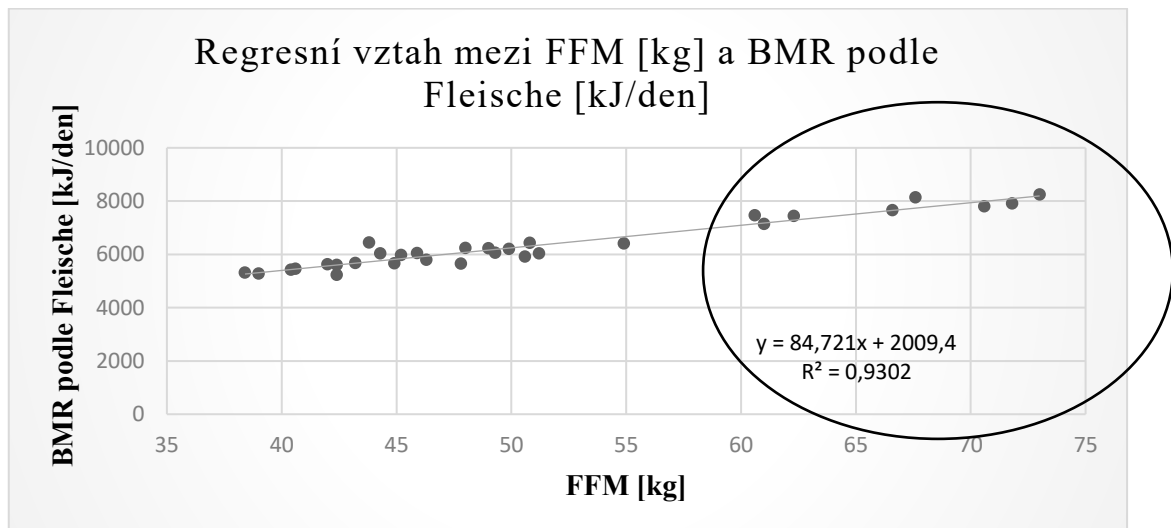
Graf 8: Regresní vztah mezi FFM [kg] a BMR z pletysmografie [kJ/den]



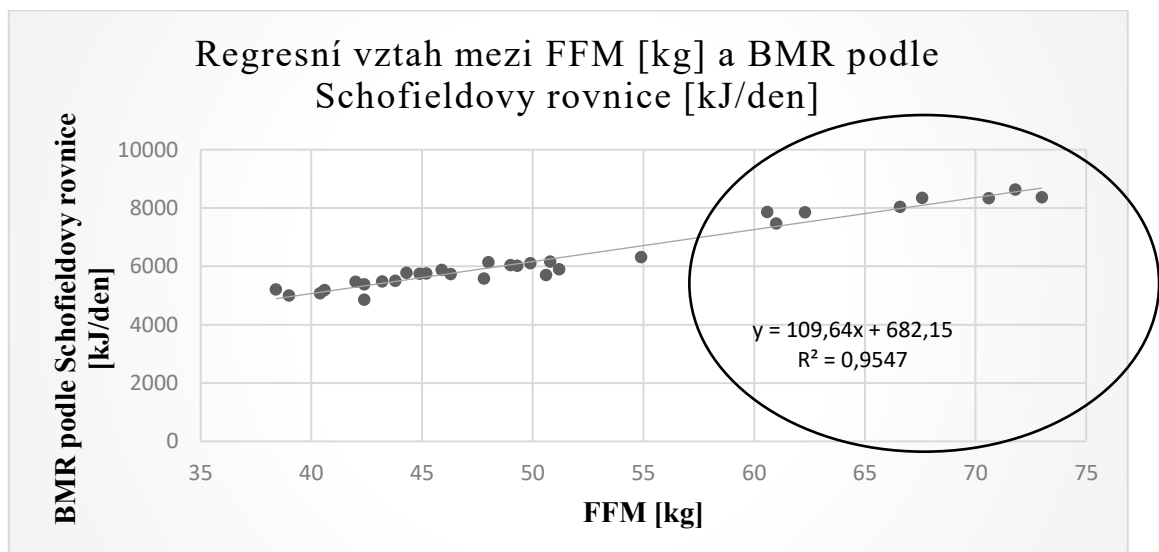
Graf 9: Regresní vztah mezi FFM [kg] a BMR z rovnice Harris & Benedict [kJ/den]



Graf 10: Regresní vztah mezi FFM [kg] a BMR podle Fleische [kJ/den]



Graf 11: Regresní vztah mezi FFM [kg] a BMR podle Schofieldovy rovnice [kJ/den]



Povrch těla, který se počítá z tělesné výšky a hmotnosti, velmi silně koreluje se všemi výsledky, a tím pádem jsou všechny výsledky povrchem těla ovlivněny. Hodnota korelačního koeficientu je u BMR z nepřímé kalorimetrie a povrchu těla ($r = 0,89$). Velmi silně ovlivňuje výsledky BMR povrch těla i v případě výsledků BMR z BIA, BMR z pletysmografie a u BMR z rovnice Harrise & Benedicta ($r = 0,97$), u výsledků BMR z rovnice podle Schofielda a BMR podle Fleische je korelace mezi BMR a povrchem těla ještě o něco málo vyšší, a to ($r = 0,98$).

Podle koeficientu determinace (tabulka č. 16) vidíme, že povrch těla vysvětluje 94,8 % rozptylu BMR z BIA, 93,9 % rozptylu BMR z pletysmografie, 78,4 % rozptylu BMR z nepřímé kalorimetrie, 94 % rozptylu BMR z rovnice Harrise & Benedicta, 96,3 % rozptylu BMR z rovnice podle Fleische a 95,2 % rozptylu BMR z rovnice podle Schofielda.

Tabulka 15: Korelace – závisle a nezávisle proměnné hodnoty

	Závisle proměnné					
	BMR z BIA [kJ/den]	BMR z nepřímé kalorimetrie [kJ/den]	BMR z pletysmografie [kJ/den]	BMR rovnice Harrise & Benedicta [kJ/den]	BMR rovnice Fleische [kJ/den]	BMR z rovnice Schofielda [kJ/den]
Tělesná výška [cm]	0,85	0,79	0,84	0,85	0,89	0,85
Tělesná hmotnost [kg]	0,96	0,87	0,96	0,96	0,95	0,97
FFM [kg]	1,00	0,90	0,99	0,98	0,96	0,98
Povrch těla [m²]	0,97	0,89	0,97	0,97	0,98	0,98

Tabulka 16: Koeficient determinace R^2

	BMR z BIA [kJ/den]	BMR z nepřímé kalorimetrie [kJ/den]	BMR z Pletysmografie [kJ/den]	BMR rovnice Harrise & Benedicta [kJ/den]	BMR rovnice Fleische [kJ/den]	BMR z rovnice Schofielda [kJ/den]
Tělesná výška [cm]	0,725	0,619	0,708	0,728	0,793	0,715
Tělesná hmotnost [kg]	0,930	0,756	0,926	0,917	0,905	0,942
FFM [kg]	0,997	0,802	0,976	0,952	0,930	0,955
Povrch těla [m²]	0,948	0,784	0,939	0,940	0,963	0,952

Tabulka č. 17 se věnuje korelacím mezi závisle proměnnými hodnotami, které přinesly jednotlivé metody.

Velmi silně spolu korelují všechny metody mezi sebou navzájem. Korelace mezi BMR z BIA a BMR z pletysmografie je $r = 0,99$, což je dáno tím, že BIA i pletysmografie velmi silně korelují s hodnotou FFM. Korelace $r = 0,99$ vyšla i mezi výsledky BMR z rovnice Harrise & Benedicta a výsledky BMR z rovnice podle Schofielda.

Hodnota korelačního koeficientu $r = 0,98$ se objevila v několika případech, a to mezi BMR z BIA a BMR z rovnice podle Harrise & Benedicta, dále mezi BMR z BIA a rovnicí pro odhad BMR podle Schofielda, také mezi BMR z rovnice dle Harrise & Benedicta a BMR z rovnice podle Fleische. Posledním případem, kde hodnota korelačního koeficientu vyšla 0,98, je vztah mezi BMR z rovnice podle Fleische a BMR z rovnice podle Schofielda.

Korelační koeficient $r = 0,97$ se v několika případech opakoval. Těmito případy je korelace mezi BMR z BIA a BMR podle Fleische, BMR z pletysmografie a BMR z rovnice Harrise & Benedicta a v posledním případě jde o dvojici výsledků BMR z pletysmografie a BMR z rovnice podle Schofielda.

O něco menší korelace, ale pořád velmi silná, vyšla mezi výsledky BMR z pletysmografie a BMR z rovnice podle Fleische ($r = 0,95$). Pro výsledky BMR z nepřímé

kalorimetrie a BMR z rovnice podle Harrise & Benedicta je korelační koeficient roven 0,91. Korelace mezi BMR z BIA a BMR z nepřímé kalorimetrie a BMR z BIA a výsledky BMR podle Schofieldovy predikční rovnice je $r = 0,90$.

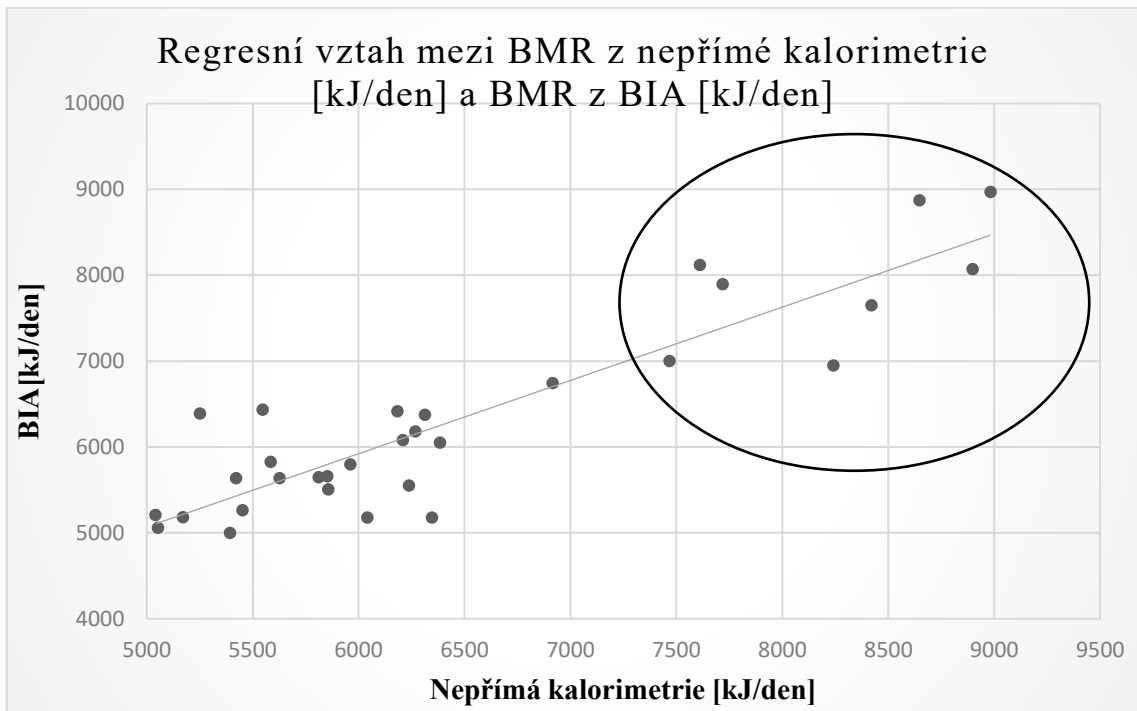
Hodnotu $r = 0,89$ nabývá korelační koeficient mezi výsledkem BMR z nepřímé kalorimetrie a BMR z rovnice podle Fleische a také mezi výsledkem BMR z nepřímé kalorimetrie a BMR z pleťsmografie.

Tabulka 17: Korelace mezi jednotlivými metodami

	BMR z BIA [kJ/den]	BMR z nepřímé kalorimetrie [kJ/den]	BMR z pleťsmografie [kJ/den]	BMR rovnice Harrise & Benedicta [kJ/den]	BMR rovnice Fleische [kJ/den]	BMR rovnice Schofielda [kJ/den]
BMR z BIA [kJ/den]	1,00	0,90	0,99	0,98	0,97	0,98
BMR z nepřímé kalorimetrie [kJ/den]		1,00	0,89	0,91	0,89	0,90
BMR z pleťsmografie [kJ/den]			1,00	0,97	0,95	0,97
BMR rovnice Harrise & Benedicta [kJ/den]				1,00	0,98	0,99
BMR rovnice Fleische [kJ/den]					1,00	0,98
BMR rovnice Schofielda [kJ/den]						1,00

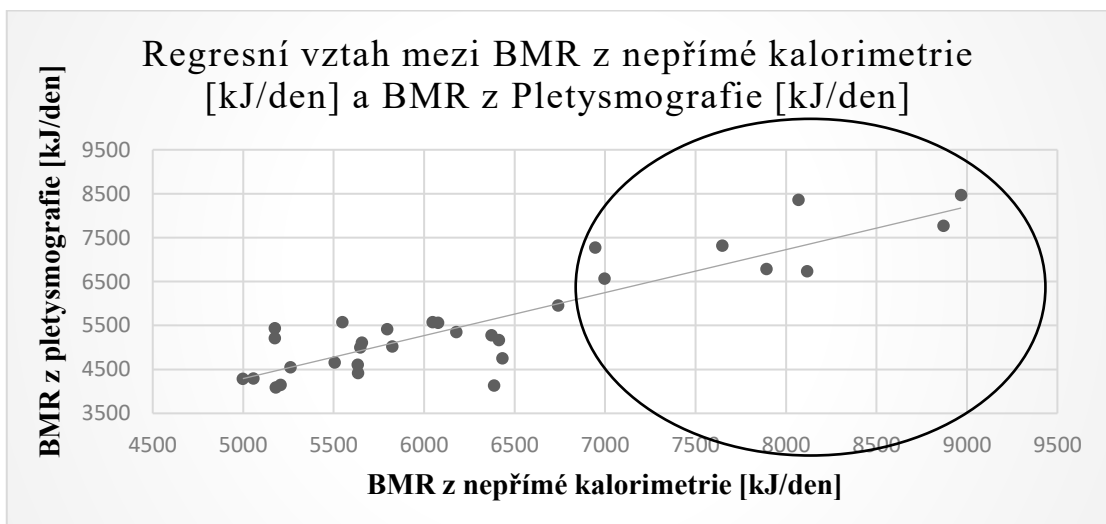
Graf číslo 12 zobrazuje lineární regresní přímku mezi výsledky BMR z nepřímé kalorimetrie [kJ/den] a výsledky BMR z BIA [kJ/den]. Predikční rovnice, která platí pro tento vztah, je $y = 0,853x + 804,08$. Zakroužkovaná oblast platí pro muže.

Graf 12: Regresní vztah mezi BMR z nepřímé kalorimetrie [kJ/den] a BMR z BIA [kJ/den]



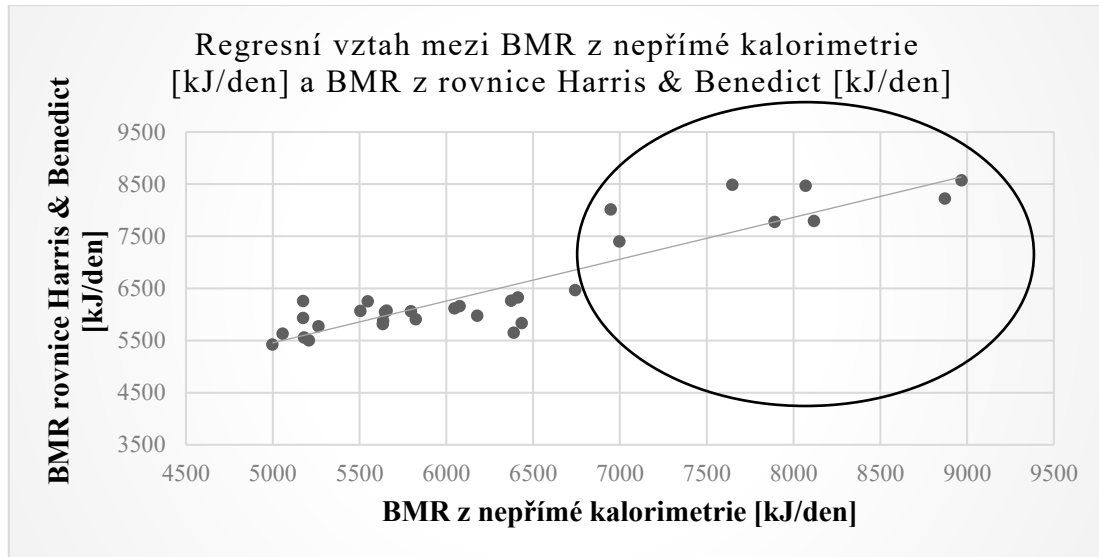
Graf číslo 13 zobrazuje lineární vztah mezi výsledky BMR z nepřímé kalorimetrie [kJ/den] a BMR z pletysmografie [kJ/den]. Predikční rovnice pro výpočet BMR z pletysmografie, pokud známe hodnotu x (BMR z nepřímé kalorimetrie), má tvar $y = 0,9784x - 599,81$. Zakroužkovaná oblast platí pro muže.

Graf 13: Regresní vztah mezi BMR z nepřímé kalorimetrie [kJ/den] a BMR z pletysmografie [kJ/den]



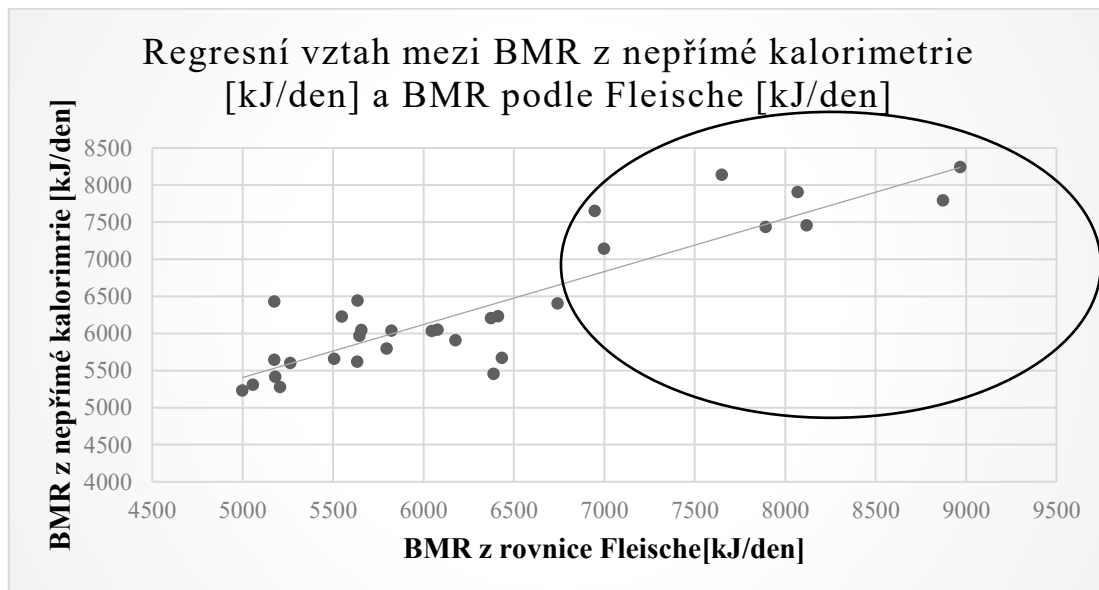
Regresní vztah zobrazený na grafu č. 14 mezi BMR z nepřímé kalorimetrie [kJ/den] a BMR z rovnice Harris & Benedicta [kJ/den] má predikční rovnici ve tvaru $y = 0,8024x + 1443,3$. Zakroužkovaná oblast platí opět pro muže.

Graf 14: Regresní vztah mezi BMR z nepřímé kalorimetrie



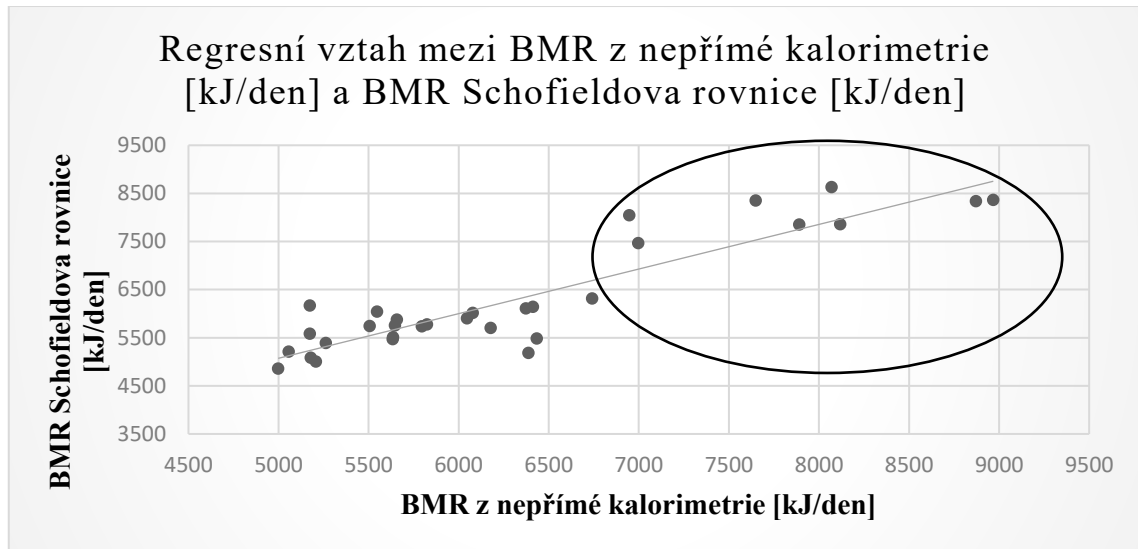
Na grafu č. 15 je vidět lineární vztah mezi výsledky BMR z nepřímé kalorimetrie [kJ/den] a mezi výsledky BMR z rovnice podle Fleische [kJ/den]. Predikční rovnice pro výpočet závisle proměnné y, má tvar $y = 0,7137x + 1837,3$. Zakroužkovaná oblast představuje hodnoty mužů.

Graf 15: Regresní vztah mezi BMR z nepřímé kalorimetrie [kJ/den] a BMR podle Fleischovy rovnice [kJ/den]



Posledním grafem lineární závislosti BMR ze Schofieldovy rovnice na BMR z nepřímé kalorimetrie lze pozorovat v grafu č. 16. V tomto případě má predikční rovnice tvar $y = 0,9273x + 436,53$. Zakroužkovaná oblast zobrazuje výsledky mužů.

Graf 16: Regresní vztah mezi BMR z nepřímé kalorimetrie [kJ/den] a BMR ze Schofieldovy rovnice [kJ/den]



Pro ověření platnosti predikčních rovnic jsem využila hodnoty bazálního metabolismu z nepřímé kalorimetrie jednoho muže a jedné ženy, kteří nebyli do výpočtu zahrnuti. V tabulce č. 18 jsou zobrazeny naměřené hodnoty bazálního metabolismu a také hodnoty predikovaného bazálního metabolismu dle regresních rovnic u muže. Za x jsem dosadila hodnotu BMR z nepřímé kalorimetrie, která u tohoto muže vyšla 8872 kJ/den. Jak je z tabulky patrné, u tohoto probanda byly nadhodnoceny všechny výsledky BMR, a to v rozmezí 231–374 [kJ/den].

V tabulce č. 19 jsou naměřené a predikované hodnoty bazálního metabolismu pro ženu. Za hodnotu x jsem dosazovala naměřený výsledek BMR z nepřímé kalorimetrie, který této ženě vyšel 6413 kJ/den. I u této ženy došlo k nadhodnocení, a to v rozmezí od 181 kJ/den do 515 kJ/den. U ženy jsou větší výkyvy v určené BMR než u muže.

Tabulka 18: Naměřené vs. predikované hodnoty BMR [kJ/den] u muže

	Naměřené BMR [kJ/den]	Predikovaná hodnota bazálního metabolismu [kJ/den]	Rozdíl mezi predikovanými a naměřenými hodnotami [kJ/den]
BMR z BIA [kJ/den]	8648	8879	231
BMR z pletysmografie [kJ/den]	7763	8077	314
BMR Harris & Benedictova rovnice [kJ/den]	8218	8562	344
BMR podle Fleischovy rovnice [kJ/den]	7795	8169	374
BMR podle Schofieldovy rovnice [kJ/den]	8332	8664	332

Tabulka 19: Naměřené vs. predikované hodnoty BMR [kJ/den] u ženy

	Naměřené BMR [kJ/den]	Predikovaná hodnota bazálního metabolismu [kJ/den]	Rozdíl mezi predikovanými a naměřenými hodnotami [kJ/den]
BMR z BIA [kJ/den]	6184	6550	366
BMR z pletysmografie [kJ/den]	5160	5675	515
BMR Harris & Benedictova rovnice [kJ/den]	6320	6589	269
BMR podle Fleischovy rovnice [kJ/den]	6233	6414	181
BMR podle Schofieldovy rovnice [kJ/den]	6139	6383	244

6 DISKUSE

Cílem diplomové práce byla komparace metod zjišťování hodnot bazálního metabolismu. Tyto hodnoty byly určovány pomocí nepřímé kalorimetrie, pletysmografie, bioimpedanční metody a predikčních rovnic. Predikční rovnice, které byly použity v této práci, byly rovnice Harrise & Benedicta, Fleische a Schofielda.

Dle Kohlíkové (2004) je průměrná hodnota bazálního metabolismu u mužů 7000 kJ/den a u žen 6300 kJ/den. Ve skupině probandů, kteří se zúčastnili mého měření, vyšla průměrná hodnota bazálního metabolismu ze všech metod u mužů 7918 kJ/den a u žen 5658 kJ/den. Vzhledem k malému počtu probandů (8 mužů a 23 žen) je třeba brát průměrné hodnoty s rezervou, jelikož stačí jeden velmi nadprůměrný či podprůměrný výsledek, a celý průměr bude zkreslený.

Jak již bylo zmíněno, jelikož jsem měla ve skupině pouze 8 mužů, průměrný výsledek nemá příliš vypovídající hodnotu. Přesto můžeme konstatovat, že průměrný výsledek BMR u mužů v mé práci je vyšší než ten, který uvádí Kohlíková (2004). U žen vyšel průměrný výsledek BMR naopak nižší, než uvádí Kohlíková (2004). Jelikož se měření zúčastnilo 23 žen, tak má hodnota aritmetického průměru lepší výpovědní hodnotu, než je tomu u mužů. Přesto je to nedostatečné množství lidí. Právě proto jsem skupinu brala jako celek a nedělala jsem rozdíl mezi muži a ženami.

První hypotézou, kterou jsem měla za úkol v této práci vyvrátit, nebo přijmout, bylo tvrzení, že se výsledky jednotlivých metod budou významně lišit. Tato hypotéza (H1) byla vyvrácena. Výsledky jednotlivých metod se sice liší, ale ne významně. Každá z metod pro určení BMR počítá s několika stejnými hodnotami (věk, tělesná hmotnost a tělesná výška) a počítá také s některými odlišnými hodnotami (konstanty v rovnicích). Rovnice, které používá pro výpočet BMR Tanita i BOD POD, nejsou bohužel známé.

Současně s hypotézou č. 1 jsem zjišťovala, zda lze zaměnit jednu metodu určování bazálního metabolismu za druhou. Jako referenční metoda pro určování BMR byla určena nepřímá kalorimetrie. Pro zjišťování BMR je totiž dle Křížové (2016) nejpřesnější metoda nepřímé kalorimetrie. Princip nepřímé kalorimetrie spočívá v upotřebením kyslíku pro využití nutričních substrátů a produkci oxidu uhličitého v určené době (Křížová, 2016; Zadák, 2008; Kohout, 2001). Vydechovaný vzduch je veden do přístroje a ten odesílá naměřené hodnoty do počítače k analýze (Křížová, 2016). Abychom mohli

správně určit hodnotu BMR, je dle Zadáka (2008) nutné znát dusíkovou bilanci kvůli štěpení bílkovin a respirační kvocient. Odlišnost metod výpočtu je dle Zadáka (2008) do dvou procent.

Na základě výpočtů jsme zjistili, že ostatní metody nepřímou kalorimetrii nahradit nemohou, ale mohou zastoupit jedna druhou. Všechny „potenciální zástupné metody“ pro určování BMR mezi sebou mají velmi silný korelační vztah.

Hejná (2016) provedla podobný výzkum jako já, ke zjištění výsledků však použila úplně odlišné statistické metody a postupy. Ve své bakalářské práci používala Bodystat, Harrisovu & Benedictovu rovnici, In Body a nepřímou kalorimetrii, kterou brala jako referenční metodu pro určování BMR. Při porovnávání metod došla k závěru, že nejpřesnější metodou pro určování BMR hned po nepřímé kalorimetrii je Bodystat, pak Harrisova & Benedictova rovnice a nejméně přesné je In Body 230.

Porovnáváním výsledků BMR z nepřímé kalorimetrie a BMR z predikční rovnice podle Harris & Benedicta u 104 podvyživených žen se věnovala studie Aliasgharzadeh et al. (2015). Všechny ženy byly ve věku 18–30 let. Ve svém výzkumu zjistili, že Harris & Benedictova rovnice nejvíce nadhodnocuje výsledky BMR. K tomu, že Harris & Benedictova rovnice nadhodnocuje výsledky BMR jsme došli v této diplomové práci také. V naší práci však nadhodnocují výsledky BMR všechny použité predikční rovnice.

Sabouchi et al. (2013) uvádějí, že nejlepším prediktorem pro výpočet BMR u různých skupin populace je FFM a druhým nejlepším prediktorem, který je skoro stejně tak dobrý, je tělesná váha. Dílčím cílem této práce bylo ověřit, zda spolu velmi silně korelují výsledky BMR z bioelektrické impedanční analýzy a FFM a také výsledky BMR z pletysmografie a FFM. Pomocí výpočtů jsme zjistili, že existuje velmi silný korelační koeficient a koeficient determinace mezi FFM a výsledky BMR z BIA a BMR z pletysmografie. Tímto se potvrdila hypotéza č. 2 (H2).

Predikčních rovnic pro odhad BMR bylo vytvořeno velké množství, jak již bylo zmíněno v teoretické části práce. Sabouchi et al. (2013) uvádějí, že existuje cca 248 rovnic pro odhad BMR, které se liší dle toho, jestli jako proměnné užívají věk, rasu, pohlaví, tělesnou hmotnost bez tuku, tělesnou hmotnost tukové hmoty, výšku, BMI a další možné ukazatele.

Za zlatý standard mezi rovnicemi pro určování bazálního metabolismu je považována rovnice vytvořená Harrisem & Benedictem v roce 1918. Rušavý (2008) tuto

rovnici pro její jednoduchost považuje za nejznámější a nejhojněji využívanou predikční rovnici v praxi. Vytýká jí ovšem příliš vysoké hodnoty BMR u mladých osob a nízké u starších osob, kterým je více než 60 let. Zadák (2008) dodává, že rovnice Harrise & Benedicta byla vytvořena na základě nepřímé kalorimetrie a byla dvakrát dodatečně upřesněna.

Dílčím cílem této práce bylo zjistit, jestli se výsledky z ostatních predikčních rovnic pro určování BMR (Fleische a Schofielda) budou významně lišit od mnou určené referenční metody (Harrise & Benedicta). Došli jsem k závěru, že výsledky rovnic podle Fleische a podle Schofielda se nijak významně neliší od referenční metody, proto můžeme pro výpočet BMR využít jakoukoli predikční rovnici. Tím se vlastně potvrdila hypotéza č. 3 (H3), která předpokládá, že výsledky BMR z predikčních rovnic se významně neliší.

Krüger et al. (2015) provedli studii zabývající se porovnáním výsledků BMR z nepřímé kalorimetrie s predikčními rovnicemi pro odhad bazálního metabolismu u běžné populace a u obézních subjektů. Využili Harris & Benedictovu rovnici, Schofieldovu rovnici, Mifflinovu rovnici, rovnici pro výpočet BMR od světové zdravotnické organizace (WHO) a Henryho & Reesovu rovnici. Jejich výzkumu se zúčastnili pouze muži ve věku 18–30 let. Krüger et al. (2015) zjistili, že u obézních jedinců nelze žádnou z rovnic nahradit metodou nepřímé kalorimetrie k určení BMR. U běžné populace došli k závěru, že se použité predikční rovnice zdají adekvátní k nahrazení nepřímé kalorimetrie pro určení BMR, jelikož nebyl zpozorován žádný signifikantní rozdíl mezi výsledky BMR z predikčních rovnic a nepřímé kalorimetrie.

Frankenfield et al. (2005) srovnávali výsledky BMR z nepřímé kalorimetrie s predikčními rovnicemi pro výpočet BMR. V jejich studii využili rovnici Harrise & Benedicta, Owenovu rovnici a Mifflinovu rovnici pro výpočet BMR. Dle jejich výpočtů byla nejpřesnější prediktivní rovnicí ta Mifflinova. V této studii zkoumali různé etnické skupiny i osoby různého věku a pohlaví.

7 ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývala komparací jednotlivých metod určování hodnot bazálního metabolismu. Metody určování bazálního metabolismu použité v této práci byly bioelektrický impedanční přístroj Tanita MC-980, celotělová pletysmografie BOD POD a metoda nepřímé kalorimetrie. Dále byly využity rovnice pro odhad hodnoty bazálního metabolismu, a to rovnice Harrise & Benedicta, Schofieldova rovnice a rovnice podle Fleische.

Všichni probandi, kteří se měření zúčastnili, byli ve věku 21–30 let. Jednalo se jak o muže, tak o ženy. Nikdo z probandů nebyl ani příliš svalnatý ani příliš obézní, takže výsledky nebyly zkresleny stavbou těla. Přesto je potřeba brát v potaz, že měření se zúčastnilo pouze 31 probandů. Proto mohou být výsledky zatíženy chybou. Výsledky nemohou být zobecněny na celou populaci a platí pouze pro tuto práci.

Vyhodnocení výsledků proběhlo prostřednictvím Microsoft Excel, kde byla data statisticky zpracována. Z výpočtů, které byly provedeny jsme zjistili, že jednotlivé metody určování bazálního metabolismu se sice liší, ale ne významně. Nejvíce výsledky hodnoty bazálního metabolismu podhodnocovala pletysmografie, kde vyšly výsledky BMR nejnižší v celé skupině probandů.

Pokud bychom jako referenční metodu pro určování hodnoty bazálního metabolismu zvolili nepřímou kalorimetrii, tak výsledky ukázaly, že ani jednu z použitých metod nelze brát jako zástupnou k této referenční metodě. Zajímavé ovšem je, že všechny tyto „potencionálně“ zástupné metody vykázaly velmi silnou vzájemnou korelaci a systematické podhodnocení nebo nadhodnocení výsledků odhadu BMR.

Výsledky bazálního metabolismu z BIA a z pletysmografie velmi silně korelovaly s FFM. Navíc jsme zjistili, že velmi silně s FFM také korelovaly výsledky bazálního metabolismu zjištěného pomocí nepřímé kalorimetrie. U predikčních rovnic vyšla také velmi silná korelace mezi FFM a výsledky BMR podle Harrise & Benedicta, BMR podle Fleische a také BMR podle Schofielda.

Pomocí grafů lineární regrese a predikčních rovnic pro výpočet závisle proměnné hodnoty y , jsme zjišťovali, které metody určování BMR podhodnocují a které metody nadhodnocují výsledky BMR u dvou náhodně vybraných probandů, z nichž jeden byl

muž a jedna byla žena. Jako nezávisle proměnná byla zvolena mnou určená referenční hodnota BMR z nepřímé kalorimetrie.

Výsledky z těchto regresních rovnic pro odhad BMR ve všech případech významně reálnou hodnotu BMR nadhodnocovaly nejen u jednoho náhodně vybraného muže, ale i u jedné ženy. Oba dva probandi se zúčastnili měření na všech přístrojích a také jsem z jejich naměřených dat (tělesná výška, tělesná váha, věk, FFM, i povrch těla) vypočítala hodnoty BMR z predikčních rovnic. Při porovnání predikovaných a naměřených hodnot BMR jsme zjistili, že u muže byly predikované hodnoty vyšší v rozmezí od 231–374 kJ/den. U ženy byly predikované hodnoty také vyšší, a to v rozmezí od 181 kJ/den do 515 kJ/den.

Dle mého názoru by bylo zajímavé, kdyby byla zpracována podobná práce, která se bude věnovat jiné věkové skupině nebo pouze jednomu pohlaví v určité věkové skupině. Neméně podnětné by jistě také bylo, kdyby měl výzkumník k dispozici větší skupinu probandů a mohl by porovnat výsledky mužů a žen mezi sebou.

SEZNAM LITERATURY

1. ALIASGHARZADEH, S., MAHDAVI, R., ASGHARI JAFARABADI, M., NAMAZI, N. Comparison of Indirect Calorimetry and Predictive Equations in Estimating Resting Metabolic Rate in Underweight Females. *Iranian Journal of Public Health*. 2015; 44(6): 822-829.
2. ANDRESOVÁ, M., NOVÁK, I. *Měření energetické potřeby organismu metodou nepřímé kalorimetrie a její užití v praxi*. Pediatrie po promoci. 2004, s.56.
3. ARCIERO, P. J., GORAN, M. I., POEHLMAN, E. T. Resting metabolic rate is lower in women than in men. *Journal of Applied Physiology*. 1993, roč. 75, č. 6, s. 2514–2520. ISSN 8750-7587, 1522-1601.
4. ARMSTRONG, N. & WELSMAN, J. R. *Young People and Physical Activity*, Oxford University Press, Oxford, 1997.
5. BARTŮŇKOVÁ, S. *Fyziologie člověka a tělesných cvičení: učební texty pro studenty fyzioterapie a studia Tělesná a pracovní výchova zdravotně postižených*. 2. vyd. Praha: Karolinum, 2010. ISBN 978-80-246-1817-3.
6. BARTŮŇKOVÁ, S. *Fyziologie pohybové zátěže: učební texty pro studenty tělovýchovných oborů*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Fakulta tělesné výchovy a sportu, 2013. ISBN 978-80-87647-06-6.
7. BERNACIKOVÁ, M. *Fyziologie* [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2012 [cit. 2018-01-10]. ISBN 978-80-210-5841-5. Dostupné z: 978-80-210-5841-5.

8. BUCHHOLZ, A. C., RAFII, M. a PENCHARZ, P. B. Is resting metabolic rate different between men and women? In: *British Journal of Nutrition* [online]. Canada, 2001, 86(06), s. 641- [cit. 2017-11-25]. DOI: 10.1079/BJN2001471. ISSN 0007-1145. Dostupnéz: http://www.journals.cambridge.org/abstract_S000711450100237.
9. BUNC, V. aj. *Možnosti stanovení tělesného složení u dětí bioimpedanční metodou*. Sborník Pohyb a Zdraví. Olomouc: U. P., 2001, s. 102–106.
10. BUNC, V. *Možnosti stanovení tělesného složení u dětí bioimpedanční metodou*. *Čas. Lék. Čes.* 2007, 146, č. 5 s. 492-496.
11. CINGLOVÁ, L. *Hygienu*. Praha: FTVS UK, 2002. ISBN 80-86327-25-0.
12. COMPHER, Ch., FRANKENFIELD, D., KEIM, N. Best Practice Methods to Apply to Measurement of Resting Metabolite Rate in Adults: A Systematic Review. *Journal of the American Dietetic Association* [online]. 2006, 106:881-903. [cit.14.11.2017]. Retrieved from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002822306001465>.
13. CROVETTI, R., PORRINI, M., SANTANGELO, A., TESTOLIN, G. The influence of thermic effect of food on satiety. *European Journal of Clinical Nutrition*. 1998, roč. 52, č. 7, s. 482–488. ISSN 0954-3007.
14. CUNNINGHAM, J. J. Body composition as a determinant of energy expenditure: a synthetic review and a proposed general prediction equation. *The American Journal of Clinical Nutrition*. [online]. December 1991. 54 (6), 963-9 [cit. 13.11.2017]. Retrieved from <http://ajcn.nutrition.org/content/54/6/963.abstract>.
15. DUBOIS, D., DUBOIS, E.F. *A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known*. *Archives of Internal Medicine* 1916, 17:863-871.

16. FAO/WHO/UNU. *Report on Human Energy Requirements. Expert Consultation*, 2004.
17. FRANKENFIEL, D., ROTH-YOUSEY, L., COMPHER, C. Comparison of predictive equations for resting metabolit rate in healthy nonobese and obese adults: a systematic review. *J Am Dietetic association* [online]. May 2005, 105(5):775-89 [cit. 11.11.1017]. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15883556>.
18. FROEHLE, A. W. Climate variables as predictors of basal metabolic rate: New equations. *American Journal of Human Biology* [online]. 2008, roč. 20, č. 5, s. 510–529. [cit.14.11.2017]. ISSN 1520-6300. Dostupné z: doi:10.1002/ajhb.20769.
19. GINDE, S.R., GELIEBTER, A., RUBIANO, F. *Air displacement plethysmography: Validation in overweight and obese subjects*. *Obesity research*. 2005, č. 13, s. 1232-1237.
20. HAGEDORN, T., SAVINA, C., COLETTI, C. et al. Calorimetry in obese women: comparison of two different operating indirect calorimeters together with the predictive equation of Harris and Benedict, *Mediterrian Journal of Nutrition Metabolism* [online]. 2011, 4:117., [cit.14.11.2017]. <https://doi.org/10.1007/s12349-010-0036-5>.
21. HARRIS, A. J., BENEDICT, G. F. A biometric Study of Human Basal Metabolism. *Proceeding of the National Academy Science U S A*. [online]. 1918, 4(12): 370–373 [cit. 12.11.2017]. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1091498/>.
22. HAVLÍČKOVÁ, L. *Fyziologie tělesné zátěže I: obecná část*. 4. dotisk. 2. vyd. Praha: Karolinum, 2006. ISBN 80-7184-875-1.

23. HAVERKORT, E., REIJVEN, P., BINNEKAD, J. Bioelectrical impedance analysis to estimate body composition in surgical and oncological patients: a systematic review. *European journal of Clinical Nutrition*. 2015.
24. HAUGEN, H. A., CHAN, L. N., LI, F. *Indirect Calorimetry: A Practical Guide for Clinicians. Nutrition in Clinical Practice* [online]. 2007, roč. 22, č. 4, s. 377–388 [cit. 23.11.2017]. ISSN 0884-5336. Dostupné z: doi:10.1177/0115426507022004377.
25. HEJNÁ, V. *Využití metod stanovení tělesného složení a energetické potřeby v práci nutričního terapeuta*. České Budějovice, 2016. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita.
26. HELLER, J. a VODIČKA, P. *Praktická cvičení z fyziologie tělesné zátěže*. Praha: Karolinum, 2011, 115 s. ISBN 978-80-246-1976-7.
27. HEYWARD, V. H., WAGNER, D. R., *Applied body composition assessment*. Champaign: Human Kinetics, 2004.
28. HOLEČEK, M. *Regulace metabolismu cukrů, tuků, bílkovin a aminokyselin*. Praha: Grada, 2006. ISBN 80-247-1562-7.
29. CHROMEČEK, J. *Klidový metabolismus*. Brno, 2011. Bakalářská práce. Masarykova Univerzita. Vedoucí práce Mgr. Michael Kumstát.
30. JABOR, A. *Vnitřní prostředí*. 1. vydání. Praha: Grada, 2008. 530 s. ISBN 978-80-247-1221-5. Příloha 5. Výpočet tělesného povrchu. s. 487-9.

31. JANČÍK, J., ZÁVADNÁ, E. a NOVOTNÁ, M. *Fyziologie tělesné zátěže: Vybrané kapitoly* [online]. Brno: Fakulta sportovních studií MU, 2006 [cit. 2018-01-09]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/elportal/estud/fsps/js07/fyziio/texty/ch02.html>.
32. JAVORKA, K. *Lékařská fyziologie: učebnice pre lékařské fakulty*. Martin: Osveta, 2001. Vysokoškolské učebnice (Osveta). ISBN 80-8063-023-2.
33. KEYS, A., TAYLOR H. L, GRANDE, F. *Basal metabolism and age of adult man. Metabolism: Clinical and Experimental*. 1973, roč. 22, č. 4, s. 579–587. ISSN 0026–0495.
34. KITTNAR, O. *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3068-4.
35. KOČVAROVÁ, E. *Jak mění redukční režimy klidový energetický výdej*. Praha, 2007. Bakalářská práce. Univerzita Karlova. Vedoucí práce *Doc. MuDr. Lubomír Kužela, DrSc.*
36. KOČVAROVÁ, E. *Bazální metabolismus*. [online]. Praha, 2008. [cit. 21.11.2017]. Dostupné z: <http://www.nadvaha.kvalitne.cz/bazalnimetabolismus.html>.
37. KOHLÍKOVÁ, E. *Fyziologie člověka*, Praha: FTVS UK, 2004. ISBN 80-86317-31-5.
38. KOHLÍKOVÁ, E. *Vybraná témata praktických cvičení z fyziologie člověka*. Praha: Karolinum, 2006. ISBN 978-80-246-0073-4.
39. KOHOUT, P., KOTRLÍKOVÁ, E. *Základy klinické výživy*. Praha: Forsapi. Informační servis pro lékaře. 20001. ISBN 9788087250051.

40. KRÜGER, R. L., LOPES, A. L., GROSS, J. S., Validation of predictive equations for basal metabolic rate in eutrophic and obese subjects. In: *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano* [online]. Santa Catarina, 2015, 17(1) [cit. 2018-03-31]. DOI:10.5007/1980-0037.2015v17n1p73. ISSN 1980-0037. Dostupnéz: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/rbcdh/article/view/1980-0037.2015v17n1p73>
41. KŘÍŽOVÁ, J., *Energetický metabolismus*. In: ZLATOHLÁVEK, L., 2016. *Klinická dietologie a výživa*. Praha: Current Media. Medicus. 424 s. ISBN 9788088129035.
42. LOSKOT, P. *Vliv konzumace stravy s nižším obsahem energie než je bazální metabolismus člověka na jeho antropometrické parametry*. Brno, 2016. Diplomová práce. Masarykova Univerzita. Vedoucí práce Mgr. Martin Forejt, Ph.D.
43. MALÁ, L., MALÝ, T., ZAHÁLKA, F., BUNC, V. *Fitness assessment Body composition*. Praha: Karolinum, 2014, ISBN 978-80-246-2560-7.
44. MANDELOVÁ, L., HRNČIŘÍKOVÁ, I. *Základy výživy ve sportu*. Brno: Masarykova univerzita, 2007. ISBN 978-80-210-4281-0.
45. MANN, J., TRUSWELL A. S., ed. *Essentials of human nutrition*. 3rd ed. Oxford: Oxford University Press, c2007. ISBN 978-0-19-929097-0.
46. MAREK, J., BRODANOVÁ, M., BROULÍK, P., ČEŠKA, R., HÁNA, V., LÍMANOVÁ, Z., SCHREIBER, V., ŠKRHLA, J., WIDIMSKÝ, J., KALÁB, M. *Endokrinologie, poruchy metabolismu a výživy*. 1.vydání. Praha: Galén a Karolinum, 2002, s.267.
47. MASOPUST, J., PRŮŠA, R. *Patobiochemie metabolických drah*. 2. vydání. Univerzita Karlova, 2004, 208 s.

48. MCAULEY, D. *Determination of the Basal Metabolic Rate (BMR) - Schofield equation*. Global PxPh: The Clinician's Ultimate Reference [online] 2017. [cit. 2017-11-25]. Dostupné z: http://www.globalrph.com/schofield_equation_bmr.htm.
49. MIFFIN, M. D. A new predictive equation for resting expenditure in healthy individuals. *The American Journal of Clinical Nutrition*. [online] 1990. 51, 241-7. [cit. 2017-11-11]. Retrieved from <http://ajcn.nutrition.org/content/51/2/241.abstract?sid=76e23a8c-44f9-4ac0-bda8-75cde1c766f2>.
50. MOUREK, J. *Fyziologie*. Praha: Grada publishing, a.s., 2005. 204 s. ISBN 80-247-1190-7.
51. MÜLLEROVÁ, D. *Hygiena, preventivní lékařství a veřejné zdravotnictví*. Praha: Karolinum, 2014. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 978-80-246-2510-2.
52. NELMS, M., SUCHER, K.P., LONG, S. *Nutrition therapy and pathophysiology*. 1. vydání. USA: Brooks Cole, 2007, 1232 s. ISBN 0-534-62154-6.
53. NOVÁKOVÁ, Z. a ROMAN R. *Praktická cvičení z fyziologie*. Brno: Masarykova univerzita, 2009, 118 s. ISBN 978-80-210-4391-6.
54. OWEN, O. E., KAVLE, E., OWEN, S. R., POLANSKY, M., CAPIO, S., MAZZOLI, M., BODEN, G. A reappraisal of caloric requirements in healthy women. *The American Journal of Clinical Nutrition*. [online]. 1986. 44, 1-19. [cit.10.11.2017]. Retrieved from <http://ajcn.nutrition.org/content/44/1/1.abstract?sid=21201d25-fda2-45d1-af69797f2b6fee24>.

55. POEHLMAN, E. T. *Energy expenditure and requirements in aging humans. The Journal of Nutrition*. 1992, roč. 122, č. 11, s. 2057–2065. ISSN 0022-3166.
56. POEHLMAN, E. T., GORAN, M. I., GARDNER, A. W., ADES, P. A., ARCIERO, P. J., KATZMAN-ROOKS, S. M., MONTGOMERY, S. M., TOTH, M. J. a SUTHERLAND, P. T. Determinants of decline in resting metabolic rate in aging females. *The American Journal of Physiology*. 1993, roč. 264, č. 3 Pt 1, s. E450-455.
57. RIEGEROVÁ, M., PŘIDALOVÁ M., ULBRICHOVÁ, M. *Průručka funkční antropologie*. Olomouc: Hanex, 2006.
58. ROKYTA, R. *Fyziologie*. Třetí, přepracované vydání (první vydání v nakladatelství Galén). Praha: Galén, 2016. ISBN 978-80-7492-238-1.
59. RUŠAVÝ, Z. *Energetický metabolismus*. 47–50 s. In: SVAČINA, Š. et al., *Klinická dietologie*. Praha: Grada. 2008, 384 s. ISBN 9788024722566.
60. SABOUNCHI, N. S., RAHMANDAD, H. a AMMERMAN, A., Best-fitting prediction equations for basal metabolic rate: informing obesity interventions in diverse populations. *International Journal of Obesity* [online]. 2013, 37(10), 1364-1370 [cit. 2018-03-31]. DOI: 10.1038/ijo.2012.218. ISSN 0307-0565. Dostupné z: <http://www.nature.com/articles/ijo2012218>
61. SCHOFIELD, W. Redirecting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Human Nutrition Clinical Nutrition* [online]. 1985, 39, 1:5-41. ISSN 0263-8290.
62. SCHOFIELD, W. *Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations*. *Public Health Nutrition*. 1989, 8(7 A), s. 1133-1152.

63. SOLOMON, S. J., et al. *Menstrual cycle and basal metabolic rate in women*. The American Journal of Clinical Nutrition. 1982, 36, s. 611-616.
64. SRILAKSHMI B., *Nutrition Science*. 2. vydání. India: New Age International, 2006. 438 s. ISBN 81-224-1633-0.
65. STABLOVÁ, A., SKOROCKÁ, I., & BUNC, V. *Bioimpedanční metody používané v Laboratoři sportovní motoriky*. Pohybové aktivity jako prostředek ovlivňování člověka, 2003, dostupné z WWW: <http://www.ftvs.cuni.cz/eknihy/sborniky/2003-11-20/rtf/P1-010%20-%20Stab-skor1p-e.rtf>.
66. STŘEDA, L. *Univerzita hubnutí*. 2. Vyd. Praha: www.euroinstitut.eu spol. s.r.o. 2009. 251 s. ISBN 978-80-97372-00-5.
67. STŘEDA, L. *Monitoring a terapie obezity* [online]. Praha, 2013 [cit. 2018-03-11]. Dostupné z: https://issuu.com/leos-streda-stredaform/docs/2-leos-streda-obezita-monitoring-te_492fbd4a20a62e.
68. SVAČINA, Š. *Klinická dietologie*. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2256-6.
69. SVAČINA, Š., MÜLLEROVÁ, D., BRETŠNAJDROVÁ, D. *Dietologie pro lékaře, farmaceuty, zdravotní sestry a nutriční terapeutky*. 2., upr. vyd. Praha: Triton, 2013. Lékařské repetitorium. ISBN 978-80-7387-699-9.
70. TEPLÁ, M., *Metabolismus. Studium biochemie* [online]. Praha, 2014 [cit. 2017-11-05]. Dostupné z: <http://www.studiumbiochemie.cz/metabolismus.htm>.
71. TROJAN, S. *Lékařská fyziologie*. Vyd. 4., přeprac. a dopl. Praha: Grada, 2003. ISBN 80-247-0512-5.

72. TRUMBO, P., SCHLICKER, S., YATES, A., a POOS, M. Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein and Amino Acids. *Journal of the American Dietetic Association* [online]. 2002, 102(11), 1621-1630 [cit. 2018-03-29]. DOI: 10.1016/S0002-8223(02)90346-9. ISSN 00028223. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0002822302903469>
73. VOLP, A. C. P. et al. Energy expenditure: components and evaluation methods. *Nutr. Hosp.* [online]. 2011, vol.26, n.3 [cit. 2017-11-25], pp. 430-440. Available from: <http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112011000300002&lng=en&nrm=iso>. ISSN 1699-5198.
74. VILIKUS, Z., MACH, I., BRANDEJSKÝ, P. *Výživa sportovců a sportovní výkon*. Praha: Karolinum, 2012. ISBN 978-80-246-2064-0.
75. WANG, Z., HESHIKA, S., GALLAGHER, D., BOOZER, C.N., KONTLER, D.P., & HEYMFIELD, S.B. Resting energy expenditure-fat-free mass relationship: new insights provided by body composition modeling. *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism*, 2000, 279, E539 – E545.
76. WELBURN, H. M. *Výživa a tělesná zátěž*. 7.vyd. Brno: FITNET, 2008. 83 s.
77. ZADÁK Z., *Výživa v intenzivní péči*. 2. vydání. Praha: Grada, 2008. 542 s. ISBN 978–80-247-2844-5.

Seznam tabulek

Tabulka 1: Energetický zisk, spotřeba kyslíku a respirační kvocient hlavních živin	16
Tabulka 2: Energetická náročnost některých aktivit a sportovních činností	18
Tabulka 3: Faktory ovlivňující respirační kvocient	19
Tabulka 4: Faktory ovlivňující BMR – shrnutí	25
Tabulka 5: Velikost skupiny	46
Tabulka 6: Základní charakteristika výzkumného souboru. Průměr ± SD	47
Tabulka 7: Základní statistika	54
Tabulka 8: ANOVA – testování H1	55
Tabulka 9: Koeficient determinace R^2 u referenční metody nepřímé kalorimetrie	56
Tabulka 10: Koeficient determinace R^2 a zástupnost metod mezi sebou	57
Tabulka 11: F-test BMR podle Harrise & Benedicta a BMR podle Fleische	57
Tabulka 12: F-test BMR podle Schofielda a BMR podle Harrise & Benedicta	58
Tabulka 13: F-test BMR podle Schofielda a BMR podle Fleische	58
Tabulka 14: Korelace – závisle proměnné metody	59
Tabulka 15: Korelace – závisle a nezávisle proměnné hodnoty	66
Tabulka 16: Koeficient determinace R^2	67
Tabulka 17: Korelace mezi jednotlivými metodami	68
Tabulka 18: Naměřené vs. predikované hodnoty BMR [kJ/den] u muže	72
Tabulka 19: Naměřené vs. predikované hodnoty BMR [kJ/den] u ženy	72

Seznam obrázků

Obrázek 1: Energetická bilance organismu	22
Obrázek 2: Schéma principu přímé kalorimetrie	27
Obrázek 3: Schéma principu nepřímé kalorimetrie	29
Obrázek 4: Ruční elektroimpedanční přístroj Omron.....	33
Obrázek 5: Bodystat – vybavení pro měření	33
Obrázek 6: Průběh měření na Bodystatu	33
Obrázek 7: Tanita MC-980	33
Obrázek 8: Pletysmografie – schéma měřicí komory	34

Seznam grafů

Graf 1: Regresní vztah mezi věkem a BMR z BIA	60
Graf 2: Regresní vztah mezi výškou [cm] a BMR z nepřímé kalorimetrie [kJ/den] (nejnižší koeficient determinace).....	61
Graf 3: Regresní vztah mezi tělesnou výškou [cm] a BMR podle Fleische [kJ/den] (nejvyšší koeficient determinace)	61
Graf 4: Regresní vztah mezi tělesnou hmotností [kg] a BMR z nepřímé kalorimetrie [kJ/den] (nejnižší koeficient determinace).....	62
Graf 5: Regresní vztah mezi tělesnou hmotností [kg] a BMR ze Schofieldovy rovnice [kJ/den] (nejvyšší koeficient determinace)	63
Graf 6: Regresní vztah mezi FFM [kg] a BMR z BIA [kJ/den]	64
Graf 7: Regresní vztah mezi FFM [kg] a BMR z nepřímé kalorimetrie [kJ/den]	64
Graf 8: Regresní vztah mezi FFM [kg] a BMR z pletysmografie [kJ/den]	64
Graf 9: Regresní vztah mezi FFM [kg] a BMR z rovnice Harris & Benedict [kJ/den]..	65
Graf 10: Regresní vztah mezi FFM [kg] a BMR podle Fleische [kJ/den].....	65
Graf 11: Regresní vztah mezi FFM [kg] a BMR podle Schofieldovy rovnice [kJ/den].	65
Graf 12: Regresní vztah mezi BMR z nepřímé kalorimetrie [kJ/den] a BMR z BIA [kJ/den]	69
Graf 13: Regresní vztah mezi BMR z nepřímé kalorimetrie [kJ/den] a BMR z pletysmografie [kJ/den]	69
Graf 14: Regresní vztah mezi BMR z nepřímé kalorimetrie	70
Graf 15: Regresní vztah mezi BMR z nepřímé kalorimetrie [kJ/den] a BMR podle Fleischovy rovnice [kJ/den].....	70
Graf 16: Regresní vztah mezi BMR z nepřímé kalorimetrie [kJ/den] a BMR ze Schofieldovy rovnice [kJ/den]	71

Seznam příloh

Příloha 1: Souhlas etické komise

Příloha 2: Informovaný souhlas

Příloha 3: Tabulka pro výpočet nál. BM podle Harrise a Benedicta – Faktor pro věk a výšku (F1) – muži/ženy do 20 let

Příloha 4: Tabulka pro výpočet nál. BM podle Harrise a Benedicta – Faktor pro věk a výšku (F1) – muži 21-39 let

Příloha 5: Tabulka pro výpočet nál. BM podle Harrise a Benedicta – Faktor pro věk a výšku (F1) – muži 40-55 let

Příloha 6: Tabulka pro výpočet nál. BM podle Harrise a Benedicta – Faktor pro věk a výšku (F1) – ženy 21-39 let

Příloha 7: Tabulka pro výpočet nál. BM podle Harrise a Benedicta – Faktor pro věk a výšku (F1) – ženy 40-55 let

Příloha 8: Tabulka pro výpočet nál. BM podle Harrise a Benedicta – faktor pro hmotnost (F2)

Příloha 9: Tabulka pro výpočet nál. BM podle Harrise a Benedicta – faktor pro hmotnost (F2)

Příloha 10: Nomogram pro stanovení povrchu těla

Příloha 11: Fleischův koeficient k výpočtu náležitého bazálního metabolismu [kJ/hod/m^2] a [kJ/den/m^2] – upraveno

Příloha 12: Tanita – výsledkový protokol

Příloha 13: BOD POD – výsledkový protokol

Příloha 1: Souhlas etické komise

UNIVERZITA KARLOVA
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešleslavin

Žádost o vyjádření Etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, kvalifikační či seminární práce, zahrnující lidské účastníky

Název projektu: Komparace jednotlivých metod určování bazálního metabolismu

Forma projektu: výzkumná práce - diplomová práce

Období realizace: únor 2018 – březen 2018

Předkladatel: Bc. Martina Kosková

Hlavní řešitel: Bc. Martina Kosková

Místo výzkumu (pracoviště): Fakulta tělesné výchovy a sportu UK FTVS – Biomedicínská laboratoř, blok E

Vedoucí práce (v případě studentské práce): PhDr. Klára Coufalová, Ph.D.

Popis projektu: V diplomové práci budu zjišťovat hodnotu bazálního metabolismu u dospělých pomocí nepřímé kalorimetrie, bioimpedanční analýzy a celotělové pletysmografie. Dále budu hodnoty bazálního metabolismu počítat pomocí predikčních rovnic. Výsledky všech měření a výpočtů poté porovnáám. Proband bude měřen pouze jednou, a to buď v průběhu února 2018 nebo v průběhu března 2018 dle časových možností probandů a laboratoře. Před samotným měřením na přístrojích změřím výšku probandů bez bot pomocí antropometru či elektronického stadiometru. Poté proběhne měření na přístroji Tanita MC-980 a Bod Pod, které bude probíhat pouze ve spodním prádle nebo v plavkách, aby byla zajištěna co největší přesnost výsledků. Posledním měřením bude měření pomocí nepřímé kalorimetrie, kde budu sledovat množství spotřebovaného kyslíku (O₂). K tomuto měření budu využívat analyzátor vydechaných plynů. Účastníci výzkumu budou poučeni o stravování a možnostech cvičení před měřením, aby nebyly výsledky zkresleny. Během měření bude celou dobu přítomna PhDr. Klára Coufalová, Ph.D.

Charakteristika účastníků výzkumu: Předpokládán počet účastníků je 20–30 a jejich věk bude v rozmezí 20–30 let. Zdravotní předpoklady pro účast: půjde o zdravé jedince, kteří nevykonávají sport na vrcholové úrovni a ti budou reprezentovat průměrný vzorek populace. Mezi kontraindikace patří těhotenství, menstruace a kardiostimulátor. Odborník, který bude účastníky vybírat, je PhDr. Klára Coufalová, Ph.D.

Zajištění bezpečnosti pro posouzení odborníky: Nebudou použity žádné invazivní metody. Pouze u přístroje Tanita MC – 980 projde tělem probandů slabý elektrický proud, který vůbec nepocítíte a není, pro tělo nijak nebezpečný. Přesto se výzkumu nesmí zúčastnit těhotné ženy a kardiaci. S průběhem měření probandy seznámí kvalifikovanou osobou PhDr. Klárou Coufalovou, Ph.D.

Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu.

Etické aspekty výzkumu: Získaná data budou zpracovávána a bezpečně uchována v anonymní podobě a publikována v diplomové práci, případně v odborných časopisech, monografiích a prezentována na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS. Po anonymizaci budou osobní data smazána.

Během výzkumu nebudou pořizovány žádné fotografie ani videozáznamy.

Informovaný souhlas: příložen

Povinností všech účastníků výzkumu na straně řešitele je chránit život, zdraví, důstojnost, integritu, právo na sebeurčení, soukromí a osobní data zkoumaných subjektů, a podniknout k tomu veškerá preventivní opatření. Odpovědnost za ochranu zkoumaných subjektů leží vždy na účastnících výzkumu na straně řešitele, nikdy na zkoumaných, byť dali svůj souhlas k účasti na výzkumu. Všichni účastníci výzkumu na straně řešitele musí brát v potaz etické, právní a regulační normy a standardy výzkumu na lidských subjektech, které platí v České republice, stejně jako ty, jež platí mezinárodně.

Potvrzuji, že tento popis projektu odpovídá návrhu realizace projektu a že při jakékoli změně projektu, zejména použitých metod, zašlu Etické komisi UK FTVS revidovanou žádost.

V Praze dne 14. 2. 2018

Podpis předkladatele: 

Vyjádření Etické komise UK FTVS

Složení komise: **Předsedkyně:** doc. PhDr. Irena Parry Martínková, Ph.D.

Členové: prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.

doc. MUDr. Jan Heller, CSc.

PhDr. Pavel Hráský, Ph.D.

Mgr. Eva Prokešová, Ph.D.

MUDr. Simona Majorová


Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: 004/2018

dne: 15. 2. 2018

Etická komise UK FTVS zhodnotila předložený projekt a neshledala žádné rozpory s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směnicemi pro provádění výzkumu, zahrnujícího lidské účastníky.

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu
Josef Martího 31, 162 52, Praha 6
razítko UK FTVS

Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu Etické komise.


podpis předsedkyně EK UK FTVS

Příloha 2: Informovaný souhlas

INFORMOVANÝ SOUHLAS

Vážená paní, vážený pane,

v souladu se Všeobecnou deklarací lidských práv, zákonem č. 101/2000 Sb., o ochraně osobních údajů a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů a dalšími obecně závaznými právními předpisy (*jakož jsou zejména Helsinská deklarace, přijatá 18. Světovým zdravotnickým shromážděním v roce 1964 ve znění pozdějších změn (Fortaleza, Brazílie, 2013); Zákon o zdravotních službách a podmínkách jejich poskytování (zejména ustanovení § 28 odst. 1 zákona č. 372/2011 Sb.) a Úmluva o lidských právech a biomedicině č. 96/2001, jsou-li aplikovatelné*), Vás žádám o souhlas s Vaší účastí ve výzkumném projektu v rámci diplomové práce na UK FTVS s názvem „*Komparace jednotlivých metod určování bazálního metabolismu*“, prováděné v biomedicínské laboratoři blok E na UK FTVS.

Cílem diplomové práce je komparace metod zjišťování hodnot bazálního metabolismu. Tyto hodnoty budou zjištěny pomocí výpočtů z rovnic, pomocí nepřímé kalorimetrie, pletysmografie a pomocí bioimpedanční metody. Před samotným měřením na přístrojích změřím Vaši výšku bez bot pomocí antropometru či elektronického stadiometru. Poté proběhne měření na přístroji Tanita MC-980 a Bod Pod, které bude probíhat pouze ve spodním prádle nebo v plavkách, aby byla zajištěna co největší přesnost výsledků. Posledním měřením bude měření pomocí nepřímé kalorimetrie, kde budu sledovat množství spotřebovaného kyslíku (O₂). K tomuto měření budu využívat analyzátor vydechovaných plynů.

Při měření na Tanitě MC-980 projde Vaším tělem pomocí elektrod umístěných pod Vašimi chodidly a v madlech, které budete držet v rukou, slabý elektrický proud, který vůbec nepocítíte a není, pro tělo nijak nebezpečný. Měření se nemůžou zúčastnit těhotné ženy, ženy menstrující a kardiaci. Během měření budou použity neinvazivní metody. Rizika prováděného výzkumu nebudou vyšší než běžně očekávaná rizika u aktivit a testování prováděných v rámci tohoto typu výzkumu. Během měření bude celou dobu přítomna PhDr. Klára Coufalová, Ph.D.

Měření proběhne jednou, a to buď v únoru 2018 nebo v březnu 2018.

Vaše účast v projektu nebude finančně ohodnocená.

Výsledky výzkumu budou zveřejněny v mé diplomové práci a v repozitáři závěrečných prací Univerzity Karlovy pod názvem diplomové práce nebo na e-mail adrese: martina.kosk@gmail.com

Získaná data budou zpracovávána a bezpečně uchována v anonymní podobě a publikována v diplomové práci, případně v odborných časopisech, monografiích a prezentována na konferencích, případně budou využita při další výzkumné práci na UK FTVS. Po anonymizaci budou osobní data smazána.

Během výzkumu nebudou pořizovány žádné fotografie ani videozáznamy.

V maximální možné míře zajistím, aby získaná data nebyla zneužita.

Jméno a příjmení předkladatele a hlavního řešitele projektu: Bc. Martina Kosková Podpis:.....

Jméno a příjmení osoby, která provedla poučení: Bc. Martina Kosková Podpis:.....

Prohlašuji a svým níže uvedeným vlastnoručním podpisem potvrzuji, že dobrovolně souhlasím s účastí ve výše uvedeném projektu a že jsem měl(a) možnost si řádně a v dostatečném čase zvážit všechny relevantní informace o výzkumu, zeptat se na vše podstatné týkající se účasti ve výzkumu a že jsem dostal(a) jasné a srozumitelné odpovědi na své dotazy. Byl(a) jsem poučen(a) o právu odmítnout účast ve výzkumném projektu nebo svůj souhlas kdykoli odvolat bez represí, a to písemně Etické komisi UK FTVS, která bude následně informovat předkladatele projektu.

Místo, datum

Jméno a příjmení účastníka Podpis:

Příloha 3: Tabulka pro výpočet nál. BM podle Harrise a Benedicta – Faktor pro věk a výšku (F1) – muži/ženy do 20 let

Věk [r]	Muži						Ženy					
	15	16	17	18	19	20	15	16	17	18	19	20
92	419						-113	-134				
96	586	528	473	586	536	649	-46	-71	-88	-42	-59	-42
100	754	695	641	754	703	821	21	0	-21	25	8	25
104	921	879	808	925	871	984	88	67	46	96	75	92
108	1089	1026	976	1093	1038	1156	155	134	113	159	142	159
112	1256	1202	1143	1256	1206	1323	222	201	180	226	209	226
116	1424	1369	1311	1428	1373	1491	289	268	247	297	276	293
120	1591	1541	1478	1595	1541	1708	335	332	314	381	343	360
124	1759	1746	1645	1763	1708	1826	423	423	423	448	410	427
128	1926	1876	1813	1926	1876	1993	490	469	448	498	477	494
132	2094	2035	1980	2094	2043	2160	557	536	515	561	544	561
136	2261	2202	2148	2261	2211	2324	586	586	582	628	611	628
140	2428	2366	2315	2428	2378	2491	691	670	649	699	678	699
144	2596	2542	2483	2596	2546	2659	758	737	716	762	745	762
148	2763	2709	2650	2763	2713	2839	825	804	783	825	804	825
152	2931	2868	2818	2931	2889	3019	888	863	842	879	863	879
156	3098	3036	2985	3098	3040	3199	950	925	900	938	921	938
160	3266	3186	3111	3266	3161	3324	1013	984	959	1001	980	1001
164	3391	3324	3237	3391	3278	3433	1076	1047	1017	1047	1030	1047
168	3517	3433	3362	3517	3375	3517	1135	1101	1068	1047	1030	1047
172	3601	3517	3446	3601	3454	3666	1193	1156	1118	1101	1080	1101
176	3658	3601	3530	3658	3538	3766	1252	1210	1168	1147	1130	1147
180	3768	3685	3613	3768	3622	3852	1311	1264	1218	1202	1181	1202
184	3852	3781	3697	3852	3651	3936	1369	1319	1269	1248	1231	1248
188	3936	3852	3781	3936	3634	4020		1331	1311	1294	1273	1294
192					3718	4104			1352	1336	1315	1336
196					3802	4188			1394	1378	1357	1378
200					3802	4272				1419	1398	1419

Zdroj: Kohlíková (2006)

Příloha 4: Tabulka pro výpočet nál. BM podle Harrise a Benedicta – Faktor pro věk a výšku (F1)
– muži 21-39 let

Výška [cm]	Věk [rok]																		
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
151	2571	2543	2514	2486	2458	2429	2401	2373	2344	2316	2288	2259	2231	2203	2174	2146	2118	2089	2061
153	2613	2584	2556	2528	2500	2471	2443	2415	2386	2358	2330	2301	2273	2245	2216	2188	2160	2131	2103
155	2655	2626	2598	2570	2541	2513	2485	2456	2428	2400	2371	2343	2315	2286	2258	2230	2201	2173	2145
157	2697	2668	2640	2612	2583	2555	2527	2498	2470	2442	2413	2385	2357	2328	2300	2272	2243	2215	2187
159	2738	2710	2682	2653	2625	2597	2568	2540	2512	2484	2455	2427	2399	2370	2342	2314	2285	2257	2229
161	2780	2752	2724	2695	2667	2639	2610	2582	2554	2525	2497	2469	2440	2412	2384	2355	2327	2299	2270
163	2822	2794	2766	2737	2709	2681	2652	2624	2596	2567	2539	2511	2482	2454	2426	2397	2369	2341	2312
165	2864	2836	2807	2779	2751	2722	2694	2666	2637	2609	2581	2552	2524	2496	2467	2439	2411	2383	2354
167	2906	2878	2849	2821	2793	2764	2736	2708	2679	2651	2623	2594	2566	2538	2509	2481	2453	2424	2396
169	2948	2919	2891	2863	2834	2806	2778	2750	2721	2693	2665	2636	2608	2580	2551	2523	2495	2466	2438
171	2990	2961	2933	2905	2876	2848	2820	2791	2763	2735	2706	2678	2650	2621	2593	2565	2536	2508	2480
173	3032	3003	2975	2947	2918	2890	2862	2833	2805	2777	2748	2720	2692	2663	2635	2607	2578	2550	2522
175	3073	3045	3017	2988	2960	2932	2903	2875	2847	2818	2790	2762	2733	2705	2677	2649	2620	2592	2564
177	3115	3087	3059	3030	3002	2974	2945	2917	2889	2860	2832	2804	2775	2747	2719	2690	2662	2634	2605
179	3157	3129	3100	3072	3044	3015	2987	2959	2931	2902	2874	2846	2817	2789	2761	2732	2704	2676	2647
181	3199	3171	3142	3114	3086	3057	3029	3001	2972	2944	2916	2887	2859	2831	2802	2774	2746	2717	2689
183	3241	3213	3184	3156	3128	3099	3071	3043	3014	2986	2958	2929	2901	2873	2844	2816	2788	2759	2731
185	3283	3254	3226	3198	3169	3141	3113	3084	3056	3028	2999	2971	2943	2915	2886	2858	2830	2801	2773
187	3325	3296	3268	3240	3211	3183	3155	3126	3098	3070	3041	3013	2985	2956	2928	2900	2871	2843	2815
189	3366	3338	3310	3281	3253	3225	3197	3168	3140	3112	3083	3055	3027	2998	2970	2942	2913	2885	2857
191	3408	3380	3352	3323	3295	3267	3238	3210	3182	3153	3125	3097	3068	3040	3012	2983	2955	2927	2899
193	3450	3422	3394	3365	3337	3309	3280	3252	3224	3195	3167	3139	3110	3082	3054	3025	2997	2969	2940
195	3492	3464	3435	3407	3379	3350	3322	3294	3265	3237	3209	3181	3152	3124	3096	3067	3039	3011	2982
197	3534	3506	3477	3449	3421	3392	3364	3336	3307	3279	3251	3222	3194	3166	3137	3109	3081	3052	3024
199	3576	3547	3519	3491	3463	3434	3406	3378	3349	3321	3293	3264	3236	3208	3179	3151	3123	3094	3066

Zdroj: Kohlíková (2006)

Příloha 5: Tabulka pro výpočet nál. BM podle Harrise a Benedicta – Faktor pro věk a výšku (F1) – muži 40-55 let

Výška [cm]	Věk [rok]																
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	
151	2033	2004	1976	1948	1919	1891	1863	1835	1806	1778	1750	1721	1693	1665	1636	1608	
153	2075	2046	2018	1990	1961	1933	1905	1876	1848	1820	1791	1763	1735	1706	1678	1650	
155	2117	2088	2060	2032	2003	1975	1947	1918	1890	1862	1833	1805	1777	1748	1720	1692	
157	2158	2130	2102	2073	2045	2017	1988	1960	1932	1903	1875	1847	1819	1790	1762	1734	
159	2200	2172	2144	2115	2087	2059	2030	2002	1974	1945	1917	1889	1860	1832	1804	1775	
161	2242	2214	2185	2157	2129	2101	2072	2044	2016	1987	1959	1931	1902	1874	1846	1817	
163	2284	2256	2227	2199	2171	2142	2114	2086	2057	2029	2001	1972	1944	1916	1887	1859	
165	2326	2298	2269	2241	2213	2184	2156	2128	2099	2071	2043	2014	1986	1958	1929	1901	
167	2368	2339	2311	2283	2254	2226	2198	2169	2141	2113	2085	2056	2028	2000	1971	1943	
169	2410	2381	2353	2325	2296	2268	2240	2211	2183	2155	2126	2098	2070	2041	2013	1985	
171	2451	2423	2395	2367	2338	2310	2282	2253	2225	2197	2168	2140	2112	2083	2055	2027	
173	2493	2465	2437	2408	2380	2352	2323	2295	2267	2238	2210	2182	2153	2125	2097	2069	
175	2535	2507	2479	2450	2422	2394	2365	2337	2309	2280	2252	2224	2195	2167	2139	2110	
177	2577	2549	2520	2492	2464	2435	2407	2379	2351	2322	2294	2266	2237	2209	2181	2152	
179	2619	2591	2562	2534	2506	2477	2449	2421	2392	2364	2336	2307	2279	2251	2222	2194	
181	2661	2633	2604	2576	2548	2519	2491	2463	2434	2406	2378	2349	2321	2293	2264	2236	
183	2703	2674	2646	2618	2589	2561	2533	2504	2476	2448	2419	2391	2363	2335	2306	2278	
185	2745	2716	2688	2660	2631	2603	2575	2546	2518	2490	2461	2433	2405	2376	2348	2320	
187	2786	2758	2730	2701	2673	2645	2617	2588	2560	2532	2503	2475	2447	2418	2390	2362	
189	2828	2800	2772	2743	2715	2687	2658	2630	2602	2573	2545	2517	2488	2460	2432	2403	
191	2870	2842	2814	2785	2757	2729	2700	2672	2644	2615	2587	2559	2530	2502	2474	2445	
193	2912	2884	2855	2827	2799	2770	2742	2714	2685	2657	2629	2601	2572	2544	2516	2487	
195	2954	2926	2897	2869	2841	2812	2784	2756	2727	2699	2671	2642	2614	2586	2557	2529	
197	2996	2967	2939	2911	2883	2854	2826	2798	2769	2741	2713	2684	2656	2628	2599	2571	
199	3038	3009	2981	2953	2924	2896	2868	2839	2811	2783	2754	2726	2698	2669	2641	2613	

Zdroj: Kohlíková (2006)

Příloha 6: Tabulka pro výpočet nál. BM podle Harrise a Benedicta – Faktor pro věk a výšku (F1)
– ženy 21-39 let

Výška [cm]	Věk [rok]																		
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
151	758	739	719	699	680	660	641	621	602	582	562	543	523	504	484	465	445	426	406
153	774	754	734	715	695	676	656	637	617	598	578	558	539	519	500	480	461	441	421
155	789	770	750	730	711	691	672	652	633	613	593	574	554	535	515	496	476	457	437
157	805	785	765	746	726	707	687	668	648	629	609	589	570	550	531	511	492	472	452
159	820	801	781	761	742	722	703	683	664	644	624	605	585	566	546	527	507	488	468
161	836	816	796	777	757	738	718	699	679	660	640	620	601	581	562	542	523	503	483
163	851	832	812	792	773	753	734	714	695	675	655	636	616	597	577	558	538	519	499
165	867	847	827	808	788	769	749	730	710	691	671	651	632	612	593	573	554	534	514
167	882	863	843	823	804	784	765	745	726	706	686	667	647	628	608	589	569	550	530
169	898	878	858	839	819	800	780	761	741	722	702	682	663	643	624	604	585	565	545
171	913	894	874	854	835	815	796	776	757	737	717	698	678	659	639	620	600	581	561
173	929	909	889	870	850	831	811	792	772	753	733	713	694	674	655	635	616	596	576
175	944	925	905	885	866	846	827	807	788	768	748	729	709	690	670	651	631	612	592
177	960	940	920	901	881	862	842	823	803	784	764	744	725	705	686	666	647	627	607
179	975	956	936	916	897	877	858	838	819	799	779	760	740	721	701	682	662	643	623
181	991	971	951	932	912	893	873	854	834	815	795	775	756	736	717	697	678	658	638
183	1006	987	967	947	928	908	889	869	850	830	810	791	771	752	732	713	693	674	654
185	1022	1002	982	963	943	924	904	885	865	846	826	806	787	767	748	728	709	689	669
187	1037	1018	998	978	959	939	920	900	881	861	841	822	802	783	763	744	724	705	685
189	1053	1033	1013	994	974	955	935	916	896	877	857	837	818	798	779	759	740	720	700
191	1068	1049	1029	1009	990	970	951	931	912	892	872	853	833	814	794	775	755	736	716
193	1084	1064	1044	1025	1005	986	966	947	927	908	888	868	849	829	810	790	771	751	731
195	1099	1080	1060	1040	1021	1001	982	962	943	923	903	884	864	845	825	806	786	767	747
197	1115	1095	1075	1056	1036	1017	997	978	958	939	919	899	880	860	841	821	802	782	762
199	1130	1111	1091	1071	1052	1032	1013	993	974	954	934	915	895	876	856	837	817	798	778

Zdroj: Kohlíková (2006)

Příloha 7: Tabulka pro výpočet nál. BM podle Harrise a Benedicta – Faktor pro věk a výšku (F1) – ženy 40-55 let

Výška [cm]	Věk [rok]																
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	
151	386	367	347	328	308	289	269	249	230	210	191	171	152	132	113	93	
153	402	382	363	343	324	304	285	265	245	226	206	187	167	148	128	109	
155	417	398	378	359	339	320	300	280	261	241	222	202	183	163	144	124	
157	433	413	394	374	355	335	316	296	276	257	237	218	198	179	159	140	
159	448	429	409	390	370	351	331	311	292	272	253	233	214	194	175	155	
161	464	444	425	405	386	366	347	327	307	288	268	249	229	210	190	171	
163	479	460	440	421	401	382	362	342	323	303	284	264	245	225	206	186	
165	495	475	456	436	417	397	378	358	338	319	299	280	260	241	221	202	
167	510	491	471	452	432	413	393	373	354	334	315	295	276	256	237	217	
169	526	506	487	467	448	428	409	389	369	350	330	311	291	272	252	233	
171	541	522	502	483	463	444	424	404	385	365	346	326	307	287	268	248	
173	557	537	518	498	479	459	440	420	400	381	361	342	322	303	283	264	
175	572	553	533	514	494	475	455	435	416	396	377	357	338	318	299	279	
177	588	568	549	529	510	490	471	451	431	412	392	373	353	334	314	295	
179	603	584	564	545	525	506	486	466	447	427	408	388	369	349	330	310	
181	619	599	580	560	541	521	502	482	462	443	423	404	384	365	345	326	
183	634	615	595	576	556	537	517	497	478	458	439	419	400	380	361	341	
185	650	630	611	591	572	552	533	513	493	474	454	435	415	396	376	357	
187	665	646	626	607	587	568	548	528	509	489	470	450	431	411	392	372	
189	681	661	642	622	603	583	564	544	524	505	485	466	446	427	407	388	
191	696	677	657	638	618	599	579	559	540	520	501	481	462	442	423	403	
193	712	692	673	653	634	614	595	575	555	536	516	497	477	458	438	419	
195	727	708	688	669	649	630	610	590	571	551	532	512	493	473	454	434	
197	743	723	704	684	665	645	626	606	586	567	547	528	508	489	469	450	
199	758	739	719	700	680	661	641	621	602	582	563	543	524	504	485	465	

Zdroj: Koblíková (2006)

Příloha 8: Tabulka pro výpočet nál. BM podle Harrise a Benedicta – faktor pro hmotnost (F2)

– muži

kg	faktor		kg	faktor		kg	faktor
25	1718		55	3443		85	5168
26	1776		56	3500		86	5225
27	1833		57	3558		87	5283
28	1891		58	3615		88	5340
29	1948		59	3673		89	5398
30	2006		60	3730		90	5455
31	2063		61	3788		91	5512
32	2121		62	3845		92	5570
33	2178		63	3903		93	5627
34	2236		64	3960		94	5685
35	2293		65	4018		95	5742
36	2351		66	4075		96	5800
37	2408		67	4133		97	5857
38	2466		68	4190		98	5915
39	2523		69	4248		99	5972
40	2581		70	4305		100	6030
41	2638		71	4363		101	6087
42	2696		72	4420		102	6145
43	2753		73	4478		103	6202
44	2811		74	4535		104	6260
45	2868		75	4593		105	6317
46	2925		76	4650		106	6375
47	2983		77	4708		107	6432
48	3040		78	4765		108	6490
49	3098		79	4823		109	6547
50	3155		80	4880		110	6605
51	3213		81	4938		111	6662
52	3270		82	4995		112	6720
53	3328		83	5053		113	6777
54	3385		84	5110		114	6835

kg	připočteme
0.1	6
0.2	11
0.3	17
0.4	23
0.5	29
0.6	34
0.7	40
0.8	46
0.9	52

Zdroj: Kahlíková (2006)

Příloha 9: Tabulka pro výpočet nál. BM podle Harrise a Benedicta – faktor pro hmotnost (F2)

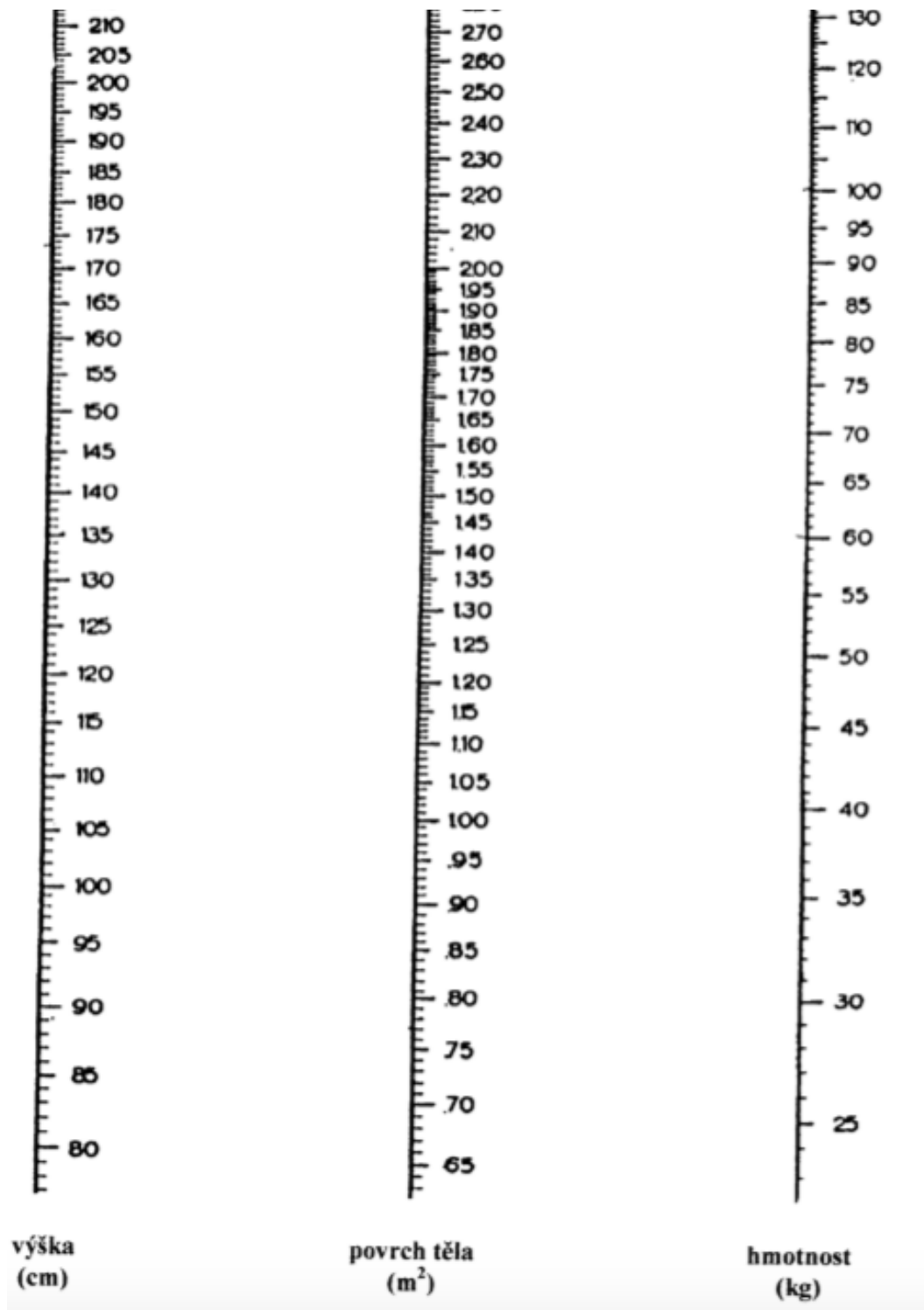
– ženy

kg	faktor		kg	faktor		kg	faktor
25	3744		55	4945		85	6146
26	3784		56	4985		86	6186
27	3824		57	5025		87	6226
28	3864		58	5065		88	6266
29	3904		59	5105		89	6306
30	3944		60	5145		90	6346
31	3985		61	5185		91	6386
32	4025		62	5225		92	6426
33	4065		63	5265		93	6466
34	4105		64	5305		94	6506
35	4145		65	5345		95	6546
36	4185		66	5386		96	6586
37	4225		67	5426		97	6626
38	4265		68	5466		98	6666
39	4305		69	5506		99	6706
40	4345		70	5546		100	6746
41	4385		71	5586		101	6787
42	4425		72	5626		102	6827
43	4465		73	5666		103	6867
44	4505		74	5706		104	6907
45	4545		75	5746		105	6947
46	4585		76	5786		106	6987
47	4625		77	5826		107	7027
48	4665		78	5866		108	7067
49	4705		79	5906		109	7107
50	4745		80	5946		110	7147
51	4785		81	5986		111	7187
52	4825		82	6026		112	7227
53	4865		83	6066		113	7267
54	4905		84	6106		114	7307

kg	připočteme
0,1	4
0,2	8
0,3	12
0,4	16
0,5	20
0,6	24
0,7	28
0,8	32
0,9	36

Zdroj: Kohlíková (2006)

Příloha 10: Nomogram pro stanovení povrchu těla



Zdroj: Koblíková (2006)

Příloha 11: Fleischův koeficient k výpočtu náležitého bazálního metabolismu [kJ/hod/m²] a [kJ/den/m²] – upraveno

Věk [r]	Muži		Ženy	
	[kJ.h ⁻¹ .m ⁻²]	[kJ.24h ⁻¹ .m ⁻²]	[kJ.h ⁻¹ .m ⁻²]	[kJ.24h ⁻¹ .m ⁻²]
6	202,3	4856	169,9	4726
7		4756		4555
8	194,0	4655	182,6	4383
9		4540		4329
10	184,4	4425	178,1	4274
11		4350		4213
12	178,1	4274	173,0	4152
13		4253		4048
14	176,3	4232	164,3	3943
15		4199		3828
16	173,5	4165	154,7	3712
17		4094		3662
18	167,6	4022	150,5	3612
19		3951		3581
20	161,7	3880	147,9	3549
21		3858		3547
22		3836		3545
23		3815		3543
24		3793		3542
25	157,1	3771	147,5	3541
26		3757		3538
27		3743		3536
28		3728		3533
29		3714		3531
30	154,2	3700	147,0	3528
35	152,9	3670	146,7	3520
36		3666		3518
37		3662		3516
38		3658		3515
39		3654		3513
40	152,1	3650	146,3	3511
45	151,7	3641	144,5	3469
50	150,0	3599	142,1	3411
55	148,4	3562	139,5	3348
60	146,3	3511	137,0	3289
65	144,2	3461	135,0	3239
70	141,6	3398	132,9	3189

Příloha 12: Tanita – výsledkový protokol



Body Composition Analyzer

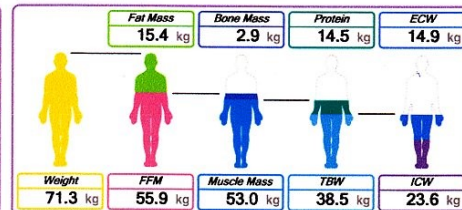
MC-980

Date 22/08/2011 16:37

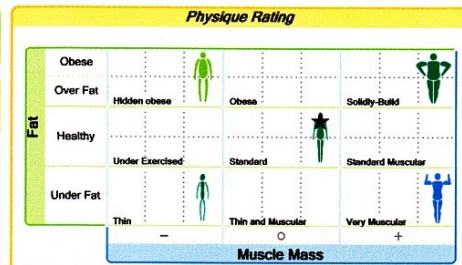
No.	0000000000000000			
Name	N/A		Height	168.0 cm
Age	30	Male	Type	Standard
			PT	1.5 kg

■ Details

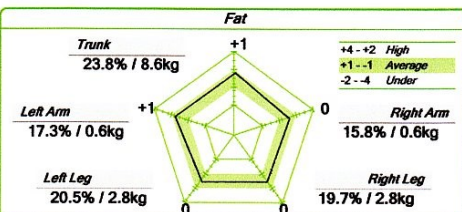
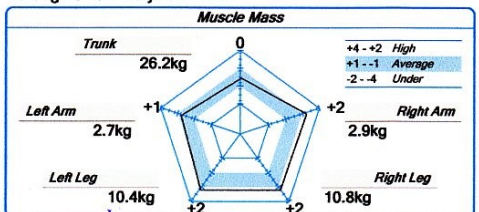
	Result	Desirable	Target
Weight	71.3 kg	52.2 - 70.3 kg	kg kg
Fat	21.6 %	11.0 - 21.9 %	% %
Fat Mass	15.4 kg	6.9 - 15.7 kg	kg kg
FFM	55.9 kg	55.9	
Muscle Mass	53.0 kg	53.0	
BMI	25.3	18.5 - 24.9	
Metabolic Age	31		



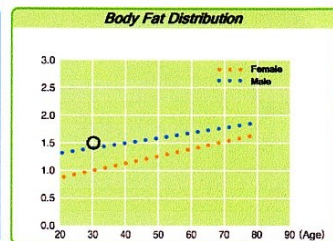
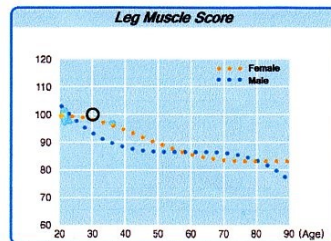
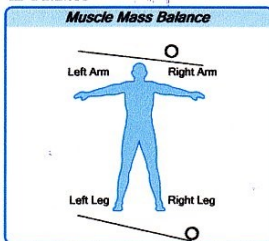
■ BMR VFR TBW



■ Segmental Analysis

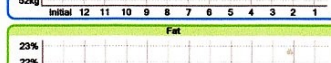
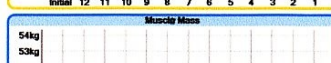
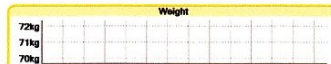


■ Balance



■ Result History

	Weight	Muscle Mass	Fat
Current	71.3	53.0	21.6
Initial	71.3	53.0	21.6



Reactance Resistance

	10kHz	50kHz	250kHz	500kHz	1000kHz	Phase
H-L	647.5	625.2	539.6	481.6	465.4	64.4
RL	-14.4	-33.7	-80.3	-47.6	-48.2	-71.0
LL	245.3	237.6	206.4	185.3	179.6	61.6
LH	-5.5	-15.0	-22.2	-15.3	-13.4	-13.7
RH	259.2	251.7	217.4	196.1	190.1	185.7
L-L	-8.0	-13.5	-23.4	-18.2	-15.1	-16.0
R-L	342.5	329.1	280.1	244.6	234.0	223.5
L-L	-6.7	-19.3	-35.3	-30.2	-31.6	-53.3
L-L	357.8	344.7	296.5	261.7	252.5	245.2
L-L	-7.2	-18.2	-34.6	-29.0	-31.8	-54.1
L-L	504.8	488.9	423.8	380.5	369.4	359.4
L-L	-10.6	-25.3	-45.7	-32.3	-28.7	-30.1

©2011 TANITA Corporation (O)

Zdroj: <https://www.panpages.my/photo-albums/body-composition-analyser-with-visceral--30770>

Příloha 13: BOD POD – výsledkový protokol

BOD POD® Body Composition Tracking System Analysis
Biomedicinska laborator
 Fakulta telesne vychovy a sportu
 Univerzita Karlova v Praze

SUBJECT INFORMATION	BODY COMPOSITION RESULT
NAME	% FAT 18.2 %
AGE 45	% FAT FREE MASS 81.8 %
GENDER Female	FAT MASS 10.633 kg
HEIGHT 172.0 cm	FAT FREE MASS 47.852 kg
ID_1	BODY MASS 58.484 kg
ID_2	BODY VOLUME 55.315 L
ETHNICITY General Population	BODY DENSITY 1.0573 kg/L
OPERATOR Imitech	THORACIC GAS VOLUME 3.500 L
TEST DATE September 23, 2015	
TEST NUMBER 344	
TEST PROFILE	OPERATOR COMMENTS
DENSITY MODEL Siri	
THORACIC GAS VOLUME MODEL Predicted	

Body Fat: A certain amount of fat is absolutely necessary for good health. Fat plays an important role in protecting internal organs, providing energy, and regulating hormones. The minimal amount of "essential fat" is approximately 3-5% for men, and 12-15% for women. If too much fat accumulates over time, health may be compromised (see table below).

Fat Free Mass: Fat free mass is everything except fat. It includes muscle, water, bone, and internal organs. Muscle is the "metabolic engine" of the body that burns calories (fat) and plays an important role in maintaining strength and energy. Healthy levels of fat-free mass contribute to physical fitness and may prevent conditions such as osteoporosis.

BOD POD Body Fat Rating Table* *Applies to adults ages 18 and older. Based on information from the American College of Sports Medicine, the American Council on Exercise, Exercise Physiology (4th Ed.) by McArdle, Katch, and Katch, and various scientific and epidemiological studies.

BODY FAT RATING	FEMALE	EXPLANATION
<input type="checkbox"/> Risky (high body fat)	> 40%	Ask your health care professional about how to safely modify your body composition.
<input type="checkbox"/> Excess Fat	30.1 - 40%	Indicates an excess accumulation of fat over time.
<input type="checkbox"/> Moderately Lean	22.1 - 30%	Fat level is generally acceptable for good health.
<input checked="" type="checkbox"/> Lean	18.1 - 22%	Lower body fat levels than many people. This range is generally excellent for health and longevity.
<input type="checkbox"/> Ultra Lean	15 - 18%	Fat levels often found in elite athletes.
<input type="checkbox"/> Risky (low body fat)	< 15%	Ask your health care professional about how to safely modify your body composition.

ENERGY EXPENDITURE RESULTS		
Est. Resting Metabolic Rate (RMR) kcal/day	*Est. Total Energy Expenditure (TEE) kcal/day	Daily Activity Level
1278 <small>(See RMR Info Sheet for additional info)</small>	1585	Sedentary
	1943	Low Active
	2224	Active
	2645	Very Active
*Est. TEE = Est. RMR x Daily Activity Level		

Applies to adults ages 18 and older. Based on information from the Institute of Medicine (2002), Dietary Reference Intakes For Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, And Amino Acids, Part I, pp93-206. Washington, D.C., National Academy of Sciences.

COSMED USA, Inc. • 1-800-426-3763 • www.cosmed.com

Zdroj: https://www.ftvs.cuni.cz/FTVS-1602-version1-bod_pod.pdf