

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI**

**FAKULTA TĚLESNÉ KULTURY**



**VYBRANÉ CHARAKTERISTIKY TĚLESNÉHO SLOŽENÍ U  
STUDENTEK 1. ROČNÍKU FTK UP NA ZÁKLADĚ METODY  
BIOELEKTRICKÉ IMPEDANCE PŘÍSTROJEM INBODY 720 A  
TANITA BC-418 MA**

Bakalářská práce

Autor: Martin Jareš, učitelství pro střední školy,

tělesná výchova – zeměpis

Vedoucí práce: Doc. RNDr. Miroslava Přidalová, Ph.D.

Olomouc 2011

**Jméno a příjmení autora:** Martin Jareš

**Název diplomové práce:** Vybrané charakteristiky tělesného složení u studentek 1. ročníku FTK UP na základě metody bioelektrické impedance přístrojem InBody 720 a TANITA BC-418 MA

**Pracoviště:** Katedra přírodních věd v kinantropologii FTK UP v Olomouci

**Vedoucí diplomové práce:** Doc. RNDr. Miroslava Přidalová, Ph.D.

**Rok obhajoby diplomové práce:** 2011

**Abstrakt:** V této bakalářské práci bylo analyzováno tělesné složení studentek 1. ročníku FTK UP v Olomouci pomocí metody bioelektrické impedance, zastoupené přístroji InBody 720 a TANITA BC-418 MA. Snahou bylo analyzovat a porovnat vybrané charakteristiky tělesného složení sledovaného souboru a porovnat hodnoty získané oběma přístroji. Sledovaný soubor se výrazně liší od běžné populace pouze v hodnotách zastoupení tukové složky. Zvýšené, ovšem už ne tak odlišné hodnoty od norem lze pozorovat u celkové tělesné vody a tukuprosté hmoty. Ze získaných dat plyne jejich rozdílnost v závislosti na užití jednotlivých přístrojů (případně rovnic pro výpočet).

**Klíčová slova:** tělesný tuk, intracelulární voda, extracelulární voda, tukuprostá hmota, frakcionace tělesné hmotnosti

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

**Autor's first name and surname:** Martin Jareš

**Title of the master thesis:** Selected characteristics of body composition of the first year-class female students of the Faculty of Physical Culture of the University Palacký of Olomouc using the bioelectrical impedance method represented by devices InBody 720 and TANITA BC-418 MA

**Department:** Department of Natural Sciences in Kinanthropology FTK UP in Olomouc

**Supervisor:** Doc. RNDr. Miroslava Přidalová, Ph.D.

**The year of presentation:** 2011

**Abstract:** In this work we analyzed the body composition of the first year-class female students of the Faculty of Physical Culture of the University Palacký of Olomouc using the bioelectrical impedance method represented by devices InBody 720 and TANITA BC-418 MA. The aim was to analyze and compare selected characteristics of body composition reference file and compare the values obtained by both devices. The investigated file differs significantly from the general population only in the values represented the fat component. Increasingly, however, not so different from the standard values can be observed in total body water and fat-free mass. The collected data shows their differences in relation to the use of individual instruments (or equations for the calculation).

**Keywords:** body fat, intracellular water, extracellular water, fat free mass, fractionation of body weight

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně s odbornou pomocí Doc. RNDr. Miroslavy Přidalové, Ph.D., uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a řídil se zásadami vědecké etiky.

V Prostějově, dne 20. 4. 2011

.....

vlastnoruční podpis

Děkuji Doc. RNDr. Miroslavě Přidalové, Ph.D. za pomoc a cenné rady, které mi poskytla při zpracování diplomové práce. Poděkování patří také Renátě Slezákové za pomoc při zpracování dat. Jsem vděčný za to, že diplomová práce mohla být řešena v rámci výzkumného grantu číslo 6198959221 pod názvem „Pohybová aktivita a inaktivita obyvatel České republiky v kontextu behaviorálních změn“.

## OBSAH

<b>1 ÚVOD.....</b>	<b>8</b>
<b>2 SYNTÉZA POZNATKŮ .....</b>	<b>10</b>
2. 1 Tělesné složení .....	10
2. 2 Historie a současnost měření tělesného složení.....	11
2. 3 Modely tělesného složení .....	12
2. 3. 1 Anatomický model .....	13
2. 3. 2 Molekulární model .....	13
2. 3. 3 Buněčný model .....	13
2. 3. 4 Tkáňově-systémový model.....	13
2. 3. 5 Celotělový model .....	14
2. 4 Metody výzkumu odhadů tělesného složení .....	14
2. 4. 1 Antropometrie .....	14
2. 4. 2 Biofyzikální a biochemické metody.....	18
2. 5 Tukuprostá hmota .....	25
2. 6 Tělesný tuk .....	26
2. 8 Tělesná voda.....	28
2. 9 Somatická charakteristika dospělosti.....	29
2. 10 Tělesné složení sportujících žen .....	30
2. 11 Body mass index.....	31
<b>3 CÍLE PRÁCE .....</b>	<b>33</b>
<b>4 METODIKA .....</b>	<b>34</b>
4. 1 Sledované soubory.....	34
4. 3 InBody 720 .....	34
4. 4 TANITA BC-418 MA.....	36
<b>5 VÝSLEDKY A DISKUSE.....</b>	<b>38</b>
<b>6 ZÁVĚRY.....</b>	<b>47</b>
<b>7 SOUHRN.....</b>	<b>49</b>
<b>8. SUMMARY .....</b>	<b>51</b>
<b>9. REFERENČNÍ SEZNAM .....</b>	<b>53</b>

**Přílohy.....56**

## 1 ÚVOD

Složení lidského těla je v současné době stále aktuálnějším tématem. Diagnostika tělesného složení je nepostradatelnou metodou kontroly při snaze o adekvátní zastoupení jednotlivých tělesných frakcí. Není to jen snaha vrcholových sportovců o 100% kontrolu nad svým tělem a tělesným složením, kdy v některých disciplínách (skoky na lyžích, zápas) hraje významnou roli každý gram tělesné hmotnosti. Diagnostika tělesného složení se stále častěji uplatňuje u sportovců, s jejíž pomocí si mohou kontrolovat účinek tréninku a svůj tělesný vývoj. Uplatnění nachází také při analýze stravovacích návyků a účinnosti různých diet. Důraz je kladen na optimální frakcionaci tělesné hmotnosti. Analýza tělesného složení je v současnosti spojena také s obezitou, anorexií, AIDS, dialýzou a dalšími nemocemi. Pro lidi postihnuté těmito druhy onemocnění, je analýza tělesného složení významným pomocníkem při stanovení závažnosti této choroby a také objektem, který posuzuje jejich úspěch či neúspěch při boji s jednotlivými potížemi.

Podle Klenera et al. (2006) se za posledních 15 let zvýšil podíl obézních v České republice z necelé pětiny na zhruba čtvrtinu. Obdobně se zvyšuje počet obézních spadajících do dětské populace. Sílicí pandemie obezity se navíc netýká jen průmyslově nejvyvinutějších států, ale i majetnějších vrstev v zemích dosud rozvojových.

Složení lidského těla lze analyzovat mnoha způsoby. Existuje řada metod, které se liší svojí přesností výsledků, cenou, uskutečnitelností v terénních, případně laboratorních podmínkách a náročností jak pro měřené osoby, tak pro iniciátory samotného měření. Pro tento výzkum jsme zvolili dva přístroje založené na základě bioelektrické impedance. Výzkum byl tedy prováděn přístroji InBody 720 a TANITA BC-418 MA. Metodu bioelektrické impedance jsme vybrali pro její nenáročnost na analyzovaný subjekt, jednoduchou obsluhu, časovou nenáročnost oproti jiným metodám, široké spektrum získaných dat a v neposlední řadě nikterak vysoké finanční nároky na provoz i samotná měření. Bioelektrická impedanční analýza tělesného složení je zároveň metodou neinvazivní, tedy žádným způsobem nenarušuje měřený subjekt. Výzkum byl podporován a prováděn antropometrické laboratoří pod záštitou Katedry přírodních věd v kinantropologii Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci. Po dokončení všech měření a zpracování naměřených dat jsme provedli jejich analýzu. Zaměřili jsme se hlavně na hmotnost tuku, procentuální zastoupení tukové tkáně, vnitřního tuku, tukuprosté hmoty, na indexy BMI a



WHR, svalovou rovnováhu a segmentální analýzu. Zřetel byl brán také na sledování vztahů mezi jednotlivými somatickými charakteristikami a vztahy v rámci obou metod.

Sledovaným souborem v této práci byly studentky 1. ročníku Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci.

Na začátku akademického roku byla u 1. ročníků realizována vstupní diagnostika na základě sledování tělesného složení prostřednictvím metody bioelektrické impedance.

Vzhledem k tomu, že se jedná o výběrovou fakultu zabývající se tělesnou výchovou, sportem a rekreologií a přijetí je podmíněno splněním talentových zkoušek z atletiky, plavání, sportovní gymnastiky a míčových her, očekávali jsme, že studentky z této fakulty budou speciální skupinou a budou se tedy lišit v předchozích zmíněných parametrech od celorepublikových průměrů. Výrazně odlišné hodnoty bychom předpokládali především u hodnot týkajících se tukové tkáně a tukuprosté hmoty.

## 2 SYNTÉZA POZNATKŮ

### 2. 1 Tělesné složení

Tělesné složení patří dle Marčeka et al. (2007) mezi nejdůležitější ukazovatele vývojového stupně v průběhu ontogeneze, úrovně zdraví, tělesné zdatnosti a výkonnosti.

Lidské tělo je uspořádáno tak, aby mělo správnou rovnováhu mezi tělesným tukem na jedné straně, svalovou hmotou a kostmi na straně druhé. Ideálně-optimální tělesné složení je rozdílné při různých sportech, ale všeobecně znamená nízká tuková hmota větší výkonnost, vysoký relativní tělesný tuk – slabší výkon. Výjimka zahrnuje těžkou váhu vzpěračů, sumo zápasníků a plavců.

Jsou však i případy, které popsali Bassler, T. J., & Burger R. E. (1979), kdy špičkoví, velmi chudí maratonští běžci zemřeli, protože měli nejnižší tělesnou hmotnost. Tito sportovci jedli velmi málo vzhledem ke svému fyzickému zatížení. Jejich srdce nebylo dostatečně vyživované a nakonec selhalo.

„Tělesné složení je ovlivněno geneticky a formováno exogenními faktory, ke kterým řadíme pohybovou aktivitu (pohybový komfort, případně cílené pohybové aktivity), výživové faktory a celkový zdravotní stav organismu“ (Riegrová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006, 24).

Charakteristické ovlivnění tělesného složení intenzitou pohybového režimu se projevuje nejen u výkonných sportovců, ale i u jedinců běžné populace – u rekreačních sportovců, kteří se pravidelně sportováním nezaobírají. Tělesné složení tj. podíl aktivní tělesné hmoty a tělesného tuku v organismu je jedna z nejdůležitějších morfologických charakteristik člověka.

Vzájemný vztah aktivní tělesná hmota – tělesný tuk velmi dobře charakterizuje z morfologického hlediska tělesnou připravenost sportovce. Má úzký vztah k řadě funkčních ukazatelů, informujících o zdatnosti, výkonnosti a stupni trénovanosti (Marček et al., 2007, 155, 156).

## 2. 2 Historie a současnost měření tělesného složení

Tradice zkoumání tělesného složení je dle Pařízkové (1998) bohatá. Tělesnými komponenty se zabýval již lékař antického Řecka Hippokrates. Od poloviny 19. století do poloviny 20. století se problematikou tělesného složení zabývali především němečtí anatomové a chemici jako např. Schwann, Liebig, Fehling, Camerer, Schorner a další. I po nich se tímto tématem zabývala řada dalších vědců. Postupem času se aspekty tělesného složení dále rozvíjely a byly v kontextu s novými výzkumnými a klinickými cíli uvažovány z řady hledisek.

Studium tělesného složení se prolíná s mnoha dalšími oblastmi. Jedná se hlavně o lékařské obory a oblast klinické výživy (Wang, Pierson, & Heymsfield, 1992).

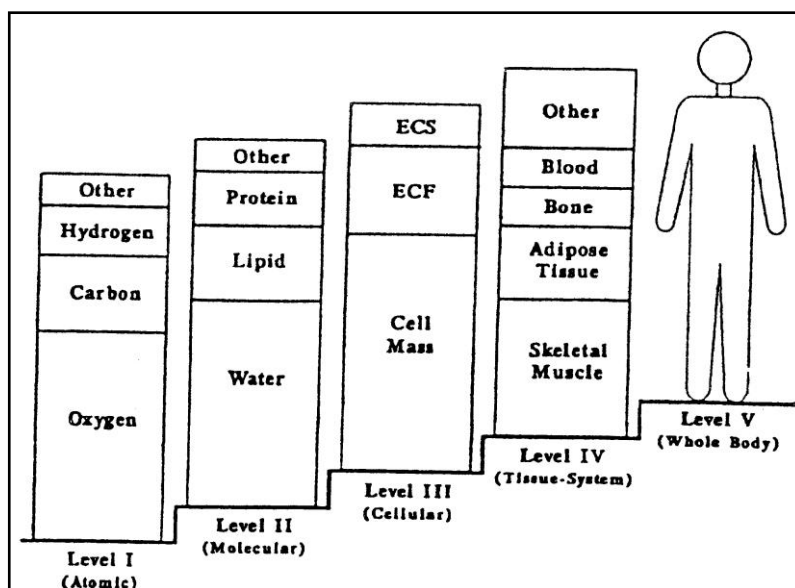
Prvním, kdo se velmi úspěšně pokusil antropologickými metodami stanovit tělesné složení a jeho komponenty, byl český antropolog a lékař, svého času rektor Univerzity Karlovy, prof. Matiegka, jehož publikace v USA z roku 1921 se teprve po mnoha letech stala středem zájmu a východiskem amerických antropologů ke všem pozdějším studiím o tělesném složení (Vilikus, Brandejský, & Novotný, 2004, 42).

Behnke (1963) v roce 1942 poprvé využil známý Archimedův princip. Později, ve čtyřicátých a padesátých letech byla tato metoda, jež umožňuje měření nepotního tuku *in vivo*, dále zdokonalena. Zmíněný postup je stále široce využíván. Prvním měřeným prvkem *in vivo* u lidských objektů byl draslík. Veškeré výsledky výzkumu tělesného složení v těchto ranějších stádiích byly shrnuty v roce 1963 na konferenci o tělesném složení pořádané New York Academy of Sciences, které zaznamenala i účast vědců z tehdejší Československé republiky.

Další rozkvět metodologie a výzkumu tělesného složení nastal v šedesátých letech 20. století. Od sedmdesátých let 20. století významně vzrůstá počet publikací na toto téma. Existují stále určité terminologické nejasnosti (např. definice a náplň různých, běžně používaných názvů, jako např. aktivní, tukuprostá a esenciální hubená hmota). K objasnění výrazně přispěla formulace pěti modelů tělesného složení, které vyžadují různé metodiky (Pařízková, 1998).

### 2. 3 Modely tělesného složení

Lidské tělo je různorodé. Představuje složitou mozaiku rozličných buněk. Tělesná hmotnost je veličina, na které se podílejí všechny tkáně lidského organismu. Z tohoto důvodu antropologové celkovou hmotnost těla rozdělují na jednotlivé části – komponenty. Existují různé teorie, které určují z čeho je lidské tělo sestaveno. Pro jednotlivé teorie byly vypracovány modely tělesného složení (Bláha et al., 1986).



Obrázek 1. Pětistupňový model tělesného složení (upraveno dle Pařízková, 1998, 2)

Z pohledu chemického je lidské tělo tvořeno tukem, bílkovinami, uhlovodany, minerály a vodou. Z anatomického hlediska se tělo skládá z tukové tkáně, svalstva, kostí, vnitřních orgánů a ostatních tkání. Celková hmotnost lidského těla je podle tzv. čtyřkomponentového modelu tvořena tukem, extracelulární tekutinou, buňkami a minerály, podle tříkomponentového modelu potom tukem, vodou a sušinou (proteiny a minerály). Protože je poměrně obtížné změřit in vivo každou z těchto komponent zvlášť, byly předchozí systémy zjednodušeny na pouze dvoukomorový model, podle něž je lidské tělo tvořeno tukovou hmotou a tukuprostou hmotou (fast free mass – FFM). Tukuprostá hmota je v současnosti definována jako hmotnost všech tkání minus extrahovatelný tuk. Zatímco tuková složka je poměrně homogenní, neobsahuje vodu ani draslík a její denzita je  $0,9 \text{ g/cm}^3$ , tukuprostá hmota v sobě zahrnuje značně odlišné složky jak z hlediska morfologického a chemického, tak z hlediska jejich biologické aktivity. Z hlediska chemického složení je FFM tvořena 72–74 % vody, u žen 50 – 60 mmol/kg draslíku. Denzita ATH je  $1,1 \text{ g/cm}^3$  při  $37 \text{ }^\circ\text{C}$  (Bláha et al. 1986).

### **2. 3. 1 Anatomický model**

Podle anatomického modelu tvoří základní stavební části lidského těla atomy respektive chemické prvky. Z celé škály 106 prvků se jich v těle vyskytuje 50 a jejich rozdělení v různorodých tkáních a orgánech je dobře prokázáno. Šest prvků (kyslík, uhlík, vodík, dusík, vápník a fosfor) tvoří více než 98 % celkové tělesné hmotnosti. Z toho jediný prvek – kyslík představuje více než 60 % celkové tělesné hmoty u průměrného 70 kg muže. Zbylých 44 prvků tvoří méně než 2 % celkové tělesné hmotnosti (Snyder, Cook, Nasset, Karhausen, Howells, & Tipton, 1984).

### **2. 3. 2 Molekulární model**

Na základě molekulárního modeluje 11 základních prvků začleněno do molekul, které tvoří více než 100 000 chemických sloučenin nacházejících se v lidském těle. Molekuly zastoupené v lidském organismu jsou rozličné složitosti – od vody až po kyselinu deoxyribonukleovou. Molekulární model tělesného složení posuzuje chemické sloučeniny dle druhu molekul, které jsou v nich zastoupeny. Hlavními komponenty, jejímž je v současnosti věnováno nejvíce pozornosti, jsou voda, lipidy, proteiny, minerály a glykogen.

### **2. 3. 3 Buněčný model**

Přestože může být lidské tělo rozděleno na molekulární úrovni do různých komponent, jejich sestavení do buněk tvoří živý organismus. Koordinované funkce a interakce mezi buňkami jsou centrem studie lidské fyziologie zdraví a onemocnění. Buněčný model je proto důležitou oblastí výzkumu kompozice těla.

Na buněčné úrovni se lidské tělo skládá ze tří hlavních složek: buněk, extracelulární tekutiny a extracelulárních pevných látek.

### **2. 3. 4 Tkáňově-systémový model**

Základem pro tkáňově-systémový model je fakt, že lidské tělo je složeno z buněk, extracelulární tekutiny a extracelulárních látek. Tyto tři komponenty jsou dále organizovány do tkání, orgánů a systémů (Wang, Pierson, & Heymsfield, 1992).

Tkáňově-systémový model vychází z bádání na tělech zemřelých. Hmotnost lidského těla je tedy určena rovnicí: hmotnost těla = muskuloskeletální + kožní + nervový + respirační + oběhový + zažívací + vyměšovací + reprodukční + endokrinní systém (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

### **2. 3. 5 Celotělový model**

Celotělový model určuje hmotnost lidského těla na základě určení antropometrických hodnot (tělesná výška, hmotnost, délkové, šířkové obvodové rozměry, kožní řasy), hmotnostně-výškových indexů a objemu těla. Z hodnoty objemu těla lze vypočítat denzitu těla, která určí nepřímo množství aktivní tělesné hmoty a depotního tuku (Wang, Pierson, & Heymsfield, 1992).

### **2. 4 Metody výzkumu odhadů tělesného složení**

„Pro diagnostiku tělesného složení bylo vypracováno více metod od nejjednodušších postupů založených na měření vnějších rozměrů těla – antropometrické metodiky až po technicky velmi náročné metody“ (Marček et al., 2007, 156).

Méně náročné, soustředěné především na určení tělesného tuku, přinášejí menší možnosti zjištění jednotlivých komponent tělesného složení. Náročnější postupy jsou přesnější a přinášejí více informací: patří mezi ně hydrometrie (vážení pod vodou), sonografie, bioimpedance a další moderní biofyzikální a biochemické metody, umožňující stanovení řady komponent tělesného složení, včetně stanovení množství buněčné hmoty, celkové tělesné vody (CVT), extra- a intracelulární vody i jednotlivých minerálů. Úbytek CTV s věkem je u sportujících osob menší než u nespportujících, což má význam pro prodloužení optimální funkční zdatnosti (Vilikus, Brandejský, & Novotný, 2004, 39).

#### **2. 4. 1 Antropometrie**

Antropometrické metody se nejčastěji používají i v současnosti pro svoji rychlost, neinvazivnost, nenákladnost a přitom vysokou informativnost.

Již v roce 1921 se Matiegka pokusil o kvantifikaci tělesných komponent na základě zevních (antropometrických) rozměrů těla (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Antropometrické metody nám podávají objektivní obraz toho, jak působí pravidelné cvičení a závodní činnost na somatickou stavbu sportovců v období růstu, vývinu, dospívání a dospělosti. Pomocí somatometrického vyšetření můžeme vyhodnotit příznivé i nepříznivé vlivy a podle toho usměrňovat trénink – tělesnou zátěž. Při včasné odhalení somatických odchylek, které vznikly vlivem sportovní činnosti, můžeme navrhnout trenérům změnu náplně tréninkového programu a doporučit doplňková cvičení na jejich eliminaci. Porovnáváním základních somatometrických parametrů, směrodatných pro tělesný rozvoj a získaných v různých časových intervalech, můžeme posoudit, zda došlo ke zlepšení rozvoje sportovců. Na základě těchto vyšetření můžeme také sledovat, jak různá sportovní odvětví působí na tělesný rozvoj – somatický habitus sportovců při použití různých tréninkových metod a vybrat nejvhodnější metodu (Marček et al., 2007, 150, 151).



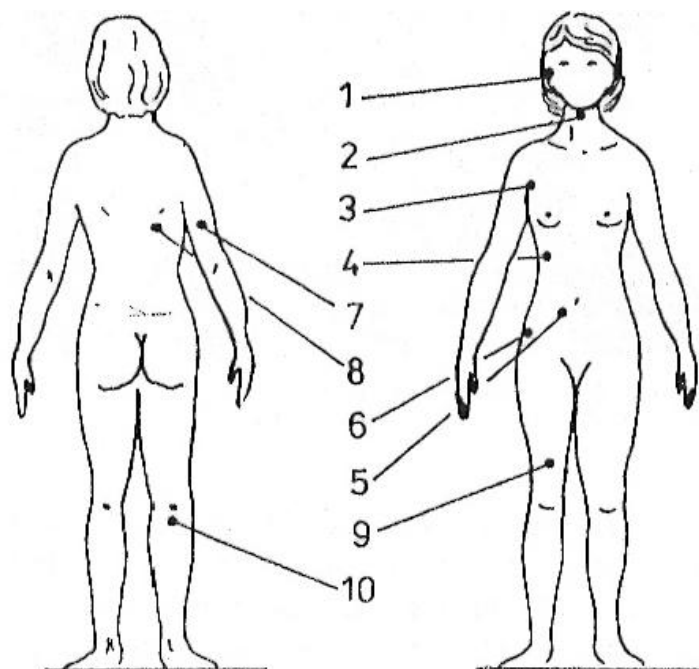
Obrázek 2. Určování množství tělesného tuku – měření tloušťky kožní řasy kalibrem typu podle Besta (upraveno dle Vilikus, Brandejský, & Novotný, 2004, 39)

V běžné praxi tělovýchovně-lékařské i klinické je nejčastěji ke zjištění množství tělesného tuku využívána metoda „kaliperová“ odvozená od speciálního měřicího nástroje „kaliperu“, kterým se za konstantního tlaku měří tloušťka kožních řas na těle. Rovněž kaliperů je několik typů. U nás se užívá především kaliper typu podle Besta. Má styčné plochy o průměru 3 mm a tenzi 200 g; je tak zajištěn konstantní přítlak na měřenou kožní řasu. Někde je možné setkat se ještě s kaliperem klešťovitého tvaru odvozeného od Harpendenského, který má jiný tvar styčných ploch i jinou tenzi, a je proto třeba výsledky měření jinak hodnotit. Také měření kožních řas má několik doporučených postupů.

Nejčastěji užívanou metodou je měření kožních řas na deseti místech na těle (kaliperem Best) podle Pařízkové (1962), (Obrázek 3), (Pařízková, 1998).

10 míst na těle pro měření kožních řas:

1. na hlavě – na tváři pod spánkem ve výši tragu
2. na krku – pod bradou nad jazylkou
3. na hrudníku I – v místě přední axilární řasy
4. na hrudníku II – ve střední axilární čáře ve výši 10. žebra
5. na břicho – v  $\frac{1}{4}$  spojnice omphalion-iliospinale
6. na boku – nad crista iliaca
7. na zádech – pod angulus scapulae caudalis
8. na paži – nad m. triceps brachii, uprostřed vzdálenosti acromion – olecranon
9. na stehně – nad patellou
10. na lýtku – pod fossa poplitea (Vilikus, Brandejský, & Novotný, 2004, 39, 40).





Obrázek 3. Body pro měření kožních řas kaliperem (upraveno dle Vilikus, Brandejský, & Novotný, 2004, 40)

Součet naměřených hodnot tloušťky kožních řas dosazujeme do regresních rovnic odvozených z denzitometrie (Pařízková, 1962)

$$\text{Děti (13–16 let): } y = 1,205 - 0,078 \log x$$

$$\text{Dospělý muži: } y = 22,3 \log x - 29,2$$

$$\text{Dospělé ženy: } y = 39,527 \log x - 61,25$$

$x$  = součet údajů o tloušťce deseti kožních řas

$y$  = výsledný údaj o množství tělesného tuku v % tělesné hmotnosti

(Výsledný údaj je možno získat také z tabulek referenčních hodnot.)

Postup stanovení množství tělesného tuku metodou kaliperu je celkem jednoduchý a přináší poměrně spolehlivé výsledky. Podmínkou je však delší zácvik měření, přesná znalost míst určených k měření kožní řasy a zkušenost s odlišností kůže a podkožního vaziva, které často při měření činí nesnáze (Vilikus, Brandejský, & Novotný, 2004, 41).

Tabulka 1. Kritéria pro posouzení množství tělesného tuku kaliperovou metodou (upraveno dle Vilikus, Brandejský, & Novotný, 2004, 41)

	Muži	Ženy
Velmi nízké	pod 9,9	pod 12,9
Nízké	10,0–11,9	13,0–15,9
Snížené	12,0–13,9	16,0–18,9
Normální	14,0–15,9	19,0–21,9
Zvýšené	16,0–17,9	22,0–24,9
Vysoké	18,0–21,9	25,0–30,9
Velmi vysoké	nad 22,0	nad 31,0

Mezi další užívané antropometrické metody patří odhad tělesného složení podle Matiegky a podle Drinkwatera a Rosse.

Matiegkova metoda je založena na rozdělení hmotnosti těla na 4 složky: hmotnost skeletu, hmotnost kůže a hmotnost podkožní tkáně, hmotnost kosterního svalstva a hmotnost zbytku. U metody dle Matiegky jde spíše o tříkomponentový model tělesného složení.

Pro výpočet hmotnosti skeletu je třeba získat širkové parametry. Hmotnost kůže a podkožní tukové tkáně se vypočítá na základě odebraných kožních řas a vypočteného povrchu těla. Hmotnost svalstva je dána korigovanými průměry segmentů končetin a výškou těla. Hmotnost zbytku vyplývá z hmotností výše zmíněných složek.

Metoda Drinkwatera a Rosse je modifikací Matiegkovi metody. Metoda využívá fantomových, neboli modelových hodnot a směrodatných odchylek, které byly získány z rozličných literárních a historických dat pro různé etnické skupiny (muže i ženy). Zahrnuta byla i historická data od Leonarda da Vinci (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

#### **2. 4. 2 Biofyzikální a biochemické metody**

Měření tloušťky kožních řas se v dnešní době neprovádí pouze pomocí kaliperové metody. Postupem času bylo vyvinuto mnoho dalších metod, které měly za cíl odstranit nedostatky metody předchozí. V případě metody kaliperové se jednalo o různou stlačitelnost tkání při diagnostice kaliperem. Odchyly se objevovaly především u osob s extrémními variantami tělesného složení (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Pro přehled tedy přikládám přehled hlavních alternativních metod pro měření tělesného složení.

##### **Radiografie**

Defektoskopické metody využívající ionizujícího záření patří pod radiografii. Jedná se obvykle o gama záření. Pro diagnostiku tělesného složení jsou zmíněné metody velmi přesné. Při jejich aplikaci je možné i proměření průřezu svalstva a kosti ve snímkaném místě. Radiografické metody ovšem není možno často využívat. Jejich užití je výrazně omezeno díky negativním účinkům při vystavení se rentgenovému záření. Z celé škály metod je tou nejnovější výpočetní tomografie (CT – computed tomography). Mezi negativa radiografie patří vysoká pořizovací cena přístrojů i samotných vyšetření (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006, 34).

## Dvojenergetická rentgenová absorpciometrie

Přístroje určené k aplikaci tzv. dvojenergetické rentgenové absorpciometrie (DEXA) využívají dvojí rentgenovou energii pro měření obsahu tuku, svaloviny a kostí při skenování celého těla nebo jeho různých částí. DEXA je oproti tradičním metodám zjišťování tloušťky tukové řasy a hydrodenzitometrii výhodnější – při odhadování beztukové i tukové hmoty se může zohlednit i hustota kostí (čímž se snižuje chyba vyskytující se při dvojsložkovém modelu). I když se pomocí této techniky dosahuje poměrně přesných odhadů tělesné hustoty, její finanční náročnost zatím zabránila, aby se stala novou standardně používanou metodou (k její aplikaci dochází téměř výhradně ve vědeckovýzkumném prostředí), (Prior et al., 1997).

## Ultrazvuk

Ultrazvuk, stejně jako jiné druhy akustického vlnění, je ve své podstatě vlněním mechanickým. Jeho frekvence leží mezi 20 kHz až 1 GHz. Ultrazvukové vlnění se šíří plynným, kapalným i pevným prostředím rozkmitáváním jeho částic kolem rovnovážné polohy. Rozkmitávané částice předávají energii částicím sousedním, čímž dochází k šíření kmitů.

V kapalinách a plynech se může šířit pouze vlnění podélné, kdy částice prostředí kmitají ve směru šíření vlny. Při šíření podélného vlnění dochází ke změnám tlaku v prostředí. V pevných látkách se navíc šíří i vlnění příčné.

Diagnostický ultrazvuk je řešením pro osoby trpící klaustrofobií, které nejsou schopny absolvovat vyšetření tomografickými metodami, při nichž je pacient zasunut do úzkého válcového prostoru. Tato metoda na druhou stranu ale nezaručuje vysokou morfologickou věrnost zobrazení jednotlivých vnitřních orgánů, která je samozřejmostí u metod tomografických (Zuna & Poušek, 2002).

Infračervená interakce (NIRI, Near infrared interactance), (šetrná infračervená spektroskopie).

Infračervená spektroskopie patří do skupiny neinvazivních analytických metod, kdy zkoumaný vzorek není analýzou nikterak poškozen, a přesto poskytuje informaci o svém složení. Podstatou infračervené spektroskopie je interakce infračerveného záření se studovanou hmotou, kdy v případě pohlcení fotonu studovanou hmotou mluvíme o absorpční infračervené spektroskopii a v případě vyzáření fotonu o emisní

infračervené spektroskopii. Infračerveným zářením rozumíme elektromagnetické záření v rozsahu vlnočtů 12 500 až 20 cm<sup>-1</sup> a vlnových délek 800 nm až 0,5 mm (Jandera, 2006).

Magnetická rezonance (MRI – magnetic rezonanc imaging)

Magnetická rezonance je jednou z novějších neinvazivních metod, která se od konce 70. let začala prakticky uplatňovat v medicíně. Postupně se tato metoda stává nenahraditelnou součástí komplexu zobrazovacích metod užívaných moderní lékařskou vědou.

MRI je odvozena od klasické nukleární magnetické rezonance (NMR), což je metoda založená na rozdílných magnetických vlastnostech atomových jader různých prvků užívaná již téměř půl století v analytické chemii (bývá označována rovněž jako nukleární magnetická spektroskopie). Teprve nebývalý rozvoj především výpočetní techniky však dal všechny předpoklady k tomu, aby se MRI stala rutinní zobrazovací metodou moderní medicíny (Válek & Žižka, 1996).

Magnetická rezonance je specifická vysokou finanční náročností a možností aplikace pouze v laboratorních podmínkách.

Denzitometrie

Základem této metody je fakt rozdílné denzity (hustoty) dvou složek lidského těla. Vychází se tedy z dvoukomponentového modelu složení těla a za tyto dvě základní složky jsou považovány tuk a tukuprostá hmota. (Riegrová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

„Principy zmíněné metody vychází ze tří základních předpokladů:

1. separátní denzity obou komponentů jsou aditivní a jsou realitně konstantní u všech jedinců,
2. úroveň hydratace FFM (tukuprosté hmoty) je relativně konstantní,
3. poměr kostních minerálů ve vztahu ke svalovým proteinům je rovněž konstantní veličinou.

Denzitometrie vychází ze vztahu  $H = \text{denzita (hustota)} \times \text{objem}$ “ (Riegrová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006, 35).

#### a) Hydrostatické vážení

Hydrostatické vážení určuje specifickou hustotu těla pomocí vážení pod vodou. Jedná se o jednu z nejpřesnějších metod stanovujících objem těla na základě Archimedova zákona. Pro získání přesných výsledků je nutné od celkového objemu těla odečíst objem vzduchu v plicích a v dýchacích cestách diluční dusíkovou metodou. Užití denzitometrie v běžné praxi je omezené technickou náročností a zátěží pro měřený subjekt a je nepoužitelná v terénních podmínkách (Marček et al., 2007).

#### b) Voluminometrie

Voluminometrie patří do stejné skupiny metod měření tělesného složení jako hydrostatické vážení, tedy pod denzitometrii. Měření probíhá podobným způsobem jako u hydrostatického vážení. Měření je ovšem skutečný objem vytlačené vody ponořeným subjektem. Je nutné opět měřit reziduální objem (Collins et al., 2004).

### Pletysmografie

Jedná se o suchou metodu, která napodobuje hydrodenzitometrii a poslední dobou se stala dosti populární. Pletysmografie s výtlačkem vzduchu (anglická zkratka ADP) se používá v zařízení nazvaném Bod Pod, přičemž při stanovování průměrné tělesné hustoty odpadá nutnost ponoření se pod vodu a vytěsnění vzduchu z plic. Princip je následující: testovaná osoba sedí v malé suché komoře, kde se pomocí počítačem řízených nástrojů přesně změří hmotnost a objem těla. Potom se vypočítá celková tělesná hustota a odhadne hmotnost bez tuku i tuková hmotnost stejně jako v případě hydrostatických měření. Rozdíly mezi hodnotami naměřenými hydrostaticky a metodou ADP se u různých skupin liší a rovněž mohou být značně rozdílné výsledky (co se týče přesnosti) mezi jednotlivci, nicméně metoda ADP nabízí velkou výhodu díky snadnosti prováděného měření. Zvláště to platí pro jedince, kterým činí potíže

zcela vydechnout a pak se v klidu udržet celkově ponořen pod vodu. ADP se naopak nehodí pro osoby trpící klaustrofobií (Collins et al., 2004).

## Hydrometrie

Hydrometrie vychází ze zjištění aktivní tělesné hmoty (ATH). – zavodněná část organismu.

Metoda stanovuje tělesné složení z tzv. celkové tělesné vody (total body water – TBW). Předcházela jí tedy objev, že voda není obsažena v rezervním tuku, nýbrž tvoří relativně fixní frakci tukuprosté hmoty. Principem je zjištění množství zavodněné části organismu. Předpoklad normálního stavu hydratace (73 %) je nutný pro výpočet tukuprosté hmoty (FFM) z celkového objemu vody. Hodnotu celkového tuku poté získáme odečtením množství FFM od celkové hmotnosti (Riegrová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Hydrometrické metody skýtají bohaté možnosti, jak měřit tělesné složení. Na dalších řádcích se nachází některé z nich.

### a) Izotopy vodíku

Diagnostika se provádí pomocí izotopů vodíku. Testovací substancí je deuterium, které je rozpustné ve všech vodních prostorech (2 hodiny) a v konstantní rovnoměrné koncentraci vydrží po dobu 3 hodin. K dosažení výsledků poté využíváme hmotové spektrometrie či plynové chromatografie (Chytráčková, 2009).

### b) Bioelektrická impedance (BIA)

„Bioelektrická impedance je metodou neinvazivní, relativně levnou, terénní, bezpečnou a v poslední době velmi rozšířenou na celém světě“ (Riegrová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006, 36).

Tato metoda patří k novějším metodám pro diagnostiku tělesného složení. Jde o metodu s relativně nízkými náklady a nejmenší technickou náročností, která je využitelná v terénních podmínkách a nezatěžuje měřený objekt. Její výhodou je i to, že hlavním výstupním parametrem je hodnota

celkové tělesné vody, čímž se rozšiřuje informace o komponentech tělesné hmotnosti.

Bioelektrická impedance je založena na šíření střídavého proudu nízké intenzity biologickými strukturami. Její princip spočívá v tom, že tukuprostá hmota, obsahující vysoký podíl vody a elektrolytů je dobrým vodičem proudu, zatímco tuková tkáň se chová jako izolátor a špatný vodič díky výrazně nižšímu obsahu vody oproti hmotě tukuprosté. Impedance (odpor) těla je tedy určována především nízkoimpedanční tukuprostou hmotou (Malinčíková, 2006, 1).

Měření bioimpedance – hodnocení tělesného složení je důležité pro stanovení poměrů jednotlivých tělesných komponent (tuková tkáň, tukuprostá tkáň, TBW – total body water (celková tělesná voda), ECW – extracellular water (extracelulární voda), ICW – intracellular water (intracelulární voda). Nárůstem tělesného tuku je definována obezita, což je prvním znamením pro zvýšenou opatrnost. První komerční zařízení na měření bioimpedance se začala objevovat v 80. letech dvacátého století. S ohledem na její relativní jednoduchost a levnost se tato metoda pomalu ale jistě začíná stávat velice často využívanou pro hodnocení tělesného složení. Bioimpedance je vlastně měření, při kterém pomocí dvou a více elektrod do lidského těla vpravíme elektrický proud. Potom zjišťujeme tělesnou odpověď na tento podmět. Měříme vlastně pasivní elektrické vlastnosti tělesných tkání. Je to jednoduchá a rychlá metoda. Je neinvazivní, bezpečná, levná, rychlá a při dodržení standardních podmínek i velmi přesná. Bioimpedance využívá ve své podstatě bioelektrinu proudící mezi měřicími elektrodami (Hlúbik, 2009, 1).

Základní proměnnou, kterou BIA měří, je celková tělesná voda (TBW). Tukuprostá hmota (FFM je dána rozdílem mezi celkovou hmotností a hmotností tělesného tuku) je určována na základě následující rovnice:

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

Hodnota 0,732 (73,2 %) představuje průměrnou hydrataci tukuprosté hmoty u dospělých. U dětí nacházíme vyšší hydrataci tukuprosté hmoty. Podíl objemu extracelulární vody (ECW) na celkové tělesné vodě s věkem klesá,

intracelulární voda (ICW) naopak nabývá na objemu (Riegrová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006, 38).

Stanovení netučné tělesné tkáně je zatíženo chybou vyplývající z aktuálního stavu hydratace jedince. Metoda není náročná na technické vybavení a je rutinně v praxi využívána. Její variantou je vyšetření Bodystatem, které využívá více frekvenčních rozsahů elektrického proudu a umožňuje i zjištění velikosti intravaskulárního, extracelulárního a intracelulárního objemu (Svačina et al., 2008, 60).

Vzhledem k tomu, že jsme metodu bioelektrické impedance využili k účelu výzkumu této práce, dodáváme seznam podmínek pro standardní měření.

Než dojde k samotné analýze tělesného složení, je doporučeno 5 minut stát. Měření by mělo probíhat za pokojové teploty 20–25 °C. Testovaným osobám je doporučeno před analýzou zajít na toaletu, protože moč a stolice jsou započítávány jako složka tuková. Dále je vhodné nejméně 2 hodiny před měřením nejíst, nekonzumovat alkohol, neprovádět žádnou pohybovou aktivitu a nesprchovat se. Testovaný by měl být měřen ve spodním prádle (čím méně oblečení, tím přesnější výsledky) a měl by mít odložené všechny doplňkové předměty (klíče, peníze, mobilní telefon).

Dodržení všech výše zmíněných podmínek napomáhá získání co nejpřesnějších dat, proto je v zájmu každého testovaného zmíněná pravidla dodržovat (InBody, 2011).

### c) Celková tělesná vodivost (TOBEC)

Metoda celkové tělesné vodivosti je založena na rozdílech elektrické vodivosti a dielektrických vlastností tukuprosté hmoty a tuku. Větší využití této metody je limitováno vyšší cenou (Riegrová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).



## 2. 5 Tukuprostá hmota

Vyšetření tělesného složení ukazuje rozdíly v množství tukuprosté hmoty a tělesného tuku.

Tukuprostá hmota (FFM – fat free mass, dříve se užíval výraz aktivní tělesná hmota – ATH) zahrnuje všechny metabolicky aktivní tkáně těla kromě tělesného tuku – orgány a tkáně s vysokou aktivitou přeměny látek a vysokou bazální spotřebu kyslíku, tj. svalstvo, vnitřní orgány atd. Prakticky to znamená celkovou hmotu těla zmenšenou o tuk. Svalová hmota tvoří největší a nejdůležitější podíl. Vzájemný poměr mezi tukuprostou hmotou (svalová hmota) a tělesným tukem je závislý především na výživě a na fyzické aktivitě a velmi dobře charakterizuje z morfologického hlediska tělesnou připravenost sportovce. Organismus adaptovaný na zvýšenou tělesnou aktivitu, zejména silový sportovní trénink obsahuje vždy zvýšený podíl tukuprosté hmoty. Hypertrofii nejvíce zatěžovaných svalových skupin vyvolávají všechny sportovní disciplíny, které obsahují silovou složku, např.: sprinteři, fotbalisté, cyklisté, lyžaři sjezdových disciplín, skokani mají hypertrofované svaly dolních končetin. Veslaři, vodáci, tenisté a šermíři mají hypertrofované horní končetiny a jejich pletenec. Sportovní gymnasté, zápasníci, vzpěrači mají hypertrofované téměř všechny svaly. Vzhledem k intenzitě pohybové aktivity je rozdíl nejvýraznější u vrcholových sportovců. Intenzivní pohybovou činností se tukuprostá hmota – svalová hmota zvětšuje a zmenšuje se podíl tělesného tuku. Zvýšený podíl tukuprosté hmoty na úkor tělesného tuku však není stálou a neměnnou vlastností trénovaného organismu.

Celková tělesná hmotnost se vlivem zvýšené nebo snížené intenzity pohybového režimu – tréninkového procesu nemusí měnit, mění se jen podíl tukuprosté hmoty k tělesnému tuku a to jeho zvyšováním nebo snižováním (Marček et al., 2007, 158).

„Nízké procento podkožního tuku ještě nemusí znamenat v určitém sportu optimální tělesné složení. Je vždy žádoucí u každého sportu, ale i třeba podle hráčských specializací apod., vycházet ze souhrnu předpokladů antropometrických, funkčních a metabolických“ (Havličková et al., 1994, 135).

V naší populaci je podíl FFM u mužů okolo 85 % a u žen asi 75 – 80 %. U sportovců stoupá podíl tukuprosté hmoty až nad 90 %. Tyto údaje platí pro normální distribuci hodnot, neplatí potom pro extrémní typy stavby těla např. nejvyšší a nejnižší hmotnostní kategorie v úpolových sportech, u vrhačů, moderních gymnastek, žokejů a podobně. Zde se uplatňuje individuální hodnocení (Marček et al., 2007, 158).

## 2. 6 Tělesný tuk

Tuková tkáň patří histologicky i morfologicky mezi pojivové tkáně. V lidském organismu se vyskytuje ve dvou základních formách: jako bílá a hnědá tuková tkáň. Hnědá tuková tkáň je u lidí výrazněji přítomná pouze přechodně u novorozenců, v dospělosti je možné najít ojedinělé hnědé adipocyty roztroušené v bílé tukové tkáni. Jejich význam není jasný.

Kvantitativně nejdůležitější součástí bílé tukové tkáně jsou vlastní tukové buňky – adipocyty, částečně fixované na síť kolagenových vláken. Kromě adipocyt jsou v tukové tkáni také zásobní krevní cévy, tzv. stromavaskulární buňky uložené v okolí těchto cév, fibroblasty, leukocyty, makrofágy a preadipocyty. Preadipocyty jsou potenciálním zdrojem nových adipocytů.

Klasicky byly uznávány tři základní funkce tukové tkáně: funkce tepelného izolátoru, funkce mechanické ochrany proti nárazům a především funkce zásobního energetického zdroje. Podkožní tuková tkáň je významně horším tepelným vodičem než většina vnitřních orgánů i než svalová tkáň a funguje jako velmi účinný tepelný izolátor. Řada vnitřních orgánů je navíc také obklopena vrstvou tukové tkáně, což má jak tepelně izolační, tak ochranný význam před mechanickým poškozením. Funkce zásobního energetického zdroje tukové tkáně je umožněna díky uložení energie v adipocytech ve formě triacylglycerolů v lipidových kapénkách. Množství energie získatelné z 1 gramu tuku je dvojnásobné oproti 1 gramu sacharidů či proteinů. Jde tedy o velmi efektivní způsob uložení energie.

Kromě těchto klasických funkcí tukové tkáně existuje ještě řada dalších procesů, na nichž se tato tkáň podílí. Tuková tkáň je mimo jiné místem konverze některých hormonů z jejich prohormonálních prekurzorů. Takto zde může být tvořen například kortizol. Některé experimentální i klinické výsledky tvrdí svědčí pro možnost, že zvýšená produkce kortizolu ve viscerální tukové tkáni obézních jedinců může mít kauzální význam při vzniku jaterní inzulínové rezistence a diabetes mellitus II. typu.

Tuková tkáň je také hlavním zdrojem estrogenů (především estron a estradiol) u postmenopauzálních žen. Význam této funkce tukové tkáně může stoupat u obézních žen, u kterých jsou pak koncentrace estrogenů několikanásobně zvýšeny. Toto zvýšení se považuje za jednu z příčin vyššího výskytu karcinomu prsu u obézních postmenopauzálních žen. Tuková tkáň je také místem konverze thyroinu na účinnější trijodthyronin, kde je tvořen angiotenzinogen a mnoho dalších látek.

Mnoho léků, ale také toxinů zevního prostředí je lipofilní povahy, a může se tedy ukládat v tukové tkáni. Tato skutečnost se musí brát v úvahu při výpočtu dávek léků u pacientů s obezitou. Důležitost tohoto faktu pochopitelně stoupá především u farmak s úzkým terapeutickým rozmezím a vysokou toxicitou při předávkování.

V poslední dekádě minulého století byla objevena další zásadní funkce tukové tkáně – její schopnost produkovat hormonální působky s významným regulačním vlivem na energetickou homeostázu a řadu dalších procesů (Svačina et al., 2010, 311, 312).

Zvláštním typem lipidu je hnědý tuk, který tvoří malé procento z celkového tělesného tuku. Tento tuk, který je poněkud hojnější u novorozenců, ale najdeme jej i u dospělých, je uložen mezi lopatkami, v zátylku, podél velkých cév v hrudníku a břiše a v jiných místech roztroušených po těle. V zásobárnách hnědého tuku mají jak tukové buňky, tak cévy bohatou sympatickou inervaci. V tom se liší od bílých tukových zásob, u kterých mohou být inervovány jen některé buňky a hlavní sympatickou inervaci mají výhradně cévy. Obyčejné lipocyty navíc obsahují jedinou velkou kapénku tuku, zatímco buňky hnědého tuku mají drobných kapének několik (Ganong, 2005, 308).

Hnědý tuk je zejména u kojenců zdrojem značného množství tepla. Tento druh tuku má vysoký metabolismus a jeho funkce bývá přirovnávána k elektrické přikrývce (Ganong, 2005).

Tabulka 2. Význam tukové tkáně v lidském organismu (upraveno dle Svačina et al., 2010, 311)

Zásobárna energie
Tepelně-izolační funkce
Endokrinní funkce
Mechanická ochrana vnitřních orgánů
Konverze některých hormonálních prekurzorů na aktivní hormony
Místo ukládání lipofilních toxinů a léků

## 2. 8 Tělesná voda

Voda je dle Trojana (2003) nedílnou součástí lidského organismu, bez níž by se člověk nedokázal obejít. Tato základní tekutina tvoří hlavní část vnitřního prostředí organismu. Množství vody v lidském těle není jednotné a závisí na vícero parametrech. Její obsah uvnitř jedince je tedy závislý na jeho věku, hmotnosti a pohlaví a individuálně fyziologicky kolísá podle příjmu a výdeje zmíněné tekutiny. Průměrné množství celkové tělesné vody (CTV) u dospělého muže činí asi 60 %, u ženy 50 % tělesné hmotnosti. U dětí je podíl CTV na jejich tělesné hmotnosti vyšší, u novorozence činí okolo 77 %.

„Voda je v organismu uložena jednak v buňkách – tzv. buněčná voda, která s rozpuštěnými koloidy a krystaloidy tvoří intracelulární tekutinu (ICT), jednak mimo buňky – tzv. mimobuněčná voda, která s rozpuštěnými látkami tvoří extracelulární tekutinu (ECT)“, (Trojan, 2003, 57).

U živočichů, kteří mají uzavřený cévní systém, je ECT rozdělena na dvě části: intersticiální tekutinu a cirkulující krevní plazmu. Plazma a krevní buněčné elementy, především červené krvinky, vyplňují cévní systém a tvoří celkový objem krve.

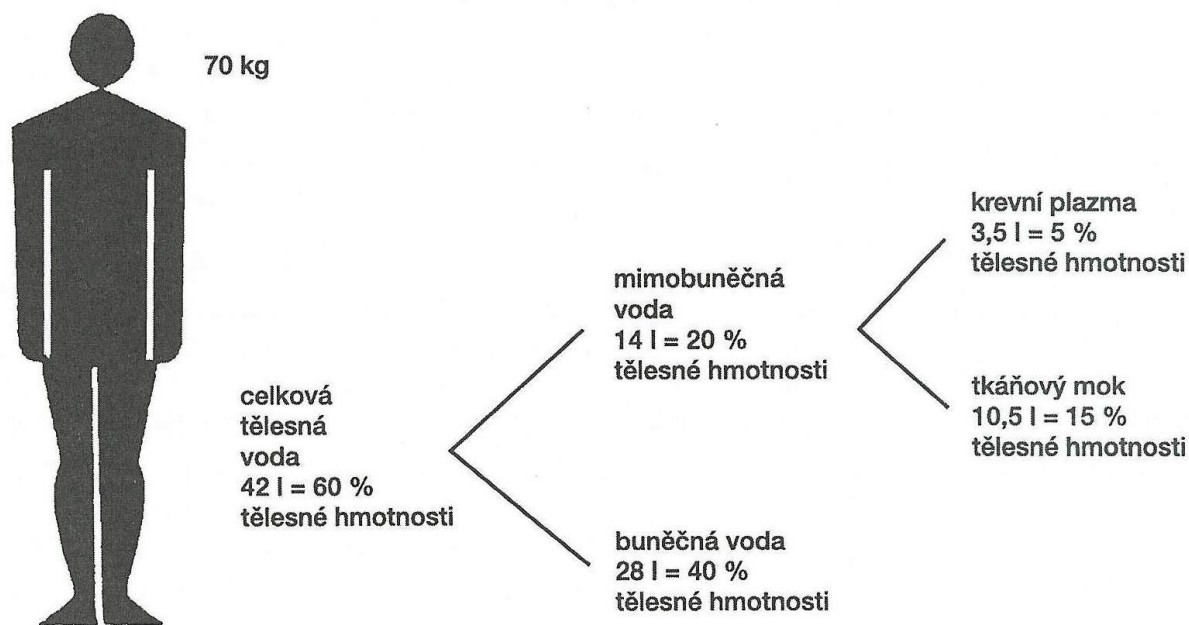
Nitrobuněčná (intracelulární) voda tvoří u dospělého muže asi 40 % tělesné hmotnosti. To znamená 66 % veškeré tělesné vody. Objem intracelulární tekutiny není možné změřit přímo, ale lze jej vypočítat odečtením celkového objemu ECT od celkového objemu tělesné vody.

Tuk je relativně bez vody, a tak se poměr celkové tělesné vody k tělesné hmotnosti mění podle množství tuku přítomného v tkáních. Voda zaujímá u mladého muže asi 60 % jeho tělesné hmotnosti, u ženy je procento o něco nižší. U kojence zaujímá celková tělesná voda 80–85 % tělesné hmotnosti, u dítěte je to průměrně 75 %. U obou pohlaví tedy obsah vody s věkem klesá (Tabulka 3), (Ganong, 2005, 5).

Tabulka 3. Celková tělesná voda vyjádřená v % ve vztahu k věku a k pohlaví (upraveno dle Ganong, 2005, 5)

Věk	Muž	Žena
10–18	59	57
18–40	61	51
40–60	55	47
nad 60	52	46

„Na ICT připadá (u muže) 40 %, na ECT 20 % tělesné hmotnosti. Voda s elektrolyty, zejména poměr  $\text{Na}^+ : \text{Cl}^-$ , tvoří tzv. chemickou kostru tělních tekutin, která rozhoduje o osmotickém tlaku a pH vnitřního prostředí. Osmolarita ECT je okolo 290 mmol/kg  $\text{H}_2\text{O}$ ; pH ECT = 7,4, a to v závislosti na metabolických dějích probíhajících v buňkách“ (Trojan, 2003, 57).



Obrázek 4. Rozdělení tělních tekutin (upraveno dle Trojan, 2003, 57)

## 2. 9 Somatická charakteristika dospělosti

Období plné dospělosti (adultus) začíná mezi 18. až 20. rokem a trvá přibližně do 30 let. Dokončuje se prořezávání stálého chrupu třetím molárem. Pokračuje vývoj svalové soustavy, a pokud není její činnost zanedbávána, narůstá její výkonnost i mohutnost, což se projevuje zvyšováním hmotnosti. Zdraví je ovšem úzce spjato s životním stylem – pravidelné cvičení, vyvážená strava, nekuřáctví a nejvýše mírná konzumace alkoholu mohou pomoci předcházet závažným a život ohrožujícím problémům. Proces stárnutí totiž začíná již na konci dospívání, i když zřejmé je to teprve mnohem později. Adultní věk je dobou příhodnou k založení rodiny. Zároveň je to také doba, kdy je nutné se stále učit a získávat nové poznatky (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

## 2. 10 Tělesné složení sportujících žen

Vzhledem k tomu, že tato práce analyzuje tělesné složení žen, studentek Univerzity Palackého v Olomouci, konkrétně Fakulty tělesné kultury, zařadili jsme do teorie i specifika tělesného složení žen. Jedná se o odlišnosti tělesného složení sportujících žen od takových, které žádný sport neprovozují, protože jak samotný název fakulty napovídá, většina studentek se nějakým sportovním odvětvím zabývala nebo stále zabývá.

Ženy jsou charakteristické tím, že mají vyšší zastoupení tukové frakce v porovnání s muži. V období plného rozvoje, tedy ve 25 letech, mají ženy o 30 procent tělesného tuku více než muži. Také v pozdějších letech zaznamenávají ženy větší vzestup tělesného tuku. V 55 letech mají již běžné ženy o 58 % tělesného tuku více než muži.

Výsledky zřetelně svědčí o tom, že zvýšená pohybová aktivita u sportujících žen vede ke snížení tělesného tuku, i když tomu tak nemusí být vždy a také redukce tuku nemusí vždy vést k optimální hmotnosti. Souvislosti mezi optimální tělesnou hmotností a tělesnou výkonností mají své zvláštnosti. Nejméně tělesného tuku mají sportovkyně, jejichž výkon je založen především na obratnosti. Na druhém místě jsou ty, jejichž výkon spočívá v rychlosti – mají 14,3 procent tuku, pak následují sportovkyně s výkonem vytrvalostním s průměrně 16,0 % tuku, ve sportovních hrách mají hráčky 17,7 % tělesného tuku a tam, kde závisí sportovní výkon především na síle, činí množství tuku u žen 22,5 %.

Při přibližně stejném rozvrstvení tělesné hmotnosti u vrcholově sportujících žen a u populace, mají sportovkyně při provádění většiny sportovních činností méně tělesného tuku a naopak větší množství tukuprosté hmoty a celkové tělesné vody, tím pádem tedy i její intracelulární a extracelulární části. Ty, které nerozvíjejí záměrně svalstvo jako muži, není převaha v množství tukuprosté hmoty vůči populaci tak výrazná (Kvapilík et al., 1978, 34, 35).

Výzkumem tělesného složení studentů a studentek FTK UP v Olomouci se zabývá Přidalová.

Studentky FTK se v převážné většině somatických parametrů, včetně tělesné výšky a hmotnosti, neliší od referenčních hodnot běžné české populace (Bláha et al., 1986). Největší rozdíl můžeme nalézt v zastoupení tukové frakce, která je v případě studentek zmíněné fakulty nižší, než u běžné české populace (Přidalová, 2005).

## 2. 11 Body mass index

V antropometrii se používá celá řada indexů, které vycházejí z absolutních rozměrů. V této práci analyzujeme Body mass index, proto mu věnuji také část pozornosti. Zmíněný index je jedním z nejznámějších a nejpoužívanějších indexů vůbec.

„Body mass index (BMI) je v dnešní době přijímán jako měřítko celkového tělesného stavu, který standardizuje poměr tělesné hmotnosti k tělesné výšce“ (Gumbiner, 2001, 12).

$$\text{BMI} = \text{tělesná hmotnost (v kilogramech)} / \text{tělesná výška (v metrech)}^2.$$

„Průměrné hodnoty jsou u mužů i žen přibližně 18–25. U jedinců s velmi vyvinutým svalstvem však hmotnost zdaleka nevyjadřuje velikost tukové složky – míru obezity“ (Placheta et al., 1999, 105).

Tento hmotnostně-výškový index se v dnešní době velmi často využívá pro posouzení rovnováhy mezi tělesnou hmotností a tělesnou výškou. Body mass index a rozdělení hodnocení hmotnosti podle jeho hodnoty není však vždy zcela správné. Populace s výrazně vyvinutou svalovou složkou by v případě analýzy pomocí tohoto indexu spadala do kategorií zahrnující obezitu, i když by takto stavění jedinci mohli mít tukové tkáně velice málo. Proto není v těchto případech vhodné hodnotit sledovaný soubor dle Body mass indexu. Při zařazení tohoto indexu k analýze tělesného složení je vždy nutné sledovat frakcionaci tělesné hmotnosti.

Tabulka 4. Klasifikace indexu BMI dle WHO 2004 (upraveno dle WHO :: Global Database on Body Mass Index).

Klasifikace	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	
	Hlavní bodová hranice	Přídavná bodová hranice
<b>Podváha</b>	<b>&lt; 18,50</b>	<b>&lt; 18,50</b>
Těžká podváha	< 16,00	< 16,00
Střední podváha	16,00–16,99	16,00–16,99
Lehká podváha	17,00–18,49	17,00–18,49
<b>Běžná váha</b>	<b>18,50–24,99</b>	<b>18,50–22,99</b>
		<b>23,00–24,99</b>
<b>Nadváha</b>	<b>≥ 25,00</b>	<b>≥ 25,00</b>
Pre-obezita	25,00–29,99	25,00–27,49
		27,50–29,99
<b>Obezita</b>	<b>≥ 30,0</b>	<b>≥ 30,00</b>
Obezita I. stupně	30,00–34,99	30,00–32,49
		32,50–34,99
Obezita II. stupně	35,00–39,99	35,00–37,49
		37,50–39,99
Obezita III. stupně	≥ 40,00	≥ 40,00



### **3 CÍLE PRÁCE**

Hlavním cílem této práce je analýza a porovnání tělesného složení studentek 1. ročníku FTK UP v Olomouci pomocí metody bioelektrické impedance prostřednictvím přístrojů InBody 720 a TANITA BC-418 MA.

Dílčí cíle:

- Stanovení vybraných somatických charakteristik přístroji InBody 720 a TANITA BC-418 MA.
- Analýza a porovnání tukuprosté hmoty a tukové frakce dle obou přístrojů.
- Porovnání dalších vybraných parametrů získaných přístroji InBody 720 a TANITA BC-418 MA.

## **4 METODIKA**

### **4. 1 Sledované soubory**

Měření proběhlo v ranních hodinách za standardních podmínek. Studentky byly dopředu informovány o standardizaci měření. Analýze tělesného složení pomocí bioelektrické impedance se zúčastnilo 100 žen. Jednalo se o studentky 1. ročníku denního studia Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci. Testované ženy byly v době výzkumu ve věku 19–23 let. Analýza tělesného složení studentek byla realizována pomocí přístrojů InBody 720 a TANITA BC-418 MA v antropometrické laboratoři Katedry přírodních věd v kinantropologii FTK UP v Olomouci v roce 2010 za standardních podmínek měření. Výška každé studenty testovaného souboru byla před analýzou bioelektrickou impedancí měřena pomocí standardizovaného antropometru. Individuální data byla zpracována programem Statistica vs. 9 a Microsoft Office Excel 2007.

### **4. 3 InBody 720**

InBody 720 je přístroj k analýze tělesného složení pomocí metody přímo řízené segmentální bioelektrické impedance. Tato technologie rozděluje tělo do pěti válců (trup, dolní a horní končetiny). Čtyři elektrická napětí a čtyři proudy prochází tělem a měří každou z pěti částí těla. InBody 720 užívá 30 měření šesti různými frekvencemi (1, 5, 50, 250, 500 a 1000 kHz) pro každou část těla a to umožňuje přesné měření intracelulární a extracelulární tekutiny (Lékárna-invest, 2009).

Přístroj používá osmibodový dotykový systém, když dva body se nachází vždy na obou dlaních a ploskách nohou. Měrné body odporu jsou tedy stále stejné a to zaručuje opakovatelnost naměřených výsledků (Lékárna-invest, 2009).

InBody 720 měří a analyzuje široké spektrum hodnot. Jedná se o zastoupení celkové tělesné vody (TBW), jejich částí, zastoupení tukové a svalové složky, tukuprosté hmoty, provádí segmentální analýzu těla tuku, svalů. Odhadne množství minerálů, proteinů, bazální metabolismus, doporučí ideální hmotnost, vypočítá index BMI, poměr pasu k bokům (WHR), EDEMA indexy 1 a 2, množství buněčné hmoty, stupeň obezity, impedanci v jednotlivých tělesných částech stanovené každou frekvencí zvlášť.

Analyzátor tělesného složení InBody vytváří pro každého měřeného protokol všech získaných hodnot. Tento výstupní protokol zahrnuje Příloha 1.



Obrázek 5. Přístroj InBody 720 (upraveno dle InBody, 2011)

Pro tuto bakalářskou práci jsme vybrali pouze část z celé škály hodnot získaných přístrojem InBody.

Sledovanými parametry byla celková tělesná voda (TBW – total body water) a její dvě součásti: intracelulární voda (ICW – intracellular water) a extracelulární voda (ECW – extracellular water).

Zabývali jsme se také EDEMA indexy, jenž představují poměry mezi kompartmenty ECW a TBW v organismu, které jsou zastoupeny v lidském těle. EDEMA index 1 je poměrem mezi extracelulární vodou (ECW) a celkovou tělesnou vodou (TBW). EDEMA index 2 znamená poměr mezi extracelulární tekutinou (extracellular fluid – ECF) a celkovou tělesnou tekutinou (total body fluid – TBF). TBF získáme sečtením ECF a ICF (intracellular body fluid). Jedná se o stav, ve kterém jsou bílkoviny a minerály v TBF v poměru 2 : 1.

Důležitým parametrem pro hodnocení bylo množství tukové frakce v kilogramech a procentuelním zastoupení.

Mezi vybranými charakteristikami byla také buněčná hmota (BCM – body cell mass), která se skládá z buněk svalové tkáně a buněk všech orgánů s výjimkou tkáně nervové.

Vzhledem k zaměření fakulty, kde byl výzkum realizován, jsme hodnotili také množství tukuprosté hmoty (FFM – fat free mass) a kosterního svalstva (SMM – skeletal muscle mass), jejíž množství je výrazně formováno množstvím vykonávané pohybové aktivity.

#### **4. 4 TANITA BC-418 MA**

TANITA BC-418 MA analyzuje tělesné složení pomocí přímé segmentové monofrekvenční impedance (50 kHz). Měření je možné provádět ve dvou odlišných módech, přičemž jeden je pro sportovce a druhý pro nesportující populaci. Atletická rovnice pro výpočet se volí pro sportující populaci, která dosáhla věku minimálně 17 let, je zapojena do intenzivní aerobní činnosti nejméně 10 hodin týdně a klidová tepová frekvence je nižší než 60 tepů za minutu. Pro jedince, kteří tyto normy nesplňují, se volí rovnice standardní. Přístroj má osobní digitální váhu a 8 polárních elektrod pomocí níž měří složení lidského těla. Díky specifickému umístění elektrod prochází elektrický proud tělem od špiček prstů obou končetin. Na koncových částech horních (dlaně) a dolních (paty) končetin je měřeno napětí. Přístroj je založen na monofrekvenční technologii (SF-BIA). Přístroj je schopen provést segmentální analýzu pro každou končetinu zvlášť a trup. Škála získaných hodnot z toho přístroje je bohatá. Jedná se o celkovou hmotnost, procentuální zastoupení a hmotnost tělesného tuku, množství tukuprosté hmoty, množství celkové tělesné vody, hodnotu bazálního metabolismu, hmotnostně-výškový index body mass index (BMI) a již zmíněnou segmentální analýzu tuku, tukuprosté hmoty a predikované svalové hmoty končetin a trupu (Tanita Europe B.V., 2011).

Součástí práce je výstupní protokol přístroje TANITA BC-418 MA (Příloha 2).



Obrázek 6. Příklad přístroje TANITA BC-418 MA (upraveno dle Tanita Europe B.V., 2011)

U přístroje TANITA BC-418 MA jsme se zaměřili na množství tuku, tukuprosté hmoty (FFM – fat free mass) a celkové tělesné vody (TBW – total body water). Všechny zmíněné charakteristiky jsme sledovali i z pohledu procentuelního zastoupení na celkovém tělesném složení.

## 5 VÝSLEDKY A DISKUSE

Pro naměřené parametry byly vypočteny základní statistické charakteristiky, kterými jsou průměr (M.), minimální naměřená hodnota (MIN), maximální naměřená hodnota (MAX) a směrodatná odchylka (SD).

Výsledky sledovaného souboru byly převedeny do přehledných tabulek a v případě porovnání naměřených dat oběma přístroji do grafu.

Tabulka 5. Popisné charakteristiky základních somatických parametrů studentek

<b>parametr</b>	<b>n</b>	<b>M.</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>SD</b>
<b>věk</b>	100	19,7	19,0	23,0	0,9
<b>tělesná výška</b>	100	167,7	151,5	188,0	7,0
<b>tělesná hmotnost</b>	100	60,8	43,4	86,1	8,7
<b>BMI</b>	100	21,6	16,6	29,8	2,3

Vysvětlivky: BMI – body mass index

Věk sledovaného souboru byl v průměru 19,7 let. Pomocí antropometru bylo u studentek dosaženo průměrné hodnoty tělesné výšky 167,7 cm a hmotnosti 60,7 kg (do výpočtů byla brána hmotnost získaná pomocí nášlapné váhy přístroje InBody 720). Dalším ze sledovaných parametrů byl Body mass index (BMI). U sledovaného souboru byl dosažen průměr zmíněného indexu 21,6. Průměrná hodnota BMI řadí testovaný soubor studentek do středu kategorie populace s normální hmotností (Tabulka 5). U získaných hodnot tělesné výšky, stejně jako i u hodnot hmotnosti bylo dosaženo značných rozdílů. Maximálními hodnotami bylo 188 cm a 86,1 kg, naopak minimálními 151,5 cm a 43,4 kg. Minimální naměřená hodnota BMI – 16,6 řadí dotyčnou do kategorie snížené hmotnosti. Naproti tomu, maximální dosažená hodnota 29,8 vypovídá u dotyčné o středně těžké obezitě, když v této kategorii zaujímá místo na spodní hranici zmíněné kategorie. V některých případech (soubor s výrazně vyvinutou svalovou složkou) nemusí hodnocení a rozřazení dle hodnoty BMI souhlasit s jejich tělesným složením, proto v těchto případech není vhodné používat zmíněné hodnocení. V případě studentky s BMI 29,8 se jednalo o výrazně zvýšené množství tukové tkáně.

Zároveň jsme provedli četnostní analýzu (Příloha 5) v rámci kategorií BMI dle Tabulky 4 (WHO, 2004). 84, tedy více než čtyři pětiny testovaného souboru, svým Body mass indexem spadá do skupiny normální hmotnosti (18,5–24,99). Sedm studentek se zařadilo dle BMI do kategorie podváhy (< 18,5). Na opačný pól kategorií se zařadilo 9 studentek, které se s BMI mezi hodnotami 25,0–29,99 zařadili do skupiny populace s nadváhou. Ve všech devíti zmíněných případech se jednalo o nadprůměrně zvýšené množství tukové frakce, přičemž 2 studentky se řadily dle procentuelního zastoupení tuku v těle (Lohman, 1992) k populaci se zvýšenou hodnotou tuku a 7 z nich splňovalo dle množství tukové tkáně normu pro obezitu (Příloha 6).

Tabulka 6. Základní statistické charakteristiky vybraných parametrů tělesného složení studentek (InBody 720)

<b>parametr</b>	<b>n</b>	<b>M.</b>	<b>MIN</b>	<b>MAX</b>	<b>SD</b>
<b>ICW (kg)</b>	100	21,6	15,6	30,1	2,6
<b>ICW (%)</b>	100	35,6	27,5	42,0	2,5
<b>ECW (kg)</b>	100	13,0	9,3	17,7	1,5
<b>ECW (%)</b>	100	21,5	16,8	25,2	1,6
<b>TBW (kg)</b>	100	34,6	24,9	47,8	4,1
<b>TBW (%)</b>	100	57,1	44,3	67,3	4,1
<b>EDEMA index 1</b>	100	0,3	0,3	0,3	0,0
<b>EDEMA index 2</b>	100	0,4	0,4	0,4	0,0
<b>tuk (kg)</b>	100	13,7	3,9	33,4	4,9
<b>tuk (%)</b>	100	22,0	8,4	39,4	5,4
<b>BCM (kg)</b>	100	30,9	22,4	43,1	3,7
<b>FFM (kg)</b>	100	47,2	34,1	65,6	5,7
<b>FFM (%)</b>	100	78,0	60,6	91,6	5,5
<b>SMM (kg)</b>	100	26,1	18,4	37,3	3,4

*Vysvětlivky:* ICW – intracelulární voda, ECW – extracelulární voda, TBW – celková tělesná voda, EDEMA index 1 – poměr mezi ECW a TBW, EDEMA index 2 – poměr mezi extracelulární tekutinou (ECF) a celkovou tekutinou (TBF), BCM – buněčná hmota, FFM – tukuprostá hmota, SMM – kosterní svalstvo

Tabulka 6 vyjadřuje získané hodnoty přístrojem InBody 720.

Průměrné zastoupení intracelulární vody (ICW) u studentek dosáhlo hodnoty 21,6 kg, přičemž její minimální hodnota byla 15,6 kg a maximum 30,1 kg. Je tedy zřejmé,

že maximální hodnota intracelulární vody byla téměř o 100 % vyšší, než hodnota minimální. Co se týče procentuálního zastoupení intracelulární vody v lidském těle, byla naměřena průměrná hodnota 35,6 %, což znamená, že ICW tvoří u studentek FTK zhruba jednu třetinu veškeré hmotnosti. Zmíněná hodnota odpovídá normě. Nejvyšší dosažená hodnota procentuálního zastoupení této tekutiny byla 42,0 %, intracelulární voda tedy v tomto případě zaujímala výraznou část celého lidského těla. Naopak nejnižší hodnota nedosáhla ani jedné třetiny (27,5 %).

Extracelulární voda (ECW) zaujímá v těle za fyziologických okolností nižší množství, než voda intracelulární. Tento poměr byl zjištěn i při naší analýze přístrojem InBody. Oproti průměrné hodnotě ICW 21,6 kg bylo průměrně ECW 13,0 kg, což znamená 21,5 % z celkové hmotnosti lidského těla. Je tedy patrné, že extracelulární tekutiny bylo v průměru naměřeno o 8,5 kg méně. Průměrná hodnota ECW odpovídá normě. Minimální naměřené množství ECW dosáhlo 9,3 kg, naproti tomu 17,7 kg bylo maximum. Nejmenší zastoupení ECW v lidském těle bylo 16,8 %, nejvyšší 25,2 %.

Intracelulární tekutina spolu s extracelulární tvoří celkovou tělesnou (total body water – TBW). Množství TBW je tedy závislé na množství těchto dvou součástí celkové tělesné vody. Díky vyššímu zastoupení tukové frakce u žen je množství TBW nižší než u mužů. Metodou bioelektrické impedance pomocí přístroje In Body bylo u studentek naměřeno průměrně 34,6 kg TBW. Procentuálně zaujímala tato složka lidského těla 57,1 %, tedy více než polovinu veškeré tělesné hmoty. Jak je zřejmé z Tabulky 3 sledovaný soubor o 6,1 % převyšuje populační průměr. 24,9 kg a 47,8 kg byly nejvyšší a nejnižší naměřené hodnoty zmiňovaného parametru. 67,3 % celkového tělesného složení zaujímala TBW u jedné ze studentek, což bylo nejvyšší dosažená hodnota, které dle Tabulky 3 výrazně převyšuje i populační normu mužů. Naopak nejnižší získaná hodnota byla rovna 44,3 %, dle Tabulky 3 tedy zhruba 7 % pod průměrem.

EDEMA indexy představují poměry mezi kompartmenty ECW a TBW (celková tělesná voda) v organismu, jenž jsou zastoupeny v lidském těle.

EDEMA index 1 je poměrem mezi extracelulární vodou (ECW) a celkovou tělesnou vodou (TBW). Norma tohoto indexu se pohybuje mezi hodnotami 0,36–0,40. Při hodnotách vyšších než je horní hranice zmíněného rozmezí může docházet k tvorbě otoků. Sledovanému souboru žen byla průměrně naměřena hodnota EDEMA indexu 1 0,33, což značí, že studentky 1. ročníku FTK se pohybují průměrně 3 setiny pod stanovenou normou a otoky



jim za tohoto stavu nehrozí. Hodnota je sice o 3 setiny nižší než norma, ale sledovaný soubor díky správnému rozložení vody do jednotlivých kompartmentů můžeme přiřadit k normě.

EDEMA index 2 znamená poměr mezi extracelulární tekutinou (extracellular fluid – ECF) a celkovou tělesnou tekutinou (total body fluid – TBF). TBF získáme sečtením ECF a ICF (intracellular body fluid – intracelulární tekutina). Jedná se o stav, ve kterém jsou bílkoviny a minerály v TBF v poměru 2 : 1. Standardní hodnoty indexu jsou v rozmezí 0,31–0,36. Při hodnotách větších než 0,36 může opět docházet k tvorbě otoků. Průměrná hodnota EDEMA indexu 2 byla naměřena 0,38 s nejnižší hodnotou mezi studentkami 0,37 a nejvyšší 0,39. Je zřejmé, že tato populační skupina nebude mít problém s rozložením vody do jednotlivých kompartment a následně s otoky.

InBody dokáže analyzovat také tukovou složku lidského těla. Studentky dosáhly průměru 13,7 kg tuku. Převedeno na procenta, v průměru 22,0 % jejich těla tvoří tuková tkáň, tedy něco málo přes jednu pětinu. Průměr 22,0 % tělesného tuku přisuzuje sledované soubory dle Lohmana (1992) k horní hranici kategorie s nízkou hodnotou (podprůměr) tukové frakce. U výsledků týkajících se tukové frakce byly zjištěny značné rozdíly. Mezi nejnižší (3,9 kg) a nejvyšší (33,4 kg) naměřenou hodnotou byl výrazný rozdíl téměř 30 kg. Nutno podotknout, že žena s nejvyšším zastoupením tukové složky výrazně vybočovala od předpokladu, že u studentek FTK bude tuková frakce nižšího zastoupení než u běžné populace (Bláha et al., 1986). Tento předpoklad se ale potvrdil při výpočtu aritmetického průměru. 8,4 % bylo nejnižší zjištěné procentuelní zastoupení tukové tkáně. Dotyčná studentka tedy spadala podle Lohmana (1992) do spodní hranice rozdělení, tedy do skupiny se zdravotním minimem tuku (Příloha 3), dle zastoupení tukové frakce v těle. Naproti tomu maximální naměřená hodnota 39,4 % tukové frakce dle Lohmana (1992) výrazně překračovala rizikovou hranici 32 % normy pro obezitu (Příloha 3).

Pro názornost jsme vypracovali četnostní rozdělení do skupin dle procentuálního zastoupení tuku v těle (Příloha 6). Při členění jsme se drželi norem dle Lohmana (1992). Nejvyšší počet studentek spadl do skupiny s nízkou hodnotou tuku (podprůměr). Jejich počet v rozmezí 9–22 % tuku byl 56. Při podrobnějším pohledu na tuto skupinu se 13 studentek řadilo k hodnotám tuku 14–16 %, 17 k rozmezí 17–19 % a 26 k procentuelnímu zastoupení tukové tkáně 20–22 %. Střední hodnotu, tedy průměr (23 %) množství tuku v těle mělo 5 studentek. Nadprůměr (24–31 %) tukové tkáně se vyskytovalo v těle 30 studentek. U 7 studentek ze 100 dosáhlo zastoupení tukové frakce

hodnoty vyšší než 32 %, tedy normy pro obezitu. Zdravotní minimum tuku 8–12 % bylo naměřeno u dvou studentek. Shrnutí tedy více než polovina studentek spadala do kategorie nízké hodnoty tuku, necelá jedna třetina (30) se řadila k vysoké hodnotě tukové tkáně. Překvapilo nás, že kategorie normy pro obezitu byla obsazena 7 studentkami, což jsme před analýzou nepředpokládali díky selekci sledovaného souboru.

U sledovaného souboru byl naměřen průměr 30,9 kg buněčné hmoty (BCM – body cell mass), která je tvořena buňkami svalové tkáně a buňkami orgánů s výjimkou tkáně nervové. Rozmezí získaných hodnot bylo 22,4–43,1 kg BCM. Průměrná hodnota řadí studentky k normě (31,0–37,9 kg), avšak k její dolní hranici. U sledovaného souboru bychom ovšem u této charakteristiky očekávali vyšší zastoupení aerobní tkáně. Podobně lze hodnotit také zastoupení skeletal muscle mass.

Následujícím parametrem, který jsme metodou bioelektrické impedance pomocí přístroje InBody analyzovali, bylo množství tukuprosté hmoty (FFM – fat free mass). FFM je heterogenní složka, skládá se z více odlišných tkání (kostra, svalstvo, opěrná a pojivová tkáň, vnitřní orgány). Poměr zastoupení těchto složek na tukuprosté hmotě není stálý a v průběhu života se mění, přičemž velký vliv na něj má pohybová aktivita.

Studentkám 1. ročníku FTK byl naměřen průměr 47,2 kg tukuprosté hmoty (FFM). Tato hodnota činí 78,0 % z celkové tělesné hmotnosti. 65,5 kg bylo naměřeno jako maximální množství FFM, naopak nejnižší množství bylo analyzováno s hodnotou 34,1 kg. Nejmenší procentuelní zastoupení tukuprosté hmoty bylo naměřeno 60,6 %, na druhou stranu největší hodnotou bylo 91,6 %, tedy převážná část těla dané studentky se skládala v době měření z tukuprosté hmoty. Je nutné podotknout, že takových vysokých hodnot mohou dosáhnout pouze osoby vysoce pohybově aktivní.

Skeletal muscle mass (SMM) – kosterní svalstvo tvoří významnou část tukuprosté hmoty. U sledovaného souboru byl zjištěn aritmetický průměr 26,1 kg, přičemž hodnota maxima byla 37,3 kg a minima 18,4 kg. Průměr řadí studentky na spodní hranici normy (26,4–32,3 kg).

Tabulka 7. Základní statistické charakteristiky vybraných parametrů tělesného složení studentek (TANITA BC-418 MA, standardní rovnice)

parametr	n	standardní rovnice				atletická rovnice			
		M.	MIN	MAX	SD	M.	MIN	MAX	SD
<b>tuk (kg)</b>	100	15,1	3,8	34,1	5,6	12,2	2,9	29,7	4,6
<b>tuk (%)</b>	100	24,0	8,7	40,1	5,8	19,5	6,0	34,9	5,0
<b>FFM (kg)</b>	100	46,0	34,1	55,5	3,9	48,9	35,2	62,1	5,1
<b>FFM (%)</b>	100	76,0	59,9	91,3	5,8	80,5	65,1	94,1	5,0
<b>TBW (kg)</b>	100	33,7	25,1	40,6	2,8	35,8	25,8	45,5	3,1
<b>TBW (%)</b>	100	55,7	43,9	66,8	4,2	58,9	47,7	68,8	3,7

*Vysvětlivky:* BMI – body mass index, FFM – tukuprostá hmota, TBW – celková tělesná voda

Tabulka 7 udává základní statistické charakteristiky vybraných parametrů získaných přístrojem TANITA BC-418 MA. Zmíněná tabulka vyjadřuje parametry vypočítané pomocí standardní a atletické rovnice. Atletická rovnice počítá s vyšší pohybovou aktivitou. Výstupy z TANITY při užití standardní rovnice jsou srovnatelné s výstupy metody bioelektrické impedance (BIA) získané prostřednictvím aparátu InBody 720. Při použití rozdílné rovnice pro výpočet, jsme očekávali rozdílné hodnoty.

Tuková složka při užití standardní rovnice zaujímala v těle studentek průměrně 15,1 kilogramů, tedy 24 %. Zmíněné hodnoty dle Lohmana (1992) zařazují sledovaný soubor na spodní hranici vysoké hodnoty zastoupení tukové frakce, tedy mezi nadprůměr. Je tedy zřejmé, že hodnota zastoupení tukové tkáně dle standardní rovnice nemá pro naši vybranou skupinu příliš vypovídající hodnotu. Stejně jako u přístroje InBody 720 byly naměřeny výrazné rozdíly mezi minimální a maximální hodnotou tukové frakce. Číselně vyjádřeno 3,8 kg minimum a 34,1 kg jeho opačný pól. V procentuelním zastoupení bylo dosaženo také velice rozdílných hodnot. Nejnižší zastoupení bylo naměřeno studentce s 8,7 % tukové tkáně a nejvyšší s 40,1 %.

Zastoupení tukuprosté hmoty (FFM – fat free mass), podobně jako kosterního svalstva (SMM), je významnou součástí u populace zabývající se pohybovou aktivitou. Průměrná hodnota u sledovaných studentek byla  $46,00 \pm 3,88$  kg. Tato složka zaujímala  $76,0 \pm 5,8$  % celkového tělesného složení. Vyšší zastoupení FFM lze očekávat u osob se zvýšenou pohybovou aktivitou. Minimum (34,1 kg) a maximum (55,5 kg) byly opět u tohoto parametru

značně odlišné. Minimální procentuelní zastoupení 59,9 % se výrazně lišilo od maxima (91,3 %).

Co se týče tělesných tekutin v lidském těle, přístrojem TANITA lze získat pouze celkovou tělesnou vodu (total body water – TBW). U zmíněné tekutiny bylo dosaženo v průměru  $33,7 \pm 2,8$  kg, tedy  $55,7 \pm 4,2$  %. Z toho vyplývá, že voda zaujímala v průměru více než polovinu složení těla u sledovaného souboru. Dle Tabulky 3 tato hodnota převyšovala fyziologický průměr.

Při užití atletické rovnice bylo u sledovaných studentek dosaženo průměrné hodnoty tukové frakce  $12,2 \pm 4,6$  kg, která tvoří  $19,5 \pm 5,0$  % celkové tělesné hmotnosti, dle Lohmana (1992) tedy norma. Naměřené minimum tukové frakce 6,0 % je dle Lohmana (1992) již značně za hranicí zdravotního minima tuku. Maximální hodnota, která byla zjištěna (34,9 %) naopak řadí dotyčnou mezi rizikovou populaci s normou pro obezitu.

Při četnostním rozdělení sledovaného souboru za užití standardní rovnice dle procentuelního zastoupení tukové složky podle Lohmana (1992) patří 68 studentek k podprůměru (9–22 %), 5 k normě (23 %), 7 do skupiny se zdravotním minimem tuku, 18 k nadprůměru a 2 studentky dle procenta tukové tkáně splňují normu pro obezitu.

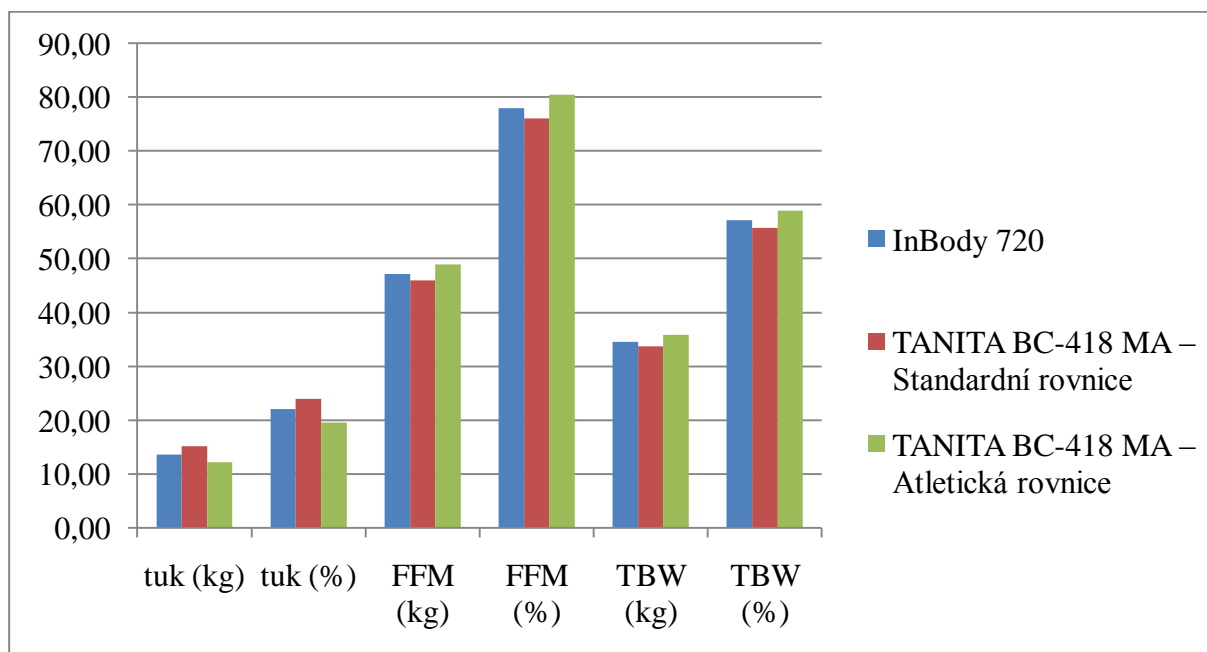
Hodnoty zastoupení tukové frakce získané oběma typy rovnic se od sebe lišily. Při použití atletické rovnice byly naměřené hodnoty tuku nižší. Při stanovení aritmetického průměru činil rozdíl 2,9 kg a 4,5 %. Snížené hodnoty byly zaregistrovány také u všech ostatních statistických hodnot tukové složky.

Vyšší dosažené hodnoty tukové složky při užití standardní oproti atletické rovnice dokazují zastoupení v jednotlivých skupinách procentuelního zastoupení tukové tkáně dle Lohmana (1992), (Příloha 7). Do kategorie normy pro obezitu (> 32 %) spadá při užití standardní rovnice 9 studentek, oproti dvěma při užití rovnice atletické. Nejmarkantnější nárůst zaznamenala skupina s nadprůměrem tuku (24–31%), při aplikaci atletické rovnice 18, při aplikaci rovnice standardní 42. Průměr tukové frakce mělo u standardní rovnice 9 studentek, u rovnice atletické 5. 68 studentek sledovaného souboru se za užití atletické rovnice řadí k podprůměru (9–22 %), 37 k téže skupině za užití rovnice standardní. Zastoupení tuku na zdravotním minimu mělo při užití atletické rovnice 7 studentek, při užití standardní rovnice měly zmíněné zastoupení tukové tkáně studentky 3.

Použití atletické rovnice při výpočtu mělo vliv na hodnoty tukuprosté hmoty. Získané hodnoty se nelišily tak výrazně jako u množství tuku, ale v tomto případě byly naopak zaznamenány zvýšené hodnoty při užití atletické rovnice. Aritmetický průměr FFM vzrostl o 2,9 kg a 4,4 %. Tukuprostá hmota (FFM) byla tedy při užití atletické rovnice průměrně zastoupena 48,9 kg, to představuje 80,5 %. Stejně jako tomu bylo u množství tuku, tak i zastoupení tukuprosté hmoty u jednotlivých studentek bylo velmi rozdílné. Hodnoty minima 35,2 kg a maxima 62,1 kg tomu napovídají.

Závěrečným parametrem tělesného složení při užití přístroje TANITA s atletickou rovnicí byla celková tělesná voda (TBW). Hodnoty celková tělesné vody za užití atletické rovnice vzrostly, což lze pozorovat u všech statistických charakteristik. Nejvýraznější nárůst byl zaznamenán u maximální naměřené hodnoty TBW o 4,9 kg. Průměrná hodnota 35,8 kg tedy při užití atletické rovnice vzrostla o 2,1 kg a 3,3 %.

Rozdíly ve vybraných parametrech tělesného složení naměřené přístrojem InBody 720 a TANITA BC-418 MA jsou uvedeny v Příloze 4.



Obrázek 7. Rozdíly průměrných hodnot vybraných parametrů naměřených přístroji InBody 720 a TANITA BC-418 MA u studentek

*Vysvětlivky:* FFM – tukuprostá hmota, TBW – celková tělesná voda

Obrázek 7 nabízí srovnání vybraných parametrů získaných dvěma přístroji, které jsou založeny na metodě bioimpedanční analýzy (InBody 720 a TANITA BC-418 MA se standardní a atletickou rovnicí).

Naměřené hodnoty jednotlivých parametrů se v souvislosti s odlišností přístroje, případně rovnice pro výpočet, neliší příliš výrazně. Ovšem pokud vezmeme v úvahu skutečnost, že se jedná typologicky o velmi podobné aparáty založené na stejné metodě, získané rozdíly v námi sledovaných parametrech jsou v některých případech značně vysoké. Jedná se vždy o jednotky, nikdy tomu nejsou desítky, ale na druhou stranu ani desetiny či setiny.

Na první pohled je patrné, že co se týče podobnosti získaných dat, mají k sobě nejbližší hodnoty naměřené přístrojem InBody 720 a TANITOU BC-418 MA při využití atletické rovnice.

Z pohledu srovnání analyzátoru TANITA za využití standardní a atletické rovnice pro výpočet dat je patrné, že pokud je využita standardní rovnice, hodnoty zastoupení tuku jsou oproti hodnotám získaným při užití rovnice atletické vyšší, naproti tomu hodnoty tukuprosté hmoty a celkové tělesné vody nižší, přičemž tyto změny v zastoupení zmíněných komponent tělesného složení pravděpodobně korelují se závislostí na zvýšené pohybové aktivitě.

Při analýze naměřených dat můžeme sledovat reciproční vztah. Hodnoty pořízené TANITOU při využití standardní rovnice jsou u hmotnostních a procentuelních charakteristik zastoupení tukuprosté hmoty i celkové tělesné vody nižší vzhledem ke dvěma ostatním metodám analýzy tělesného složení. V případě tukové frakce je tomu ale naopak. Hodnoty získané tímto přístrojem za využití standardní rovnice jsou vyšší než hodnoty pořízené pomocí rovnice atletické a přístroje InBody. Snížené množství tukové složky a naopak zvýšené té tukuprosté a celkové tělesné vody je spojeno se zvýšenou pohybovou aktivitou. Nabízí se tedy úvaha, zda je InBody při analýze tělesného složení přesnější u populace se zvýšenou pohybovou aktivitou.

## 6 ZÁVĚRY

U sledovaného souboru bylo naměřeno přístrojem InBody 720 průměrně 21,6 kg intracelulární vody (ICW), tedy 35,6 % tělesného složení. Extracelulární voda zaujímala dle In Body 21,5 %, což znamená 13,0 kg. Dle In Body bylo dosaženo průměru 34,6 kg celkové tělesné vody (TBW), procentuelně vyjádřeno tedy 57,1 % tělesného složení. Průměr celkové tělesné vody dle TANITY byl srovnatelný s výsledky TBW dle InBody (standardní rovnice: 33,7 kg, atletická rovnice: 35,8 kg). Získané hodnoty jsou dle Tabulky 3 vzhledem k věku sledovaného souboru nadprůměrné. Rozdíl v zastoupení celkové tělesné vody (TBW) naměřený různými přístroji byl minimální.

Průměrná hodnota tukové složky přístrojem InBody tvořila 13,7 kg. U tukové frakce přístrojem TANITA jsme dospěli k podobným výsledkům (dle standardní rovnice: 15,1 kg, dle atletické rovnice: 12,2 kg). To představuje 22 % z celkového tělesného složení dle In Body, 24,0 % při užití standardní rovnice a 19,5 % při užití rovnice atletické dle TANITY. Tyto hodnoty řadí sledovaný soubor dle Lohmana (1992) k podprůměru mezi populaci s nízkou hodnotou tuku, konkrétně na její horní hranici (9–22 %). Průměrně snížená hodnota tuku tedy diferencuje sledovaný soubor od normální populace.

Při četnostním rozdělení studentek (za užití výsledků z přístroje InBody 720) do kategorií procentuelního zastoupení tuku v těle dle Lohmana (1992) spadá 56 žen do kategorie s nízkou hodnotou tuku, 5 do kategorie se střední hodnotou, 30 studentek mezi populaci s nadprůměrem tukové frakce, 7 s normou pro obezitu a 2 studentky do kategorie se zdravotním minimem tuku (Příloha 6).

Tukuprostá hmota (FFM), jejíž množství je výrazně ovlivněno množstvím pohybové aktivity, byla průměrně zastoupena (při užití InBody 720, standardní a atletické rovnice u TANITY BC-418 MA) 47,4 kg, což znamená 78,2 %. Kosterní svalstvo (SMM) představovalo průměrně 26,1 kg, tedy jeho zastoupení bylo na spodní hranici normy.

Frekvenční rozdělení v kategorii BMI (Příloha 5) vypovídá o normálním hodnocení tělesné hmotnosti, avšak nacházíme v nízké četnosti také obsazenost kategorií podváhy a nadváhy.

Podle Tabulky 6 v podstatě jednu polovinu těla studentek zaujímala v průměru buněčná hmota (BCM) – 30,9 kg, sledovaný soubor tedy množstvím BCM náleží ke spodní hranici normy.

EDEMA indexy získané přístrojem InBody 720 dosáhly průměrných hodnot 0,33 (EDEMA index 1) a 0,38 (EDEMA index 2). Studentky se tedy pohybují u těchto hodnot v normě (index 1) a mírně nad standardem (index 2).

Skeletal muscle mass (SMM) – kosterní svalstvo dle InBody 720 zaujímá u sledovaného souboru průměrně 26,1 kg, což řadí studentky na spodní hranici normy.

Rozdíly mezi získanými daty pomocí přístrojů InBody 720 a TANITA BC-418 MA (při užití standardní a atletické rovnice) byly minimální. Co se týče podobnosti výsledků, nejbližší k sobě měly hodnoty získané TANITOU při užití atletické rovnice a In Body při zohlednění množství pohybové aktivity. Ze srovnání výsledků při užití standardní a atletické rovnice u analyzátoru TANITA vyplývá, že pokud je užitá rovnice atletická, výsledné hodnoty tukové tkáně jsou vyšší, naopak tukuprosté hmoty (FFM) spolu celkovou tělesnou vodou (TBW) nižší, než při užití standardní rovnice. Zmíněné změny v zastoupení těchto komponent tělesného složení pravděpodobně korelují se závislostí na zvýšené pohybové aktivitě.



## 7 SOUHRN

Cílem této bakalářské práce byla analýza a porovnání tělesného složení. Sledovaný soubor tvořilo 100 studentek 1. ročníku FTK UP v Olomouci. Průměrný věk u měřených studentek byl 19,7 let, tělesná výška 167,7 cm, tělesná váha 60,8 kg. Za účelem analýzy tělesného složení byla využita neinvazivní rychlá metoda bioimpedanční analýzy. Použitými přístroji byly InBody 720 a TANITA BC-418 MA u kterého bylo pro výpočet využito standardní i atletické rovnice.

Syntéza poznatků zahrnuje informace a poznatky spjaté s tématem této práce, tedy analýzou tělesného složení. Jedná se o historii a modely tělesného složení, z nichž rozličné metody, které jsou také součástí práce, vycházejí. Teoretickou část doplňují základní informace o hlavních parametrech lidského těla (tělesný tuk, voda, tukuprostá hmota). Vzhledem k tomu, že objektem analýzy jsou ženy (studentky 1. ročníku FTK), doplňujeme spektrum informací specifiky tělesného složení sportujících žen. Detailněji je popsána metoda bioelektrické impedance, která byla pro tento výzkum využita.

Všechna měření, uskutečněná již zmíněnými aparáty, proběhla dle podmínek stanovených výrobcem za účelem zabezpečení přesnosti získaných údajů. Statistické zpracování dat bylo provedeno v programech Statistica vs. 9 a MS office Excel 2007.

Sledovaný soubor studentek se dle námi získaných hodnot řadí mezi populaci se sníženým množstvím tukové frakce. Podle BMI spadá většina sledovaného souboru do kategorie průměrných hodnot. Co se týče celkové tělesné vody, studentky disponují jejím zvýšeným množstvím. Zvýšené hodnoty lze pozorovat i u tukuprosté hmoty. Diference hodnot tukové frakce, tukuprosté hmoty a celkové tělesné vody odpovídala tendencím změn tělesného složení jedinců se zvýšeným množstvím pohybové aktivity. Největší rozdíl od běžné populace můžeme zpozorovat u procentuálního zastoupení tukové složky. Podle dat získaných přístrojem InBody 720 má 56 % sledovaného souboru nižší, než doporučenou hodnotu tukové tkáně a řadí se dle Lohmana (1992) do kategorie s nízkou hodnotou tuku (9–22 %). 2 studentky patří s hodnotami 8–12 % k populaci se zdravotním minimem tuku, 5 k normě (23 %), 30 se potýká s nadprůměrem tukové tkáně (24–31 %) a 7 z nich splňuje normu pro obezitu (> 32 %). Očekávání, že sledovaný soubor se bude výrazně lišit od běžné populace, se dle výsledků, které byly dosaženy, kromě zastoupení tukové složky nenaplnilo.

Při porovnání námi získaných údajů plyne jejich rozdílnost v závislosti na užití přístroje, případně jiné rovnice pro výpočet dat. Při zohlednění pohybové aktivity jsou nejvíce srovnatelná data z přístroje InBody 720 a TANITY BC-418 MA za užití atletické rovnice. Při srovnání dat získaných analyzátozem TANITA při užití obou rovnic (standardní a atletická), je patrné, že pokud je pro výpočet využita rovnice atletická, tak hodnoty týkající se tukové tkáně jsou nižší, naopak hodnoty celkové tělesné vody a tukuprosté hmoty jsou vyšší.

## 8. SUMMARY

The aim of this thesis was an analysis and comparison of the body composition. The group consisted of 100 female students of the first class-year of the Faculty of Physical Culture of the University Palacký of Olomouc. The average age of these female students was 19,7 years, body height 167,7 cm, body weight 60,8 kg. In order to analyze body composition was used the rapid noninvasive method of the bioimpedance analysis. The used device were InBody 720 and TANITA BC-418 MA, which has been used to calculate the standard and athletic equation.

The synthesis of findings includes information and knowledge related to the topic of this work, it is a body composition analysis. This is about the history and models of body composition from which various methods are also part of the work. The theoretical part of the following basic information about the main parameters of the human body (body fat, water and fat free mass). Regarding that the object of the analysis are women (the students of the first class-year) we complete a spectrum of information, the specifics of the woman body composition in sport. Moreover, even in detail, there is described the method of bioelectrical impedance, which was used for this research.

All the measurements made by device already mentioned took place under the conditions specified by the manufacturer to ensure the accuracy of the data. Statistical data processing was carried out in Statistica vs. 9 and MS Office Excel 2007.

The observed team of the students ranks in accordance to the obtained value among the population with reduced fat fraction. According to BMI belongs to the category of average reference. In terms of total body water, these students dispose of the increased numbers. Elevated levels are also seen in fat free mass. The difference of values of fat fractions, fat free mass and total body water corresponded with the trends of body composition changes in subjects with an increased amount of physical activity. The biggest difference from the general population can be observed in the percentage of that component. 56 % of the reference file is less than the recommended amount of fat tissue and rank it according to Lohman (1992) in the category with low fat (9–22 %). Two students have the value between 8–12 % of the population with health low fat, 5 have a normal value (23 %) and 30 are facing above-average fat tissue (24–31%) and 7 of them are in the standard for the obesity (more than 32 %). Expectations that the reference file will be significantly

different from the general population according to the results that were achieved apart from the fat component representation fulfilled.

When we compare the data obtained by us, we find out that their diversity is dependent in relation to the use of the device or other formulas to calculate data. Taking into account physical activity, the most comparable data are from the device InBody 720 and TANITA BC-418 MA for use of the athletic equation. When comparing the data obtained in the analyzer TANITA, using both equations (standard and athletic), it is clear that if the formulas used to calculate the athletic and value for adipose tissue are lower, while the value of total body water and fat-free mass are higher.

## 9. REFERENČNÍ SEZNAM

- Bassler, T. J., & Burger R. E. (1979). *The whole life diet: an integrated program of nutrition and exercise for a lifestyle of total health*. New York: M. Evans.
- Behnke, A. R. (1963). Antropometric evaluation of body composition throught life. *Ann. N. J. Acad. Sci.* 110, 450 – 464.
- Bláha, P. et al. (1986). *Antropometrie československé populace od 6 do 55 let*. Praha: Ústřední štáb Československé spartakiády.
- Bunc, V. et al. (2000). Estimation of body composition by multi frequency bioimpedance measurement in children. *The Annals of the New York Academy of Sciences, Vol. 904, No.2, p.* 203–204.
- Collins, M. A., Millard-Stafford, M. L., Evans, E. M., Snow, T. K., Cureton, K. J., & Roskopf, L. B. (2004). Effect of race and musculoskeletal development on the accuracy of air plethysmography. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(6), 1070–1077.
- Ganong, W. F. (2005). *Přehled lékařské fyziologie*. Praha: Galén.
- Gelbrich, G., Reich, A., Muller, G., & Kiess, W. (2005). Knowing more by fler measurements: about the (in)ability of bioelectric impedance to enhance obesity research in children. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, 18(3), 265–273.
- Gumbiner, B. (2001). *Obesity*. Philadelphia: Versa Press.
- Havlíčková, L. et al. (1994). *Fyziologie obecné zátěže I*. Praha: Karolinum.
- Gumbiner, B. (2001). *Obesity*. East Peoria: Versa Press.
- Havlíčková, L. (1994). *Fyziologie tělesné zátěže I*. Praha: Karolinum.
- Hlúbik, J. (2009). *Bioimpedance v medicíně měření specifického tělesného odporu*. [Vysokoškolská skripta]. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická.

- Chytráčková, J. (2009). *Měření vybraných znaků tělesné stavby, somatotypy*. [Vysokoškolská skripta]. Praha: Univerzita Karlova, Fakulta tělesné výchovy a sportu.
- InBody (2011). Retrieved 21. 03. 2011 from the World Wide Web: <http://www.inbody.cz/pro-presne-mereni-na-inbody.php>
- Jandera, P. (2006). *Atomová a molekulová spektroskopie se zaměřením na stopovou analýzu kontaminantů*. Pardubice: Univerzita Pardubice.
- Klener, P et al. (2006). *Vnitřní lékařství*. Praha: Galén.
- Kvapilík, J. et al. (1978). *Žena a sport*. Praha: Olympia.
- Lékárna-invest (2009). Retrieved 20. 3. 2011 from the World Wide Web: <http://www.inbody.cz/soubory/katalogy-pdf/inbody720-cz-katalog.pdf>.
- Lohman, T. G. (1992). *Advances in Body Composition Assessment*. Illinois: Human Kinetics.
- Malinčíková, J. (2006). *Bioimpedanční analýza*. [Vysokoškolská skripta]. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, Lékařská fakulta.
- Marček, T., Dzurenková, D., Bohuš, B., Gulán, L., Hájková, M., Hostýn, V., Meško, D., & Novotná, E. (2007). *Telovýchovné lékařstvo*. Bratislava: Vydavateľstvo Univerzity Komenského.
- Obesity Symptoms, Causes, Treatment – What are other factors associated with obesity on MedicineNet (1996). Retrieved 26. 02. 2011 from the World Wide Web: [http://www.medicinenet.com/obesity\\_weight\\_loss/page2.htm](http://www.medicinenet.com/obesity_weight_loss/page2.htm).
- Pařízková, J. (1962). *Rozvoj aktivní hmoty a tuku u dětí a mládeže. Thomaerova sbírka 413*. Praha: SZN.
- Pařízková, J. (1998). Složení těla, metody měření a využití ve výzkumu a lékařské praxi. *Medicina Sportiva Bohemica Slovaca*, 7(1), 1–6.
- Placheta, Z., Siegelová, J., & Štejfá, M. et al. (1999). *Zátěžová diagnostika v ambulanci a klinické praxi*. Praha: Grada.

- Prior B. M., Cureton, K. J., Modlesky, C. M., Evans, E. M., Sloniger, M. A., Saunders, M., & Lewis, R. D. (1997). In vivo validation of whole body composition estimates from dual-energy X-ray absorptiometry. *Journal of Applied Physiology*, 83(2), 623–630.
- Přidalová, M. (2005). *Somatodiagnostika studentů a studentek studijního programu tělesná výchova a sport na FTK UP*. Habilitační práce, Univerzita Palackého v Olomouci, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.
- Riegerová, J., Přidalová, M., & Ulbrichová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu*. Olomouc: Hanex.
- Snyder, W. S., Cook, M. J., Nasset, E. S., Karhausen, L. R., Howells, G. P., & Tiptrun, I. H. (1984). *Report of the task group on Reference Man*. Oxford: Pergamon Press.
- Svačina, S. et al. (2008). *Klinická dietologie*. Praha: Grada.
- Svačina, S. et al. (2010). *Poruchy metabolismu a výživy*. Praha: Galén.
- Tanita Europe B.V. (2011). Retrieved 21. 03. 2011 from the World Wide Web: [http://www.tanita.co.uk/index.php?id=102&tx\\_f03showxtcommerceproducts\\_pi1%5BshowUid%5D=601&cHash=c97e44e958](http://www.tanita.co.uk/index.php?id=102&tx_f03showxtcommerceproducts_pi1%5BshowUid%5D=601&cHash=c97e44e958)
- Trojan, S. et al. (2003). *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada publishing.
- Válek, V., & Žižka, J. (1996). *Moderní diagnostické metody: Magnetická rezonance*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví.
- Vilikus, Z., Brandejský, P., & Novotný, V. (2004). *Tělovýchovné lékařství*. Praha: Karolinum.
- Wang, Z., Pierson R. N., & Heymsfield, S. B. (1992). The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 56, 19–28.
- WHO :: Global Database on Body Mass Index. Retrieved 20. 3. 2011 from Word Wide Web: [http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro\\_3.html](http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html)
- Zuna, I., & Poušek, L. (2002). *Úvod do zobrazovacích metod v lékařské diagnostice*. Kladno: Vydavatelství ČVUT.

## **Přílohy**

Příloha 1 Výstupní protokol InBody 720

Příloha 2 Výstupní protokol TANITA BC-418 MA

Příloha 3 Standardy % tuku pro ženy (podle Lohmana, 1992)

Příloha 4 Rozdíly průměrných hodnot vybraných parametrů naměřených přístroji InBody 720 a TANITA BC-418 MA u studentek

Příloha 5 Četnostní rozdělení studentek do kategorií Body Mass Indexu, (WHO :: Global Database on Body Mass Index)

Příloha 6 Četnostní rozdělení studentek do kategorií dle % tuku (Lohman, 1992) pomocí přístroje InBody 720

Příloha 7 Rozdíly v četnostním rozdělení studentek do kategorií dle % tuku (Lohman, 1992) pomocí standardní a atletické rovnice u přístroje TANITA BC-418 MA



# InBody 720

JMÉNO \_\_\_\_\_ VĚK \_\_\_\_\_ TĚLESNÁ VÝŠKA \_\_\_\_\_ PŮHLAVÍ \_\_\_\_\_ DATUM \_\_\_\_\_

Muž  
 Žena

### Analyza tělesného složení

Komponenty	Hodnoty	Celková tělesná voda	Čistá tělesná hmota	Tuková prosať hmota	Tělesná hmotnost	Průměrné hodnoty
INTRACELULÁRNÍ TEKUTINA						
EXTRACELULÁRNÍ TEKUTINA						
PROTEINY						
MINERÁLY		mramolní: kostní:				
TĚLESNÝ TUK						

▶ Množství minerálů je odhadováno.

### Hodnocení viscerálního tuku

(VFA = viscerální tuk (cm<sup>3</sup>))

(Age = věk)

#### Zhodnocení stravy

Proteiny  Norma  Nedostatek

Minerály  Norma  Nedostatek

Tuk  Norma  Nedostatek  Nadbytek

#### Udržování hmotnosti

Hmotnost  Norma  Pod  Nad

Kosterní svalstvo  Norma  Slabé  Pod  Nad

Tuk  Norma  Pod  Nad

#### Diagnóza obezity

BMI  Norma  Pod  Nad

Nadměrná převa

% tuku v těle  Norma  Nad  Nadměrná převa

WHR  Norma  Nad  Nadměrná převa

### Analýza svalstvo - tuk

	Podprůměr	Norma	Nadprůměr	(%)	Průměrné hodnoty
HMOTNOST					
KOSTERNÍ SVALSTVO					
TĚLESNÝ TUK					

### Diagnóza obezity

	Podprůměr	Norma	Nadprůměr	Průměrné hodnoty
BMI (kg/m <sup>2</sup> )				
PBF (ZASTOUPOU TĚLESNÝ TUK) (%)				
WHR (pas/boky)				

### Svalová rovnováha

Svalovina  Svalovina/děsítní svalovina x 100 (%)

	Svalovina		Svalovina/děsítní svalovina x 100 (%)	
	Podprůměr	Nadprůměr	Podprůměr	Nadprůměr
PRAVÁ HORNÍ KONČETINA				
LEVÁ HORNÍ KONČETINA				
TRUP				
PRAVÁ DOLNÍ KONČETINA				
LEVÁ DOLNÍ KONČETINA				

Segment/děsítní otok	ECF/TBF	ECW/TBW

OTOK	ECF/TBF	ECW/TBW

### Tělesná rovnováha

Horní  Vyrovnaná  Změla se vzhledem k výšce  Změna k výšce

Dolní  Vyrovnaná  Změla se vzhledem k výšce  Změna k výšce

Horní-dolní  Vyrovnaná  Změla se vzhledem k výšce  Změna k výšce

### Svalová síla

Horní  Norma  Vyhnaná  Slabá

Dolní  Norma  Vyhnaná  Slabá

Čelkové svalstvo  Norma  Slabé  Slabé

### Hodnocení rizika

Tělesná voda  Norma  Pod

Otok  Norma  Lehký otek  Otek

Životní styl  Norma  Upozornění  Rizikový

Vysoký  Nízký

### Historie měření tělesného složení

### Dodatečná data (Průměrné hodnoty)

### Kontrola tělesné hmotnosti

Cílová hmotnost	
Kontrola hmotnosti (+/-)	
Kontrola tukové složky (+/-)	
Kontrola svalstva (+/-)	
Fitness skóre	bodů

### Impedance

Obesity = obezita  
 BCM = buněčná hmota  
 BMC = množství minerálů  
 BMR = bazální metabolismus  
 AC = obvod pasu (měřeno mezi lokty a rameny)  
 AMC = obvod pažních svalů

# Health Monitor

„INDICATE Health Risks - RATE professionally - REACT prophylactically“

## Body Composition Analyser BC-418

Mode: **ATHLETIC**

Fat Mass: **14,0 kg**

17,4 %

Fat Free Mass: **66,3 kg**

Height: **173 cm**

Weight: **80,2 kg**

BMI: **26,8 kg/cm<sup>2</sup>**

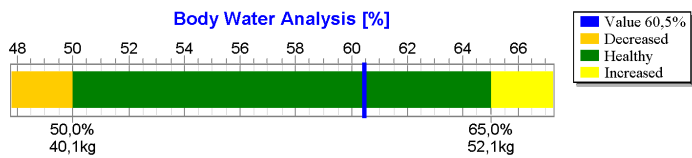
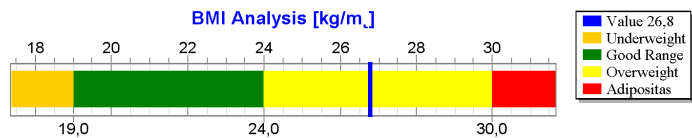
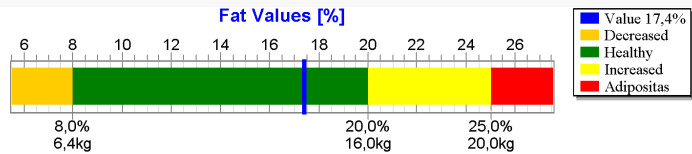
Basal Metabolic Rate:  
8222 kJ  
=1963 kcal

Muscle Mass: **63,1 kg**

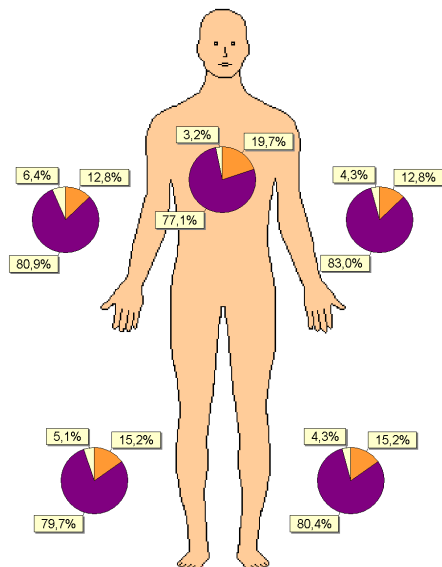
Body Water: **48,5 kg**

60,5 %

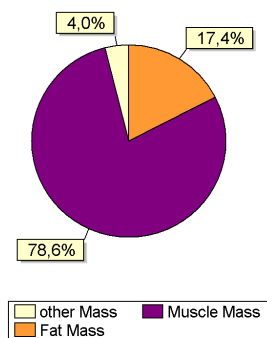
Impedance: **525 Ohm**



Segment Distribution	Trunk	Right Arm	Left Arm	Right Leg	Left Leg	Total
<b>Fat Mass</b>	8,5kg	0,6kg	0,6kg	2,1kg	2,1kg	13,9kg
<b>Muscle Mass</b>	33,3kg	3,8kg	3,9kg	11,0kg	11,1kg	63,1kg
<b>other Mass</b>	1,4kg	0,3kg	0,2kg	0,7kg	0,6kg	3,2kg

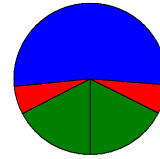
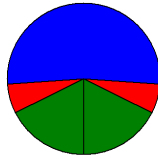
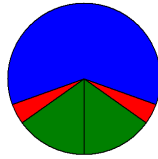


**Body Mass Distribution**



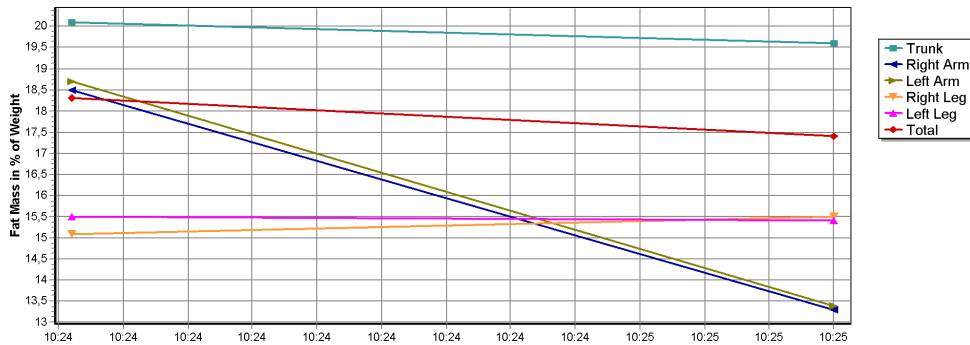
### Segment Distribution Symmetry

	Fat	Fat Free Mass	Predicted Muscle Mass
Total:	17,4% (14,0kg)	82,7% (66,3kg)	78,7% (63,1kg)
Trunk:	19,6% (8,5kg)	80,4% (34,7kg)	77,1% (33,3kg)
Right Arm:	13,3% (0,6kg)	86,7% (4,1kg)	80,9% (3,8kg)
Left Arm:	13,4% (0,6kg)	86,6% (4,1kg)	83,0% (3,9kg)
Right Leg:	15,5% (2,1kg)	84,5% (11,7kg)	79,7% (11,0kg)
Left Leg:	15,4% (2,1kg)	84,6% (11,7kg)	80,4% (11,1kg)



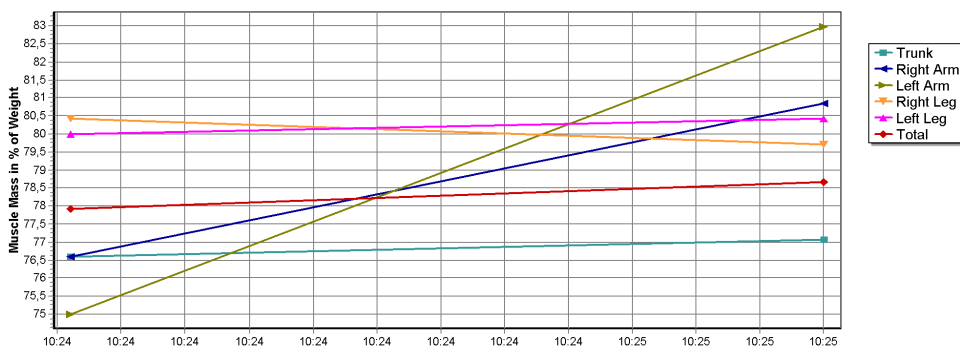
### Progress Fat Mass

Date	Trunk	Right Arm	Left Arm	Right Leg	Left Leg	Total
25.10.2010	20,1%	18,5%	18,7%	15,1%	15,5%	18,3%
25.10.2010	19,6%	13,3%	13,4%	15,5%	15,4%	17,4%



### Progress Muscle Mass

Date	Trunk	Right Arm	Left Arm	Right Leg	Left Leg	Total
25.10.2010	76,6%	76,6%	75,0%	80,4%	80,0%	77,9%
25.10.2010	77,1%	80,9%	83,0%	79,7%	80,4%	78,7%



Příloha 3 Standardy % tuku pro ženy (upraveno dle Lohmana, 1992)

<b>Standardy % tuku (Lohman, 1992)</b>	<b>ženy</b>
zdravotní minimum tuku	8–12
nízká hodnota (podprůměr)	9–22
střední hodnota (průměr)	23
vysoká hodnota (nadprůměr)	24–31
norma pro obezitu (riziko)	> 32

Příloha 4 Rozdíly průměrných hodnot vybraných parametrů naměřených přístroji InBody 720 a TANITA BC-418 MA u studentek

parametr	n	InBody 720	TANITA BC-418 MA	
			standardní rovnice	atletická rovnice
<b>tuk (kg)</b>	100	13,7	15,1	12,2
<b>tuk (%)</b>	100	22,0	24,0	19,5
<b>FFM (kg)</b>	100	47,2	46,0	48,9
<b>FFM (%)</b>	100	78,0	76,0	80,5
<b>TBW (kg)</b>	100	34,6	33,7	35,8
<b>TBW (%)</b>	100	57,1	55,7	58,9

*Vysvětlivky:* FFM – tukuprostá hmota, TBW – celková tělesná voda

Příloha 5 Četnostní rozdělení studentek do kategorií Body Mass Indexu, (WHO :: Global Database on Body Mass Index)

<b>klasifikace</b>	<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>počet</b>	<b>zastoupení v %</b>
<b>Podváha</b>	< 18,50	7	7
<b>Běžná váha</b>	18,50–24,99	84	84
<b>Nadváha</b>	≥ 25,00	9	9
<b>Obezita</b>	≥ 30,0	0	0

*Vysvětlivky:* BMI – body mass index

Příloha 6 Četnostní rozdělení studentek do kategorií dle % tuku (Lohman, 1992) pomocí přístroje InBody 720

klasifikace	% tuku	počet	zastoupení v %
<b>zdravotní minimum tuku</b>	8–12	2	2
<b>nízká hodnota (podprůměr)</b>	9–22	56	56
<b>střední hodnota (průměr)</b>	23	5	5
<b>vysoká hodnota (nadprůměr)</b>	24–31	30	30
<b>norma pro obezitu (riziko)</b>	> 32	7	7

Příloha 7 Rozdíly v četnostním rozdělení studentek do kategorií dle % tuku (Lohman, 1992) pomocí standardní a atletické rovnice u přístroje TANITA BC-418 MA

klasifikace	% tuku	standardní rovnice		atletická rovnice	
		počet	zastoupení v %	počet	zastoupení v %
<b>zdravotní minimum tuku</b>	8–12	3	3	7	7
<b>nízká hodnota (podprůměr)</b>	9–22	37	37	68	68
<b>střední hodnota (průměr)</b>	23	9	9	5	5
<b>vysoká hodnota (nadprůměr)</b>	24–31	42	42	18	18
<b>norma pro obezitu (riziko)</b>	> 32	9	9	2	2