

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury

STANOVENÍ TĚLESNÉHO SLOŽENÍ S VYUŽITÍM MULTIFREKVENČNÍ
BIOIMPEDANČNÍ METODY U STUDENTEK PEDAGOGICKÉ FAKULTY
Diplomová práce
(bakalářská)

Autor: Jakub Kowolowski, Tělesná výchova a sport
Vedoucí práce: Mgr. Petr Reich Ph.D.
Olomouc 2012

Jméno a příjmení autora: Jakub Kowolowski

Název diplomové práce: Stanovení tělesného složení s využitím multifrekvenční bioimpedanční metody u studentek pedagogické fakulty.

Pracoviště: Katedra sportu

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Petr Reich Ph.D.

Rok obhajoby: 2012

Abstrakt: Tato bakalářská práce se zabývá tělesným složením studentek prvního až třetího ročníku Pedagogické fakulty UP v Olomouci. K samotnému měření došlo prostřednictvím multifrekvenční bioimpedanční metody (přístrojem InBody 720), kdy jsme se snažili analyzovat a porovnat vybrané charakteristiky tělesného složení tohoto souboru. Až na několik výjimek se tato skupina od sebe hodnotami příliš neměnila.

Klíčová slova: bioelektrická impedance, InBody 720, tuková hmota, tukuprostá hmota, kostní minerály, tělesná voda.

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Author's first name and surname: Jakub Kowolowski

Title of the master thesis: Determination of body composition by using multifrequency bioimpedance method in students at fakulty of education.

Department: Department of sport

Supervisor: Mgr. Petr Reich Ph.D.

The zdar of presentation: 2012

Abstract: This bachelor thesis deals with a physical composition of the students first to third year Faculty of Education at UP in Olomouc. The measurement itself was through multifrequency bioimpedance method (InBody 720), when we tried to analyze and compare selected characteristics of body composition of this file. With few exceptions, this group apart is too stable.

Keywords: bioelectric impedance, InBody 720, fat mass, non – fat mass, bone mineral density, body water.

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

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně pod vedením pana Mgr. Petra Reicha Ph.D., uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a řídil se zásadami vědecké etiky.

V Olomouci

.....

Děkuji za pomoc panu Mgr. Petru Reichovi Ph.D. za ochotu, pomoc a cenné rady, které mi poskytl při zpracování této bakalářské práce.

OBSAH

1 ÚVOD.....	7
2 SYNTÉZA POZNATKŮ.....	8
2.1 Funkční antropologie.....	8
2.2 Tělesná hmotnost.....	9
2.3 Tělesné složení.....	11
2.3.1 Modely tělesného složení.....	13
2.4 Tělesný tuk.....	15
2.4.1 Viscerální tuk.....	16
2.4.2 Procentuální zastoupení tuku v těle.....	17
2.4.3 Obezita.....	19
2.5 Tukuprostá hmota.....	19
2.6 Tělesná voda.....	21
2.6.1 Složení tělních tekutin.....	22
2.7 Indexy tělesné hmotnosti.....	23
2.8 Metody odhadu tělesného složení.....	27
3 CÍL.....	32
3.1 Dílčí cíle.....	32
4 METODIKA.....	33
4.1 Soubor.....	33
4.2 Průběh měření.....	33
4.3 Využití přístroje InBody.....	33
5 VÝSLEDKY.....	36
5.1 Základní charakteristika měřeného souboru.....	36
5.2 Analýza bazálního metabolismu a obsahu kostních minerálů.....	37
5.3 Analýza kosterní svalové hmoty a tělesného tuku.....	38
5.4 Analýza tělesné vody.....	40
6 ZÁVĚRY.....	42
7 SOUHRN.....	43
8 SUMMARY.....	44
9 REFERENČNÍ SEZNAM.....	45

1 ÚVOD

K měření tělesného složení, respektive k jeho odhadu, bylo v historickém vývoji použito již mnoho metod. Problémem však bylo to, že samotný výzkum byl zaměřen spíše na to, co by mohlo být měřeno, než na to, co by opravdu chtěli odborníci měřit. Doba však pokročila dopředu a společně s ní došlo taky k velkému technickému pokroku. Díky tomu je možné se dnes zaměřit prakticky na všechny segmenty těla jednotlivě. Tento pokrok měl tedy zcela logicky za následek vznik několika tělesných modelů, které poskytují rámec pro studující tělesné složení.

Bioelektrická impedanční metoda (BIA) znamenala v těchto měřeních velký průlom. Právě tato metoda je v poslední době jedna z nejvíce používaných. A není se čemu divit. Průběh samotného měření je relativně rychlý a zatížení testované osoby je takřka minimální.

2 SYNTÉZA POZNATKŮ

2.1 Funkční antropologie

Problematikou tělesného složení a odhadem parametrů tělesných segmentů se zabývá funkční antropologie. Je to relativně mladý obor fyzické antropologie, která jako věda vznikla již v dobách Aristotela (384 – 322 př. n. l.), tedy muže, který pravděpodobně jako první použil tento termín - Antropologie. V jeho době byl tento termín ovšem používán především pro označení zkoumání duchovních vlastností člověka. Náplň funkční antropologie lze odvodit z prací J. E. Purkyně, který již v roce 1928 ve své úvodní přednášce na univerzitě ve Vratislavi uvedené pod názvem „Antropologie jako vstupní nauka veškeré fyziologie“, položil mimořádný důraz na spojení morfologie a funkce organismu. Současná funkční antropologie je v tomto smyslu zaměřena na studium vztahů mezi morfologickou a funkční variabilitou člověka. Na formulování základní problematiky funkční antropologie se proto podílí významný fenomén měnícího se životního stylu člověka, zvyšující se nároky na jeho nervový systém, se současným snižováním přirozeného zatěžování pohybového aparátu člověka a s tím související snižování fyzické zdatnosti a výkonnosti (Riegrová, Přidalová a Ulbrichová 2006).

Antropologie fyziologická – též funkční, je obor odvozený ze srovnávací lidské fyziologie. Studuje např. vztah barvy kůže k tepelné regulaci, variabilitu v intenzitě základní přeměny látek, rozdíly ve vnímavosti různých chuťových kvalit apod. Soustřeďuje se hlavně na studium vlivů zevního prostředí na člověka, zvl. na studium funkčních změn člověka (Wolf et al., 1977).

Domnívám se, že dnešní uspěchaná doba nám nabízí mnoho prostředků, které zaručují pohodlnější život. Bohužel je to ale na úkor pohybové aktivity a tak se nemůžeme divit, že při pohledu na lidi okolo nás je stále více těch, co mají nadváhu nebo se řadí k obézním. Obezita sama o sobě je braná jako nemoc a je bránou pro další nemoci. Proto má smysl sledovat vlastní tělesné složení a hlavním výchozím parametrem pro sledování tělesného složení je tělesná hmotnost.

2.2 Tělesná hmotnost

Tělesná hmotnost je jeden z nejsledovanějších faktorů člověka. V případě, že je její hodnota vyšší anebo naopak nižší než normální, je logické, že se u těchto lidí vyskytuje mnohem větší pravděpodobnost zdravotních problémů.

Existuje celá řada různých způsobů, jak určit, zda je naše tělesná hmotnost optimální, příliš nízká nebo vysoká. Populárními metodami jsou Brockův vzorec a BMI (Body Mass Index). Obě slouží jako doporučení pro dospělého jedince normální hmotnosti. Hmotnostní tabulky Americké metropolitní životní pojišťovny (Metropolitan Life Insurance Co.), se ovšem zdají být mnohem vhodnější, protože zahrnují také pohlaví, výšku a tělesnou konstituci (tabulky 1,2). Ve skutečnosti však neexistují přesně definovaná pravidla optimální tělesné hmotnosti ani výživy. Individuální faktory, mezi které patří genetické předpoklady, pohybová aktivita (osoba s vysoce vyvinutou svalovou hmotou, jako bývají kulturisté, váží více) a nutriční výchova v dětství (tvorba tukových buněk), mohou ovlivnit ideální tělesnou hmotnost. Proto by měl být každý vzorec pro výpočet optimální tělesné hmotnosti brán s rezervou. Kromě vzorců byly vytvořeny, jak už jsme se zmínili výše, také hmotnostní tabulky, které berou v potaz další vlivy ovlivňující celkovou hmotnost člověka. Mezi takovou společnost, která se těmito tabulkami zabývá, patří Metropolitní životní pojišťovna, ta vytvořila hmotnostní tabulky jak pro muže, tak pro ženy. Tyto tabulky pracují na vztahu mezi tělesnou výškou a tělesnou konstitucí. Existují totiž zřejmé rozdíly v hmotnosti, které jsou dané geneticky, jako jsou mohutné kosti nebo tělesná zátěž v podobě svalové hmoty. Právě tyto odlišnosti se braly v těchto tabulkách v úvahu (Roschinsky, 2006).

Tabulka 1. Hmotnostní tabulka žen Metropolitní životní pojišťovny (Roschinsky, 2006)

Výška (cm)	drobná postava (kg)	střední postava (kg)	robustní postava (kg)
147	46-50	49-55	54-59
150	47-51	50-56	54-61
152	47-52	51-57	55-62
155	48-54	52-59	57-63
157	49-55	54-60	58-65
160	50-56	55-61	59-67
163	52-58	56-63	61-68
165	53-59	58-64	62-70
168	54-60	59-65	63-72
170	56-62	60-67	65-74
173	57-63	62-68	66-76
175	59-64	63-69	68-77
178	60-66	64-71	69-78
180	61-67	66-72	70-80
183	63-68	67-73	72-81
185	64-70	68-75	73-83
188	65-71	70-76	74-84
191	67-73	71-78	76-85
193	68-74	73-79	77-87

Tabulka 2. Hmotnostní tabulka mužů podle Metropolitní životní pojišťovny (Roschinsky, 2006)

Výška (cm)	drobná postava (kg)	střední postava (kg)	robustní postava (kg)
157	58-61	59-64	63-68
160	59-62	60-65	63-69
163	60-63	61-66	64-71
165	61-63	62-67	65-73
168	62-64	63-68	66-74
170	63-66	64-70	68-76
173	63-67	66-71	69-78
175	64-68	67-73	70-80
178	65-70	68-74	72-82
180	66-71	70-75	73-83
183	68-73	71-77	74-85
185	69-74	73-79	76-87
188	70-76	74-81	78-89
191	72-78	79-83	80-92
193	73-80	78-85	82-94
196	75-82	79-87	84-96
198	77-83	81-89	87-98
201	79-85	83-92	89-101
203	81-87	85-94	91-103
206	83-89	87-96	93-105
208	84-91	88-98	96-107
211	86-93	90-101	98-110

2.3 Tělesné složení

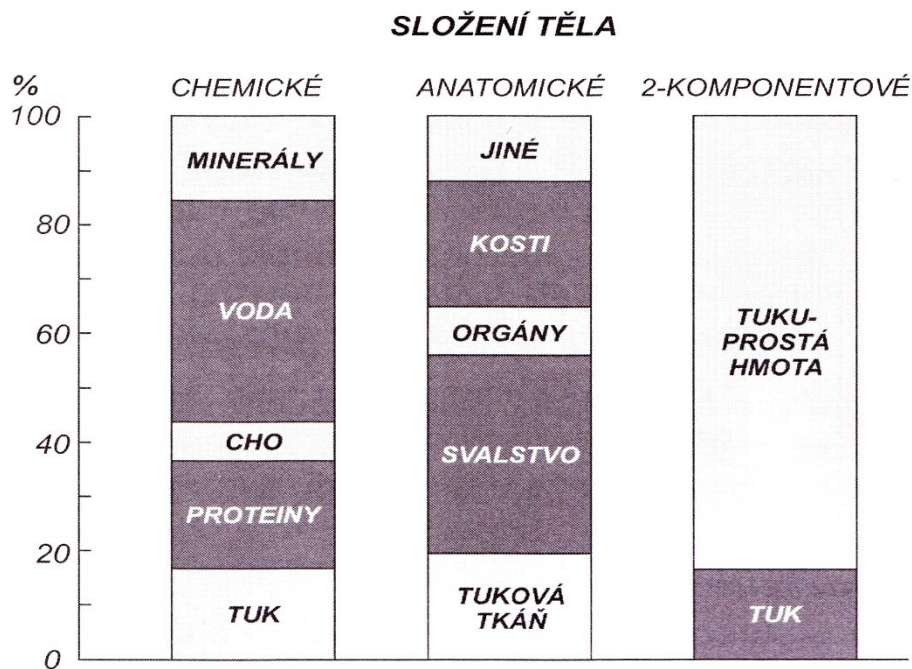
S pojmem tělesné složení se setkáváme poprvé u Matiegky v roce 1921, kdy se pokusil o kvantifikaci tělesných komponent na základě zevních, tedy antropometrických rozměrů těla. Navrhl tehdy rozdělení hmotnosti těla na 4 složky. Tuto hmotnost tak rozdělil na hmotnost skeletu, hmotnost kůže a podkožní tukové tkáně, hmotnost kosterního svalstva a hmotnost zbytku. Tělesné složení je ovlivněno geneticky a formováno vnějšími faktory, ke kterým řadíme pohybovou aktivitu, výživové faktory a celkový zdravotní stav organismu. Studie týkající se tělesného složení se v současné době zaměřují na změny podílu jednotlivých tělesných frakcí v různých fázích ontogeneze, především v období růstu a stárnutí, na změny v důsledku působení tělesné zátěže a sportovního tréninku, na změny tělesného složení u různých metabolických onemocnění, klinických syndromů, tělesně nebo psychicky postižených klientů (Riegrová & Ulbrichová, 2006).

Podle Pařízkové (1961), když porovnáme dva jedince stejné tělesné výšky a hmotnosti, můžeme často již pouhým pohledem zjistit, že navzdory shodě v těchto vlastnostech se jejich tělesné složení výrazně odlišuje. Kvantitativní kritéria jako tělesná výška, hmotnost nebo různé indexy podstatu tohoto rozdílu nedokážou postihnout, podávají totiž pouze orientační informaci o tělesné konstituci. Pro podrobnější analýzu tělesné hmotnosti pak musíme provést frakcionaci na jednotlivé komponenty.

Pařízková (1973) se dále zmiňuje, že složení těla představuje jednu z nejproměnlivějších charakteristik lidského organismu. Domnívá se totiž, že podle pohlaví se liší již od nejútlejšího věku a podléhá tak změnám v průběhu celého života nejen v závislosti na stupni vývoje či stárnutí, ale především podle kalorické rovnováhy a úrovně i rychlosti obratu energie v organismu za jednotku času. Vše je určováno především výživou a pohybovou aktivitou (tedy svalovou prací), velkou roli zde hraje ale taky genetická predispozice či psychická onemocnění.

Podle Riegrové a Ulbrichové (2006) nám členění hmotnosti na její další složky umožňuje posuzování optimální tělesné hmotnosti. Nadměrnou či v opačném případě podprůměrnou hmotnost je možné specifikovat pomocí různých somatických indexů, které však ne vždy dokážou postihnout hmotnost jako komplexní charakteristiku. V souvislosti s vyšší

pohybovou aktivitou, obezitou případně anorexií a bulimií, je zapotřebí brát vyjádření prostřednictvím indexů pouze orientačně a je nutné specifikovat jednotlivé tělesné frakce. Lidské tělo je složeno z komponent, které je možno charakterizovat z hlediska chemického (tuky, bílkoviny, sacharidy, minerály, voda) nebo anatomického (tuková tkáň, svalstvo, kosti, vnitřní orgány a ostatní tkáně). (obr. 1.)

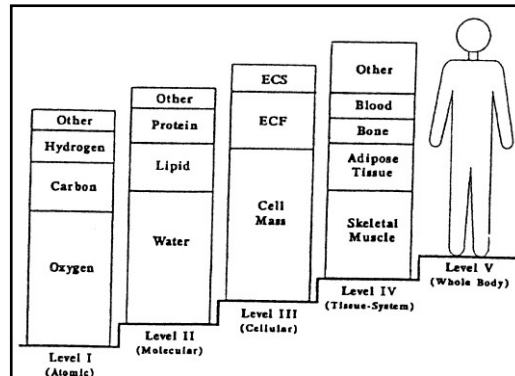


Obrázek 1. Chemický, anatomický a dvoukomponentový model tělesného složení (upraveno podle Willmora 1992)

Dvoukomponentové složení těla obsahuje tedy tukuprostou hmotu a tuk. V další části této práce bych tedy rád objasnil tyto pojmy, společně s dalšími komponenty těla, popřípadě uvedl jejich průměrné, podprůměrné či nadprůměrné hodnoty.

2.3.1 Modely tělesného složení

Co se týče problematiky samotného tělesného složení, podle Pařízkové (1998) „stále existují četné terminologické nejasnosti, (jsou to především definice běžně používaných názvů, jako aktivní, tukuprostá, esenciální, hubená, tělesná hmota, které se vzájemně liší) ovšem k jejich objasnění, významně přispěla definice pěti modelů tělesného složení“.

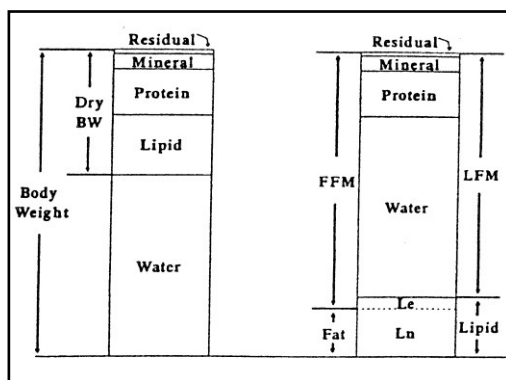


Obrázek 2. Pětistupňový model tělesného složení (Wang, Z., Pierson, N., Heymsfield, B., 1992)

1. Anatomický model vychází ze zastoupení šesti jednotlivých prvků organismu, které tvoří 98 % tělesné hmotnosti. Mezi tyto prvky patří: O, C, H, N, Ca, P. Tyto prvky lze prozkoumávat pomocí techniky nazvané neutronová aktivační analýza. Zbývající 2 %, nadále tvoří dalších 44 chemických prvků. Analýzy byly prováděny chemickou cestou na mrtvolách. (obr. 2);

2. Molekulární model tvoří molekuly 11 hlavních prvků, představujících více než 100 000 chemických sloučenin tvořících lidské tělo. Svou stavbou a složitostí se jednotlivé molekuly mezi sebou liší (od vody, která je brána jako stavebně jednoduchá molekula, až po značně složitější deoxyribonukleové kyseliny). Hlavní sledované komponenty lidského těla jsou lipidy, voda, proteiny, minerály a glykogen. Pomocí tohoto modelu lze měřit například celkovou tělesnou vodu (obr. 3);

Jednotlivé molekulární komponenty se spojují v buňky.



Obrázek 3. Model tělesného složení na molekulární úrovni (Pařízková 1998)

3. Buněčný model je založen na spojení jednotlivých molekulárních komponent v buňky, takže v jeho centru pozornosti stojí vzájemné funkce a interakce mezi buňkami. Buňky lidského těla se totiž navzájem různě ovlivňují a spolupracují. Mezi často sledované komponenty patří buněčná hmota (BM = body cell mass = svalové + pojivové + epiteliální + nervové buňky), extracelulární tekutina (ECT = plasma + intersticiální tekutina), ta je z 94 % tvořená vodou a podle Jabora et al. (2008) tvoří asi 15 % celkové tělesné hmotnosti a extracelulární pevné látky (ECPL = organické + anorganické pevné látky). Jednoduchou rovnicí lze stanovit hmotnost těla na celulární úrovni. (obr. 2)

Hmotnost těla = buňky tukové tkáně + BM + ECT + ECPL

BM – buňky svalové, pojivové, epiteliální a nervové

ECT – plasma + ICT

ECPL – organické + anorganické pevné látky

4. Tkáňově-systémový model vychází z organizace molekul do tkání a to kostní, svalové a tukové. Organismus jako celek je potom podle tohoto modelu brán takto:

hmotnost těla = muskuloskeletární + kožní + nervový + respirační + oběhový + zažívací + vyměšovací + reprodukční + endokrinní systém.

Mezi používané metody tohoto modelu patří například magnetická rezonance, tomografie, nebo neutronová aktivační analýza. Informace většinou pocházejí stejně jako u anatomického modelu, ze studia na mrtvolách (obr. 2);

5. Celotělový model využívá antropometrických měření ke stanovení jednotlivých ukazatelů jako je tělesná výška, hmotnost, index tělesné hmotnosti (BMI), délkové, šířkové a obvodové rozměry, kožní řasy, objem těla a z něj umožňující výpočet denzity těla, která vypovídá o aktivní tělesné hmotě a nepotním tuku. (obr. 2)

Z praktického a klinického hlediska se nejčastěji využívá model dvoukomponentový. Lidské tělo je podle něho rozděleno na dvě základní komponenty a to na tuk a tukuprostou hmotu. Z tohoto pohledu tedy můžeme lidské tělo rozdělit na tzv. tukuprostou hmotu, jež zahrnuje veškeré tkáně těla a depotní tuk. Tříkomponentový model zase rozlišuje v rámci tělesného složení tuk, vodu a sušinu (tou se rozumí proteiny a minerály). V praxi byl pak zjednodušen na podíl tuku, svalstva a kostní tkáně. Čtyřkomponentový model specifikuje tělesnou hmotnost jako tuk + extracelulární tekutina + buňky + minerály (Riegrová & Ulbrichová, 2006).

2.4 Tělesný tuk

Tuky (lipidy) poskytují ve srovnání se sacharidy nebo bílkovinami více než dvojnásobné množství energie. 1 gram tuků obsahuje 9 kcal energie (37 kJ), zatímco 1 gram sacharidů nebo bílkovin obsahuje pouze 4 kcal energie. Konzumace tuků v běžné stravě bývá příliš vysoká (35 – 40 %), což vede ke zvyšování tělesné hmotnosti a významnému zhoršení fyzické a mentální výkonnosti. V racionální stravě by měla konzumace tuků představovat pouze 25 – 30 % celkové přijaté energie. Polovina z této dávky by měla pocházet z živočišných produktů, druhá polovina z rostlinných zdrojů. Živočišné tuky se nacházejí především v másle, sádle, a v mase ve formě nasycených mastných kyselin, zatímco rostlinné tuky konzumujeme ve formě nenasycených mastných kyselin v margarínu a rostlinných olejů (Roschinsky, 2006).

Tuk v lidském těle vytváří speciální vazivo, které společně s kolagenním vazivem, chrupavkou a kostí nazýváme pojivovou tkání. Samotné tukové vazivo plní v těle funkci tepelného izolátoru, pro některé orgány vytváří i mechanickou ochranu a je významným energetickým rezervoárem. Základní složkou tukového vaziva jsou tukové buňky – adipocyty. Podle stavby a funkce rozlišujeme bílé (žluté) a hnědé vazivo. Bílé tukové vazivo tvoří především většinu tzv. podkožního tuku, tukové obaly některých orgánů, a vmezeřenou tkáň orgánů. Hnědé tukové vazivo patří k termoregulačnímu systému organismu a v dospělém věku je omezeno na tkáně rozptýlené v tukovém vazivu mezihrudí (Dylevský, Druga & Mrázková, 2000).

Bílé tukové vazivo: představuje energetickou zásobu přibližně na čtyřicet dní hladovění u průměrně živého člověka. Vazivo tvoří poměrně velké kulovité tukové buňky, v jejichž cytoplazmě se obvykle nachází jedna velká a několik malých tukových kapének. Bílé tukové vazivo tvoří především většinu tzv. podkožního tuku, tukové obaly některých orgánů, a vmezeřenou tkáň orgánů.

Hnědé tukové vazivo: hnědé tukové vazivo je složeno z drobnějších buněk, ve kterých se tuk vyskytuje ve formě početných kapek. Buňky jsou koncentrovány především podél cév a jsou bohatě inervovány vlákny sympatiku. Přítomnost hnědého tukového vaziva je typická pro organismus plodu a dítěte asi do jednoho roku. U novorozence je koncentrováno na typických místech těla a to: mezi lopatkami, v podpažní jámě, podél nervové pleteně příušní žlázy, v mezihrudí, kolem ledvin, nadledvin, slinivky břišní a v závěsech tenkého střeva. V dětském věku, hraje velmi významnou termoregulační roli. Je nezbytné pro udržení velmi labilní tělesné teploty. Pro svou funkci a stavbu připomíná tukové vazivo zimních dlouho spících zvířat, proto nese označení „hibernační tuk“ (Dylevský, 2009).

Lidské tělo obsahuje jednu miliardu nebo až třicet miliard tukových buněk. Tyto buňky vytvářejí dohromady tukovou tkáň. Ačkoliv se všichni rodíme s určitým počtem tukových buněk, tento počet vzrůstá v průběhu dětství a potom znovu těsně před pubertou. U průměrné ženy tvoří tuk uložený jen na kyčlích, stehnech, prsou a na hýždích 20 až 25 % celkové tělesné hmotnosti. U mužů tvoří veškerý podkožní tuk průměrně 15 až 20 %. Existuje ještě jiný druh tuku, který lidi staví do rizika všech možných zdravotních problémů – viscerální tuk. Není měkký jako podkožní tuk. Je tvrdý a nepoddajný, vytváří hluboký útrobní tuk, který obaluje vnitřní orgány. Právě tento útrobní tuk je častou příčinou problémů, jako jsou diabetes, vysoký krevní tlak, vysoká hladina cholesterolu a také srdeční onemocnění. Na druhou stranu, cvičením se tento tuk odbourává mnohem rychleji než ten uložený na bocích a hýždích (Morgan, Saucer & Torg, 2008).

2.4.1 Viscerální tuk

Viscerální neboli vnitřní tuk není totožný s podkožním tukem, přesto jsou tyto pojmy často zaměňovány. Určité procento viscerálního tuku má samozřejmě každý, je ale nutné se mít na pozoru. Pokud je ho příliš mnoho, stává se pro naše zdraví nebezpečný. Ukládá se v životně důležitých orgánech uprostřed těla (játra, ledviny) a lékaři ho považují za výrazně škodlivější

než tuk podkožní. Viscerální tuk je metabolicky aktivnější než tuk podkožní, což znamená, že do krve uvolňuje chemické látky, které mohou vést ke vzniku zdravotních problémů. Patří mezi ně mastné kyseliny, hormony a chemické látky vyvolávající zánět. Příliš mnoho vnitřního tuku tedy zvyšuje jejich hladinu a to v důsledku ovlivňuje schopnost životně důležitých orgánů správně fungovat. Zvyšuje se tak riziko výskytu vysokého krevního tlaku, zvýšeného cholesterolu, diabetu II. stupně, mozkové mrtvice apod. Dobrá zpráva je, že snížit viscerální tuk je o něco snazší než se zbavit tuku podkožního a již první výsledky (snížení viscerálního tuku o 5 – 10 %) výrazně přispějí k lepšímu zdravotnímu stavu. Na první pohled má více viscerálního tuku člověk s postavou tzv. jablka, kdy se tuk viditelně hromadí v oblasti břicha. Každý z nás má určité množství vnitřního tuku, které potřebujeme ke správnému fungování orgánů. Existuje ale řada faktorů, které hodnotu viscerálního tuku ovlivňují. Jedním z nich je životní styl. Stejně jako nevyvážená a nezdravá strava hodnotu viscerálního tuku zvyšují, tak pravidelné cvičení a zdravá strava ji snižují. Mezi další faktory patří pohlaví, hormony (např. u žen v menopauze), věk, etnický původ nebo genetické vlohly. Hodnotu viscerálního tuku můžeme zjistit pomocí vyšetření u lékaře nebo ve specializovaných centrech. Pro domácí použití dnes ale existuje spousta digitálních přístrojů, jako např. Tanita nebo speciální váhy, které jsou k dostání ve zdravotních potřebách (dle: <http://www.healthstyle.cz/news/visceralni-tuk/>).

2.4.2 Procentuální zastoupení tuku v těle

Množství podkožního tuku se v průběhu ontogeneze mění. V období raného dětství zastoupení množství podkožního tuku pozvolna klesá u obou pohlaví. Ve fázi středního dětství je u ženského pohlaví průměrná hodnota množství podkožního tuku většinou vyšší než u mužského. Tento rozdíl je mnohem zřetelnější v období puberty a přetrvává do adolescence (Riegrová & Ulbrichová, 2006).

Podle procentuálního zastoupení tuku v těle byly vytvořeny tabulky, pomocí nichž můžeme zjistit, zda máme potřebné minimum tuku nebo naopak, zda netrpíme obezitou.

Tabulka 3. Určení tělesné tloušťky podle procent tuku (Clark 2009)

Klasifikace	Vzhled	Ženy % tuku	Muži % tuku
Velmi málo tuku	Hubený(á)	14 – 17	7 – 10
Málo tuku	Štíhlý(á)	17 – 20	10 – 13
Průměrně tuku	Normální	20 – 27	13 – 17
Hodně tuku	Mírná nadváha	27 – 31	17 – 25
Velmi mnoho tuku	Obézní	31 a více	25 a více

Přesnější tabulku, která rozděluje muže i ženy navíc ještě do věkových kategorií vytvořili Heyward, Wagner (2004):

Tabulka 4. Standardy % tuku FM (fat mass) pro muže a ženy (Heyward, Wagner, 2004)

Standardy % tuku	Věk (v letech)			
	6 – 17	18 – 34	35 – 55	55+
Muži	6 – 17	18 – 34	35 – 55	55+
Zdravotní minimum tuku	< 5	< 8	< 10	< 10
Nízká hodnota (podprůměr)	5 – 10	8	10	10
Střední hodnota (průměr)	11 – 25	13	18	16
Vysoká hodnota (nadprůměr)	26 – 31	22	25	23
Obezita	> 31	> 22	> 25	> 23
Ženy	6 – 17	18 – 34	35 – 55	55+
Zdravotní minimum tuku	< 12	< 20	< 25	< 25
Nízká hodnota (podprůměr)	12 – 25	20	25	25
Střední hodnota (průměr)	16 – 30	28	32	30
Vysoká hodnota (nadprůměr)	31 – 36	35	38	35
Obezita	> 36	> 35	> 38	> 35

2.4.3 Obezita

Moderní civilizace přináší lidem pohodlí, které způsobuje nedostatek pohybu, odborně nazvaný hypokineze. Takovýto způsob života je často příčinou negativního vlivu jedinců na zdraví, nejčastěji se projevující obezitou a s ní spojenými problémy. Následkem obezity je totiž větší objem krve vedoucí k chronickému přetěžování srdce, které je už tak z důvodu nedostatku pohybu obvykle v ne příliš dobrém stavu. Výsledkem dlouhodobé obezity je většinou kombinace onemocnění, která se někdy nazývá smrtícím kvartetem, neboli metabolickým syndromem. Jedná se o čtyři následující onemocnění, hlavní rizikové faktory pro srdeční infarkt (pátým je kouření). Kombinace těchto faktorů snižuje předpokládanou délku života. Jsou to tedy obezita, diabetes mellitus (cukrovka se zvýšenou produkcí inzulínu), vyšší koncentrace krevních lipidů a vysoký krevní tlak. Samotná obezita nám pak tvoří problémy fyziologické, ortopedické a psychosociální. Mezi fyziologické problémy patří onemocnění ve formě cukrovky, vysoký krevní tlak, zvýšená koncentrace krevních lipidů, srdečně – cévní onemocnění, dna, arterioskleróza, žlučové kameny, rakovina a dušnost. K ortopedickým problémům se řadí vady v držení těla, problémy s klouby, se zády, s koleny, s kyčlemi, bolestí nohou, snížená pohyblivost a zvýšené nebezpečí zranění. A konečně psychosociální problémy se projevují nižší sebedůvěrou, nižším sebehodnocením, zhoršeným pocitem pohody, ztrátou atraktivity, diskriminací nebo různým sociálním omezením jako je sport či oblečení (Skopová & Beránková, 2008).

Abychom se mohli sami přesvědčit, do jaké skupiny vlastně patříme, byly vytvořeny jednoduché rovnice a tabulky, pomocí nichž si lze během chvilky ověřit, zda nespadáme do rizikové skupiny.

2.5 Tukuprostá hmota

Tukuprostá hmota (FFM neboli fat free mass) je komponentou heterogenní. Vzájemný poměr jejich složek (kostra, svalstvo a ostatní tkáně) je variabilní v závislosti na věku, pohybové aktivitě a dalších exogenních i endogenních faktorech. Uvádí se, že tukuprostá hmota tvoří z 60 % svalstvo, z 25 % opěrné a pojivové tkáně a 15 % tvoří hmotnost vnitřních orgánů. Lidské tělo obsahuje celkem tři typy svalové tkáně. Je to kosterní svalstvo (příčně pruhované, u ženy 30 %, u muže 40 %), srdeční sval a hladké svalstvo (10 %). Tyto poměry

se však v průběhu ontogeneze mění. Kosterní svalstvo u novorozenců tvoří přibližně 25 % celkové hmotnosti těla, zatímco u dospělých je tato hodnota okolo 40 %. Největší nárůst této svalové hmoty je u chlapců ve věku mezi patnácti až sedmnácti lety, u dívek kolem třináctého roku s výraznými sexuálními diferencemi při nástupu a v průběhu adolescence. Rozvoj svalstva u mužů mezi 17. a 40. rokem a u žen mezi 15. a 60. rokem je poměrně stabilní. Pak následuje postupný pokles (Riegrová & Ulbrichová, 2006).

Naopak co se týče chemického složení, to je považováno za relativně konstantní. Obsah vody je 72 – 74 % a obsah draslíku 60 – 70 mmol/kg u mužů a 50 – 60 mmol/kg u žen. Hustota tukuprosté hmoty je 1,1 g/cm³ při 37 °C. Naproti tomu tuk neobsahuje vodu a draslík, jeho denzita je 0,9 g/cm³ při 37 °C. Tyto základní rozdíly se staly východiskem pro vývoj moderních metod odhadu tělesného složení, tedy denziometrie, hydrometrie, stanovení tělesného draslíku, které slouží jako standardy pro hodnocení validity metod založených na jiných principech (Riegrová & Ulbrichová, 1998).

Samozřejmě závisí na pohybové aktivitě každého jedince a na jeho tělesném zatížení. Logicky tak nejlepších hodnot dosahují sportovci vysoké sportovní výkonnosti především v silových sportech. Stejně tak je známo že žena sportovkyně může dosahovat vyšších absolutních i relativních hodnot rozvoje svalstva než nesportující muž (Riegrová & Ulbrichová, 2006).

Další komponentou tukuprosté hmoty je kostní tkáň. Ta je tvořena dvěma základními buňkami a to osteoblasty a osteoklasty. Osteoblasty produkují kolagen 1. typu a nekolagenní kostní bílkoviny, tedy osteokalcin, osteonektin, proteoglykany a sialoproteiny. Kolagenní proteiny tvoří společně s nekolagenními asi 98 % objemu dospělé kosti. Jeden osteoblast vyprodukuje denně asi 1 – 2 krychlové mikrometry bílkovin. Jakmile tloušťka této vrstvičky dosáhne asi 20 mikrometrů, přestává osteoblast bílkoviny produkovat a začíná mineralizace kosti. První kostní tkáň, která nahrazuje chrupavčitou tkáň, se objevuje u dlouhých kostí končetin již v sedmém týdnu embryonálního vývoje, v osmém týdnu jsou to pak i některé kosti lebky. Fibrilární kost, která je tvořena kolagenními vlákny, je typická pro celé období dětství a zcela mizí asi až ve dvanácti letech. Trvale zůstává zachována pouze v některých sezamských kůstkách. Kostra je jedním z podstatných problémů hodnocení vývoje tělesného složení, neboť je nedostatek verifikovaných metod pro kvantifikaci její hmotnosti v živém organismu. Obecně se udává, že její podíl na celkové hmotnosti těla je stejný u novorozenců

jako u dospělých osob. Rozdíly byly však zjištěny v podílu beztukové sušiny kostní tkáně na hmotnosti těla. Tyto hodnoty jsou vyšší u mužů než u žen. U novorozenců se udává 3 %, u dospělých jedinců pak 6 – 7 %. Nejpodstatněji se na těchto vývojových změnách podílejí změny poměru kostní tkáně k chrupavce v průběhu maturace skeletu. Během tohoto procesu dochází ke změnám hydratace a náhradě chrupavky chudé vápníkem, kostní tkáň naopak bohatou na vápník. Kostní minerály tak tvoří u novorozenců 2 % hmotnosti těla, zatímco u dospělých jedinců je to 4 – 5 % (Dylevský 2007).

Nejobsáhlejší materiály v tomto směru pochází z laboratoře Trotterové (1960). Její práce prokázaly snižování denzity kostí s přibývajícím věkem. Tento trend je ovšem diferencovaný podle typu kostí, takže celkový pokles denzity kostry nelze brát jako konzistentní proces.

Je již všeobecně známo, že pohybová aktivita a sportovní trénink výrazně ovlivňují obsah minerálů v kostech a také kostní denzitu. Sportovci většinou disponují robustnějšími kosterními parametry v závislosti na sportovní specializaci.

2.6 Tělesná voda

Tělesná voda je nejvýznamnější složkou celkové tělesné hmotnosti. Její množství v organismu je závislé na věku, pohlaví a tělesné hmotnosti. Průměrné množství tělesné vody u kojence se pohybuje od 80 – 85 %, u dítěte okolo 75 % a u dospělého muže 63 %, u dospělé ženy 53 %. Nejvíce vody je v krvi a v ostatních tělních tekutinách 91 – 99 %, ve svalové tkáni 75 – 80 % a v kůži. Podstatně menší množství se pak nachází v tukové tkáni (10 %) a kostech 22 % (Trojan, 1996).

Z vývojového hlediska je důležitý také vývoj celkové tělesné vody v jejích frakcích. Poměr extracelulární a intracelulární tekutiny se během života mění (Trefný, Trefný, 1993). Nitrobuněčná voda (ICW) tvoří u dospělého muže asi 40 % tělesné hmotnosti (což pro 75 kilogramů vážícího muže znamená asi 30 litrů) neboli 66 % veškeré tělesné vody. Mimobuněčná hmota se podílí na celkové tělesné hmotnosti 15 litry, to je 20 %. Ženy mají distribuci vody nižší. Intracelulární tekutina vytváří 32 %, extracelulární 21 %. Ženy vzhledem k vyššímu podílu tukové frakce disponují nižším podílem vody (Rokyta et al., 2000).

2.6.1 Složení tělních tekutin

Rozdíly ve složení jednotlivých kompartmentů tělních tekutin jsou určovány především propustností bariér, které je oddělují. Protože oba kompartmenty extracelulární tekutiny (tedy tkáňový mok a plazma) jsou odděleny endotelovými buňkami krevních kapilár, které volně propouštějí vodu i nízkomolekulární látky, je jejich složení velmi podobné. Hlavním kationem extracelulární tekutiny je sodík (Na^+), hlavními anionty jsou chloridový (Cl^-) a bikarbonátový (HCO_3^-) aniont. Tyto tři ionty jsou tedy hlavními determinantami osmolarity extracelulární tekutiny. Intracelulární tekutina je od extracelulární oddělena buněčnou membránou, která tvoří téměř nepropustnou bariéru pro všechny ve vodě rozpustné molekuly a hraje tak klíčovou roli v rozdílném složení obou kompartmentů. V intracelulární tekutině je velmi malá koncentrace sodíku, naopak je zde vysoká koncentrace draslíku (K^+), který tak představuje hlavní intracelulární kationt. Také obsah aniontů se v intracelulárním prostoru liší – hlavními anionty jsou fosfáty a organické anionty, především proteiny. Voda se pohybuje mezi jednotlivými kompartmenty zcela volně, přičemž její pohyb je určen dvěma hlavními silami – hydrostatickým a osmotickým tlakem. Zatímco za přesun vody mezi intracelulární tekutinou a tkáňovým mokem je zodpovědný rozdíl osmotických tlaků mezi oběma kompartmenty, pohyb vody přes kapilární stěnu určuje rozdíl hydrostatických tlaků a onkotických tlaků (osmotických tlaků, které jsou generovány bílkovinami). Osmolarita všech kompartmentů tělních tekutin je díky rychlosti, s jakou se voda dokáže pohybovat mezi jednotlivými kompartmenty, prakticky totožná. Na rozdíl od vody není pohyb iontů přes obě bariéry stejný. Zatímco přes kapilární stěnu přecházejí ionty volně, přes buněčnou membránu mohou být transportovány pouze specifickými transportními mechanismy. Důsledkem je skutečnost, že pohyb tekutiny přes kapilární stěnu (mezi tkáňovým mokem a plazmou) je pohybem vody, iontů a dalších nízkomolekulárních látek, pohyb tekutiny přes buněčnou membránu (mezi intracelulární a extracelulární tekutinou) je pak takřka výhradně pohybem vody (Langmajer et al., 2009).

2.7 Indexy tělesné hmotnosti

Brockův index

Je zapotřebí vědět, že vzorce na výpočet optimální hmotnosti jsou pouze orientační. Po mnoho let byl nejpoužívanějším vzorcem pro výpočet tělesné hmotnosti Brockův index. Tento index vyjadřuje poměr tělesné váhy a výšky v jednoduché rovnici. Přesněji je to podíl tělesné váhy (v kg) a tělesné výšky (v cm), od které se odečte 100. (Příklad 170 cm – 100 = 70, což znamená, že u člověka měřícího 170 cm by se váha měla pohybovat okolo 70 kg). (Kleinwächterová, 1992).

$$\mathbf{BI = H [kg] / (V [cm] - 100)}$$

Přesnějších výsledků lze dosáhnout s modifikovaným vzorcem, který bere v úvahu rozdíly způsobené pohlavím. Vzhledem k vyššímu množství tuku u žen je proto za optimální považována hmotnost o 15 % nižší, pro muže je to zase kvůli robustnější konstituci hodnota nižší o 10 %. Z toho tedy lze jednoduše odvodit dva vzorce pro výpočet optimální tělesné hmotnosti.

Ženy: optimální hmotnost = (výška [cm] – 100) x 0,85

Muži: optimální hmotnost = (výška [cm] – 100) x 0,90

Ideální váha vypočtená pomocí tohoto indexu je jedna. Z důvodu zpřísnění kritéria otylosti se doporučuje snížit jmenovatel zlomku o 10 %. Tento uvedený index však není doporučován hned z několika důvodů- nebere v úvahu věk, pohlaví a stavbu těla a ani přes řadu korekcí neplatí pro nadprůměrně vysoké jedince (Roschinsky, 2006).

BMI (Body Mass Index)

Pro stanovení optimální hmotnosti je nejznámější výpočet BMI, který není závislý na pohlaví.

$$\text{BMI} = \text{hmotnost (kg)} / \text{výška na druhou (m)}$$

Výsledná hodnota se následně porovnává s normou: **méně než 18: podváha**

18 – 25: normální hmotnost

26 – 30: lehká nadváha

Více než 30: velká nadváha

(WHO, 1998)

Tento index upravil Vítek (2008) pro muže a ženy zvlášť.

$$\text{Pro muže: } X \text{ (kg)} = (\text{výška (cm)} - 152,4) \times 0,728 + 51,65$$

$$\text{Pro ženy: } X \text{ (kg)} = (\text{výška (cm)} - 152,4) \times 0,650 + 48,67$$

BMI se pro hodnocení tělesné hmotnosti užívá častěji než Brockův vzorec, který je přeci jen zastaralý a méně přesný. Z nutričního hlediska je požadovaná hodnota BMI 20 – 25 kg/m² pro muže a 19 – 24 kg/m² pro ženy a odpovídá optimální hmotnosti. Hodnoty do 30 kg/m² odpovídají nadváze a hodnoty nad 30 kg/m² znamenají obezitu (WHO, 1998).

Ovšem tento index má také své nedostatky. Nedokáže v těle rozlišit tělesný tuk od čisté hmotnosti bez tuku, nemůže stanovit změny mezi těmito parametry, když pomocí fyzické aktivity dochází v ideálním případě k úbytku tuku a nárůstu svalové hmoty a nebere v úvahu ani stárnutí (Vítek, 2008).

Dále byly tedy vytvořeny hmotnostně – výškové indexy, mezi něž patří index tělesného tuku, body fat mass index (BFMI) a fat free mass index (FFMI), neboli index čisté tělesné hmotnosti bez tuku, který se může velice přesně změřit pomocí bioelektrické impedance (Schutz, 2002).

Podrobněji dělí kategorie Kokaisl (2007):

Tabulka 5. Váhové kategorie dle Petra Kokaisla

Kategorie	Muži BMI kg/m ²	Ženy BMI kg/m ²
Velká podváha	X – 18.4	x – 17.4
Podváha	18.5 – 19.9	17.5 – 18.4
Normální	20 – 24.9	18.5 – 23.9
Nadváha	25 – 29.9	24 – 28.9
Obezita 1. stupně	30 – 34.9	29 – 33.9
Obezita 2. stupně	35 – 39.9	34 – 38.9
Obezita 3. stupně	40 – x	39 – x

Musíme si uvědomit, že BMI se mění v průběhu života. V prvním roce stoupá s vrcholem kolem 9. měsíce, pak se pozvolna snižuje s minimem kolem 6 let věku. Později opět stoupá až do dospělosti. Dá se tedy říci, že kategorizace pomocí tohoto indexu je v dětství a v průběhu dospívání velice nespolehlivá. Při zařazování do kategorií BMI je třeba mít na zřeteli také míru pohybové aktivity daného jedince. Zvláště u vrcholových sportovců se nedá kvalifikovaně BMI určit vůbec, protože se ztrácí jeho vypovídací schopnost. Pokud bychom vzali např. kulturistu, který pravidelně posiluje objemovým tréninkem a zjišťovali jeho BMI, tak bychom ho většinou museli zařadit do kategorie nadváhy, ne-li dokonce obezity. Nicméně je zapotřebí brát již nadváhu za předstupeň obezity. Zdravotní rizika totiž stoupají již od BMI 25 kg/m² a řada onemocnění, která mají vztah k obezitě, včetně cukrovky, dokonce mírně stoupají již od hodnoty BMI 23 kg/m². Diskutuje se proto i o snížení horní hranice normy. Optimální životní prognózu mají tedy jedinci s BMI 20 kg/m² až 22 kg/m² v mládí, kteří se do stáří posunou na hodnoty blízké horní hranice normy, tedy BMI 25 kg/m². Obezita je uložení nadměrného množství tuku v organismu. Lékaři jej dokáží zjistit mnoha postupy. Například měřením kožních řas kleštěmi nazývanými kaliper, vážením pod vodou, kdy zjistíme přesnou specifickou hmotnost těla a podle Archimedova zákona vypočítáme přesnou specifickou hmotnost těla, nebo vyšetřováním pomocí počítačové tomografie, ultrazvuku či takzvanou denzitometrií, kterou zná řada pacientů z vyšetřování osteoporózy. Principem těchto vyšetření

je stanovení celkového tělesného tuku. Žádná z uvedených metod ovšem není dnes běžně dostupná. Nejdostupnější je měření pomocí impedance – vodivosti těla (Kokaisl, 2007).

Tabulka 6. Optimální BMI tabulka ve vztahu ke věku (Roschinsky, 2006)

Věk	BMI hodnota
19-24 let	19-24
25-34 let	20-25
35-44 let	21-26
45-54 let	22-27
55-64 let	23-28
Starší 65 let	24-29

V případě zjištění, že má člověk nadváhu a je odhodlán s tím něco dělat, je pro případ zdravého hubnutí zapotřebí znát hodnotu svého bazálního metabolismu.

Bazální metabolismus

BMR nám pomáhá vypočítat, kolik kalorií bychom měli denně přijmout, abychom mohli zhubnout. BMR je zkratka z anglického Basal Metabolic Rate, která znamená bazální metabolický výdej. Určuje energii, kterou tělo potřebuje k životu. BMR se počítá podle výšky, váhy a také závisí na pohlaví. Pokud jste aktivní sportovec je potřeba hodnotu vynásobit 1,8 pokud sportujete občas vynásobte hodnotu číslem 1,3 a pokud vůbec nespportujete tak hodnotu vynásobte číslem 1,1. Pokud se chystáte snížit svoji hmotnost, měl by být váš denní příjem energie o něco nižší. Přesnější představu o svém energetickém příjmu si můžete udělat, pokud si budete týden nebo 14 dnů zapisovat vše co sníte (včetně kalorických hodnot) a poté záznamy vyhodnotíte.

Vzorec pro výpočet BMR

BMR (ženy) = $655,0955 + (9,5634 \times \text{váha v kg}) + (1,8496 \times \text{výška v cm}) - (4,6756 \times \text{věk v letech})$

BMR (muži)= $66,473 + (13,7516 \times \text{váha v kg}) + (5,0033 \times \text{výška v cm}) - (6,755 \times \text{věk v letech})$

Především pro opačný případ, tedy pokud chceme zjistit, zda daná osoba netrpí úbytkem svalové hmoty, se kontroluje obvod paže (viz <http://www.nutricniporadna-ostrava.cz/cenik/samostatne-mereni-bioimpedancni-metodou/>).

A M C:

Obvod svalstva paže je jeden z nejspolehlivějších způsobů pro vyhodnocení stavu výživy vyšetřované osoby. Na základě obvodu svalstva paže zjistíme velmi zřetelně stav podvýživy, kdy ochabuje svalová hmota a důsledkem je zmenšení AMC. Tento údaj je oceňovaný zejména v nemocnicích u dlouhodobě nemocných či ležících a u starších osob, kdy dochází k ochabování svaloviny vlivem fyziologických změn v těle a také vlivem nedostatečně biologicky hodnotné stravy (<http://www.nutricniporadna-ostrava.cz/cenik/samostatne-mereni-bioimpedancni-metodou/>).

2.8 Metody odhadu tělesného složení

Každý člověk, ne jen sportovec by si měl hlídat své tělesné složení. Důvod je velice prostý, ale o to více důležitý. Všichni lidé se totiž snaží nebýt nemocní, jenže málo kdo si už uvědomuje, jak úzce to souvisí s vlastním tělesným složením. Můj vlastní názor je, že dnešní doba nám umožňuje tělesné složení zjistit velice snadno, rychle a několika způsoby. To, že napohled nevypadáme obézní ještě nevyklučuje, že naše vnitřní orgány nejsou obaleny nadměrným množstvím tuku, stejně tak nemůžeme cítit, že máme řídké kosti a podobně.

Od dob Matiegkových, kdy byla vypracovaná první metoda odhadu tělesného složení, byla vytvořena řada dalších postupů z antropometrických rozměrů (tedy s použitím kosterních rozměrů, obvodových měr a nejčastěji z tloušťky kožních řas). Metody pro odhad tělesného složení se dají rozdělit do dvou základních skupin. První skupinou jsou testy laboratorní. K těm dochází v případě, že samotné měření je založeno na denzitě, tedy hustotě tkání (podle toho název denzitometrie, jedna z metod pro odhad tělesného složení), další metodou využívající denzitu je taky hydrostatické vážení nebo je založeno na chemických analýzách (celkový tělesný draslík, vápník, dusík) a taky podle svalových metabolitů je to pak

kreatininurie nebo vylučování 3-methylhystidinu a nelze opomenout zobrazovací laboratorní metody, což jsou magnetická resonance a DEXA. Druhou skupinou jsou testy terénní. Ty jsou založené na vodivosti tkání (bioimpedanční metody) a antropometrii (kaliperace) (Riegrová & Ulbrichová, 2006).

Další část této práce se tedy právě věnuje několika těmto používaným metodám.

Bioelektrická impedance (BIA)

Jako první metodu pro odhad tělesného složení jsem vybral tu, která mi poskytla data pro tuto bakalářskou práci.

Bioelektrická impedance měří složení těla za pomoci počítačového systému, který do těla prostřednictvím elektrod vydává slabé, téměř nevnímání elektrické impulsy. Tok elektrického proudu je ovlivněn množstvím vody v těle a vzhledem k tomu, že voda se nachází pouze ve tkáních bez tuku, hodnotu odporu tkáně nazýváme bioelektrická impedance. Samotná metoda tedy vychází z elektrických vlastností vody a různých tělesných tkání. Jedná se o přesnou metodu, pokud je organismus přiměřeně hydratován. Měření tělesného složení pomocí bioelektrické impedance je jednoduché a celková procedura trvá maximálně pár minut – záleží na přístroji. Celotělové přístroje jsou přenosné a snadno použitelné. Jiné přístroje odhadují tuk lokálně, elektrody nejsou umístěny přímo na těle, ale jsou zabudovány v nášlapné váze nebo se drží v ruce. Velice důležité je, aby při měření nebyl člověk dehydratován. V takovém případě dochází k nepřesným výsledkům, takže nemá smysl nechat se změřit po namáhavém výkonu nebo po pití alkoholu. Oba tyto faktory totiž ovlivňují množství vody v těle a změny by údaje. Mezi další faktory ovlivňující přesnost měření dále patří ztráta krve (případně dárcovství), intenzivní pohybová aktivita, příjem diuretik, edém nebo menstruační krvácení (Clark 2009, Roschinsky 2006).

Touto metodou se měří odpor těla při průchodu slabého, jednosměrného, elektrického proudu s vysokou frekvencí (Rybka, 2006).

Obrovskou výhodou je, že pomocí této metody můžeme tělo rozdělit do několika segmentů a to nám tedy umožňuje zaměřit se přímo na danou tělesnou část. Tělo je tedy celkově rozděleno do 15 segmentů, přičemž paže, předloktí, stehno a lýtko se dělí ještě na proximální

a distální část. Oněch 15 segmentů představuje hlava, krk, paže (P,D), předloktí (P,D), ruka (L,P), stehno (P,D), lýtko (P,D), noha (P,L) a trup (Riegrová et al., 2006).

Pro optimalizaci měření by měly být zachovány tyto podmínky:

1. nejíst a nepít po dobu 4 – 5 hodin před testem
2. necvičit po dobu 12 hodin před měřením
3. nepožívat alkohol po dobu 24 hodin před testem
4. vyprázdnit močový měchýř před testem, organismus opětovně zavodnit neslazenou tekutinou
5. přesné umístění elektrod a běžná teplota v místnosti (Riegrová et al., 2006)

Dále se Riegrová (2006) zmiňuje, že by se měření měly vyhnout pacientky v raném stádiu těhotenství, pacienti s pace markerem nebo pacienti užívající léky, které ovlivňují vodní režim v organismu a osoby s implantáty, jako jsou kardiostimulátory či kyčelní protéza.

Predikční (předpovídající) rovnice pro stanovení procenta tuku jsou specifické dle věku, pohlaví, etnika, úrovně pohybové aktivity a specifická je taktéž geriatrická rovnice. Regresní rovnice závisí na distribuci podkožního tuku, proto tyto rovnice lze s obtížemi použít pro děti do 12 let. Dále upozorňují, že je nutné rozlišovat minimálně tři různé kategorie v závislosti na množství tělesného tuku, pro které je nezbytné konstruovat samostatné rovnice. Rovnice budou tedy různé pro osoby s množstvím tělesného tuku nižším než 15 %, pro ty, jejichž hodnota je v rozmezí mezi 15,1 % až 30 % a rovněž pro ty, jejichž hodnota tělesného tuku je vyšší než 30 % bychom měli použít specifický typ rovnice. Řada softwarů však s těmito kategoriemi nepočítá. Procento tělesného tuku jak u děvčat, tak u chlapců s rostoucím věkem klesá, asi do 12 let. Poté u děvčat začíná narůstat a u chlapců stagnuje. Víme však, že stagnace podílu tělesného tuku nemusí být u chlapeckých kategorií v posledních letech platná. Souvisí to pravděpodobně se špatnými stravovacími návyky a sedavým způsobem života, pro který je specifický nedostatek pohybové aktivity. Potvrdily se vysoce významné vztahy mezi BMI a množstvím tělesného tuku získaným metodou bioelektrické impedance u dětské populace (Bunc, 2000).

Regresní závislost je dána následujícím vztahem:

$$\text{pro chlapce: BMI} = 1.086 \times \text{TT (\%)} + 4.661 \quad (r = 0.858, d = 0.736)$$

$$\text{pro dívky: BMI} = 0.801 \times \text{TT (\%)} + 5.532 \quad (r = 0.903, d = 0.815)$$

Riegrová, Sluka (2006) uvádí regresní rovnice, které byly vypočteny z antropometrických a bioimpedančních měření Quad Scanem 4000. Z antropologických hodnot byly použity tělesná výška, hmotnost, obvod pasu, obvod gluteální a vybrané kožní řasy. Rovnice jsou určeny pro upřesnění odhadu procenta tuku pro obézní dětskou populaci, neboť v softwaru uvedeného přístroje nejsou rovnice pro obézní dětskou populaci zakomponovány. Výpočet vychází z dat výzkumu obézních dětí a mládeže, podstupujících léčbu ve státních lázních Bludov. Tyto rovnice lze použít pro obézní chlapce a dívky mladšího i staršího školního věku, případně pro dívky ve věku Juvenis.

Regresní rovnice dle těchto výpočtů mají tuto podobu:

Pro chlapce mladšího školního věku 7 – 10let:

$$\% t = 65.55 + (-0.68 \times \text{výška}) + (0.55 \times \text{hmotnost}) + (0.07 \times \text{IMPED } 50 \text{ kHz})$$

Chyba odhadu pro tuto rovnici je 3.92 %.

Pro dívky mladšího školního věku 7 – 10 let:

$$\% t = 79.20 + (-0.91 \times \text{výška}) + (0.80 \times \text{hmotnost}) + (0.07 \times \text{IMPED } 50\text{kHz})$$

Chyba odhadu pro tuto rovnici je 3.84 %.

Pro chlapce staršího školního věku 11 – 15 let:

$$\% t = 39.55 + (-0.44 \times \text{výška}) + (0.43 \times \text{hmotnost}) + (0.06 \times \text{IMPED } 50\text{kHz})$$

Chyba odhadu pro tuto rovnici je 2.48 %.

Dívky staršího školního věku 11 – 15 let:

$$\% t = 25.37 + (-0.47 \times \text{výška}) + (0.55 \times \text{hmotnost}) + (0.08 \times \text{IMPED } 50\text{kHz})$$

Chyba odhadu pro tuto rovnici je 1.26 %.

Dívky Juvenis 16– 17 let:

$$\% t = 34.37 + (-0.51 \times \text{výška}) + (0.44 \times \text{hmotnost}) + (0.09 \times \text{IMPED } 50\text{kHz})$$

Chyba odhadu pro tuto rovnici je 1.44 %.

Měření tělesného tuku kaliperem

Měření tuku kaliperem je v podstatě měřením kožní řasy. Je tedy zaměřeno pouze na tukovou tkáň pod kůží (na rozdíl od BIA, kdy je měřena tuková tkáň orgánů). Na základě zkušeností četných vědeckých studií víme, že touto metodou lze podíl tuku v těle měřit relativně přesně. Měření se provádí pomocí měřidla (kaliper) a jedné osoby, která měření provádí na třech až deseti pevně stanovených místech na těle. Jednotlivé tloušťky kožních řas se sčítají a v tabulce pak lze podle příslušného věku určit procentuální hodnotu tuku v těle (Miessner W., 2005).

DEXA (Dual Energy X-Ray Absorptiometry – duální rentgenová absorpciometrie)

Tato metoda měří diferenciální ztenčení dvou rtg paprsků, které prochází organismem, rozlišuje kostní minerály od měkkých tkání, a ty tak rozděljuje na tuk a tukuprostou hmotu (čtyřkomponentový model – kostní minerály, proteiny, voda a tuk). Jedná se o novou technologii, kterou získáváme komplexní složení lidského těla a jednotlivých segmentů. Co se týče délky měření, ta je závislá podle toho jaký druh přístroje se pro tuto metodu použije. Trvá od 5 do 20 minut. Snímací plocha je 60 x 190 cm, takže nelze vyšetřit obézní subjekty nebo subjekty s větší tělesnou výškou. Přesnost měření se zvětšujícími se rozměry v tomto případě klesá. Metoda vyžaduje minimální spolupráci sledované osoby. Nevýhodou je však vysoká cena a expozice určitému množství rtg záření (Riegrová, 2006).

3 CÍL

Hlavním cílem práce byla analýza tělesného složení u studentek prvního až třetího ročníku Pedagogické fakulty na Univerzitě Palackého v Olomouci, která byla provedena za pomoci přístroje InBody 720, který je založen na metodě bioelektrické impedance.

3.1 Dílčí cíle

Analýza bazálního metabolismu a obsahu kostních minerálů.

Analýza kosterní svalové hmoty a tělesného tuku.

Analýza celkové tělesné vody, intracelulární vody a extracelulární vody.

4 METODIKA

4.1 Soubor

Výzkumný soubor tvořilo celkem 59 probandů 1. – 3. ročníku pedagogické fakulty v Olomouci, všechny testované osoby byly ženského pohlaví ve věku 21 – 23 let.

4.2 Průběh měření

Tělesné složení bylo (u všech probandů) diagnostikováno s využitím přístroje InBody 720, který je založen na čtyřkomponentovém modelu a pracuje se střídavým elektrickým proudem (250 mA) o frekvenci 1 – 1 000 kHz. Technologie využívá pro stanovení impedance osmi dotykových elektrod (kdy dvě jsou umístěny na dlani a palci ruky, další dvě na předním segmentu nohy a na patě) umožňující analyzovat pět základních tělesných segmentů (levá a pravá horní končetina, trup, levá a pravá dolní končetina) nezávisle na sobě. K samotnému měření došlo 21. 10. 2009 v laboratorních podmínkách, dle norem daných manuálem přístroje (Biospace, 2008).

Pro tuto bakalářskou práci byli sledovanými parametry bazální metabolismus (BMR – basal metabolic rate), obsah kostních minerálů (BMC – bone mineral content), hmotnost tělesného tuku (BFM – body fat mass), procento tělesného tuku (PBF – percentage of body fat), celková tělesná voda (TBW – total body water), jež byla rozdělena i na její dvě součásti, tedy intracelulární vodu (ICW – intracellular water) a extracelulární vodu (ECW – extracellular water).

Studentky byly dopředu řádně informovány o standardizaci měření.

4.3 Využití přístroje InBody 720

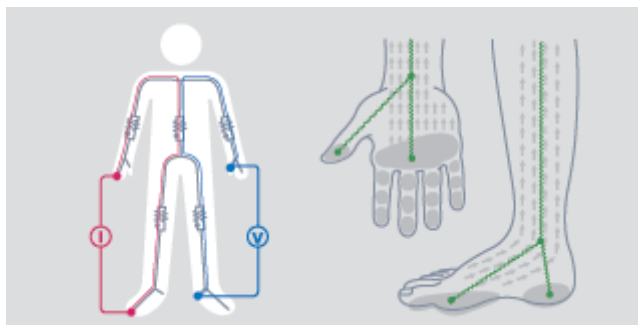
Pomocí přístroje InBody 720 lze měřit a kontrolovat tělesné složení celého člověka. Mezi nejčastěji měřené patří tělesná hmotnost, tělesný tuk, intracelulární a extracelulární tekutina, proteiny, kostní a nekostní minerály, kostní a svalová hmota, tukuprostá hmota, viscerální

tuk, body mass index (BMI), procentuální podíl tělesného tuku, poměr pasu k bokům (WHR). Dále se měří přímo v jednotlivých tělesných částech. Zde se potom měří svalová hmota, procento svaloviny a edém v jednotlivých tělesných částech. Edema index (EI) – představuje poměr mezi velikostí nádoru a rozsahu edému a je získaný vydělením celkové abnormální oblasti (tedy nádor a otok dohromady) s oblastí nádoru (Paoletti P. 1991).

Využitím InBody 720 tak můžeme určit nutriční diagnózu (proteiny, minerály, tuk, edém). Tělesnou vyváženost, tělesnou sílu, zdravotní diagnózu, cílovou váhu, samozřejmě kontrolovat váhu, jak tukovou kontrolou, tak svalovou kontrolou, stav tělesné zdatnosti, stupeň obezity, tělesnou buněčnou hmotu – body cell mass (BCM), obsah kostních minerálů – bone mineral content (BMC), základní rychlost metabolismu – basic metabolic rate (BMR). Při samotném měření dochází k umístění celkem osmi bodových dotykových elektrod a to na ruce, zápěstí, nohy a kotník. Co se týče frekvence, přístroj využívá celkem 1, 5, 50, 250, 500 až 1000 khz což umožňuje přesné měření intra a extracelulární tekutiny v celém těle, které je děleno na celkem tři segmenty a to na horní končetiny, trup a dolní končetiny (<http://www.inbody.cz/inbody720.php>).



Obrázek č. 4: Analyzátor tělesného složení In Body 720 (<http://www.biospace.cz>)



Obrázek č. 5: Umístění jednotlivých elektrod (<http://www.inbody.cz>)

5 VÝSLEDKY

U skupiny studentů prvního až třetího ročníku Pedagogické fakulty UP jsme se zaměřili především na ty údaje, které by měly zajímat každého člověka v zájmu jeho vlastního zdraví. Ve výsledcích se zabýváme jak jednotlivci, tak i vzhledem k poměrně vysokému počtu testovaných žen, přesně 59, jsme vypočítali průměr, který jsme srovnávali s výše uvedenými tabulkami a teoriemi, abychom zjistili, zda jsou jejich naměřené hodnoty v souladu nebo zda dochází k výraznějšímu vychýlení.

V této práci jsme se zaměřili na bazální metabolismus (BMR), index tělesné hmotnosti (BMI), obsah kostních minerálů (BMC), buněčnou hmotu (BCM), kosterní svalovou hmotu (SMM), hmotnost tělesného tuku (BFM), hranici obezity a celkovou vodu v těle (TBW) rozdělenou na intracelulární (ICW) a extracelulární (ECW).

5.1 Základní charakteristika měřeného souboru

Tabulka 7. Výška, věk, hmotnost a index tělesné zdatnosti probandů.

parametry	n=59			
	M.	Min.	Max.	SD
výška (cm)	167,2	148,5	184,0	6,0
věk (roky)	21,5	21,0	23,0	0,7
hmotnost (kg)	61,6	47,4	78,9	4,9
BMI kg/m ²	23,9	17,2	31,4	5,2

Zprůměrováním prvních tří naměřených hodnot u všech studentek, získáme dívku $167,2 \pm 6,0$ cm vysokou, ve věku $21,5 \pm 0,7$ let o hmotnosti $61,6 \pm 4,9$ kg. Její index tělesné hmotnosti byl vypočítán na $23,9 \pm 5,2$ kg/m², což podle WHO tabulek znamená normální hmotnost, nicméně podle Kokaisla a jeho upravených tabulek pro ženy i podle tabulek upravených podle věku, uváděných Roschinskim, se její hodnota pohybuje těsně pod hranicí nadváhy. Prohlídnutím všech naměřených hodnot BMI, jsme zjistili, že většina žen spadá do normálních hodnot, našli jsme však i několik případů nadváhy a dokonce se vyskytly 2 případy obezity. Na druhou stranu se objevil jediný výsledek, řadící se k podváze.

5.2 Analýza bazálního metabolismu a obsahu kostních minerálů

Tabulka 8. Bazální metabolismus a obsah kostních minerálů

Proband (pořadové číslo)	Bazální metabolismus (BMR) (kcal/den)	Min. BMR (kcal/den)	Max. BMR (kcal/den)	Obsah kostních minerálů (BMC) (kg)	Min. BMC (kg)	Max. BMC (kg)
1	1283,80	1181,24	1361,52	2,61	2,37	2,89
2	1336,27	1257,30	1454,47	2,69	2,34	2,86
3	1279,56	1280,08	1482,32	2,46	2,21	2,71
4	1324,26	1188,43	1370,31	2,43	2,43	2,97
5	1315,26	1384,52	1609,96	2,65	2,12	2,60
6	1373,29	1597,48	1870,25	2,79	2,18	2,66
7	1383,93	1384,22	1609,61	2,82	2,24	2,74
8	1521,97	1713,21	2011,70	3,20	2,43	2,97
9	1368,58	1391,55	1618,56	2,82	2,37	2,89
10	1383,93	1323,43	1535,30	2,77	2,36	2,88
11	1322,40	1290,02	1494,47	2,65	2,26	2,76
12	1505,17	1563,33	1828,52	3,25	2,56	3,12
13	1569,75	1398,62	1627,21	3,21	2,51	3,07
14	1169,16	1133,82	1303,56	2,13	2,01	2,45
15	1353,96	1292,74	1497,79	2,79	2,48	3,04
16	1353,05	1467,56	1711,46	2,81	2,36	2,88
17	1321,99	1371,11	1593,58	2,73	2,51	3,07
18	1301,61	1345,75	1562,58	2,61	2,33	2,85
19	1399,35	1343,66	1560,03	2,83	2,51	3,07
20	1365,04	1269,16	1468,97	2,72	2,48	3,04
21	1450,21	1455,08	1696,21	3,02	2,43	2,97
22	1554,71	1595,58	1867,93	3,46	2,57	3,15
23	1417,18	1338,94	1554,26	2,87	2,53	3,09
24	1312,31	1322,43	1534,08	2,54	2,21	2,71
25	1224,57	1170,05	1347,83	2,40	2,29	2,79
26	1365,75	1418,69	1651,73	2,79	2,23	2,73
27	1339,95	1291,35	1496,09	2,70	2,37	2,89
28	1193,12	1150,41	1323,83	2,21	2,26	2,76
29	1681,14	1679,40	1970,38	3,63	2,49	3,05
30	1122,73	1084,12	1242,82	1,88	1,94	2,38
31	1326,02	1242,45	1436,33	2,60	2,83	3,45
32	1187,20	1141,65	1313,13	2,20	2,06	2,52
33	1247,28	1275,27	1476,44	2,28	1,99	2,43
34	1297,63	1177,80	1357,31	2,49	2,33	2,85
35	1282,21	1190,02	1372,25	2,55	2,23	2,73
36	1289,39	1166,18	1343,11	2,55	2,38	2,92
37	1382,72	1287,81	1491,77	2,82	2,27	2,77
38	1325,30	1242,63	1436,54	2,59	2,46	3,00
39	1535,93	1489,21	1737,93	3,34	2,56	3,12
40	1351,15	1358,25	1577,86	2,80	2,46	3,00

41	1303,93	1389,95	1616,60	2,70	2,31	2,83
42	1294,81	1220,36	1409,33	2,65	2,33	2,85
43	1494,22	1405,27	1635,33	3,14	2,47	3,01
44	1345,87	1404,36	1634,22	2,71	2,24	2,74
45	1257,80	1329,00	1542,11	2,43	2,19	2,67
46	1520,39	1388,19	1614,45	3,13	2,69	3,29
47	1458,43	1455,86	1697,16	2,94	2,27	2,77
48	1319,83	1362,90	1583,54	2,68	2,31	2,83
49	1246,01	1235,13	1427,38	2,46	2,21	2,71
50	1400,80	1373,05	1595,95	2,89	2,49	3,05
51	1458,59	1338,28	1553,45	2,92	2,43	2,97
52	1301,97	1145,21	1317,48	2,55	2,21	2,70
53	1308,64	1277,65	1479,34	2,62	2,33	2,85
54	1274,92	1107,36	1271,22	2,44	2,39	2,93
55	1122,22	1063,68	1217,83	2,01	2,02	2,46
56	1002,72	961,31	1092,72	1,80	1,84	2,24
57	1577,66	1522,04	1778,05	3,33	2,54	3,10
58	1418,12	1457,44	1699,09	2,92	2,30	2,81
59	1357,85	1463,35	1706,32	2,90	2,41	2,95

Obsah kostních minerálů je pro tuto skupinu 2,71 kg. V tabulce si však můžeme povšimnout i případů, kdy tato hodnota nepřesahuje ani 2 kg a to je již velice alarmující číslo, neboť je zde vysoká pravděpodobnost vzniku osteoporózy.

5.3 Analýza kosterní svalové hmoty a tělesného tuku

Tabulka 8. Kosterní svalová hmota, hmotnost a procento tělesného tuku

Proband (číslo)	Kosterní svalová hmota (SMM) (kg)	Min. (SMM) (kg)	Max. (SMM) (kg)	Hmotnost tělesného tuku (BFM) (kg)	Min. (BFM) (kg)	Max. (BFM) (kg)	Procento tělesného tuku (PBF) (%)
1	22,82	23,30	28,50	11,90	12,21	19,54	21,94
2	24,51	23,00	28,20	14,60	12,07	19,31	24,53
3	22,96	21,70	26,60	18,70	11,43	18,29	30,74
4	24,22	23,90	29,30	10,50	12,51	20,01	19,20
5	23,70	20,70	25,30	24,00	10,94	17,51	35,43
6	25,41	21,30	26,00	35,60	11,22	17,95	43,36
7	25,91	22,00	26,90	20,90	11,57	18,51	30,72
8	29,62	23,90	29,30	36,40	12,51	20,01	40,57
9	25,38	23,30	28,50	22,00	12,21	19,54	32,26
10	25,94	23,20	28,30	16,80	12,14	19,42	26,30
11	24,21	22,20	27,10	17,40	11,64	18,62	28,26
12	29,06	25,30	30,90	27,10	13,18	21,08	34,08
13	31,29	24,90	30,40	13,20	12,95	20,72	19,17

14	20,10	19,50	23,80	14,00	10,34	16,53	27,49
15	24,85	24,50	30,00	16,00	12,80	20,48	26,10
16	24,83	23,20	28,30	27,80	12,14	19,42	37,93
17	23,88	24,90	30,40	22,80	12,95	20,72	34,10
18	23,44	22,90	28,00	22,10	12,00	19,19	33,83
19	26,46	24,90	30,40	17,30	12,95	20,72	26,74
20	25,66	24,50	30,00	14,00	12,80	20,48	23,31
21	27,64	23,90	29,30	22,50	12,51	20,01	31,01
22	29,89	25,50	31,10	27,10	13,25	21,20	33,01
23	26,84	25,00	30,60	16,20	13,03	20,84	25,10
24	24,16	21,70	26,60	20,00	11,43	18,29	31,44
25	21,37	22,50	27,40	13,86	11,78	18,85	25,98
26	25,17	21,90	26,70	24,00	11,50	18,40	34,20
27	24,70	23,30	28,50	16,70	12,21	19,54	27,04
28	20,49	22,20	27,10	14,00	11,64	18,62	26,91
29	34,12	24,70	30,20	26,80	12,88	20,60	30,61
30	18,96	18,80	23,00	12,90	10,01	16,01	26,95
31	24,18	28,20	34,40	14,00	14,57	23,30	24,06
32	20,59	20,00	24,50	13,80	10,60	16,96	26,61
33	22,37	19,30	23,60	19,90	10,27	16,43	32,84
34	23,66	22,90	28,00	11,10	12,00	19,19	20,42
35	22,99	21,90	26,70	12,60	11,50	18,40	22,91
36	23,21	23,50	28,70	10,60	12,29	19,66	19,98
37	25,90	22,30	27,30	14,40	11,71	18,74	23,53
38	24,35	24,20	29,60	14,10	12,65	20,24	24,13
39	29,95	25,30	30,90	20,80	13,18	21,08	27,81
40	24,77	24,20	29,60	20,60	12,65	20,24	31,20
41	23,50	22,70	27,80	24,90	11,93	19,08	36,54
42	23,22	22,90	28,00	14,00	12,00	19,19	24,63
43	28,65	24,40	29,80	17,20	12,73	20,36	24,75
44	24,82	22,00	26,90	23,90	11,57	18,51	34,62
45	22,19	21,40	26,20	23,00	11,29	18,06	35,85
46	29,67	26,70	32,70	14,70	13,86	22,17	21,70
47	28,19	22,30	27,30	22,10	11,71	18,74	30,54
48	23,87	22,70	27,80	22,30	11,93	19,08	33,71
49	21,91	21,70	26,60	17,20	11,43	18,29	29,83
50	26,05	24,70	30,20	19,30	12,88	20,60	28,78
51	27,89	23,90	29,30	14,30	12,51	20,01	22,09
52	23,40	21,60	26,40	8,70	11,36	18,17	16,69
53	23,91	22,90	28,00	17,10	12,00	19,19	28,33
54	22,61	23,60	28,90	7,40	12,36	19,77	14,95
55	18,73	19,60	24,00	11,50	10,40	16,64	24,85
56	15,27	17,70	21,70	10,20	9,49	15,18	25,85
57	31,55	25,20	30,80	21,10	13,10	20,96	27,35
58	26,77	22,60	27,60	24,10	11,86	18,96	33,21
59	24,81	23,80	29,10	27,30	12,43	19,89	37,39

Bazální metabolismus vychází v průměru na 1348,87 kcal/den. Kosterní svalová hmota byla v průměru vypočtena na 25,03 kg. Mezi samotnými studentkami se vyskytlo 9 případů (15,25 %), kdy nebylo dosaženo ani minimální množství této svalové hmoty, naopak v pěti případech (8,47 %) bylo maximální množství překročeno.

Průměrné množství tělesného tuku pro tuto dívčí skupinu je 18,42 kg. Podle Clarka by se normální hodnota tuku v ženském těle měla pohybovat mezi 20 až 28 %. 18,42 kg znamená 28,22 %, což by se lehce přiklánělo k přepočteným tabulkám pana Kokaisla a Roschinského z předešlých výsledků, neboť 28,22 % vyjadřuje již mírnou nadváhu.

5.4 Analýza tělesné vody

Tabulka 9. Celková tělesná voda, intracelulární a extracelulární voda

Proband (číslo)	Celková tělesná voda (kg)	Intracelulární voda (ICW) (kg)	Min. ICW (kg)	Max. ICW (kg)	Extracelulární voda (ECW) (kg)	Min. ECW (kg)	Max. ECW (kg)
1	31,00	19,00	19,30	23,50	12,00	11,80	14,40
2	32,70	20,30	19,10	23,30	12,40	11,70	14,30
3	30,90	19,10	18,00	22,00	11,80	11,10	13,50
4	32,50	20,10	19,70	24,10	12,40	12,10	14,70
5	32,10	19,70	17,30	21,10	12,40	10,60	13,00
6	34,00	21,00	17,70	21,70	13,00	10,90	13,30
7	34,30	21,40	18,30	22,30	12,90	11,20	13,60
8	39,00	24,20	19,70	24,10	14,80	12,10	14,70
9	33,80	21,00	19,30	23,50	12,80	11,80	14,40
10	34,30	21,40	19,20	23,40	12,90	11,80	14,40
11	32,20	20,10	18,40	22,40	12,10	11,30	13,80
12	38,40	23,80	20,80	25,40	14,60	12,80	15,60
13	40,60	25,50	20,40	25,00	15,10	12,50	15,30
14	27,10	16,90	16,30	19,90	10,20	10,00	12,20
15	33,30	20,60	20,20	24,60	12,70	12,40	15,20
16	33,30	20,60	19,20	23,40	12,70	11,80	14,40
17	32,20	19,80	20,40	25,00	12,40	12,50	15,30
18	31,60	19,50	18,90	23,10	12,10	11,60	14,20
19	34,80	21,80	20,40	25,00	13,00	12,50	15,30
20	33,60	21,20	20,20	24,60	12,40	12,40	15,20
21	36,60	22,70	19,70	24,10	13,90	12,10	14,70
22	35,50	22,10	20,50	25,10	13,40	12,60	15,40
23	31,90	20,10	18,00	22,00	11,80	11,10	13,50
24	28,90	17,90	18,60	22,80	11,00	11,40	14,00
25	33,80	20,80	18,20	22,20	13,00	11,20	13,60
26	32,80	20,50	19,30	23,50	12,30	11,80	14,40
27	28,00	17,20	18,40	22,40	10,80	11,30	13,80
28	44,40	27,70	20,30	24,90	16,70	12,40	15,20
29	25,60	16,10	15,80	19,30	9,50	9,70	11,90
30	32,50	20,10	23,00	28,00	12,40	14,10	17,30
31	27,70	17,30	16,70	20,50	10,40	10,30	12,50
32	29,80	18,70	16,20	19,80	11,10	9,90	12,10
33	31,40	19,70	18,90	23,10	11,70	11,60	14,20
34	30,90	19,20	18,200	22,20	11,70	11,20	13,60

35	31,10	19,30	19,40	23,60	11,80	11,90	14,50
36	34,30	21,40	18,50	22,50	12,90	11,30	13,90
37	32,40	20,20	20,00	24,40	12,20	12,20	15,00
38	39,40	24,50	20,80	25,40	14,90	12,80	15,60
39	33,20	20,50	20,00	24,40	12,70	12,20	15,00
40	31,60	19,60	18,80	23,00	12,00	11,50	14,10
41	31,30	19,30	18,90	23,10	12,00	11,60	14,20
42	38,10	23,50	20,10	24,50	14,60	12,30	15,10
43	33,00	20,60	18,30	22,30	12,40	11,20	13,60
44	30,20	18,50	17,80	21,80	11,70	10,90	13,30
45	39,00	24,30	21,90	26,70	14,70	13,40	16,40
46	36,80	23,20	18,50	22,50	13,60	11,30	13,90
47	32,20	19,80	18,80	23,00	12,40	11,50	14,10
48	29,70	18,30	18,00	22,00	11,40	11,10	13,50
49	35,00	21,50	20,30	24,90	13,50	12,40	15,20
50	37,00	22,90	19,70	24,10	14,10	12,10	14,70
51	31,70	19,50	17,90	21,90	12,20	11,00	13,40
52	31,70	19,90	18,90	23,10	11,80	11,60	14,20
53	30,80	18,90	19,50	23,90	11,90	12,00	14,60
54	25,50	15,90	16,40	20,00	9,60	10,10	12,30
55	21,40	13,20	14,90	18,30	8,20	9,20	11,20
56	40,80	25,70	20,70	25,30	15,10	12,70	15,50
57	35,50	22,10	18,70	22,90	13,40	11,40	14,00
58	33,40	20,60	19,60	24,00	12,80	12,10	14,70
59	40,20	24,50	20,90	25,50	15,70	12,80	15,60

Poslední výsledky se týkají množství tělesné vody. Průměrná hodnota celkové tělesné vody činila 33,17 kg. Z tohoto naměřeného množství tvořila průměrně 20,59 kg intracelulární tekutina a 12,58 kg extracelulární tekutina. Pokud bychom tyto hodnoty propočítali do procentuálních hodnot z celkové tělesné hmotnosti, znamenalo by to, že intracelulární tekutina tvoří 33,4 % a extracelulární tekutina 20,4 %.

Tyto procentuální hodnoty dávají za pravdu Rokytovi, který udává, že v ženském těle se procentuální zastoupení intracelulární tekutiny pohybují okolo 32 % a extracelulární tekutiny okolo 21 %.

6 ZÁVĚRY

- Podle indexu tělesné hmotnosti se studenti z 69,49 % zařadili do normálního typu, 5,08 % patří do skupiny s podváhou. Mírnou nadváhu tvořilo 22,04 % a 3,39 % se potýká s nadváhou vysokou.
- Obsah kostních minerálů se u studentek Pedagogické fakulty ve věku 21 – 23 let z 64,41 % pohyboval v normálních hodnotách, pouze u 8,47 % byla naměřená hodnota nižší než minimální a u 27,12 % byl výskyt kostních minerálů vyšší, než maximální hodnota.
- Kosterní svalová hmota byla u 76,27 % v ideálním množství, ovšem 15,25 % nedosahovalo ani minimálních hodnot a naopak 8,47 % tuto hranici přesahovalo.
- Hranici maximální doporučené hmotnosti tělesného tuku v těle překročilo 40,68 % souboru. Ani minimální množství tělesného tuku v těle nemělo 11,86 %. Do skupiny s doporučeným množstvím se tedy zařadilo 47,46 %.
- Intracelulární vodu měly studentky ze 76,27 % v normálu, 15,25 % mělo nižší než doporučené množství, více než doporučené množství mělo 8,48 %.
- Extracelulární vodu měla tato skupina v doporučeném množství ze 79,66 %, méně než doporučené množství mělo 15,25 % a 5,09 % vykazovalo v těle hodnotu větší než doporučenou.

7 SOUHRN

Cílem této bakalářské práce byla analýza tělesného složení u studentek prvního až třetího ročníku Pedagogické fakulty Univerzity Palackého v Olomouci. K samotnému měření jsme využili moderního přístroje, který pracuje na základě metody bioelektrické impedance – InBody 720. Syntéza poznatků se věnuje především všem pojmům a definicím vztahujících se k danému tématu. Navíc jsem se v této části zabýval i metodami odhadu tělesného složení a modely tělesného složení, které sice nebyly při samotném výzkumu přímo použity, ale jednoznačně se k danému tématu vztahovaly. Bioelektrická impedance přesto však zůstává hlavní složkou.

Výzkumná část se zabývá analýzou a porovnáním vybraných parametrů tělesného složení žen ve věku 21– 23 let, pomocí přístroje InBody 720, pracujícího na metodě bioelektrické impedance. Počet testovaných osob bylo celkem 59. Jejich průměrná výška byla 167,2 cm, věk 21,5 let a hmotnost 61,6 kg. Bazální metabolismus byl v průměru vypočítán na 1348,87 kcal/den. Hodnota BMI se blížila hranici lehké nadváhy. Vzhledem k tomu, že z 15,25 % tato skupina nedosáhla ani minimálního množství kosterní svalové hmoty a průměrná hodnota tělesného tuku v těle byla 18,42 kg, což znamená, že přesahoval 28 % celkové tělesné hmotnosti, můžeme vyhodnocení BMI brát jako vyhovující. Obsah kostních minerálů je u tohoto souboru 2,71 kg, což samo o sobě není vysoké číslo a vzhledem k jednotlivým případům, kdy se tato hodnota dostala pod 2 kg, je zde opravdu vysoké riziko výskytu osteoporózy! Hodnota celkové vody v těle i její dvě složky – intracelulární a extracelulární voda byly naměřeny v souladu s normálními hodnotami.

Tato bakalářská práce by měla objasnit pojmy vztahující se k bioelektrické impedanci, vysvětlit samotnou metodu měření a taktéž získat přehled o tělesném složení žen adultního věku ve vybrané skupině, kterou tvoří studentky Pedagogické fakulty v Olomouci.

8 SUMMARY

The aim of this bachelory thesis was to analyze body composition in female students from the first to the third year of the Pedagogical Faculty of Palacky University in Olomouc. The measurements we took advantage of the very modern device that operates based on the bioelektrical impedance method- InBody 720. Synthesis of knowledge is especially dedicated to all terms and definitions related to the topic. In addition, I have dealt with in this section as well as methods of estimating body composition and body composition models, which were not in the actual research used directly, but specifically related to the topic. But bioelectric impedance still remains a major component.

The research part deals with the analysis and comparison of selected parameters of body composition of women aged 21 to 23 years, with the InBody 720, working on a method of bioelektrical impedance. Number of tested people were 59 in total. Their average height was 167,2 cm, age 21,5 years, weight 61,6 kg. Basal metabolism was calculated on an average of 1348,87 kcal /day. BMI was approaching the border of light weight. Given that 15,25% of this group had not reached the minimum amount of skeletal muscle mass and average body fat in the body was 18,42 kg, which means that exceeded 28% of total body weight, BMI evaluation can be taken as true. Bone mineral content of this file is 2,71 kg, which itself is not a high figure for the specific cases where this value came under 2 kg, there is really a high risk of osteoporosis! The value of total body water and its two components – intracellular and extracellular water were measured in accordance with normal values.

This thesis should clarify the concepts related to the bioelectric impedance measurement method to explain itself and also get an overview of the body composition of adult women age in the selected age group, which consists of students of the Pedagogical Faculty in Olomouc.

9 REFERENČNÍ SEZNAM

- Biospace. (2009). Retrieved 21.5. 2010 from World Wide Web:
<http://biospace.iplace.cz/menu/inbody720>.
- Bunc, V., et al. (2000). Estimation of body composition by multifrequency bioimpedance measurement in children. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 904, pf. 203 – 204.
- Clark Nancy (2009). *Sportovní výživa*. Praha: Grada publishing.
- Dylevský, I., Druga, R. & Mrázková, O. (2000). *Funkční anatomie člověka*. Praha: Grada publishing.
- Dylevský, I. (2007). *Obecná kineziologie*. Praha: Grada publishing.
- Dylevský, I. (2009). *Funkční anatomie*. Praha: Grada publishing.
- Fithall. (2010). Retrieved 25.4. 2012 from World Wide Web:
<http://www.fithall.cz/rest/tipy/bmr.html>.
- Healthstyle. (2010). Retrieved 25.2. 2012 from World Wide Web:
<http://www.healthstyle.cz/news/visceralni-tuk/>.
- Jabor A., et al. (2008). *Vnitřní prostředí*. Praha: Grada publishing.
- Kleinwächterová, H., & Brázdová Z. (1992). *Výživový stav člověka a způsoby jeho zjišťování*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví.
- Kokaisl, P. (2007). *Základy antropologie*. Praha: Provozně ekonomická fakulta ČZU.
- Langmajer M., et al. (2009). *Základy lékařské fyziologie*. Praha: Grada publishing.
- Leopold Jaroslav Pospíšil (1992). *Antropologie a věda*. Olomouc: UP FTK.
- Miessner W. (2005). *Perfektní domácí trénink*. Praha: Grada publishing.
- Morgan P., Saucer C., & Torg E. (2008). *Ženské tělo*. Praha: PRAGMA.
- Nutričníporada. (2010). Retrieved 25.4. 2012 from World Wide Web:
<http://www.nutricniporadna-ostrava.cz/>
- Paoletti P., Takakura K., Walker M.D., Butti G., & Pezzotta S. (1991). *Neuro-oncology*. Dordrecht: Kluwer academic publishers.
- Pařízková, J. (1961). Určování tzv. aktivní hmoty a tuku v lidském těle. *Časopis lékařů českých*, č. 3.
- Pařízková, J. (1973). *Složení těla a lipidový metabolismus za různého pohybového režimu*. Praha: Zdravotnické nakladatelství Avicenum.
- Pařízková, J. (1998). *Složení těla, metody měření a využití ve výzkumu a lékařské praxi*. Praha: Zdravotnické nakladatelství Avicenum.

- Riegerová, J., Přidalová, M., & Ulbrichová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu*. Olomouc: Hanex.
- Riegerová, J., Ulbrichová, M. (1998). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu*. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého.
- Roschinsky, J. (2006). *Hubneme cvičením a správnou výživou*. Praha: Grada Publishing.
- Rybka, J., et al. (2006). *Diabetologie pro sestry*. Praha: Grada Publishing.
- Schutz, Y., Kyle, U. G., & Pichard, C. (2002). *Fat-free mass index and fat mass index percentiles in Caucasians aged 18-98* Vydalo: International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders.
- Skopová M., & Beránková J. (2008). *Aerobik: kompletní průvodce*. Praha: Grada Publishing.
- Svačina Š., & Bretšnajdrová A. (2008). *Jak na obezitu a její komplikace*. Praha: Grada Publishing.
- Rokyta R. (2000). *Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech*. Praha: Nakladatelství ISV.
- Tesař V., & Schüch O. (2006). *Klinická nefrologie*. Praha: Grada Publishing.
- Trefný Z., & Trefný M. (1993). *Fyziologie člověka I*. Praha: UK.
- Trojan S. (1996). *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada Publishing.
- Vítek, L. (2008). *Jak ovlivnit nadváhu a obezitu*, Praha: Grada Publishing.
- Wang, Z., Pierson, N., & Heymsfield, B. (1992). The five-level model a new approach to organizing body- composition research. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 56: 19–28.
- Wolf, J., Albrecht, M., Bureš, Z., & Křivohlavý, J. (1977). *ABC člověka*. Praha: ORBIS.
- World Health Organization. (1998). *Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation*. Geneva: World Health Organization.