

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Fakulta tělesné kultury

SEGMENTÁLNÍ ANALÝZA TĚLESNÉHO SLOŽENÍ  
U STŘEDOŠKOLSKÉ POPULACE DÍVEK

Diplomová práce

(bakalářská)

Autor: Michal Peška, učitelství pro 2. stupeň základních škol,  
tělesná výchova – německý jazyk

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

Olomouc 2013

**Jméno a příjmení autora:** Michal Peška

**Název bakalářské práce:** Segmentální analýza tělesného složení u středoškolské populace dívek

**Pracoviště:** Katedra funkční antropologie a fyziologie FTK UP v Olomouci

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

**Rok obhajoby bakalářské práce:** 2013

**Abstrakt:** V této bakalářské práci bylo hlavním cílem stanovení segmentální analýzy tělesného složení u dívek navštěvující střední školy v Olomouci a Litovli. Celkem jsme změřili 192 děvčat, které jsme podle věku rozdělili do čtyř skupin. Měření probíhalo pomocí monofrekvenčního přístroje Tanita BC 418 MA, který pracuje na principu bioelektrické impedance a vychází při stanovení tělesného složení z hodnoty celkové tělesné vody (TBW). Výchozí hodnoty byly porovnány mezi jednotlivými věkovými skupinami. Z výsledků vyplynulo, že jednotlivé parametry tuku, tukuprosté hmoty a predikované svalové hmoty v rámci segmentální analýzy byly nejnižší u skupiny nejstarších dívek.

**Klíčová slova:** bioelektrická impedance, adolescenti, frakcionace tělesné hmotnosti, Tanita BC 418 MA, celková tělesná voda

Souhlasím s půjčováním bakalářské práce v rámci knihovních služeb.

**Author's first name and surname:** Michal Peška

**Title of the bachelor thesis:** Segmental analysis of body composition at the high school population of girls

**Department:** Department of functional anthropology and physiology

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

**The year of the presentation:** 2013

**Abstract:** The main goal of this bachelor's thesis was the determination of segmental analysis of the body composition. Respondents were consisted of high schools girls in the cities Olomouc and Litovel. We measured 192 girls altogether divided to 4 groups according to their age. The measurement was made by monofrequency apparatus Tanita BC 418 MA, which operates on the principle of bioelectrical impedance and calculates with the value of total body water (TBW) by assessment of body composition. Default values were compared with selected age groups. It followed from results, that individual fat mass parameters, fat free mass and predicted muscle mass within the segmental analysis were the lowest in the group of the oldest girls.

**Keywords:** bioelectrical impedance analysis, adolescents, fractionation of body weight, , Tanita BC 418 MA, total body water

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

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a veškerou literaturu a použité zdroje jsem všechny správně a úplně citoval.

V Olomouci dne 15. 6. 2012

.....

## *PODĚKOVÁNÍ*

*Rád bych touto cestou poděkoval vedoucí práce Doc. RNDr. Miroslavě Přidalové Ph.D. za pomoc a cenné rady při vypracování bakalářské práce.*

## Obsah

1 ÚVOD .....	8
2 SYNTÉZA POZNATKŮ .....	9
2.1 Tělesné složení .....	9
2.1.1 Tělesný tuk.....	11
2.1.2 Tukuprostá hmota .....	15
2.1.3 Celková tělesná voda .....	16
2.1.3 Modely tělesného složení.....	17
2.2 Metody odhadu tělesného složení.....	19
2.2.1 Antropometrie .....	19
2.2.2 Biofyzikální a biochemické metody .....	20
2.2.3 Bioelektrická impedance.....	23
2.3 Středoškolská populace .....	24
2.3.1 Adolescence .....	24
2.3.2 Životní styl současné mládeže .....	26
2.3.3 Mládež, pohyb a zdraví.....	27
3 CÍLE .....	30
4 METODIKA.....	31
4.1 Soubor.....	31
4.2 Měření.....	31
4.3 Přístrojová technika - Tanita BC 418 MA.....	31
4.4 Zásady při měření .....	33
5 VÝSLEDKY .....	35
5.1 Vybrané somatické parametry přístroje Tanita BC 418 MA.....	35
5.2 Segmentální analýza přístroje Tanita BC 418 MA.....	37
6 ZÁVĚRY .....	42

7 SOUHRN .....	43
8 SUMMARY .....	45
9 REFERENČNÍ SEZNAM.....	47
10 PŘÍLOHA.....	50

## 1 ÚVOD

V této bakalářské práci se zabýváme segmentální analýzou tělesného složení stanoveného metodou bioelektrické impedance. Cílovou skupinu tvořily dívky středních škol v Olomouci a Litovli.

Období střední školy, tedy věk mezi 15-19 lety života, je klíčový pro nasměrování jedince do dalšího života. Je to období staršího školního věku, které není jednoduché jak pro žáky samotné, tak pro jejich rodiče a okolí. Velmi důležitým faktorem je období adolescence, kdy žák přestává být dítětem a pomalu se adaptuje na dospělý život. Dochází k určitému zlomu, na který každý středoškolský student reaguje odlišným způsobem. Přístup k této populaci je proto velmi důležitý a je třeba s ní aktivně pracovat, ať už jako rodič, pedagog či trenér. V kolektivu žáků navštěvujících střední školu se můžeme setkat se žáky, kteří se, co se týče životního stylu, velmi liší. Některé děti jsou velmi pohybově nadané, dbají o své zdraví a o dostatečný přísun každodenní pohybové aktivity, ale na druhou stranu jsou zde jedinci, kteří se v určitých komponentech života zanedbávají. Proto jsou výsledky různých měření a testování středoškoláků velmi různorodá, ať už z hlediska zdraví či pohybu. V dávných dobách se určité věci nedaly snadno diagnostikovat, ale dnes, v 21. století, kdy je pokrok v oblastech vědy a techniky obrovský, není problém, abychom podrobně změřili tělesné složení. Existuje široké spektrum metod a způsobů, jak získat informaci o složení lidského těla.

Na nabídku, zda-li mohou být dívky středních škol změřeny profesionálními přístroji, které dokážou podrobně zanalyzovat složení lidského těla, reagovaly školy v olomouckém kraji velmi pozitivně. V této práci jsme se proto zaměřili na segmentální analýzu tělesného složení, která byla měřena pomocí přístroje Tanita BC-418. Měření proběhlo na jaře roku 2010 na jednotlivých středních školách.

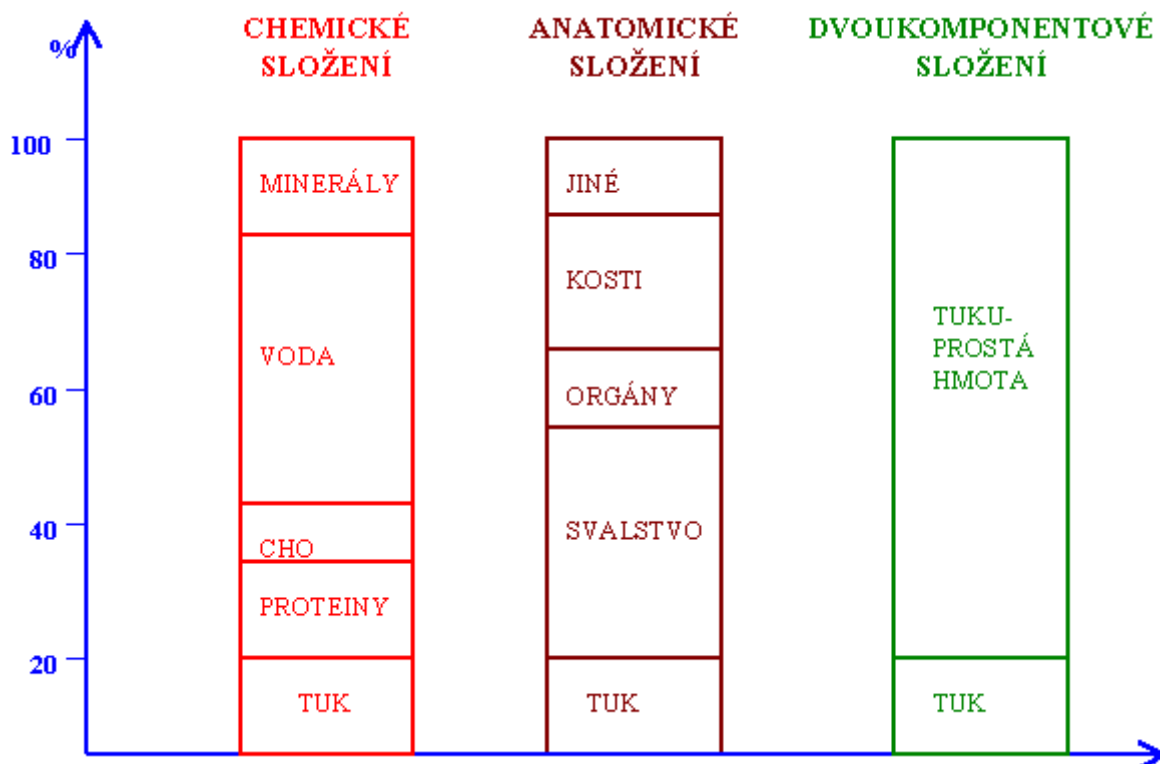
Populace dívek středoškolského věku byla měřena hlavně proto, aby si dívky udělaly obrázek o své ideální hmotnosti. V některých případech byla hmotnost v pořádku, ale celý proces se neobešel ani bez alarmujících výsledků, který svými hodnotami ukazoval nadváhu, v některých případech dokonce obezitu. U této skupiny žáků středních škol se nepředpokládá, že by se výsledky shodovaly s výsledky sportovních tříd nebo jedinců, kteří vykonávají aktivně sportovní činnost. Měření mohlo dívkám pomoci hlavně zintenzivnit zájem o svoje tělo, o správnou životosprávu a dostatek pohybové aktivity.



## 2 SYNTÉZA POZNATKŮ

### 2.1 Tělesné složení

Pojem tělesné složení je velmi široký. Z hlediska dvou základních modelů tělesného složení se dělí na anatomický model a chemický model. Mezi komponenty, které zastupují chemický model, patří tuk, bílkoviny, sacharidy, minerály a zásoba vody. Tento systém se využívá ve vztahu k energetickým zásobám v lidském těle. Druhý, anatomický systém, je tvořen tkání, svalstvem, kostmi, vnitřními orgány a ostatními tkáněmi. Tento klasifikační systém je vhodný pro takové případy, kdy jsou studovány nebo řešeny otázky tělesného složení (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).



Obrázek 1. Chemický, anatomický a dvoukomponentový model tělesného složení (upraveno podle Wilmora, 1992, in Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006)

Lidské tělo se skládá z vody, minerálních látek, proteinů a tuku. Komplexně utváří tyto složky jeden celek, který udává celkovou hmotnost lidského těla. U zdravých a dospělých jedinců je podíl těchto látek poměrně konstantní. Platí zde ale jedno pravidlo, že obsah jednotlivých komponent se mění v závislosti na pohlaví. Muži mají vzhledem k ženám vyšší procento vody v těle a liší se také obsah tuku. Normální rozsah tukové tkáně u mužů činí 10-20 %, u žen je z fyziologického hlediska vyšší podíl tuku, který představuje 18-28 %

z celkové hmotnosti. S rostoucím věkem podíl tuku stoupá. U žen nad 50 let může podíl tuku vyšplhat až k 33-35 % (InBody, 2009).

Tabulka 1. Optimální složení lidského těla u zdravých dospělých jedinců v procentech (InBody, 2009)

<b>Základní složky</b>	<b>Muži</b>	<b>Ženy</b>
Voda	62,4%	56,5%
Minerální látky	5,8%	5,3%
Proteiny	16,5%	15,2%
Tělesný tuk	15,3%	23,0%
<b>Celkem</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Měření a odhad tělesného složení bylo v dávných dobách určováno podle dostupností metod. Výzkum se odvíjel spíše od toho, co by mohlo být měřeno, než co by odborníci skutečně chtěli měřit. V dnešní době, tudíž v 21. století, je možné změřit prakticky každou část lidského těla. Důsledkem tohoto pokroku vznikla řada tělesných modelů, které poskytují informace studující tělesné složení (Malina & Bouchard, 1991).

S postupným věkem se tělesné složení mění. Začíná se ukládat více tuk, dochází k úbytku svalové a kostní hmoty, dochází ke snížení tukuprosté hmoty. Celý proces bývá většinou provázen řadou onemocnění týkající se kardiovaskulárního nebo respiračního systému (Gába, Riegerová, & Přidalová, 2009).

Výsledkem tělesného složení je tělesná hmotnost. Každý člověk by měl vědět, jaká hmotnost je ideální vzhledem ke stavbě jeho těla. Vysoká, ale i příliš nízká tělesná hmotnost sebou přináší nemalá zdravotní rizika. Pro každého jedince se optimální tělesná hmotnost nachází někde jinde.

Nejznámější metodou, jak zjistit optimální tělesnou hmotnost úměrně ke svému tělu, je výpočet tzv. BMI (body mass index). Vše, co k tomuhle výpočtu potřebujeme, je znát tělesnou výšku, kterou udáváme v metrech a tělesnou hmotnost, kterou udáváme v kilogramech. Tato metoda sebou přináší i několik nevýhod, jelikož se nebere v potaz věk ani pohlaví. U vysoce trénovaných sportovců se hranice ideální hodnoty BMI také posouvá (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

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

Tabulka 2. Hodnoty optimálního BMI (WHO, 2013).

BMI	Kategorie	Zdravotní rizika
méne než 18,5	podváha	vysoká
18,5 - 24,9	norma	minimální
25,0 - 29,9	nadváha	nízká až lehce vyšší
30,0 - 34,9	obezita 1. stupně	zvýšená
35,0 - 39,9	obezita 2. stupně (závažná)	vysoká
40,0 a více	obezita 3. stupně (těžká)	velmi vysoká

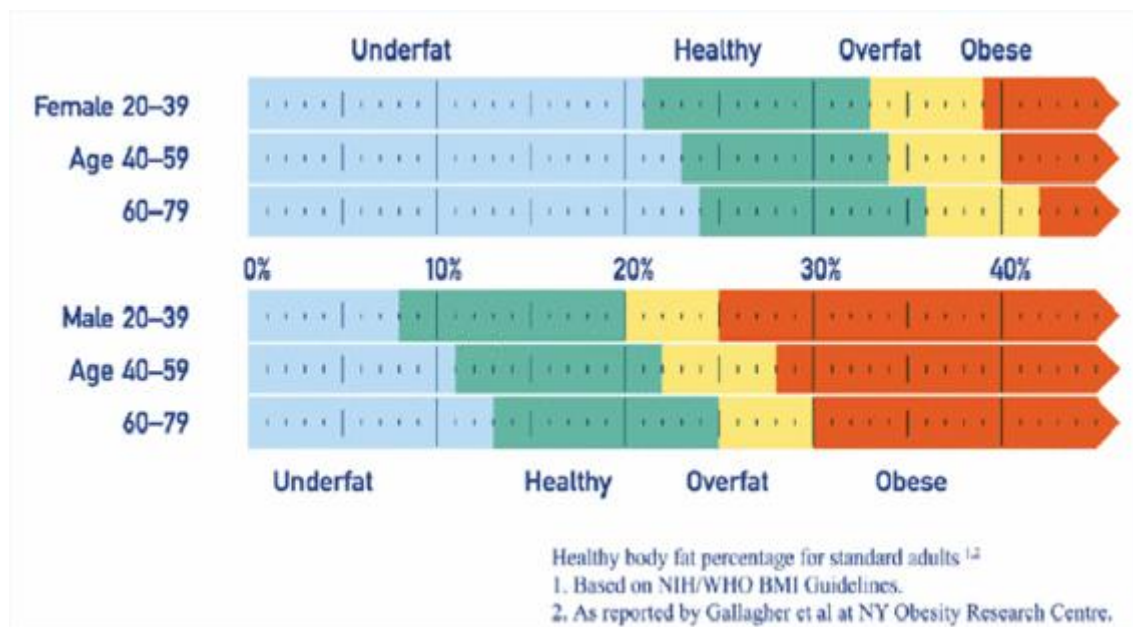
### 2.1.1 Tělesný tuk

Tělesný tuk podle Heywarda a Wagnera (2004) znamená celek všech extrahovatelných lipidů z tukové tkáně a ostatních tkání člověka.

Tělesný tuk je životně důležitý pro denní činnost tělesných funkcí. Chrání jednotlivé orgány, dodává kloubům pružnost, řídí tělesnou teplotu, ukládá vitamíny a slouží tělu jako zásobárna energie. Velkou roli hraje tuk i co se vnějšího vzhledu týče. Bez tuku by naše vlasy, nehty a kůže vypadaly velmi matně nebo nebyly vůbec k dispozici.

Je vědecky dokázáno, že přebytek tuku v těle způsobuje onemocnění srdce, vysoký krevní tlak nebo cukrovku, tudíž by si ho měl každý člověk hlídat. Organový tuk obklopuje životně důležité orgány v okolí plic a břišního prostoru. Právě tento tuk se pro nás stává nebezpečným. Útrobní tuk, který je také nazýván jako viscerální tuk, není v některých případech zcela jasně viditelný. Mnoho lidí si myslí, že udržování správné váhy je zaručená garance zdraví, což je velkou chybou. Získání informací o vnitřním tuku je v zájmu každého z nás a měli bychom se pro to snažit udělat maximum. Jednou variantou je pravidelné cvičení

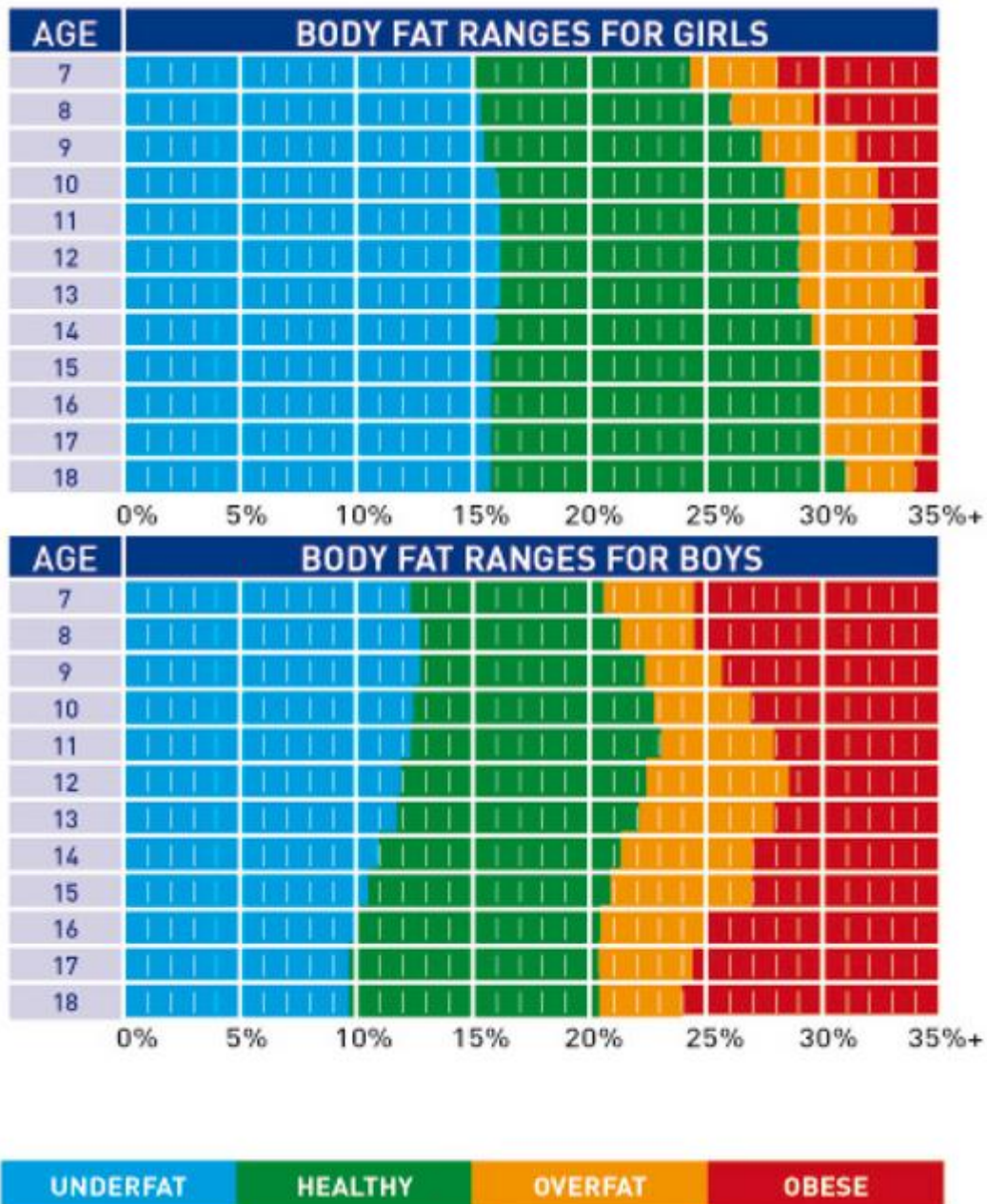
v rámci tréninkového programu, který po správném vykonání sice sníží hmotnost těla, ale hladina vnitřního tuku může zůstat pořád vysoká. Zde je klíčové zvolení správného stravovacího režimu a pravidelné kontroly vnitřního tuku, který by se měl začít pomalu odbourávat (Tanita, 2011).



Obrázek 2. Optimální množství tělesného tuku (upraveno dle Tanita, 2011)

V nejnovějších vědeckých procesech zabývajících se studiem tělesného tuku u dětí je důležité procentuální vyjádření tuku vzhledem k jejich věku a růstu. Tento poměr by se měl ve zdravé míře hlídat, aby se nevychyloval z normy (Heyward & Wagner, 2004).

Vzhledem k naší měřené skupině děvčat středoškolského věku se udává zdravé rozmezí tuku pro děvčata do věku 17 let rozmezí od 16-30 % tělesné hmotnosti. Děvčatům ve věku 18 let a výše se udává zdravý průměr 28 % tělesné hmotnosti. Hodnoty do 35 % naznačují nadváhu a hodnoty nad 35 % dávají najevo obezitu (Heyward & Wagner, 2004).



Obrázek 3. Optimální množství tělesného tuku u dětí (upraveno dle Tanita, 2011)

Tuk je tedy nejvariabilnější komponentou, která má vliv na hmotnost lidského těla. Je zároveň hlavním faktorem inter- i intra- individuální variability tělesného složení během celého vývoje. Tuk je snadno regulovatelný celkovou výživou jedince a pohybovou aktivitou. Bohužel je zásadní komponentou celé řady onemocnění.

Pro lidské tělo se může stát nebezpečným jak vysoké, tak příliš nízké procento podkožního tuku. Jestliže je podíl tuku příliš nízký, je zde zdravotní riziko v podobě různých

dysfunkcí, neboť přiměřené množství tuku je důležité pro zachování základních fyziologických funkcí. Například fosfolipidy jsou využívány k budování buněčných membrán, tuky jsou zapojeny do přesunu a využití vitamínů v různých tucích.

Vysoké množství podkožních tuků dává obecně najevo nadváhu nebo obezitu, která, jak je známo, vede ke zdravotním komplikacím a iniciuje vznik jedince se sociálním a fyzickým hendikepem. Vztah, kterým se vyznačuje obezita a nadváha, determinuje několik složek. Mezi ně patří odlišný lipidový profil, vysoký krevní tlak a inzulínová resistance (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Podle Hainera (2011) by se otylost dala definovat nadměrným nahromaděním tuku v lidském těle. Zda-li se již jedná o otylost nebo nikoliv, by mělo být stanoveno z podílu tukové hmoty v těle, tedy z poměru aktivní a tukové hmoty.

Hlavním faktorem podílu tuku v těle je strava. Vše záleží na tom, jaký tuk a v jakém množství jíme. Celkově by se měl příjem tuku ve stravě snižovat a to i pod vědecky doporučených 30 % z celkové denní energie. Denně bychom měli přijmout zhruba 90 g tuku. Přednost by měly dostat hlavně tuky, které obsahují nenasycené kyseliny. Tyto tuky se nachází především v rostlinných olejích a másle (Mastná, 1999).

Zdravý dospělý muž by měl mít hodnotu tuku 13 % z celkové tělesné hmotnosti. U ženy je tato hodnota z fyziologického hlediska vyšší, udává se 28 % z celkové hmotnosti. Hodnoty u obou pohlaví s přibývajícím věkem stoupají, jelikož se může vyskytovat zvýšené procento tuku na úkor svalové tkáně (Heyward & Wagner, 2004).

Zdravotní minimum tuku činí 8 % u mužů, 20 % u žen, naopak pro obezitu vypovídají hodnoty nad 22 % u mužů a hodnota přesahující 35 % u žen (Heyward & Wagner, 2004).

Redukce tuku v těle se dá ovlivnit až ze 70 % změnou stravovacích návyků a úpravou jídelníčku. Kvalitní a pravidelná pohybová aktivita má zhruba 30 % vliv na úspěšné odbourávání tuku (Biospace, 2009a).

Pohybová aktivita a cvičení v aerobních podmínkách je optimální pro redukci tuku v lidském těle. Aerobní pohyb je charakteristický pro určitou tepovou frekvenci. Ta se nachází v rozmezí 65-85 % maximální tepové frekvence jedince, která se vypočítá snadno. Stačí odečíst svůj fyzický věk od čísla 220. Anaerobní pohyb je také velmi účinný pro redukci tukové hmoty. Zde se jedná spíše o silový pohyb a čím větší množství svaloviny se na těle

člověka nachází, tím rychlejší a kvalitnější má daný jedinec bazální metabolismus, který pro jeho udržení jako energetický zdroj, kdy člověk nevykonává žádnou namáhavou pohybovou aktivitu, čerpá právě tuk (Rokyta et. al, 2008).

Podle výzkumu Pařízkové (1973) u laboratorních krys vyšlo najevo, že při růstu jejich tukové tkáně je větší obsah desoxyribonukleových kyselin (DNK). To znamená, že jejich tukové buňky jsou menší než v dospělosti. To se promítá i v ontogenezi člověka. Tukové buňky u lidí se nejen zmnožují, ale roste také jejich velikost od dětství až do dospělosti. Mezi velikostí tukových buněk a průtokem krve v tukové tkáni je významný negativní vztah, což významně působí na metabolickou aktivitu tkáně. Průtok krve tukovou tkání mají na starost katecholamíny. Ty zastupuje adrenalin a noradrenalin.

### **2.1.2 Tukuprostá hmota**

Heyward a Wagner (2004) definuje tukuprostou hmotu jako všechny komponenty lidského těla nezahrnující ve svém složení tuk. Mezi ně patří voda, svaly, kostra, pojivové tkáně a vnitřní orgány. Z chemického hlediska vypovídá FFM také o zastoupení proteinů a minerálů v těle, jelikož minerály jsou nezbytnou součástí kostí a proteiny patří mezi hlavní složku svalů.

Tukuprostá hmota (FFM) je chápána jako aktivní tělesná hmota. FFM je variabilní s narůstajícím věkem, míře vykonané pohybové aktivitě a dalších exo- i endogenních faktorech. Kdybychom měli jednotlivé složky procentuálně vyjádřit, výsledek by byl 60 % svalů, které tvoří tři typy svalové tkáně (příčně pruhované, sval srdeční a hladké svalstvo), 25 % opěrné a pojivové tkáně a 15 % tvoří celková hmotnost vnitřních orgánů. Důsledkem ontogeneze se však tyto poměry v průběhu života mění.

Věk mezi 12-16 roky je u chlapců charakteristický jako období dramatických změn v rozvoji tukuprosté hmoty. Dochází u nich k téměř zdvojnásobení této tělesné složky. U dívek je nárůst v tomto věku o něco mírnější, zhruba o 50 % (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

### 2.1.3 Celková tělesná voda

Zhruba 50-65 % celkové hmotnosti zdravého člověka tvoří tělesná voda. Hraje životně důležitou složku těla. Mezi její hlavní funkce patří koordinace tělesné teploty a detoxikace těla. Pomocí tělesné vody jsou přepravovány živiny, kyslík, enzymy a hormony směrem k jednotlivým buňkám. Naopak z buněk odvádí toxin a odpadní látky v procesu látkové výměny. Dále zpevňuje veškeré svaly v těle, chrání klouby a také zajišťuje přirozenou tělesnou vlhkost.

Tělesná voda z těla odchází každý den ve formě moči, potu ale také dechu. Množství vody, které denně z těla odejde, závisí na množství pohybové činnosti a klimatických podmínkách. V další fázi mohou hrát důležitou roli při ztrátě tělesné vody také různá onemocnění, užívání léků a hormonové změny.

Doporučený a zdravý obsah vody je odlišný u žen a mužů. Ženy mají v těle za předpokladu zdravotní pohody obsaženo 45–60 % vody. U mužů je to o něco více. Celkové množství vody činí 50–65 %.

U vrcholových sportovců je množství zhruba 5 % nad výše uvedeným průměrem. Je to z důsledku větší potřeby vody pro svalovou složku. Svalová složka požaduje u sportovců větší spotřebu vody než tuková tkáň (Tanita, 2011).

Tělesná voda je jednou z nejdůležitějších složek lidského těla. Množství vody v těle je determinováno věkem, pohlavím a tělesnou hmotností. Nejvíce množství vody v těle mají kojenci, zhruba 80-85 %. Děti mají obsah vody okolo 75 %.

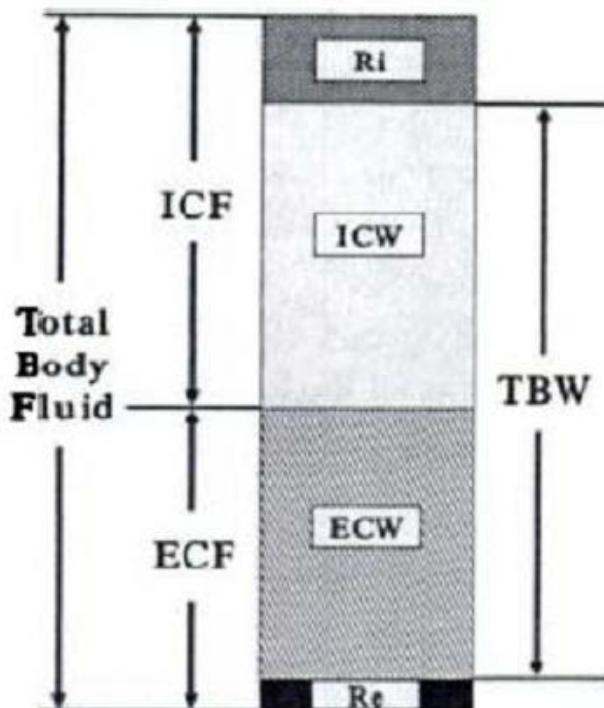
Krev a ostatní tělní tekutiny jsou na obsah vody nejbohatší (91-99 %). Po ní následuje svalová složka (75-80 %) a kůže. Mnohem méně vody obsahují kosti (22 %) a tuková tkáň (10 %) (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Dle Rokyty et. al (2008) je voda základní složkou v živém organismu. Objem a regulaci extracelulární tekutiny, respektive vody nacházející se mimo buňku mají na starosti ledviny. V ledvinách je obsah vody asi 82 %. Nejmenší množství vody se nachází v tukové tkáni. To je důsledkem nízkého procenta vody nacházející se v těle u obézních jedinců.

Rokyta et. al (2008) dále rozděluje vodu do dvou prostorů. Do intracelulárního (ICW) a extracelulárního (ECW). Intracelulární prostor tvoří prostor vnitrobuněčný. Zde se nachází nejvíce vody, která tvoří asi 40 % lidské hmotnosti. U mužů je to zhruba 66 % celkové tělesné



hmotnosti. U žen je procento intracelulární tekutiny asi 32 % celkové hmotnosti ženy. Extracelulární prostor, také nazýván jako mimobuněčný má na starosti omývání tělesných buněk a pravidelný přívod živin a kyslíku k nim. Naopak z tělesných buněk odvádí odpadní látky. ECW tvoří zhruba průměrně 20 % tělesné hmotnosti. Vzhledem k pohlaví je to 33 % celkové vody v těle u mužů. U žen tvoří extracelulární tekutina asi 21 % celkové tělesné hmotnosti. Tato složka (ECW) se dále dělí na dva prostory. Obsáhlejším prostorem je tkáňový mok, který tvoří zhruba 15 % tělesné hmotnosti. Druhým prostorem je voda pohybující se intravazálně v krevních a lymfatických cévách. Celkem činí tato voda 5 % lidské hmotnosti.



Obrázek 4. Vztah mezi tělesnými tekutinami (upraveno podle Wang et al., 1992, 23)  
 Vysvětlivky: *ECV* = extracelulární voda; *ICW* = intracelulární voda; *ECF* = extracelulární tekutiny; *ICF* = intracelulární tekutiny; *Ri* a *Re* = intracelulární a extracelulární zbytkový podílů; *TBW* = celková tělesná voda.

### 2.1.3 Modely tělesného složení

Při stálém výzkumu a využívání nových metod v rámci odhadu tělesného složení jsou vysvětlovány některé metodické problémy na základě definic formou pěti modelů.

## **Anatomický model**

Tento model se skládá z jednotlivých prvků v organismu. Celkem šest prvků (O, C, H, N, Ca, P) tvoří 98 % celkové hmotnosti, zbývající 2 % představuje dalších 44 prvků. Výzkumy byly prováděny na mrtvolách chemickou cestou, kde se k rekonstrukci atomárního složení prvků používá neutronová aktivační analýza.

## **Molekulární model**

Celkem 11 hlavních prvků se skládá z molekul, které zastupuje přes 100 000 chemických sloučenin. Mezi hlavní sledované komponenty patří:

*Hmotnost těla = lipidy, voda, minerály, proteiny, glykogen*

## **Buněčný model**

Klíčové pro tento model je spojení jednotlivých molekulárních komponent v buňku. Z toho vychází do popředí pojem:

*extracelulární tekutina (ECT) = plazma + intersticiální tekutina*

*(94 % tvoří voda, zbytek a další organické látky komponenty)*

*hmotnost těla = buňky tukové tkáně + BM + ECT + ECPL*

BM – svalové, pojivové, epiteliální, nervové buňky

ECT – plazma + intersticiální tekutina

ECPL – organické a anorganické látky

Plazmatická a extracelulární tekutina se dá měřit pomocí izotopické diluční metody nebo neutronové aktivační analýzy (například K nebo N).

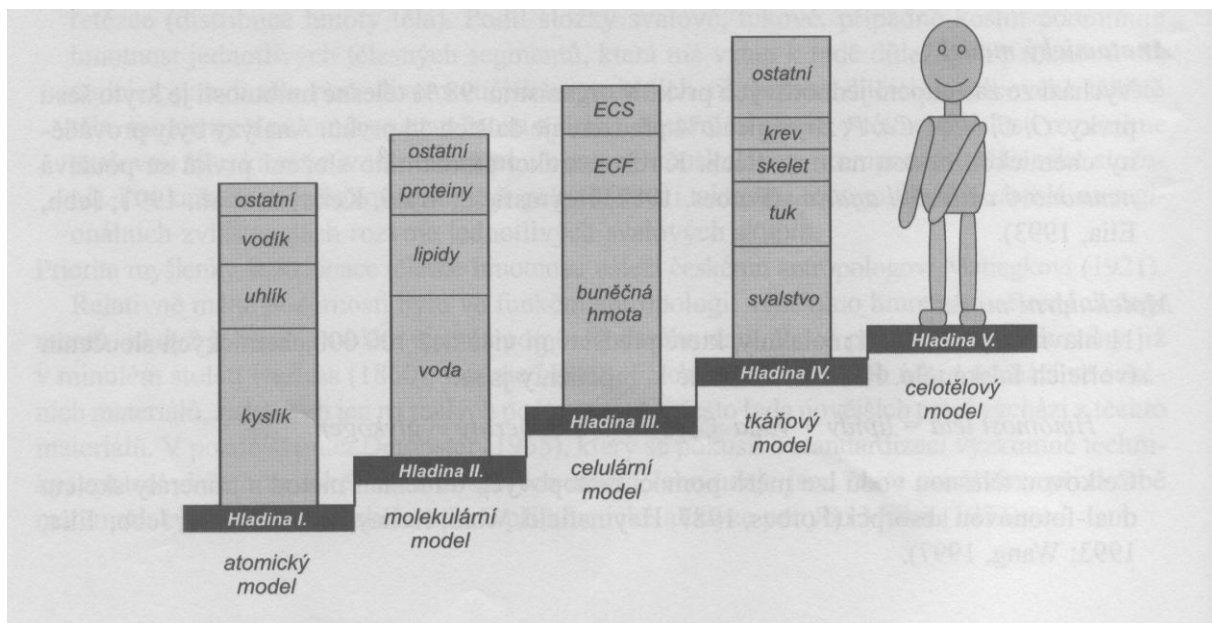
## Tkáňově-systémový model

Jednotlivé molekuly jsou formovány do tkání. Jedná se především o molekuly kostní, svalové a tukové. Informace, které zde získáme, pocházejí především ze studií na mrtvolách a z toho nám vychází rovnice pro výpočet hmotnosti těla:

$$\text{Hmotnost těla} = \text{muskuloskeletální} + \text{kožní} + \text{nervový} + \text{respirační} + \text{oběhový} + \text{zažívací} + \text{vyměšovací} + \text{reprodukční} + \text{endokrinní systém}$$

## Celotělový model

Vychází z antropometrického měření, kde je předmětem měření tělesná výška, hmotnost, hmotnostně-výškové indexy, délkové, šířkové, obvodové rozměry, kožní řasy, objem těla a z něj zjišťována denzita těla, která vypovídá o aktivní tělesné hmotě a depotním tuku (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).



Obrázek 5. Pětistupňový model tělesného složení člověka (upraveno dle Heymsfield, Waki, Kehays et. al., in Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006, 26;)

## 2.2 Metody odhadu tělesného složení

### 2.2.1 Antropometrie

První, kdo se pokusil o kvantifikaci tělesných komponent na základě zevních (antropometrických) rozměrů těla byl Matiegka (1921). Jeho návrh byl rozdělit hmotnost těla na 4 složky. První složka, kterou označil O, byla hmotnost skeletu (ossa). Druhá složka nesla

označení D, hmotnost kůže (derma) a hmotnost tukové tkáně. Písmenkem M byla označena třetí složka, která znamenala hmotnost kosterního svalstva (musculi) a poslední složka označená R, byla hmotnost zbytku (rezidua).

Od této dávné minulosti byla vypracována další spousta postupů, pro odhad složení těla z antropometrického hlediska. O to se pokusilo více než 100 populačních skupin, které používaly jak kosterní rozměry, tak obvodové míry a nejčastěji jednotlivé tloušťky kožních řas, které byly měřeny různými typy kaliperů (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Nejčastěji používaná metoda na území České republiky pro odhad tělesného složení je součet deseti kožních řas podle Pařízkové (1962). Množství tuku, které je odhadnuto na základě tloušťky kožních řas je založen na dvou základních předpokladech. Prvním předpokladem je, že tloušťka podkožní tukové tkáně musí být v konstantním poměru k celkovému množství tuku. Druhý předpoklad tvoří místa, která byla zvolena pro měření kožních řas, zároveň reprezentují průměrnou tloušťku podkožní tukové vrstvy. Jednoznačně se tyto dva předpoklady ale nikdy nepotvrdily (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

### **2.2.2 Biofyzikální a biochemické metody**

Pro měření tloušťky kožních řas byly kromě kaliperace vyvinuty i jiné metody. Jejich úkolem je snaha o odstranění technických chyb při měření kaliperem, která se liší různou stlačitelností tkání u jedinců s extrémními variantami tělesného složení. Jednotlivé metody jsou založeny na stejné bázi, jako je kaliperace a tím pádem je omezení jejich přesnosti takřka stejné, jako při použití kaliperu (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

### **Radiografie**

Radiografií lze měřit či zjišťovat přítomnost a místní rozložení zdroje, který ionizuje záření v daném objektu. Pro nás je rozhodující objekt lidské tělo. Vše se děje za přítomnosti vnějšího zdroje, který má na starost daný objekt ozářit pomocí fyzikálních projevů na stínítkách, fotografických emulzích nebo elektronických snímačích. Pod pojem radiografie dále patří například gamagrafie a rentgenografie (Velký lékařský slovník, 2008).

Metody zvané radiografické jsou z hlediska pro sledovaný účel považovány za nejpřesnější. V jejich silách je mimo jiné i proměření průřezu svalstva a kosti v daném místě. Využití této metody je ale bohužel omezováno z důvodu nežádoucí rtg expozice. Počítačová tomografie (CT-computer photography) je nejmodernější metoda, ale na druhou stranu je skrz

vysokou cenu a špatnou dostupnost velmi málo využita (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

## **Ultrazvuk**

V každém prostředí, ať už v živém či neživém je z akustického hlediska charakterizováno několika parametry. Hlavním a zároveň nejdůležitějším faktorem ultrazvuku je rychlost jeho šíření v daném prostředí, akustická impedance a útlum. Principem je množství akustické energie, která se odráží na akustickém rozhraní. Tohle rozhraní tvoří funkci rozdílu akustických impedančních tkání. Diagnostika je získávána několika ději. Patří mezi ně zachycení, zpracování a zobrazení určitých ultrazvukových signálů, které se odrazí od tkáňových rozhraní (www.ultrazvuk.cz, 2007).

Komerčně vyráběné ultrazvukové přístroje využívají především přeměnu elektrické energie ve vysokofrekvenční ultrazvukovou energii, která se vysílá v krátkých impulsech. Klíčový je odraz ultrazvukových vln na hranici mezi jednotlivými tkáněmi, které se odlišují akustickými parametry. V přijímači sondy se malé množství ultrazvukové energie přeměňuje v energii elektrickou. Tato informace je vizualizovaná na osciloskopu. V rámci jednotlivých metod vyšlo najevo, že kaliperování je validnější metoda (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

## **Infračervená interakce (NIRI, Near infrared interactance)**

Princip infračervené interakce je založen na absorpci a odrazu světla s využitím vlnových délek v oblasti infračerveného světla. Pro tyto účely se používá spektrofotometr, který je schopen pracovat ve vlnové délce v rozpětí 700–1100 nanometrů. Tato metoda je úzce spjata s hydrometrií (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

## **Magnetická rezonance**

Lidské tělo, jak je již známo, se skládá z velkého množství atomů různých látek. Magnetické momenty jednotlivých atomů těchto látek se za silného působení silného magnetického pole srovnají ve směru orientace daného magnetického pole. Magnetické momenty se také označují názvem spiny. Spiny atomů, které se vychýlí z normy působením pulsu se po jeho skončení opět vracejí do zarovnané polohy. Při navrácení spinů atomů do této polohy vysílají atomy různé signály. Tyto signály lze zanalyzovat a je z nich možné určit, z jakých prvků se skládají jednotlivé tkáně. Pomocí softwaru lze jejich podobu zobrazit na

monitoru. Toto je velmi zjednodušený princip fungování magnetické rezonance, v praxi je původ různých podob obrazu magnetické rezonance složitější (Magnetická rezonance, 2001).

U této metody se zakládá na principu chování atomových jader jako magnetů. Silné magnetické pole, které dává přístroj najevo, ovlivňuje pohyb vodíkových iontů. Vodík je přitom všudypřítomný, je součástí vody a je zde varianta využití kontrastní látky. Tato metoda přináší velmi kladné výsledky. Negativní vlastnosti, které limitují využití této metody jsou technické problémy a pořizovací cena jednotlivých zařízení (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

### **Hydrostatické vážení**

U této metody je tělesné složení zjišťováno v rozdílu těla změřené na suchu a pod vodou. Důraz se zde klade na densitu a teplotu vody v okamžiku vážení. Ke změření těla pod vodou nám slouží hydrostatická váha. V tomto případě je tělo nadlehčováno vzduchem, který se v daný moment nachází v dýchacích cestách a plicích jedince. Vážení se proto uskutečňuje v maximálním expiriu, kde výsledek je upravován o objem reziduálního vzduchu (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

### **Denzitometrie**

Tato metoda se zakládá na dvoukomponentovém modelu lidského těla, u kterého jednotlivé složky mají jinou densitu. Jsou zde tři předpoklady, které by se měly dodržet:

1. Separátní denzity obou komponent jsou aditivní a jsou relativně stálé u všech jedinců
2. Úroveň hydratace FFM (tukuprosté hmoty) je relativně konstantní
3. Poměr konstantních minerálů ve vztahu ke svalovým proteinům je rovněž stálou veličinou

Důkazem pro konstantní densitu byla laboratorně zkoumána zvířata přímými chemickými analýzami (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

### 2.2.3 Bioelektrická impedance

Metoda bioelektrické impedance, pomocí které lze změřit složení lidského těla je stále populárnější a v poslední době velmi rozšířená po celém světě. Je neinvazivní, cenově dostupná, bezpečná a terénní. Tato metoda je vhodná pro stanovení konkrétních parametrů nejen u zdravých jedinců, ale i u pacientů s různými klinickými diagnózami (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

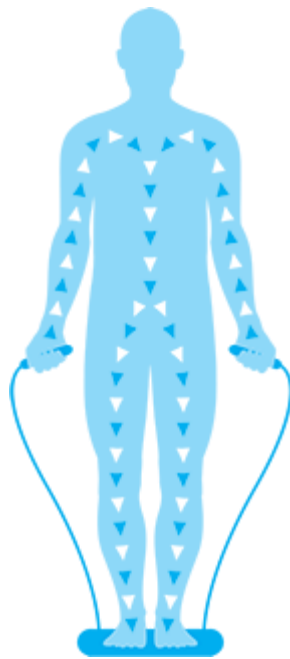
Kromě složení lidského těla poskytuje metoda BIA informace lékařům, zda-li proběhla léčba úspěšně, či ne. Dále jí využívá mnoho trenérů pro zjištění tréninkového efektu, a to na principu, že změní složení těl svých svěřenců před a po tréninkovém období a vidí nárůst fyzické zdatnosti (Ricciardi, & Talbot, 2007).

Bioelektrická impedanční metoda analyzuje vodu a tuk nacházejícím se v lidském těle. Při této měřicí metodě do těla proudí slabý elektrický proud. Vše je postaveno na principu, že proud prochází snadněji tekutinou ve svalech, než tuky. Proudění postupně prochází jednotlivými částmi těla a tím umožňuje stanovit jeho odpor, který je závislý na množství vody v lidském organismu. V našich svalech se podle odhadů nachází konstantní podíl vody, zhruba 73 %. Po vypočítání elektrického odporu můžeme použít tento výsledek přímo pro výpočet objemu svalové hmoty v celém těle. Pohlaví a tělesná výška se používají při výpočtu celkového podílu svalů. Tělesný tuk potom funguje jako izolace, jelikož snižuje schopnost proudění elektrického proudu tělem. Pro impedanci je specifické, že lidským tělem prochází střídavý proud. Impedance se definuje jako komplexní veličina, která popisuje zdánlivý odpor prvku a fázový posun napětí proti proudu při průchodu harmonického střídavého proudu dané frekvence daným prvkem. Buněčné membrány mají tu schopnost, že mohou na velmi krátkou dobu zadržet elektrický náboj. Fungují na principu kondenzátoru (kapacitoru), jelikož dojde k fázovému zpoždění proudu za napětím. Membrány jsou schopné zastavit proud do frekvence 50 kHz. Pokud tělem prochází jakýkoli proud nízké frekvence (do 50 kHz), prochází jen extracelulárním prostředím. Nad 50 kHz proud prochází přes buněčné membrány, a tím pádem je možné změřit vnější i vnitřní prostředí buňky, tedy prostředí intracelulární a extracelulární (Biospace, 2009a).

Odpor ( $R$ ) příslušné délky homogenního vodivého materiálu v příčném řezu je přímo úměrný jeho délce ( $L$ ) a nepřímo úměrný k jeho průřezové délce ( $A$ ). I za předpokladu, že tělo není ve tvaru standardního válce a jeho vodivost není na všech místech stejná, můžeme empiricky uvažovat vztah mezi impedančním kvocientem ( $délka^2/R$ ) a objemovou veličinou

vody, která obsahuje elektrolyty, které vedou elektrický proud tělem. V praxi je jednodušší měřit výšku než délku vodivosti, která je obvykle měřena od zápěstí ke kotníku. Proto existuje empirický vztah mezi tukuprostou tělesnou hmotou (73 % voda) a výškou<sup>2</sup>/R (Kyle et al., 2004).

Metodu bioelektrické impedance si patentovala firma Tanita, od které využíváme váhu BC 418 MA pro změření středoškolských dívek. Je to vůbec první firma na světě, která dodala přístroj, který na monitoru ukazuje po zvážení kromě hmotnosti také množství tělesného tuku, který se změří pomocí slabého elektrického proudu (Tanita, 2011).



Obrázek 6. Způsob průchodu elektrického proudu lidským tělem při měření metodou BIA (upraveno dle Tanita, 2011)

## 2.3 Středoškolská populace

### 2.3.1 Adolescence

Období adolescence charakterizuje období středoškolské, tedy věk mezi 15-19 rokem. Úkol adolescence by se dal formulovat jako vytvoření identity vlastního já. Dítě si vytváří stabilní obraz jak o sobě samotném, tak o celé společnosti kolem něj. Jednoduše řečeno je tento proces provázen otázkami typu: kdo jsem, kam patřím, kam směřuji. Tyto otázky jsou ale často spojeny i s dospělostí, kde člověk různě přehodnocuje a koriguje představy o sobě, ale v pubertě mají tyto otázky mnohem větší váhu.



Hledání sebe sama je proces, který může působit na každého jedince odlišným způsobem. V lepší variantě by tento proces mohl být pro jedince i jeho rodinu určitou výzvou, dobrodružstvím a očekáváním, v horším případě může být po celou dobu noční můrou. Určitá obava je na místě, vývoj v tomto věku ale není úplně bez rizika a toto citlivé období je senzitivní na celou škálu podnětů bez ohledu na jejich společenskou přijatelnost. Když to vezmeme ale z druhé strany, tak aby se člověk mohl posléze kompetentně a zodpovědně rozhodovat, potřebuje určitou plastickou zkušenost se sebou i ostatními. V případě, že dítě převezme hodnoty, názory nebo styl od rodičů, jedná se o přejatou identitu. Ta jedince sice částečně ochraňuje, ale vyznačuje se rigiditou a autenticitou (Macek, 2003).

Adolescence se definuje jako období mezi dětstvím a dospělostí. Termín adolescence je odvozen z latinského slova *adolescere*, které v překladu znamená dorůstat či dospívat. Vstup do této fáze je vymezen z biologického hlediska reprodukčním dozráním, které se odhaduje na věkovou hranici 15 let. V této době u jedince dochází k pohlavnímu dozrání, jenž mají na starosti pohlaví hormony. U dívek jsou to estrogeny, u chlapců naopak testosteron. Ukončení adolescence je typické dosažením psychického a ekonomického rozvoje, kdy se jedinec osamostatní. Horní věková hranice je ale u každého zcela odlišná. Nejčastěji používaný termín pro ukončení je věk mezi 20-22 lety. V porovnání s druhem studia se ale hranice u vysokoškoláků posouvá, jelikož zde dochází k psychosociální a ekonomické nezávislosti mnohem později, zhruba v rozmezí 25-30 let. S absolventy učilišť je to velký rozdíl (Carr-Gregg & Erin Shale, 2010).

V počátku adolescence jedinec pocítuje, že má větší zájem o své tělo a svůj zevnějšek. Důležitou součástí sebepojetí je fyzická krása a síla. To se projeví i v extravaganci jedince, stylu jeho oblékání a účesu. Tato fakta s přibývajícím věkem pomalu ustupují.

Mezi další typické znaky u adolescentů patří odlišné řešení zásadních problémů, kdy jedinec těžko hledá kompromis vůči ostatním a snaží se o zlehčování nebo dokonce i o ignoraci rad od rodiny, kamarádů nebo trenérů. U adolescenta bývá úplná absence životních zkušeností, což paradoxně může přinést jeho originální řešení v dané situaci, které by staršího a zkušenějšího člověka vůbec nenapadlo. To se ovšem stává velmi zřídka.

Z velké míry se v tomto období mění vztahy mezi dospívajícím a jeho rodiči. Rodiče, ačkoli neradi, definitivně ztrácejí svoji nadřazenost nad svým dítětem. S touto souvislostí mívají velmi zvláštní pocity. Na jednu stránku si uvědomují, že jejich dítě dospívá a blíží se

jeho osamostatnění, na druhou stranu se ale s touto skutečností odmítají vyrovnat. Velmi důležitou úlohu zastupují vrstevníci adolescenta, kteří jeho postupné uvolnění od rodiny kompenzují. Dospívající není prozatím schopen samostatného života, proto mu jsou z větší části oporou lidi, kteří jsou na tom podobně a se kterými sdílí své prožitky a zájmy s cílem rozvinout své sociální dovednosti.

Z hlediska sexuálního, která pro jedince znamená potřebu psychosociální je rovněž dalším důkazem dospívání. U partnerských vztahů v období adolescence je charakteristická velká zamilovanost. Mnohdy v ní zamilovaný jedinec vidí na druhém vlastnosti, kterými druhá osoba absolutně nedisponuje. Proto rozchody v tomto období bývají pro oba velmi bolestivé. První sexuální styk je důležitým mezníkem v životě člověka. Vyvolá subjektivní zvýšení společenské prestiže jedince. Velké procento dospívajících žije aktivním sexuálním životem. Obecně vyplývá, že jedinci disponujícím vyšším vzděláním zahajují svůj sexuální život později (Carr-Gregg, 2012).

Podle Vágnerové (2000) probíhá vývoj identity adolescenta ve dvou fázích. První fází je postupná stabilizace jedince. Na počátku adolescence se jedinec postupně vyrovnává ve vztahu k rodičům. Celou věc můžeme chápat jako znamení, kdy si dospívající uvědomil, že dosáhl určité samostatnosti, osvojil si zralejší způsoby chování a nemá tím pádem potřebu reagovat demonstrativními projevy. Druhou fází je psychické osamostatnění. Jedinec přestává být závislý na rodině. Dochází k úplné samostatnosti a vytvoření si takové identity, která potvrzuje fakt, že je dospívající alespoň přibližně realistická osoba. To má za následek, že sebehodnocení adolescenta se více méně shoduje s ostatními hodnoceními jeho okolí.

### **2.3.2 Životní styl současné mládeže**

Podle Hartla (2004) by se životní styl dal definovat jako souhrn postojů, hodnot a dovedností, které se odrážejí ve výrobních, uměleckých a ostatních činnostech člověka. Dále zahrnuje síť mezilidských vztahů, výživu, tělesný pohyb, organizaci času, zájmy a záliby. Životní styl je zkrátka funkční systém člověka, který si člověk sám vybírá z repertoáru dané kultury.

Bunc (2009) definuje aktivní životní styl jako formu životního stylu, který je charakteristický interakcí mezi jedincem a okolím. Tato interakce by se dala rozdělit na dvě části. Tou první je část biologická, tou druhou je část společenská. Aktivní životní styl je takovou formou životního stylu, ve kterém zaujímá velké procento pohybová aktivita.

Životní styl současných adolescentů přináší rovněž velké problémy. Jedním z nich je konzumace alkoholu. Česká republika dokonce patří, co se alkoholismu nezletilých týče, na přední místa v celé Evropě. Z nedávných studií dokonce vyplynulo, že naši šestnáctiletí nemají mezi evropskými vrstevníky konkurenci, což je alarmující. Naši junioři pijí téměř vše, jak pivo, tak tvrdý alkohol. Kdybychom pátrali, co naši mládež k nadměrné konzumaci alkoholu vede, tak bychom to velmi snadno objevili. Je to pocit životní prázdnoty a snaha jí uniknout. Negativní hodnoty v jedinci totiž mnohonásobně převyšují ty pozitivní. Výsledkem vysokých negativních pocitů je z největší míry nuda. V České republice je to nepřítel mladistvých číslo jedna. Zde musí přijít zvýšená péče ze strany rodičů či prarodičů, aby z dítěti nabídli více pozitivních hodnot (Machová, Kubátová a kol., 2009).

Dalším nepřítelem dnešních adolescentů jsou cigarety. Děti začínají kouřit z mnoha důvodů, ale mezi ty nejdůležitější patří to, že chtějí být nezávislé, protože kouří jejich kamarádi, protože jim to rodiče zakazují. Velký vliv na sáhnutí dítěte po cigaretě mají jeho kouřící rodiče či sourozenci. Mládež si často myslí, že mohou přestat, kdy budou chtít. Jelikož je ale kouření vysoce návykové, není ta větší část dobrovolně schopná s kouřením přestat. Většina dospělých zná riziko kouření a jaké následky může mít. Mládež si naopak myslí, že se jim to netýká. Abnormálně vysoké procento dětí konzumujících cigarety by se mělo co nejdříve snížit, aby se předešlo tragickým následkům (Nešpor & Provoznicová, 1999).

Kromě požívání alkoholu a cigaret u současné mládeže dále životní styl ohrožuje zneužívání tvrdých a lehkých drog, nesprávná výživa, nízká pohybová aktivita, nadměrná psychická zátěž a rizikové sexuální chování (Machová, Kubátová a kol., 2009).

Už od věku jedenácti let je významný podíl (60 %) těch, kteří sledují televizi příliš. Více než 80 % mládeže stráví u televize do 5 hodin denně. Bylo také prokázáno, že vyšší závislost na sledování televize je u chlapců než u dívek. V případě užívání počítačů je u dívek závislost oproti chlapcům poloviční až dvoupětinová. Také bylo vyzpozorováno, že mládež inklinuje k užívání počítačů a sledování televize lineárně s rostoucím věkem (Kalman, Sigmund, Sigmundová, Hamřík, Beneš, Benešová & Csémy, 2010).

### **2.3.3 Mládež, pohyb a zdraví**

Podle výzkumu Bunce (2009) je pro adolescenty pravidelná pohybová aktivita velmi příznivá. Podle výsledků se u mladistvých s pravidelnou pohybovou aktivitou nacházelo mnohem menší procentu tuku, než u jedinců s menším množstvím pohybové aktivity. Co se

svalové hmoty týče, tak aktivní část adolescentů disponuje s větším množstvím svalové hmoty. Nacházíme rovněž těsnou negativní závislost mezi procentem tuku a věkem u chlapců. U děvčat je kladná závislost mezi stejnými parametry. Bunc (2009) dále udává, že minimální objem pohybových aktivit, který je schopen pokrýt biologickou potřebu adolescentů je zhruba 3 hodiny týdně. Dá se konstatovat, že aktivní životní styl se kladně projeví jak na tělesném složení, tak na celkové tělesné zdatnosti adolescentů. Tělesné složení a tělesná zdatnost mohou patřit mezi indikátory aktivního životního stylu.

Rozdíly mezi somatickými hodnotami sportující mládeže a běžnou mládeží se s rostoucím věkem zvyšují. Pro kvalitní sportovní trénink je znalost těchto somatických ukazatelů velmi důležitá, neboť lze podle nich sestavit kvalitní a efektivní tréninkový plán. (Kutáč, 2012).

Podle výzkumu Kutáče (2012), který zanalyzoval hráče ledního hokeje středoškolského věku, hrající nejvyšší českou soutěž vyšlo najevo, že hráči disponují mnohem menším zastoupením tuku, než jejich vrstevníci. Naopak tělesnou hmotnost měli o něco vyšší. Je to dáno vysokou a každodenní tréninkovou intenzitou. Hráčům kompenzovalo vyšší hmotnost vysoké procento svalů na těle. Byly zaznamenány patrné rozdíly v somatických parametrech mezi jednotlivými věkovými skupinami. Mezi srovnávané kategorie spadali hráči mladšího dorostu (14 - 15 let), staršího dorostu (16 - 17 let) a junioři (18 - 20 let). Tyto kategorie se odlišovaly především průměrnými hodnotami hmotnosti, tělesné výšky a zastoupení svalové hmoty (Kutáč, 2012).

Velká část školáků je málo pohybově aktivní. Toto tvrzení dokládají následující zjištění. Téměř polovina dívek se věnuje intenzivní pohybové aktivitě méně než 5 dní v týdnu. U dívek s rostoucím věkem upadá zájem o pohybovou aktivitu. Ve věku 11 let se pravidelné pohybové aktivitě věnuje 50 % dívek více než 5 dní v týdnu. V 15 letech je to zhruba jen 30 % dívek. Třetina dívek ve věku 15 let je pohybově aktivní dokonce méně jak 3 dny v týdnu. Pro dívky je velmi silným motivem zájem o vnější vzhled. Dívky pohybovou aktivitu berou nejčastěji formou zábavy, jen necelá polovina touží po vítězství (Kalman, Sigmund, Sigmundová, Hamřík, Beneš, Benešová & Csémy, 2010).

Hypokinézu, která je jedním z průvodních jevů dnešního způsobu života, může způsobit nedostatek pohybové aktivity. Hypokinéza také významným způsobem ovlivňuje

nejen tělesnou zdatnost a celkovou výkonnost jedince, ale i jeho pracovní výkonnost a zdravotní stav, který se může promítnout v tělesném složení (Bunc, 2009).

Je varující, že každý čtvrtý středoškolák je ohrožen rakovinou. V průběhu života s vysokou pravděpodobností onemocní rakovinou každý čtvrtý člověk, kterému je patnáct let a každý třetí, kterému je osmnáct let. Věk 15 - 18 je významný pro vystavení působení řady rizikových faktorů, která způsobují onkologická onemocnění. Mezi hlavní příčiny patří dobrovolné se vystavování konzumaci tučných jídel, alkoholu, cigaret a podceňování ochrany proti slunečnímu záření. Pravidelně kouří 28 % středoškoláků a téměř každý druhý vypije za týden dvě až tři piva nebo stejný počet panáků nebo půl litru vína. Jediná možnost, jak nepříznivý vývoj odvrátit, je významná změna v životním stylu (VZP ČR, 2013).

### **3 CÍLE**

Hlavním cílem této bakalářské práce je rozbor segmentální analýzy tělesného složení na základě bioelektrické impedance prostřednictvím přístroje Tanita BC 418 u dívek navštěvujících střední školy v Olomouci a Litovli.

#### **Dílčí cíle:**

- determinace množství tělesného tuku a tukuprosté hmoty v jednotlivých věkových kategoriích
- stanovení segmentální analýzy tukové složky v rámci jednotlivých věkových kategoriích
- porovnání naměřených výsledků mezi jednotlivými věkovými skupinami

## 4 METODIKA

### 4.1 Soubor

Zkoumaný soubor tvořilo celkem 192 dívek (n=192), které navštěvují střední školy v olomouckém kraji, konkrétně ve městech Olomouc a Litovel. Dívky byly rozčleněny do čtyř věkových skupin. První skupinou byla skupina sloučená z patnáctiletých a šestnáctiletých dívek (Ž1). Celkem v této skupině bylo 46 děvčat. Druhou skupinu reprezentovali dívky ve věku 17 let, jejichž počet byl 53 (Ž2). Třetí skupinu tvořili již plnoleté, osmnáctileté dívky. Celkem jich bylo 56 (Ž3). Poslední skupinu zastupovali dívky ve věku devatenácti a dvaceti let, kterých bylo dohromady 37 (Ž4).

Tabulka 3. Rozdělení dívek do věkových skupin dle četnosti

Věk	Četnost
15 + 16 let (Ž1)	46
17 let (Ž2)	53
18 let (Ž3)	56
19 + 20 let (Ž4)	37

### 4.2 Měření

Měření se konalo v dopoledních hodinách na jednotlivých středních školách v Olomouci a Litovli. Všechny dívky, které měření podstoupily, byly po celou dobu měření ve spodním prádle. U všech dívek byla provedena analýza tělesného složení pomocí měřícího přístroje Tanita BC 418.

### 4.3 Přístrojová technika - Tanita BC 418 MA

Výhody tělesné váhy Tanita BC 418 je kombinace rychlosti a přesnosti a proto patří dlouhodobě mezi nejoblíbenější váhy, které analyzují složení lidského těla. Tanita BC 418 je monofrekvenční přístroj, který kromě celkové tělesné analýzy zvládne zanalyzovat jednotlivé segmenty těla, pod kterými rozumíme horní i dolní končetiny a trup. Tento přístroj je ideální pomůckou pro výživové poradce, neměl by chybět v žádném sportovním středisku pro usnadnění práce v oborech diabetologie, kardiologie, obezitologie a rehabilitační terapie.

Výstupní data mohou být jednoduše přenášena, jelikož váha disponuje zabudovanou tiskárnou, nebo je lze zpracovat v programu Microsoft Office Excel. Velkou výhodou je tzv. "cílová funkce", která mnoho zákazníků motivuje k redukci své váhy, a to netradičním způsobem, jelikož spočítá a doporučí množství tuku, které by jedinec měl odstranit, aby docílil své ideální váhy (Tanita, 2011).

V oblasti celkové tělesné analýzy nám váha poskytne informace o hmotnosti, body mass indexu, bazálním metabolismu, tělesném tuku (%), tukuprosté hmotě (kg), predikované svalové hmotě (kg), celkové tělesné vodě (kg), indikace kostní hmoty a útrobního tuku (Tanita, 2011).

Segmentální analýza, která měří složení pěti částí lidského těla (horní, dolní končetiny a trup) nám poskytne informace o hodnotě tuku (%), tukuprosté hmoty (kg) a predikované svalové hmoty (kg) (Tanita, 2011).

#### **Technické parametry:**

Na váze Tanita BC 418 MA je možno vážit jedince ve věku od 7-99 let. Váha dokáže zvážít a zanalyzovat jedince vážícího do 200 kg. Váha má rozměry 377 x 343 x 830 mm. Celková hmotnost váhy činí 12 kilogramů. Pomocí SW medibus lze váhu propojit s počítačem nebo ambulantním SW. Zdroj váhy je AC adaptér 5V (Lékařské váhy, 2010).





Obrázek 6. Tanita BC 418 MA (upraveno podle [www.tanita.com](http://www.tanita.com))

Měření se provádí pomocí osmi dotykových elektrod. Tyto elektrody se nacházejí v horní části přístroje, konkrétně palcová a dlaňová elektroda. Ve spodní části se nacházejí elektrody měřící v přední a zadní části chodidla. Velmi důležité je správné uchopení a postavení nohou.

#### **4.4 Zásady při měření**

Je mnoho zásad, které by měl jedinec podstupující měření pomocí bioelektrické impedance dodržet, aby výstupní data byla co nejpřesnější.

Tanita (2011) k přístroji BC 418 MA přikládá tyto zásady před procesem měření:

- nekonzumovat alkohol nejméně 12 hodin před měřením;
- nevykonávat namáhavou pohybovou aktivitu nejméně 12 před měřením;
- nekonzumovat žádné nadměrné jídlo a pití 24 hodin před měřením;
- nekonzumovat žádné jídlo a pití 3 hodiny před měřením;

- vyprázdnění močového měchýře bezprostředně před měřením;
- měření žen s menstruací se nedoporučuje.

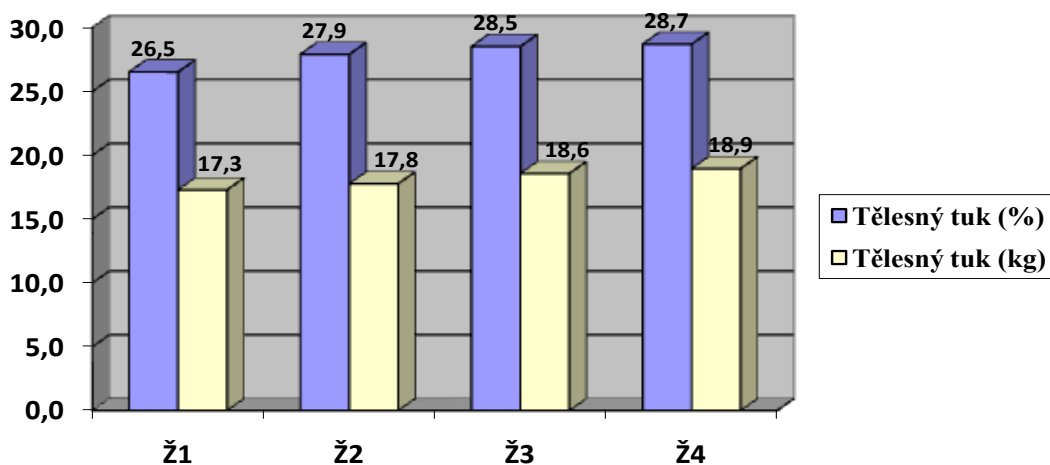
## 5 VÝSLEDKY

### 5.1 Vybrané somatické parametry přístroje Tanita BC 418 MA

U výzkumného souboru ( $n = 192$ ), který jsme rozčlenili do čtyř skupin, jsme se zabývali měřením jednotlivých somatických parametrů, které nám poskytly informace o tělesném složení. Dále jsme se zabývali segmentální analýzou pro jednotlivé části lidského těla. Ze všech hodnot, které jsme naměřili, jsme vypočítali základní statistické charakteristiky v podobě aritmetického průměru ( $M$ ), směrodatné odchylky ( $SD$ ), minimální hodnotě ( $Min.$ ) a maximální hodnotě ( $Max.$ ). Jednalo se o hodnoty věku, tělesné výšky ( $cm$ ), hmotnosti ( $kg$ ), BMI ( $kg/m^2$ ). Dále jsme sledovali tělesný tuk ( $BF$ ), který jsme vyjádřili jak v procentuální hodnotě, tak i v  $kg$ . Mezi další sledované somatické hodnoty patřila tukuprostá hmota ( $FFM$ ) v  $kg$ , celková tělesná voda ( $TBW$ ) v litrech a predikovaná svalová hmota ( $PMM$ ) v  $kg$ . Popisné charakteristiky těchto parametrů jsou uvedené komplexně v tabulkách 4, 5, 6 a 7 v příloze.

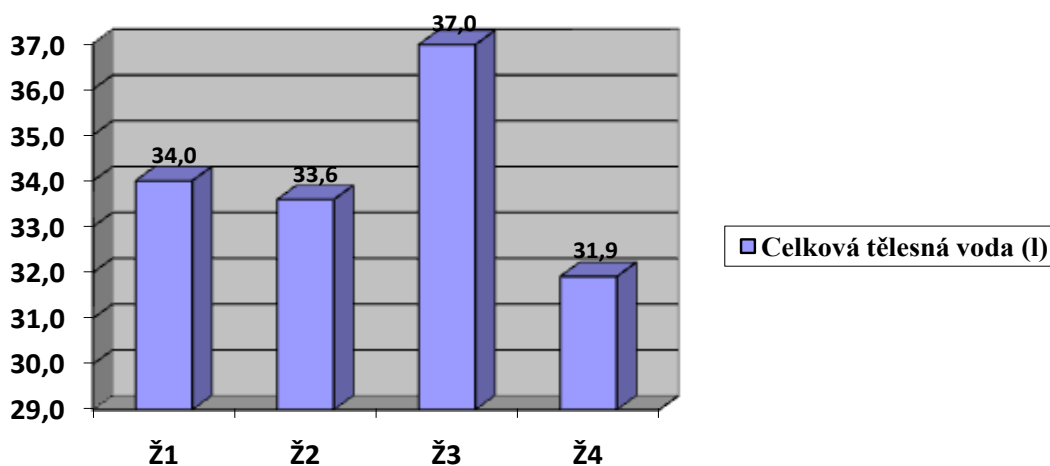
Průměrná tělesná výška nejmladších dívek dosáhla 165,9  $cm$ , nejstarší dívky dosáhly 166,4  $cm$ . Tělesná hmotnost u nejmladších dívek byla 62,6  $kg$ . Mezi jednotlivými kategoriemi byly rozdíly v průměrných hodnotách velmi malé. Nejvyšší průměrné hmotnosti dosáhly dívky ve věku 19 a 20 let a to 64,2  $kg$ . Maximální hmotnost v jednotlivých věkových kategoriích dosahovala hodnot od 90  $kg$  do 104  $kg$ .

Průměrné hodnoty BMI dosáhly ve všech věkových kategoriích normální hmotnosti. V rámci věkových kategorií sledovaných dívek se hodnoty BMI pohybovaly od 22,7  $kg/m^2$  u nejmladších dívek do 23,2  $kg/m^2$  u dívek nejstarších. Mezi skupinou Ž1 a Ž3 byly rozdíly minimální. Maximální hodnoty BMI u některých jedinců dosahovaly nadváhy až obezity II. stupně. U skupiny Ž3 byla maximální hodnota 37,4  $kg/m^2$ , což znamená obezitu II. stupně, jelikož se pohybuje v rozmezí 35  $kg/m^2$  až 40  $kg/m^2$  (WHO, 2013). Minimální naměřené hodnoty naopak řadíme do kategorie podváhy. U skupiny Ž3 byla nejnižší hodnota 15,6  $kg/m^2$ . Podváhu definuje WHO (2013) jako každou hodnotu nižší jak 18,5  $kg/m^2$ .



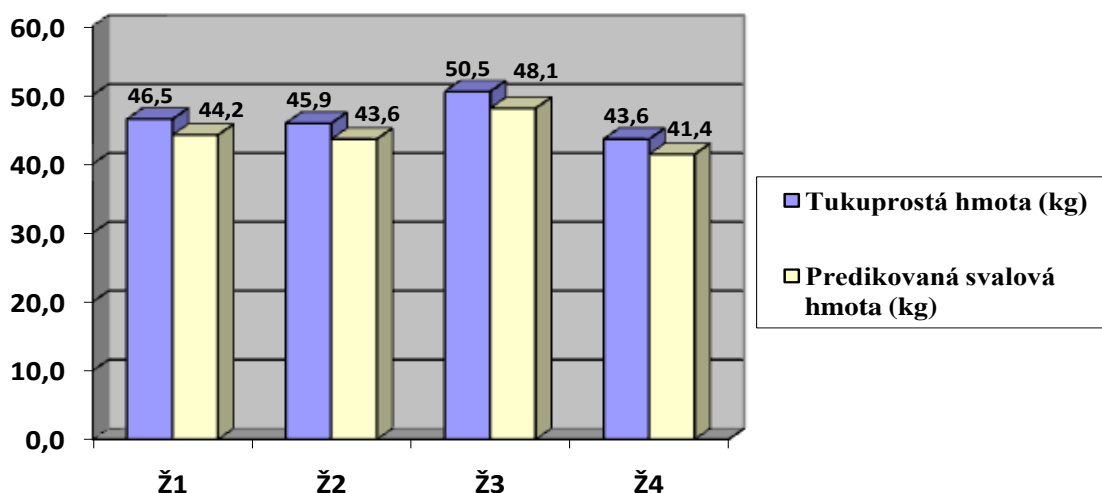
Obrázek 7. Průměrné hodnoty tělesného tuku (% , kg) u sledovaných souborů

Absolutní hodnota celkového tělesného tuku se pohybovala od 17,3 kg u nejmladší skupiny dívek do 18,9 kg u nejstarších dívek. Relativní hodnoty představovaly rozpětí mezi 26,5 % až 28,7 %. Rozdíly mezi jednotlivými věkovými skupinami nebyly výrazné. Mezi skupinami Ž1 a Ž2 byl v absolutní hodnotě rozdíl 0,48 kg, mezi skupinou Ž2 a Ž3 byl rozdíl 0,80 kg a mezi skupinou Ž3 a Ž4 byl rozdíl 0,38 kg. Celkové rozpětí bylo pouze 0,38-0,8 kg, což představuje chybu měření. Maximální hodnoty tuku přesáhly 40 % ve všech věkových kategoriích, což obecně signalizuje obezitu (Obrázek 7).



Obrázek 8. Průměrné hodnoty tělesné vody u sledovaných souborů

Dalším sledovaným somatickým parametrem byla celková tělesná voda (TBW) vyjádřená v litrech. Ta se pohybovala od 31,9 l u nejstarší skupiny dívek k 37,0 l u skupiny Ž3. Je zřejmé, že u adolescentních dívek dochází k postupnému úbytku vodního kompartmentu.

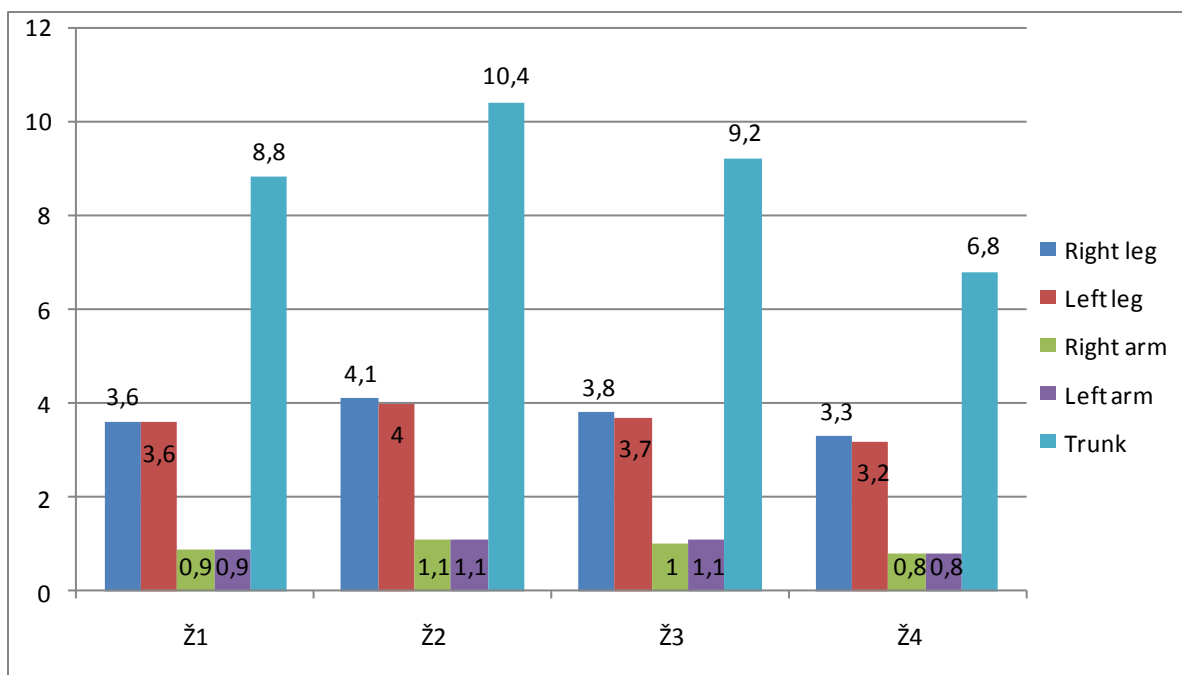


Obrázek 9. Průměrné hodnoty tukuprosté hmoty (kg) a predikované svalové hmoty (kg) u sledovaných souborů

Tukuprostou (FFM) a predikovanou svalovou hmotu (PMM) jsme naměřili v kilogramech. Tukuprostá hmota se pohybovala od 43,6 kg u nejstarších dívek, do 50,5 kg u skupiny Ž3. Nejméně tukuprosté hmoty bylo nalezeno u dívek ve věku 19 a 20 let (Ž4) a to 43,6 kg. Hodnoty predikované svalové hmoty jsou nižší než hodnoty tukuprosté hmoty a to ve všech věkových kategoriích (Obrázek 9).

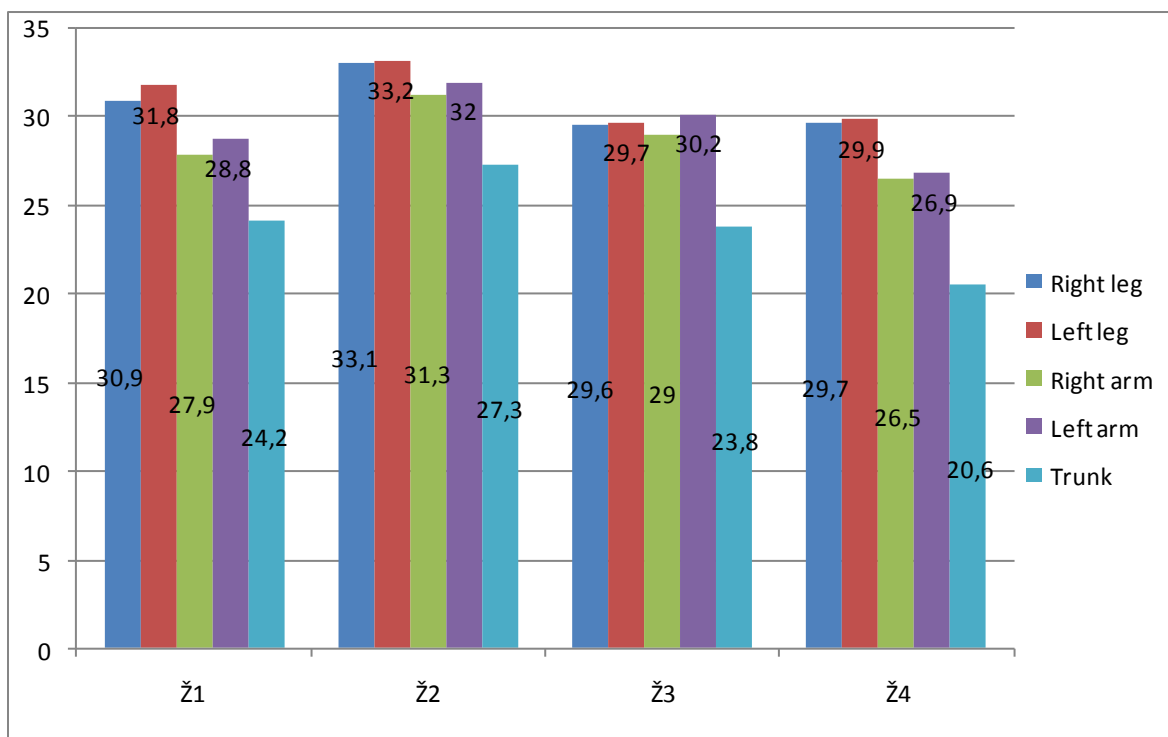
## 5.2 Segmentální analýza přístroje Tanita BC 418 MA

Segmentální analýza naměřená pomocí přístroje Tanita BC 418 MA nám poskytla složení jednotlivých tělních segmentů. Analyzované složky se skládali z tuku (%), tukuprosté hmoty (FFM) a predikované svalové hmoty (PMM).



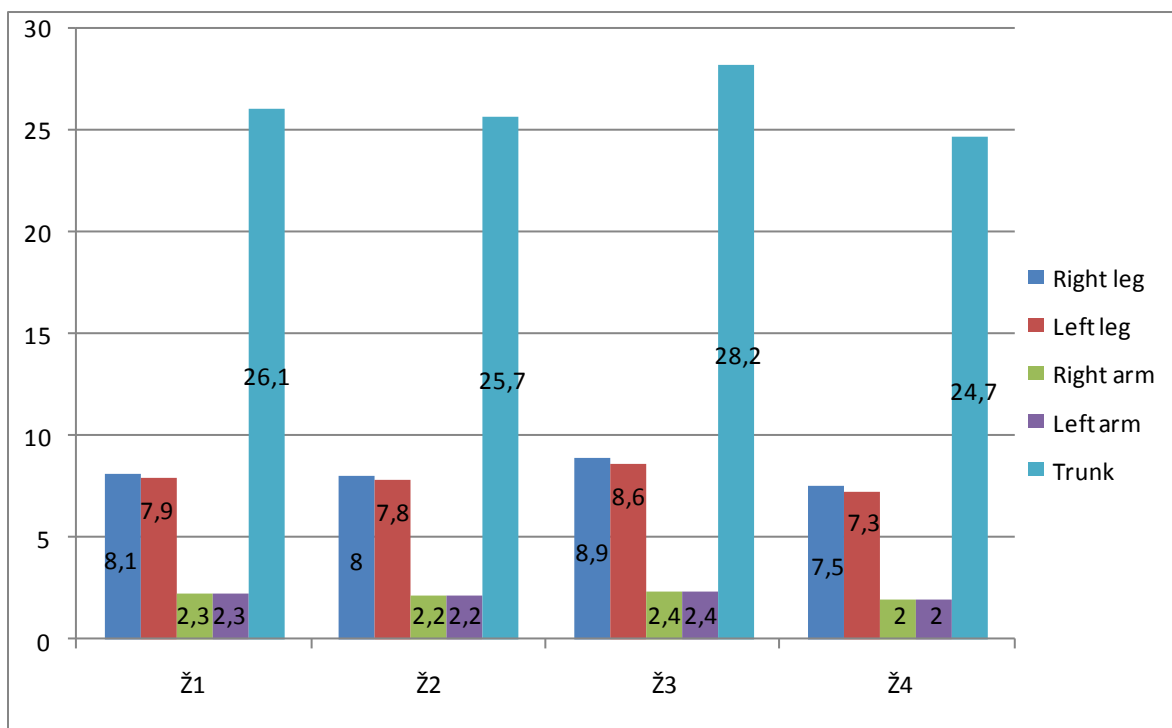
Obrázek 10. Zastoupení tuku (kg) v absolutních hodnotách na jednotlivých segmentech u sledovaných souborů

Největší množství tuku jsme v abdominálních hodnotách naměřili u všech věkových kategorií v oblasti trupu. Nejvíce tuku měla v oblasti trupu skupina Ž2, 10,4 kg. Nejméně pak skupina nejstarších dívek, 6,8 kg. Hodnoty tuku na dolních končetinách se pohybovaly v rozmezí od 3,2 kg u skupiny Ž4 až k 4,1 kg u skupiny Ž2. Zastoupení tuku na horních končetinách jsme naměřili v rozmezí 0,8 kg u skupiny Ž4 až k 1,1 kg u skupin Ž2 a Ž3 (Obrázek 10).



Obrázek 11. Zastoupení tuku (%) v relativních hodnotách na jednotlivých segmentech u sledovaných souborů

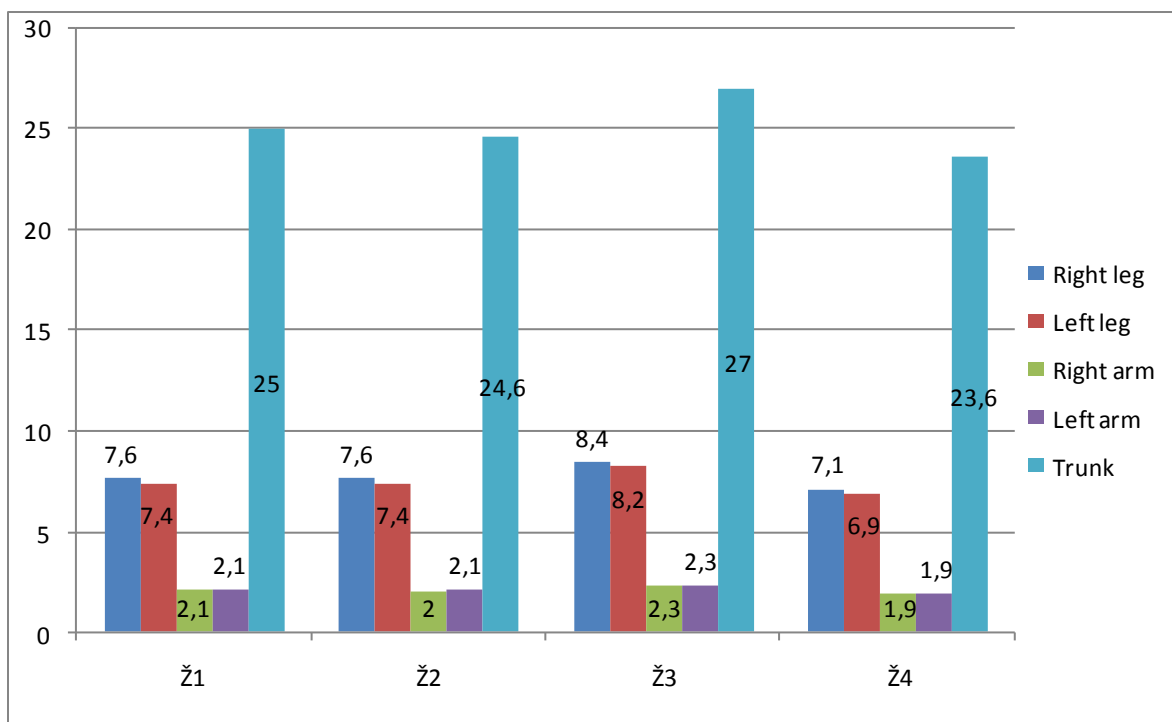
V množství tuku vyjádřeném v relativních hodnotách se u všech věkových skupin nacházelo větší procento tuku na levé horní i dolní končetině. Mezi hodnotami však nebyly výrazné rozdíly. Nejmenší procento tuku se u všech věkových skupin nacházelo v oblasti trupu, od 20,6 % u nejstarší skupiny, do 27,3 % u skupiny Ž2. Podíl tuku na všech pěti segmentech lidského těla byl nejvyšší u skupiny Ž2, tedy u dívek ve věku 17 let. Naopak nejnižší hodnoty tuku v oblasti trupu a horních končetin byl u skupiny Ž4, tedy nejstarších dívek, což je poněkud překvapivé. Maximální hodnoty tuku v oblasti trupu se nacházely u některých dívek v rozmezí 40,4-50 %, což je téměř dvojnásobek průměru. Tyto hodnoty signalizují abdominální obezitu (Obrázek 11).



Obrázek 12. Zastoupení tukuprosté hmoty (kg) na jednotlivých segmentech u sledovaných souborů

Větší množství tukuprosté hmoty se u všech kategorií nacházelo na pravé dolní končetině. Na levé dolní končetině byl podíl tukuprosté hmoty o něco málo menší. Tento rozdíl je na úkor většího zastoupení tuku na levé dolní končetině. V oblasti horních končetin jsme u všech věkových skupin naměřili téměř stejné hodnoty FFM jak na pravé, tak na levé horní končetině. Minimální rozdíly tvořila tolerance při měření. Hodnoty FFM na horních končetinách se pohybovaly u všech věkových kategorií v rozmezí 2 kg až 2,4 kg. Nejvíce tukuprosté hmoty v oblasti trupu jsme zaznamenali u skupiny Ž3, 28,2 kg, nejméně pak u skupiny nejstarších dívek, tedy skupiny Ž4 s hodnotou 20,6 kg (Obrázek 12).





Obrázek 13. Zastoupení predikované svalové hmoty (kg) na jednotlivých segmentech u sledovaných souborů

Množství predikované svalové hmoty na dolních končetinách byl nejvyšší u skupiny Ž3, tedy dívek ve věku 18 let. Více svalové hmoty se u každé skupiny nacházelo na pravé dolní končetině. Hodnoty se v průměru pohybovaly od 6,9 kg u nejstarší skupiny, do 8,4 kg u skupiny Ž3. Na horních končetinách byly naměřené hodnoty relativně shodné na pravé i levé horní končetině a pohybovaly se v rozmezí 1,9 kg u skupiny Ž4 až do 2,3 kg u skupiny Ž3. V oblasti trupu měly největší zastoupení svalové hmoty opět dívky ve věku 18 let, které zastupovaly skupinu Ž3, hodnota činila 27 kg. Nejméně svalové hmoty v oblasti trupu měly dívky nejstarší, tedy skupina Ž4. Naměřená hodnota byla vzhledem k mladším skupinám překvapivě nízká a to 23,6 kg (Obrázek 13).

## 6 ZÁVĚRY

Průměrné hodnoty tuku byly nejvyšší u nejstarších dívek (Ž4). Nejnižší zastoupení tuku měly nejmladší dívky (Ž1). Hodnoty měly od nejmladší k nejstarší skupině vzestupnou tendenci a pohybovaly se v doporučených hodnotách daných přístrojem Tanita BC 418 MA.

V oblasti celkové tělesné vody měla nejvyšší hodnotu skupina Ž3, naopak nejnižší hodnotu zastupovala skupina nejstarších dívek (Ž4).

Průměrné hodnoty tukuprosté hmoty ukázaly nejvyšší hodnotu u skupiny dívek Ž3, nejnižší pak opět u skupiny Ž4. V oblasti predikované svalové hmoty nastala naprosto stejná situace, nejvyšší hodnoty dosáhla skupina Ž3, nejnižší pak skupina Ž4. Mezi hodnotami nebyly velké rozdíly. Nejstarší skupina disponovala jak v oblasti celkové tělesné vody, tak v oblasti predikované svalové hmoty nejnižšími hodnotami, což bylo překvapivé.

U segmentální analýzy bylo zjištěno, že největší podíl tuku měla na dolních končetinách skupina Ž2, nejmenší podíl měla skupina Ž3. Na horních končetinách zastupovala nejvyšší hodnotu tuku skupina Ž2, nejnižší hodnotu pak skupina Ž4. V oblasti trupu měla skupina Ž2 opět nejvyšší hodnotu, nejnižší hodnotu měla skupina Ž4.

Nejvyšší hodnoty tukuprosté hmoty byly naměřeny v oblasti trupu. Skupina Ž3 dominovala s nejvyššími hodnotami jak na dolních končetinách, tak i na horních končetinách a také v oblasti trupu. Nejmenší hodnotu tukuprosté hmoty měla na všech segmentech těla skupina dívek Ž4.

## 7 SOUHRN

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo stanovení segmentální analýzy tělesného složení u dívek navštěvující střední školy v Olomouci a Litovli prostřednictvím monofrekvenčního přístroje Tanita BC 418 MA, který pracuje na principu bioelektrické impedance. Naměřená data byla získána na jaře roku 2010 na jednotlivých středních školách.

Měření podstoupilo celkem 192 dívek ve věkovém rozmezí 15-20 let. Tyto dívky byly dále rozčleněny celkem do čtyř skupin. První skupinu tvořily dívky ve věku 15 a 16 let (Ž1). Druhou skupinu zastupovaly dívky ve věku 17 let (Ž2), třetí skupinu dívky ve věku 18 let (Ž3) a poslední skupina se skládala z dívek ve věku 19 a 20 let (Ž4). Naměřené hodnoty jsme porovnávali mezi jednotlivými věkovými skupinami.

Průměrné hodnoty tuku měly od nejmladší po nejstarší skupinu vzestupnou tendenci a pohybovaly se v doporučených zdravotních hodnotách. Hodnoty se pohybovaly v rozmezí 26,5-28,7 %. Měření se ale neobešlo ani bez varujících výsledků, které u některých dívek vypovědělo nadváhu, v některých případech dokonce obezitu. Stejná situace nastala v opačném případě, kdy jsme u některých dívek zjistili podváhu.

Nejvíce celkové tělesné vody se nacházelo u skupiny dívek Ž3, 37 l. Stejná situace nastala i v oblasti tukuprosté hmoty a predikované svalové hmoty. U skupiny Ž3 bylo nejvyšší zastoupení tukuprosté hmoty a to 50,49 kg. Skupina také měla nejvyšší zastoupení predikované svalové hmoty a to 48,06 kg. Naopak nejnižší hodnoty jsme naměřili u dívek nejstarších, tedy skupiny Ž4, což bylo překvapivé.

Segmentální analýza ukázala, že největší zastoupení tuku mají dívky ve všech věkových kategoriích na dolních končetinách. Nejvíce skupina Ž2, nejméně pak skupina Ž3. Dále jsme zjistili, že u všech věkových kategorií se nachází o něco více tuku na levé dolní končetině oproti pravé. Na horních končetinách bylo největší zastoupení tuku opět u skupiny Ž2, nejméně u nejstarších dívek, tedy u skupiny Ž4. Stejná situace nastala v oblasti trupu, kdy skupina Ž2 s hodnotou 27,3 % dominovala, naopak skupina Ž4 s hodnotou 20,6 % měla nejmenší zastoupení tuku v oblasti trupu. Nejvyšší hodnoty tukuprosté hmoty zastávala skupina Ž3 na všech segmentech těla, nejnižší hodnoty byly opět na straně nejstarší skupiny, tedy Ž4. Nejvyšší hodnoty tukuprosté hmoty jsme naměřili v oblasti trupu u všech skupin a pohybovaly se v rozmezí od 20,6 kg u skupiny Ž4, až do 28,2 kg u skupiny Ž3. Hodnota predikované svalové hmoty ukázala nejvyšší čísla opět u skupiny Ž3, nejnižší hodnoty byly

opět na straně nejstarší skupiny. Nejvíce svalové hmoty jsme naměřili v oblasti trupu u všech věkových skupin, kde se hodnoty pohybovaly v rozmezí od 23,6 kg u skupiny Ž4, až do 27 kg u skupiny Ž3. V porovnání horních a dolních končetin se nacházelo nepatrně více predikované svalové hmoty na pravé horní i dolní končetině u všech věkových skupin. Překvapením bylo, že se nejnižší naměřené hodnoty pohybovaly u nejstarší skupiny, kterou zastupují dívky ve věku 19 a 20 let.

## 8 SUMMARY

The main goal of this bachelor's work was the assessment of segmental analysis of bodily composition of girls, who are visiting high schools in Olomouc and Litovel through the agency of the monofrequency apparatus Tanita BC 418 MA, which works on the principle of the bioelectrical impedance. The measuring data were gained in Spring in 2010 at individual high schools. 192 girls altogether went through the measuring at the age from 15 to 20 years. These girls were divided into 4 groups. The first group was created by girls at the age of 15 and 16 (Ž1). Girls represented the second group at the age of 17 (Ž2). The third group of girls at the age of 18 (Ž3) and the last one was created of girls at the age of 19 and 20 (Ž4). We compared the measuring values with the individual age groups.

The average values had a rising tendency from the youngest to the oldest group and moved in healthy standards with regard to age of the concrete group. The values moved from 26,5–28,7 %. The measuring did not get by the warning results, which were reflective of girls' overweight and in some cases even an obesity. The same situation was in the opposite case, when we found out the underweight of some girls.

The most total bodily water was found in the girls' group Ž3, 37 l. The same situation was in the area of the fat free mass and predict muscle mass. In the group Ž3 was the highest representation of the fat free mass and it was 50,49 kg. The group had the highest representation of the predict muscle mass too and it was 48,06 kg. In the opposite of it, we measured the lowest values in group of the oldest girls, which means the group Ž4, which was surprising.

The segmental analysis showed, that the biggest representation of the fat mass, had girls in every categories on lower limbs. The most of it had the group Ž2 and the least the group Ž3. Then we found out that was found a little bit more fat mass on the left lower limb in the opposite of the right lower one in every age group. The biggest representation on the upper limbs of the fat mass was in the group Ž2 again and the lowest was in the group of the oldest girls, which means in the group Ž4. The same situation came to pass in the area of torso, when the group Ž2 dominated with the value 27,3 %, in the opposite of the group Ž4, with value 20,6 %, which had the smallest representation of the fat mass in the area of torso. The highest values of fat free mass was found in the group Ž3 on every body's segments. The lowest values were found in the group of the oldest girls again, which means the group Ž4.

We measured the highest values of the fat free mass in the area of torso in every group and they moved from 20,6 kg in the group Ž4, to 28,2 kg in the group Ž3. The values of predict muscle mass showed the highest numbers in the group Ž3 again, and the lowest values in the group of the oldest girls again. The most of muscle mass we measured in the area of torso in every age group, where the values moved from 23,6 kg in the group Ž4 to 27 kg in the group Ž3. In the comparison with upper and lower limbs was found a little bit more predict muscle mass on the right and on the left limb too in every age group. The surprising was, that the lowest measuring values moved in the group of the oldest girls, which represented girls in the age of 19 and 20 years.

## 9 REFERENČNÍ SEZNAM

- Biospace (2009). *Co dokáže InBody*. Retrieved 12. 3. 2013 from the World Wide Web: [www.biospace.cz](http://www.biospace.cz).
- Bunc, V. (2009). Tělesné složení u adolescentů jako indikátor aktivního životního stylu. *Česká kinantropologie*, 13 (3), 11 – 17.
- Carr, G. (2012). *Psychické problémy v dospívání*. Praha: Portál.
- Carr, G., & Shale, E. (2010). *Puberťáci a adolescenti*. Praha: Portál.
- Gába, A., Riegerová, J., & Přidalová, M. (2009). *Hodnocení tělesného složení u seniorek, studentek U3V pomocí InBody 720*. *Česká antropologie*.
- Hartl, P. (2004). *Stručný psychologický slovník*. Praha: Portál.
- Hainer, V., a kol. (2011). *Základy klinické obezitologie*. Praha: Grada Publishing, a.s.
- Heyward, V., & Wagner, D. (2004). *Applied body composition assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- InBody (2009). Retrieved 25. 4. 2012 from the World Wide Web: [www.inbody.cz](http://www.inbody.cz).
- Kalman, M., Sigmund, E., Sigmundová, D., Hamřík, Z., Beneš, L., Benešová, D., & Csémy, L. (2010). *O zdraví a životním stylu dětí a školáků*. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Kutáč, P. (2012). Vývoj somatických parametrů hráčů ledního hokeje. *Česká antropologie* 2012, 62 (2), 9 - 14.
- Kyle, U. G., et al. (2004). Bioelectrical impedance analysis – part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition*, 23, 1226–1243.
- Lékařské váhy (2010). *Tělesný analyzátor TANITA BC 418 MA*. Retrieved 14. 4. 2013 from the World Wide Web: [www.lekarske-vahy.cz](http://www.lekarske-vahy.cz).
- Macek, P. (2003). *Adolescence*. Praha: Portál.
- Magnetická rezonance (2001). *Princip magnetické rezonance*. Retrieved 13. 3. 2013 from the World Wide Web: [www.mediscan.cz](http://www.mediscan.cz).

- Machová J., & Kubátová D., a kol. (2009). *Výchova ke zdraví*. Havlíčkův Brod: Grada Publishing.
- Malina, R. M. & Bouchard, C. (1991). *Growth maturation and Physical activity*. Champaign: Human Nutrition.
- Mastná, B. (1999). *Nadváha a obezita*. Praha: TRITON.
- Nešpor, K. & Provazníková, H. (1999). *Slovník prevence problémů působených návykovými látkami*. Praha: Státní zdravotní ústav.
- Pařízková, J. (1962). *Rozvoj aktivní hmoty a tuku u dětí a mládeže*. Praha: Státní zdravotnické nakladatelství.
- Pařízková, J. (1973). *Složení těla a lipidový metabolismus za různého pohybového režimu*. Praha: Avicenum.
- Ricciardi, R., & Talbot, L. A. (2007). *Use of bioelectrical impedance analysis in the evaluation, treatment, and prevention of overweight and obesity*. Journal of the American Academy of Nurse Practitioners.
- Riegerová, J., Přidalová, M., & Ulbrichová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu*. Olomouc: Hanex.
- Rokyta, R., et al. (2008). *Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, ošetrovatelství, přírodovědných, pedagogických a tělovýchovných oborech*. Praha: ISV.
- Tanita (2011). Retrieved 26. 4. 2012 from the World Wide Web: [www.tanita.de](http://www.tanita.de).
- Vágnerová, M. (2000). *Vývojová psychologie-dětství, dospělost, stáří*. Praha: Portál.
- Velký lékařský slovník (2008). *Radiografie*. Retrieved 13. 3. 2013 from the World Wide Web: [www.lekarske.slovníky.cz](http://www.lekarske.slovníky.cz).
- VivaHerbal (2010). *Bioelektrická impedance*. Retrieved 7. 3. 2013 from the World Wide Web: [www.vivaherbal.wz.cz](http://www.vivaherbal.wz.cz).
- VZP ČR (2013). *Téměř 80 % středoškoláků se ve své rodině setkala s rakovinou*. Retrieved 7. 6. 2013 from the World Wide Web: [www.vzp.cz](http://www.vzp.cz).



World Health Organization (2013). *Mean Body Mass Index*. Retrieved 5. 6. 2013 from the World Wide Web: [www.who.int](http://www.who.int).

Www.ultrazvuk.cz (2007). *Fyzikální principy zobrazení ultrazvukem*. Retrieved 13. 3. 2013 from the World Wide Web: [www.zdravotnictvi.ultrazvuk.cz](http://www.zdravotnictvi.ultrazvuk.cz).

## 10 PŘÍLOHA

Tabulka 4. Základní statistické charakteristiky sledovaných parametrů u Ž1

Parametry	Ženy 1 (n = 46)			
	M.	SD	Min.	Max.
Věk	15,87	0,34	15,00	16,00
Tělesné výška (cm)	165,91	5,79	153,00	176,00
Tělesná hmotnost (kg)	62,59	10,90	46,6	104,10
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	22,74	3,46	17,60	33,60
BF (%)	26,51	6,96	13,70	45,60
BFM (kg)	17,28	7,70	6,60	47,40
FFM (kg)	46,47	9,54	36,90	96,60
TBW (l)	34,00	6,98	27,00	70,70
PMM (kg)	44,17	9,12	35,00	92,10
RL Fat (%)	30,87	5,60	11,70	41,70
RL FatM (kg)	3,63	1,05	1,30	7,10
RL FFM (kg)	8,06	1,60	6,40	16,00
RL PMM (kg)	7,61	1,51	6,00	15,10
LL Fat (%)	31,80	5,36	13,30	42,20
LL FatM (kg)	3,58	1,03	1,50	7,00
LL FFM (kg)	7,86	1,53	6,20	15,60
LL PMM (kg)	7,42	1,45	5,90	14,70
RA Fat (%)	27,85	7,12	17,20	47,00
RA FatM (kg)	0,89	0,39	0,40	2,40
RA FFM (kg)	2,26	0,73	1,60	6,50
RA PMM (kg)	2,10	0,69	1,50	6,10

LA Fat (%)	28,81	6,90	18,40	47,20
LA FatM (kg)	0,94	0,42	0,40	2,60
LA FFM (kg)	2,26	0,77	1,60	6,70
LA PMM (kg)	2,10	0,72	1,50	6,30
TR Fat (%)	24,24	8,08	8,30	42,20
TR FatM (kg)	8,80	4,37	2,00	21,70
TR FFM (kg)	26,06	4,98	21,00	51,90
TR PMM (kg)	24,94	4,81	20,10	49,90

Výsvětlivky: BMI - body mass index ( $\text{kg/m}^2$ ); BF - % vyjádření tuku (%); BFM - tuková hmota (kg); FFM - tukuprostá hmota (kg); TBW - celková tělesná voda (l); PMM - predikovaná svalová hmota (kg); RL - pravá dolní končetina; LL - levá dolní končetina; RA - pravá horní končetina; LA - levá horní končetina; TR - trup

Tabulka 5. Základní statistické charakteristiky sledovaných parametrů u Ž2

parametry	Ženy 2 (n = 53)			
	M.	SD	Min.	Max.
Věk	17,00	0	17,00	17,00
Tělesné výška (cm)	165,10	6,22	149,00	177,00
Tělesná hmotnost (kg)	61,56	10,77	44,20	94,60
BMI ( $\text{kg/m}^2$ )	22,55	3,60	17,10	37,40
BF (%)	27,89	6,41	15,50	43,50
BFM (kg)	17,76	7,12	6,00	41,20
FFM (kg)	45,88	5,15	36,10	68,50
TBW (l)	33,59	3,76	26,40	50,10
PMM (kg)	43,58	4,91	34,30	65,40
RL Fat (%)	33,12	6,07	19,20	47,70
RL FatM (kg)	4,09	1,41	1,90	8,20
RL FFM (kg)	8,00	1,00	6,10	12,80

RL PMM (kg)	7,56	0,94	5,80	12,10
LL Fat (%)	33,22	5,90	21,10	46,60
LL FatM (kg)	4,03	1,38	1,80	8,00
LL FFM (kg)	7,83	0,97	6,10	12,40
LL PMM (kg)	7,38	0,92	5,80	11,70
RA Fat (%)	31,29	8,69	12,60	51,40
RA FatM (kg)	1,07	0,56	0,30	2,80
RA FFM (kg)	2,19	0,37	1,50	4,00
RA PMM (kg)	2,04	0,34	1,40	3,80
LA Fat (%)	32,00	8,77	12,40	52,30
LA FatM (kg)	1,14	0,62	0,30	3,00
LA FFM (kg)	2,21	0,38	1,50	4,00
LA PMM (kg)	2,06	0,37	1,40	3,80
TR Fat (%)	27,26	8,94	9,90	50,00
TR FatM (kg)	10,41	5,34	2,30	28,00
TR FFM (kg)	25,68	2,52	20,60	35,40
TR PMM (kg)	24,55	2,34	19,70	34,00

Vysvětlivky: BMI - body mass index ( $\text{kg/m}^2$ ); BF - % vyjádření tuku (%); BFM - tuková hmota (kg); FFM - tukuprostá hmota (kg); TBW - celková tělesná voda (l); PMM - predikovaná svalová hmota (kg); RL - pravá dolní končetina; LL - levá dolní končetina; RA - pravá horní končetina; LA - levá horní končetina; TR - trup

Tabulka 6. Základní statistické charakteristiky sledovaných parametrů u Ž3

parametry	Ženy 3 (n = 56)			
	M.	SD	Min.	Max.
Věk	18,00	0	18,00	18,00
Tělesné výška (cm)	165,51	5,90	153,00	180,00
Tělesná hmotnost	62,83	11,04	42,90	95,40

(kg)				
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	22,94	3,92	15,60	35,20
BF (%)	28,51	6,29	15,50	43,60
BFM (kg)	18,56	7,30	6,70	40,70
FFM (kg)	50,49	10,90	37,40	80,80
TBW (l)	36,97	7,99	27,40	59,20
PMM (kg)	48,06	10,46	35,50	77,10
RL Fat (%)	29,63	7,28	13,50	43,00
RL FatM (kg)	3,79	1,49	1,40	8,30
RL FFM (kg)	8,85	2,12	6,10	15,10
RL PMM (kg)	8,37	2,01	5,80	14,30
LL Fat (%)	29,66	6,93	14,10	42,80
LL FatM (kg)	3,72	1,44	1,40	7,70
LL FFM (kg)	8,64	2,02	6,00	14,60
LL PMM (kg)	8,16	1,91	5,70	13,80
RA Fat (%)	28,96	7,50	15,20	48,80
RA FatM (kg)	1,01	0,46	0,40	2,60
RA FFM (kg)	2,41	0,60	1,50	3,90
RA PMM (kg)	2,25	0,58	1,30	3,70
LA Fat (%)	30,22	7,60	17,10	49,40
LA FatM (kg)	1,10	0,51	0,50	2,90
LA FFM (kg)	2,44	0,63	1,50	4,00
LA PMM (kg)	2,28	0,60	1,40	3,80
TR Fat (%)	23,82	8,27	9,20	45,60
TR FatM (kg)	9,16	4,57	3,00	26,50

TR FFM (kg)	28,16	5,62	21,10	43,20
TR PMM (kg)	27,00	5,45	20,10	41,50

Výsvětlivky: BMI - body mass index ( $\text{kg/m}^2$ ); BF - % vyjádření tuku (%); BFM - tuková hmota (kg); FFM - tukuprostá hmota (kg); TBW - celková tělesná voda (l); PMM - predikovaná svalová hmota (kg); RL - pravá dolní končetina; LL - levá dolní končetina; RA - pravá horní končetina; LA - levá horní končetina; TR - trup

Tabulka 7. Základní statistické charakteristiky sledovaných parametrů u Ž4

parametry	Ženy 4 (n = 37)			
	M.	SD	Min.	Max.
Věk	19,67	0,47	19,00	20,00
Tělesné výška (cm)	166,43	5,55	156,00	179,00
Tělesná hmotnost (kg)	64,19	10,18	49,20	90,00
BMI ( $\text{kg/m}^2$ )	23,15	3,20	17,30	31,60
BF (%)	28,69	5,99	18,70	44,10
BFM (kg)	18,94	7,17	9,60	39,70
FFM (kg)	43,58	3,51	36,30	52,00
TBW (l)	31,90	2,57	26,60	38,10
PMM (kg)	41,38	3,31	34,50	49,30
RL Fat (%)	29,72	4,77	19,60	41,50
RL FatM (kg)	3,25	1,40	1,70	6,10
RL FFM (kg)	7,54	0,66	6,20	9,00
RL PMM (kg)	7,11	0,63	5,90	5,50
LL Fat (%)	29,89	4,71	19,40	41,90
LL FatM (kg)	3,20	0,91	1,70	5,90
LL FFM (kg)	7,34	0,68	6,00	8,90
LL PMM (kg)	6,93	0,62	5,70	8,40
RA Fat (%)	26,52	6,31	12,00	41,50

RA FatM (kg)	0,75	0,33	0,30	1,80
RA FFM (kg)	2,02	0,23	1,60	2,60
RA PMM (kg)	1,86	0,21	1,50	2,40
LA Fat (%)	26,88	6,63	12,90	42,30
LA FatM (kg)	0,80	0,37	0,30	2,00
LA FFM (kg)	2,02	0,25	1,60	2,70
LA PMM (kg)	1,88	0,24	1,50	2,50
TR Fat (%)	20,64	7,37	8,40	40,40
TR FatM (kg)	6,83	3,57	2,00	17,80
TR FFM (kg)	24,68	1,80	20,80	29,00
TR PMM (kg)	23,60	1,72	19,90	27,70,

Vysvětlivky: BMI - body mass index ( $\text{kg/m}^2$ ); BF - % vyjádření tuku (%); BFM - tuková hmota (kg); FFM - tukuprostá hmota (kg); TBW - celková tělesná voda (l); PMM - predikovaná svalová hmota (kg); RL - pravá dolní končetina; LL - levá dolní končetina; RA - pravá horní končetina; LA - levá horní končetina; TR - trup