

Univerzita Palackého v Olomouci
Fakulta tělesné kultury

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2015

Lubomír Fiala

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Fakulta tělesné kultury

**MOŽNOSTI ODHADU TĚLESNÉHO SLOŽENÍ PROSTŘEDNICTVÍM
PŘÍSTOJE TANITA 980 U STUDENTŮ A STUDENTEK FTK UP**

Bakalářská práce

Autor: Lubomír Fiala, učitelství pro střední školy,
tělesná výchova – biologie

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

Olomouc 2015

Jméno a příjmení autora: Lubomír Fiala

Název závěrečné písemné práce: Možnosti odhadu tělesného složení prostřednictvím přístroje Tanita 980 u studentů a studentek FTK UP

Pracoviště: Katedra přírodních věd v kinantropologii

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

Rok obhajoby: 2015

Abstrakt: Hlavním cílem bakalářské práce bylo stanovení tělesného složení u studentů 1. ročníku Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého. Celkem bylo změřeno 189 jedinců, z toho 73 studentek s průměrným věkem $19,6 \pm 0,7$ let a 113 studentů s průměrným věkem $20,3 \pm 1,2$ let. Měření proběhlo pomocí multifrekvenčního přístroje Tanita MC 980, který pracuje na principu bioelektrické impedance a umožňuje měřit ve dvou režimech, Atlet a Standard. Výchozí hodnoty byly porovnány mezi jednotlivými režimy zvlášť u skupiny studentek a zvlášť u skupiny studentů. Z výsledků vyplynulo, že v celém výzkumném měřeném v režimu Atlet byla naměřena vyšší průměrná hodnota hmotnosti, bazálního metabolismu, celkové tělesné vody, intracelulární tekutiny, kostní hmoty, tukuprosté hmoty a predikované svalové hmoty. Hodnoty extracelulární tekutiny, podíl tukové hmoty a celková hmotnost tukové hmoty byly vyšší v režimu Standard. V režimu Atlet tedy došlo, v porovnání s výsledky v režimu Standard, k výraznému poklesu zastoupení tělesného tuku, s čímž koresponduje nárůst zastoupení celkové tělesné vody. Na BMI a fázový úhel, zvolené režimy neměly skoro žádný vliv, neboť se průměrné hodnoty v celém výzkumném souboru nelišily.

Klíčová slova: tělesné složení, adolescence, bioelektrická impedance, Tanita MC 980

Souhlasím s půjčováním závěrečné písemné práce v rámci knihovních služeb.

Author's first name and surname: Lubomír Fiala

Title of the thesis: Possibilities of estimate of body composition by device Tanita 980 at male and female students FTK UP

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

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

The year of presentation: 2015

Abstract: The main aim of bachelor thesis was determine body constitution at first year students of the Faculty of Physical Culture, Palacky University. In total were measured about 189 individuals, 73 girls with average age $19,6 \pm 0,7$ year and 113 boys with average age $20,3 \pm 1,2$ year. Measurements were made by multi-frequency device Tanita MC 980, which operates on the bioelectrical impedance principle and which permit to measure at two modes, Athlete and Standard. Default values were compared between the different modes and separately at groups of female students and male students. The results showed that in research at Athlete mode was measured higher average value of weight, basal metabolic rate, total body water, intracellular fluid, bone mass and predicted muscle mass. The values of the extracellular fluid, the proportion of fat mass and total mass of fat were higher in Standard mode. In the Athlete mode, in comparison with the results in the Standard mode, was significant fall of body fat which show growth of total body water. For BMI and phase angle selected modes had almost no effect, because the average values at the research group had not differ.

Keywords: body composition, adolescence, bioelectrical impedance, Tanita MC 980

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

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

V Olomouci dne: 30. 6. 2015

.....

Děkuji Doc. RNDr. Miroslavě Přidalové, Ph.D. za pomoc a cenné rady a odborný dohled, který mi poskytla při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

1 ÚVOD.....	7
2 SYNTÉZA POZNATKŮ.....	9
2. 1 ADOLESCENCE.....	9
2. 2 TĚLESNÉ SLOŽENÍ.....	15
2. 2. 1 Modely tělesného složení.....	16
2. 2. 2 Metody odhadu tělesného složení.....	19
2. 2. 2. 1 Metody laboratorní.....	20
2. 2. 2. 2 Metody terénní.....	25
2. 3 BIOELEKTRICKÁ IMPEDANCE.....	29
2. 3. 1 FYZIKÁLNÍ VELIČINY U BIA.....	29
2. 3. 2 CHARAKTERISTIKA BIA.....	34
3 CÍLE.....	39
4 METODIKA.....	40
4. 1 VÝZKUMÝ SOUBOR.....	40
4. 2 TANITA MC 980.....	40
4. 3 VYBRANÉ PARAMETRY TĚLESNÉHO SLOŽENÍ.....	42
4. 4 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT.....	44
5 VÝSLEDKY.....	45
5. 1 VÝZKUMNÝ SOUBOR.....	45
5. 2 VYBRANÉ PARAMETRY TĚLESNÉHO SLOŽENÍ.....	46
6 ZÁVĚR.....	53
7 SOUHRN.....	54
8 SUMMARY.....	56
9 REFERENČNÍ SEZNAM.....	58
10 PŘÍLOHY.....	64

1 ÚVOD

Během posledních let byl zaznamenán velký pokrok ve vývoji metod a technik pro odhad tělesného složení. K metodám méně technologicky náročným, jako je metoda Matiegky, u něhož se podle Riegerové, Přidalové a Ulbrichové (2006) s pojmem tělesné složení setkáváme vůbec poprvé, přibýly metody umožňující měřit téměř všechny složky celého těla a to dokonce každý segment zvlášť.

Je to právě moderní technologický vývoj, který přispívá k dnešnímu životnímu stylu, který se vyznačuje nedostatkem fyzické aktivity, což je v rozporu s naším antropologickým posláním, které pro naše tělo vymyslela evoluce. Na vině je podle Shepharda (2005) mimo jiné závislost na automobilech, namísto využití aktivních dopravních prostředků při přemísťování se na kratších vzdálenostech, čas věnovaný stále rostoucímu počtu televizních kanálů, závislost na počítačových hrách a omezení současného městského života u dětí a dospívajících (přibývání bytů, nedostatek bezpečného prostoru pro aktivní hry a strach z cizinců, který udržuje děti doma). Důkazy výzkumu, který provedli Venkateswarlu, Adamu, a Gunen (2011) naznačují, že tyto významné změny v životním stylu přispěly ke zvýšení výskytu hypertenze, obezity, rakoviny prsu a rakoviny tlustého střeva. Hills, King a Armstrong (2007) uvádí, že dnešní generace dětí bude první po více než sto letech, jejichž průměrná délka života bude klesat. Je zřejmé, že je zapotřebí zvýšit pohybovou aktivitu a to především u dětí a adolescentů.

Právě analýza tělesného složení, nachází uplatnění při boji s obezitou a dalšími nemocemi, jako je anorexie, AIDS, tuberkulóza, dialýza a mnohé další. Jsou to výsledky z měření, které mohou dopomoci k odhalení zmíněných nemocí a následně informují o úspěšném či neúspěšném léčení.

Přesné určení složení lidského těla je nejen způsob jak odhadnout různá rizika pro zdraví, ale může pomoci i ve sportovním odvětví, neboť fyzická aktivita může složení těla značně měnit. Změny složení se mohou projevit např. ve větší hustotě kostních minerálů u sportů jako je volejbal a moderní gymnastika nebo v nárůstu svalů v kulturistice. Analýza potom mj. dokáže odhalit případné nerovnoměrné rozložení svalové frakce v tělesných segmentech, množství nežádoucího tuku atd. V poslední době se stala diagnostika tělesného složení nedílnou součástí kontroly adekvátního zastoupení jednotlivých tělesných frakcí a využívá ji většina sportovních odvětví. Díky

čemuž můžou mít trenéři zpětnou vazbu při ověřování funkčnosti daných tréninků a popřípadě je měnit dle potřeby.

Díky stále se zvyšující dostupnosti pracovišť a přístrojů pro určení tělesného složení, měření získává stále větší roli i u běžné populace, která se pomocí změny jídelníčku či pohybové aktivity snaží optimalizovat svou tělesnou hmotnost.

V bakalářské práci stanovuji tělesné složení metodou bioelektrické impedance u 1. ročníku studentů FTK UP pomocí přístroje Tanita MC-980. Tanita MC-980 je mezi posledními špičkovými přístroji v řadě široké škály přístrojové techniky, kterou produkuje Japonská firma Tanita.

2 SYNTÉZA POZNATKŮ

2.1 ADOLESCENCE

Termín adolescence byl odvozen z latinského slovesa *adolescere*, jehož význam je dorůstat, mohutnět, dospívat. Adolescence jako označení určitého období života jedince bylo poprvé použito v 15. století (Muuss in Macek, 2003).

Dospívání, jak můžeme adolescenci nazvat, je relativně krátká doba mezi dětstvím a dospělostí. Je to jedno z klíčových období života, neboť dochází k somatickému, duševnímu a pohlavnímu zrání (Rozkovicova et al., 2012). Podle Vágnerové (2005) představuje dospívání specifickou životní etapu, kdy jedinec hledá, přehodnocuje a při procesu vlastní proměny zvládá vytvořit zralejší formu svojí identity za účelem dosáhnout přijatelného sociálního postavení.

Konkrétní časové vymezení a specifikace tohoto období je u jednotlivých autorů různá. Podle Langmeiera a Krejčířové (2006) lze období adolescence vymezit zhruba od 15 do 22 let. V této době dochází k postupnému dosahování plné reprodukční zralosti, kdy testes mohou růst ještě po 20. roce a růst uteru končí v 20 letech. Macek (2003) ve své práci prezentuje názor, podle kterého je adolescence mostem mezi dětstvím a dospělostí a rozděluje ji na tři fáze:

- časná adolescence – 10 (11) – 13 let;
- střední adolescence – 14 – 16 let;
- pozdní adolescence – 17 – 20 let.

Dodává, že horní hranice může trvat i mnohem déle, neboť na jeho seminářích o adolescenci pro vysokoškolské studenty ve věku 19-24 let zjišťuje, že asi polovina zúčastněných se cítí po dobu svých vysokoškolských studií více adolescenty než dospělými.

Tělesné změny u adolescentů

Naproti tomu Riegerová et al. (2006), řadí adolescenty do věku 16 až 18 let, v průběhu těchto let dochází k výraznému zpomalení růstu do výšky až k úplnému zastavení, neboť kolem 18. roku chrupavčité spojení mezi os occipitale a os sphenoidale

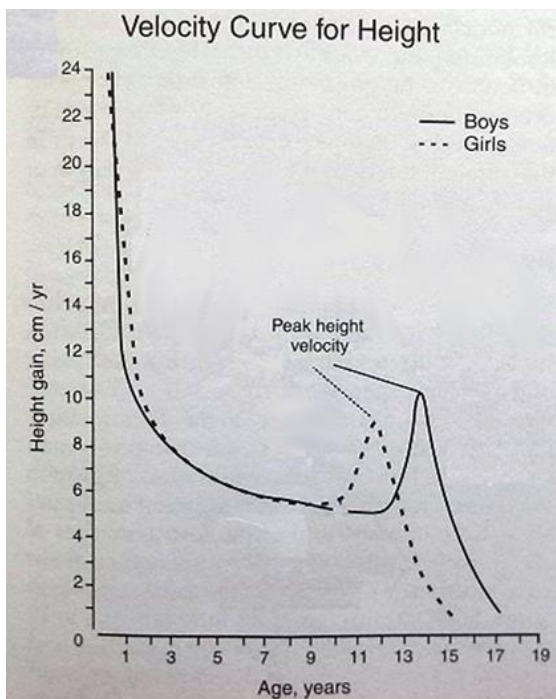
mizí a dochází k pevnému srůstu. Dále dodávají, že dochází ke zpomalení růstu dlouhých kostí oproti trupu, přičemž s jeho ukončením růstu vyvrcholí tělesné a duševní síly jednotlivce.

Malina, Bouchard a Bar-Or (2004) uvádí, že některé dívky dosahují dospělé postavy již cca kolem 14 let. Na druhé straně některým adolescentům (více chlapci než dívky) postava roste až do počátku poloviny 20 let. Dále poukazuje na studii Fels Longitudinal Study, ve které byl, asi u 10 % adolescentů, pozorován růst ještě 10 let po jejich vrcholu rychlosti růstu (Peak high velocity, Obrázek 1). Tato pozorování zdůrazňují potřebu rozšířit studie, zabývající se růstem postavy, i do třetího desetiletí života, neboť u významného procenta jedinců (mužů více než žen), pokračuje růst postavy i po 18. roku života, kdy naprostá většina studií růstu přestane.

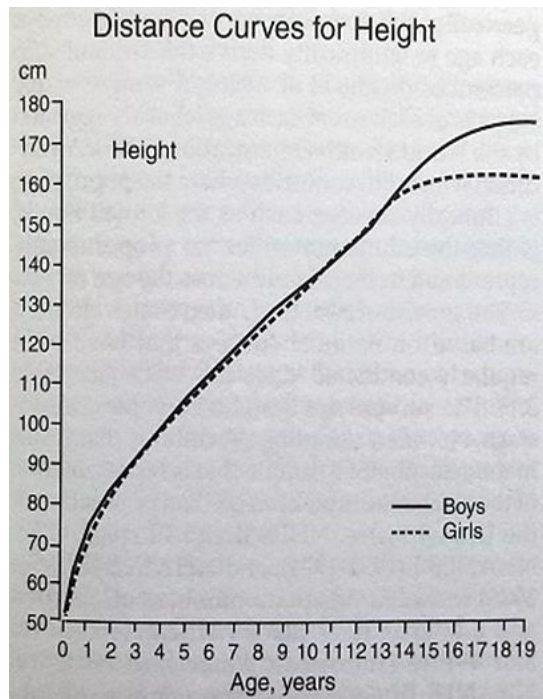
Při růstu jedince, od novorozence po adolescenta a až k mladému dospělému, dochází v těle mj. ke změně podílu vody, bílkovin, minerálních látek a tuku k hmotnosti těla. Přičemž podíl vody se snižuje a naopak podíl bílkovin, minerálních látek a tuku se zvyšuje. Dá se tedy říct, že růst je proces, při kterém dochází k hromadění pevných látek na úkor tekutin. Pohlavní rozdíly v relativním složení tukuprosté hmoty (fat free mass, FFM), jsou u adolescentů zanedbatelné. Pouze voda u dívek představuje mírně větší podíl FFM, naproti tomu mají chlapci více bílkovin a minerálních látek. Chlapci mají také větší hustotu než dívky a to dokonce ve všech věkových kategoriích. Taktéž mají odpovídajícím způsobem nižší procento tělesného tuku. (Malina, Bouchard, & Bar-Or, 2004).

Svalová vlákna se během dětství u chlapců a dívek konzistentně neliší. Patrná změna průměru nastává kolem 16 let, kdy se chlapcům až do poloviny 20 let vlákna zvětšují více než dívkám. Po 20. roku je u mužů pozorováno zmenšení plochy svalových vláken. U žen tomu tak není, neboť se jim plocha svalových vláken zvětšuje až do 27 let, ale z logiky věci se v průměru ani nepřiblíží k hodnotám mužů (Malina, Bouchard, & Bar-Or, 2004).

Dalším velice důležitým znakem adolescentů je stav vývoje třetích molárů, kdy na konci 21. roku dochází k dokončení jejich vývojového stádia (Rozkocova et al., 2012).



Obrázek 1. Rychlostní křivka vzrůstu u chlapců a dívek 0-19 let (upraveno dle Malina, Bouchard, & Bar-Or, 2004).



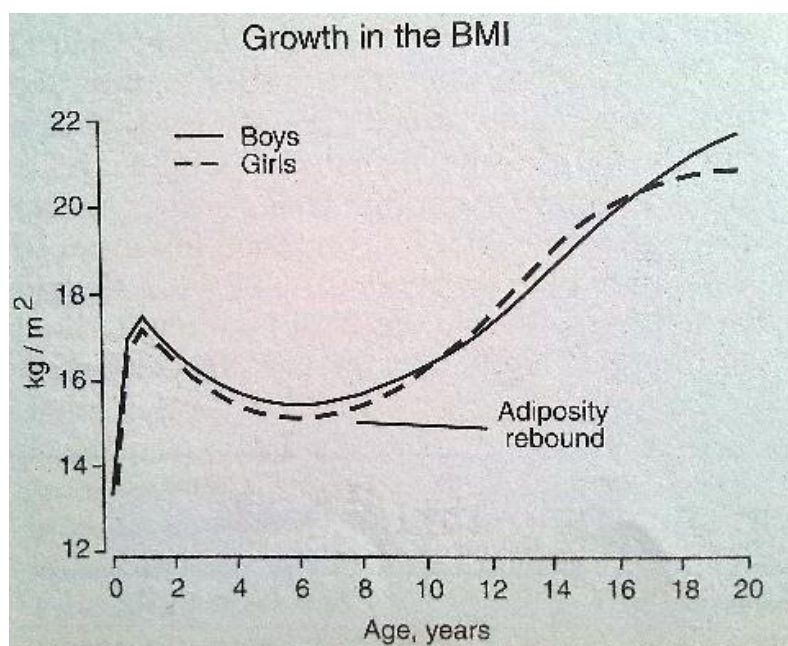
Obrázek 2. Distanční křivka vzrůstu u chlapců a dívek 0-19 let (upraveno dle Malina, Bouchard, & Bar-Or, 2004).

V této práci se přikláním k názoru Langmeiera a Krejčířové (2006) a tedy periodizaci, podle které se adolescencí vymezuje období 15 – 22 let, neboť dospělost je charakterizována nejen biologickou zralostí, ale i sociální, která je posunuta studiem což se týká respondentů měřených v bakalářské práci.

Madan, Mrug a Wright (2014) se dále ztotožňují s názorem, že jednu z hlavních rolí na socializaci a utváření identity má televize a ostatní média, přičemž podstatná část televizních programů a filmů obsahuje mediální násilí, definovaná jako vizuální zobrazení aktů fyzického násilí jednoho člověka vůči jinému, což může mít za následek mimo jiné úzkost. Úzkost se může projevit zhoršenou koncentrací, strachem, únavou, podrážděností a bolestí svalů. Tyto faktory mohou mít negativní dopad na kvalitu a průběh studia. Podle Yaqooba a Asada Khana (2014) útěk a vyhýbání se nepříjemným pocitům spojenými s úzkostí, mnohdy zahrnuje přejídání, začínání s kouřením, dokonce i zneužívání léků a jiných léčiv.

Přejídání spojené s nedostatkem pohybové aktivity, zapříčiňuje, že dospívající mají přebytek tuku, který může negativně ovlivnit různé složky zdraví. Dramatické zvýšení obezity u dospívajících v posledních desetiletích se připisuje hlavně poklesu

příležitostí k fyzické aktivitě a také zvýšené potřebě používání elektronických sdělovacích prostředků jako jsou mobilní telefony, počítače a televize (Laurson, Lee, & Eisenmann, 2015). K posouzení hmotnostně výškového vztahu se běžně používá Body-mass index (BMI). Malina et al. (2004) uvádí, že BMI od narození po rané dětství stoupá, kolem 2 roku ovšem začne klesat, přičemž v 5-6 roku dosáhne svého minima. Potom se přes adolescenci až po dospělost lineárně zvyšuje. Naproti tomu tělesná hmotnost se bez přerušení zvyšuje s věkem lineárně.

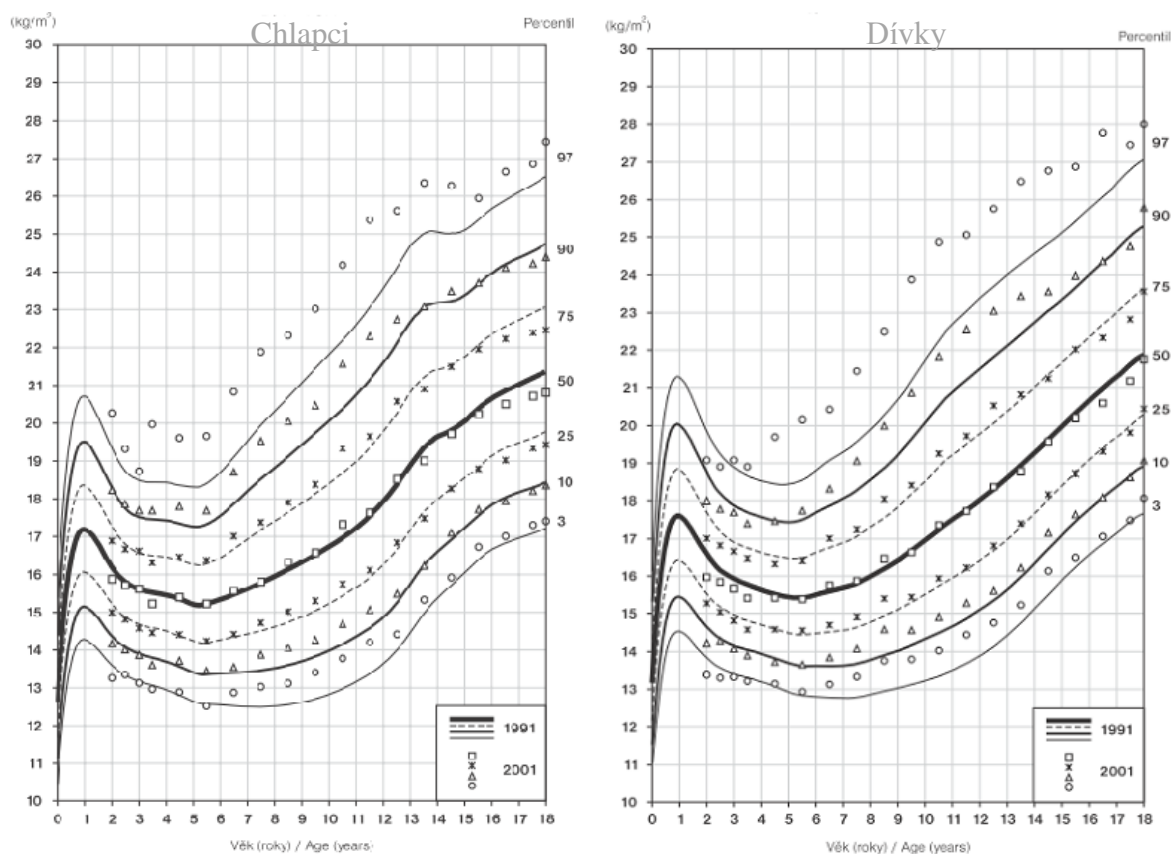


Obrázek 3. Distanční křivka pro BMI chlapců a dívek od 0-21 let. (upraveno dle Malina, Bouchard, & Bar-Or, 2004).

Vzestup BMI, po té co dosáhl dna v 5-6 letech, se v angličtině označuje jako „adiposity rebound“. Autoři naznačují, že pokud tento jev nastane u dětí časně, mají potom zvýšenou pravděpodobnost nadváhy v pozdní adolescenci a mladé dospělosti (Malina, Bouchard, & Bar-Or, 2004).

Na Obrázku 4 můžeme vidět srovnání vývoje BMI české dětské populace pomocí percentilových grafů z celostátního antropologického výzkumu, uskutečněného v letech 1991 a 2001. BMI je v období růstu velice proměnlivý a má i charakteristický sexuální dimorfismus (Vignerová et al., 2006).

Riegerová et al. (2006) dodává, že závažným a až životu ohrožujícím problémem lze předcházet díky změně životního stylu, jakým je pravidelné cvičení, nekuřáctví a vyvážená strava. Ried-Larsen, Grøntved, Møller, Larsen, Froberg a Andersen (2014) dodávají, že nedostatečné zapojení do fyzické aktivity u dospělých je hlavním rizikovým faktorem u kardiovaskulárních onemocnění a právě návyky pohybové aktivity do ukončení adolescence hrají velkou roli v primární prevenci.



Obrázek 4. Porovnání BMI u dětské populace v letech 1991 a 2001 (upraveno dle Vignerová et al., 2006)

Vliv pohybové aktivity u adolescentů

Fyzická aktivita v průběhu dětství a adolescence má vztah s mnohými výhodami, jako je snížení nadváhy, zlepšení kardiovaskulární činnosti, snížení příznaků deprese a úzkosti, vyšší sebevědomí a lepší studijní výsledky. Naopak, fyzická nečinnost je jedním z nejvíce znepokojujících problémů 21. století. Sedavý způsob života zvyšuje riziko vzniku nadváhy a obezity, a mnoha dalších chronických onemocnění jak v dětství, tak v dospívání. Vzhledem k faktu, že fyzická aktivita v

dětství a adolescenci slouží mnohdy jako předloha k fyzické aktivitě v dospělosti, měla by škola, kterou děti a adolescenti navštěvují, mít program podpory zdraví a nejvíce vhodné prostředí pro každého studenta k rozvíjení znalostí, chování a motorických dovedností, nezbytné pro získání a udržení fyzicky aktivního životního stylu (Menschik, Ahmed, Alexander, & Blum, 2008).

Dlouhodobé sběry dat ukázaly, že pokud se adolescenti ve škole 5 dní v týdnu účastní tělesné výchovy, sníží se pravděpodobnost nadváhy v dospělosti o 28% (Story, Nanney, & Schwartz, 2009). Nicméně trend podle Hillse et al. (2007) směřuje k méně hodinám tělesné výchovy a sportu ve školách.

Účast v některých mimoškolních pohybových aktivitách snižuje pravděpodobnost nadváhy v mladé dospělosti. Pokud jde o mimoškolní pohybové aktivity, je pravděpodobnost obezity v mladé dospělosti snížena o 48%, pokud adolescenti alespoň 4 krát týdně provozují aktivity jako je in-line bruslení nebo jízda na kole (Menschik, Ahmed, Alexander, & Blum, 2008).

Pohybová aktivita u adolescentů snižuje riziko zlomenin v pozdějším životě, i když je v dospělosti pohyb redukován. Cvičením indukované zisky kostní hmoty v adolescenci, jsou totiž zachovány až do dospělosti, což naznačuje, že pohybové návyky v mládí jsou dlouhotrvajícím přínosem ve zdraví kostí (Hallal, Victora, Azevedo, & Wells, 2006).

Hills et al. (2007) uvádí, že množství kostní tkáně uložené v dospělosti je do značné míry dáno genetikou, ale faktory jako je výživa a fyzická aktivita představuje 20 až 40 % z variability vrcholové hodnoty kostní hmoty. Nesmí se při tom zapomínat, že prospěšné účinky tělesné aktivity se dostaví jenom tehdy, když je dostatečný přísun vápníku.

Hallal et al. (2006) tvrdí, že aerobní cvičení v adolescenci redukuje diastolický krevní tlak v dospělosti. Pohybová aktivita (PA) výrazně zlepšila vitální kapacitu plic u pacientů s cystickou fibrózou. Cvičení v dětství a dospívání má pozitivní dopady na sebeúctu a snižuje hladinu stresu. Plavání snižuje příznaky astmatu. PA je nepřímo úměrná k projevování symptomů deprese v adolescenci a snižuje úzkost.

Hallal et al. (2006) dále dodává, že sedavý způsob života a s ním spojené aktivity jako je sledování televize a kouření, způsobuje v dospělosti zvýšenou hladinu cholesterolu a vyšší BMI.

Doporučené, nedávno vyvinuté, pokyny pro fyzickou aktivitu dětí a adolescentů (Morano & Colella, 2012):

- děti a mládež by měly provádět alespoň 60 minut fyzické aktivity denně;
- děti a mládež by měly provádět každý den krátké výbušné intenzivní fyzické aktivity trvající 15 nebo více minut;
- děti a mládež by měli provádět různé příjemné a věku přiměřené aktivity, jež mají za úkol dosažení optimálního zdraví a lepšího výkonu;
- děti a mládež by měly být vyzývány ke zkrácení doby strávené při sedavých činnostech.

Hallal et al. (2006) nezapomíná uvést, že PA během dospívání může také způsobit velké škody, neboť nucení vykonávání PA v dětství a dospívání bylo spojena s nečinností v dospělosti. Také časná specializace ve sportu je spojena s vyšší mírou předčasného ukončování dané aktivity kvůli riziku zranění. Namáhavá pohybová aktivita během adolescence může mít vliv na ženský reprodukční systém (atletická amenorea). Vzpírání během dospívání může způsobit vážné poranění pohybového aparátu, jako jsou např. prasklé meziobratlové ploténky a výskyt spondylolistézy, zlomeniny, poranění menisku, jakož i přerušení růstu.

2. 2 TĚLESNÉ SLOŽENÍ

Udržování zdravé tělesné hmotnosti a úrovně tělesného tuku je klíčem ke zdravějšímu a delšímu životu. Jednotlivci, kteří mají nadváhu, nebo jsou obézní, mají vyšší riziko vzniku kardiovaskulárních, plicních a metabolických onemocnění, dále pak osteoartritidy a některých typů rakoviny. Naproti tomu jedinci s podváhou s nízkou úrovní tělesného tuku mají tendenci být podvyživení, mají relativně vysoké riziko nerovnováhy elektrolytů v ledvinách a poruchy reprodukce, osteoporózy, osteopenie, a ochabování svalů. V současné době se k identifikaci osob, které trpí obezitou, nadváhou nebo podváhou, používá Body mass index (index tělesné hmotnosti, při kterém dochází k poměru mezi hmotností člověka a jeho tělesnou výškou, umocněné na druhou) (Heyward & Wagner, 2004).

Sullivan, Johnson a Katzmarzyk (2010) jako jednu z výhod uvádějí, že provádění měření pomocí BMI je z finančního hlediska výhodné a navíc odpadá povinnost klinické docházky, neboť je k výpočtu potřeba pouze výška a hmotnost měřeného. Nicméně dodávají, že někteří jedinci mají tendenci k dosazování menší

hmotnosti a vyšší výšky, což může mít za následek podceňování výsledku měření. Riegerová et al. (2006) poukazují na to, že BMI jakožto hmotnostně výškový index nerozlišuje mezi tukovou a tukuprostou hmotou. Pro měření doporučuje více přímé postupy, jako je např. bioelektrická impedance. Dodává, že BMI nemusí nutně odrážet změny, které nastanou s věkem, kdy se podíl tělesného tuku zvyšuje na úkor svalové hmoty.

Vzhledem k tomu, že BMI nebere v úvahu tělesné složení, může při používání tohoto indexu dojít k chybné klasifikaci podváhy, nadváhy či obezity. Cíl dalších výzkumů na poli aplikovaného posuzování tělesného složení je tedy vyvinout metody přesného měření.

Heyward a Wagner (2004) uvádějí, že stanovení tělesného složení lze využít:

- K určení zdravotního rizika spojeného s příliš nízkou nebo vysokou hladinou celkového tělesného tuku.
- K podpoře pochopení zdravotních rizik spojených s příliš malým nebo příliš velkým množstvím tělesného tuku.
- Ke sledování změn ve složení těla, které jsou spojeny s některými chorobami.
- K posouzení změn a účinnosti výživových a cvičebních intervencí, na složení těla.
- K odhadu zdravé tělesné hmotnosti pro klienty a sportovce.
- K formulaci dietních doporučení a cvičebních plánů.
- Ke sledování změn složení těla související s růstem, vývojem, dospíváním a věkem.

2. 2. 1 Modely tělesného složení

První informace o složení lidského těla byly zjištěny z chemické analýzy orgánů a analýz na mrtvolách, které kvantifikovaly tuk, celkovou tělesnou vodu, minerály (kosti a měkké tkáně) a obsah bílkovin v těle. Tyto studie poskytly referenční data pro vývoj modelů tělesného složení, které rozdělují tělesnou hmotnost do dvou nebo více složek (Heyward & Wagner, 2004).

Dvoukomponentové modely jsou dle Riegerové et al. (2006) z praktického a klinického hlediska nejpoužívanější. Modely popisují tělo jako součet tuku (fat-mass, FM) a tukuprosté hmoty (fat-free mass, FFM), přičemž vícesložkové modely rozdělí tělo do tří nebo více složek (obrázek 4).

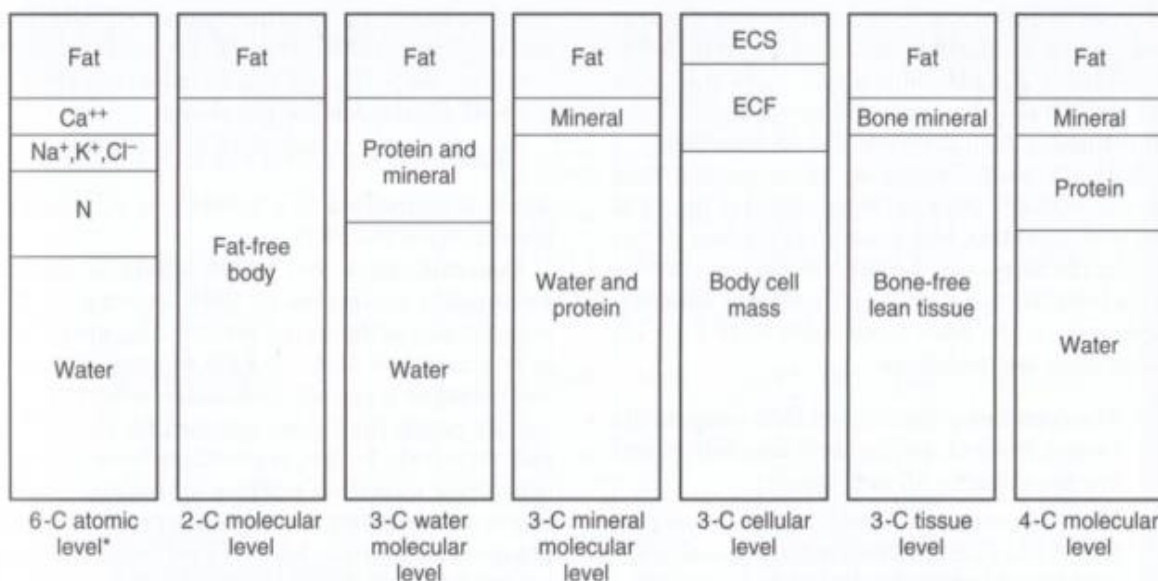
Podle schématu navrženým Wangem, Piersonem a Heymsfieldem (1992), může být tělo rozděleno na pět různých úrovní:

- I. atomární úroveň – kyslík, uhlík, vodík, dusík a další prvky;
- II. molekulární úroveň – voda, bílkoviny, minerální látky, glykogen a lipidy;
- III. celulární úroveň – buněčná hmota, extracelulární tekutiny a pevné látky;
- IV. tkáňová úroveň – kosterní svalstvo, krev, skelet, tuk, ostatní;
- V. celotělová úroveň.

Součet složek tvořících každou úroveň je roven tělesné hmotnosti.

V minulosti nebylo možné měřit jednotlivé složky tukuprosté hmoty (FFM), používal se jednodušší, dvoukomponentový model. Vzhledem k technologickým pokrokům jsou nyní vědci schopni používat i vícesložkové modely (Wang, Pierson, & Heymsfield, 1992).

V této části práce se zabývám především dvoukomponentovými a vícesložkovými modely na molekulární úrovni, neboť jsou široce používány při studiu posuzování složení těla.



Obrázek 4. Příklady komponentových modelů (upraveno dle Heyward & Wagner, 2004).

Dvoukomponentový model

Nejpoužívanější model, podle kterého se tělo dělí jen na dvě základní komponenty, tuk (fat mass, FM) a tukuprostou hmotu (fat-free mass, FFM) (Riegerová et al., 2006).

Nejstarší dvoukomponentový (two-component model, 2-C) model byl prezentován Behnkem at al., v roce 1942. Byl založen na měření celkové tělesné denzity. Později Behnke a kolegové (1953) přišli s termínem „lean body mass“, který zahrnuje tukuprostou hmotu plus esenciální lipidy (LBM) (Heyward & Wagner, 2004).

Na dvoukomponentovém modelu dále pracovali Keys a Brozek (1953), kteří vyvinuli model 2-C rovnice pro odhad množství tukové hmoty (vyjádřené jako procento z celkové tělesné hmotnosti) z tělesné denzity. V roce 1956, také Siri vyvinul další model 2-C rovnice. V obou těchto 2-C modelových rovnicích, nicméně vycházely téměř identické odhady procent tukové hmoty z celkové tělesné hmotnosti. V tomtéž roce však Siri odhaluje chyby spojené s používáním 2-C pro odhad množství (%) tělesného tuku z tělesné denzity. Tyto chyby jsou způsobené biologickou variabilitou v relativní (%) hydrataci (vody v organismu) a proteino-minerálním poměru v FFM, jakož i složení tukové tkáně, které může být u každého jedince jiné (Heyward & Wagner, 2004).

Tříkomponentový model

Za účelem zpřesnění dat a překonání nedostatků měření vycházejících z 2-C, vědci používají více komponentové modely. Dle Riegerové et al. (2006) tříkomponentový model (three-component model, 3-C), v rámci tělesného složení, rozlišuje: tuk, vodu a sušinu (proteiny a minerály), někdy se zjednodušeně uvádí jako podíl tuku, svalstva a kostní tkáně.

Heyward a Wagner (2004) nabízí i další varianty tří komponentního modelu (Obrázek 1), které se od sebe většinou liší variabilitou v relativním obsahu minerálů v tukuprosté hmotě.

Čtyřkomponentový model

V ideálním případě, by měl být ke zjištění hodnot tukové hmoty použit právě čtyřkomponentový model (four-component model, 4-C), neboť je víceméně nejpřesnější. Tento model rozděluje tělo na tuk, vodu, minerální a proteinové složky, čímž se eliminuje nutnost učinit předpoklady ohledně relativních podílů těchto složek v těle, jak tomu je u předešlých modelů (Heyward & Wagner, 2004).

Riegerová et al. (2006) složky 4-C specifikují v mírně odlišné formě. Zahrnují do něj tuk, extracelulární tekutinu, buňky a minerály.

Šestikomponentový model

Šestikomponentový model odpovídá měření na atomové úrovni.

Atomové modely (obrázek 1) vyžadují přímou analýzu chemického složení těla in vivo. K tomu se používá neutronová aktivační analýza (NAA), která zkoumá jednotlivé prvky obsažené v lidském organismu. Tento model tvoří: voda, dusík, vápník, draslík, sodík a chloridy. V současné době se odborníci shodují na tom, že vícesložkový přístup by měl být použit kdykoliv je to možné, zejména pro vývoj a validaci metod tělesného složení a predikce rovnic. Bohužel nedostatek NAA zařízení a vysoké náklady omezuje jejich použití (Heyward & Wagner, 2004).

2. 2. 2 Metody odhadu tělesného složení

Spolehlivé a platné hodnocení složení těla, je důležité jak v laboratorním, tak i v terénním výzkumu. Existuje mnoho metod a technik pro měření složení těla a všechny mají své vlastní přirozené problémy, které vychází z metodiky měření nebo předpokladů, na nichž jsou založeny. Volba specifické metody nebo kombinace metod, zejména pro studie, závisí na různých úvahách, včetně posouzení relativních plusů a minusů, jako je přesnost, preciznost, akceptovatelnost subjektu, pohodlí, náklady, vystavení záření a další. Zásadní podmínkou je, aby zvolená metoda mohla poskytnout platné a reprodukovatelné výsledky vzhledem k charakteristice měřeného subjektu.

V této kapitole se zaměřím na základní rozdělení metod odhadu tělesného složení, které můžeme rozdělit na laboratorní a terénní.

2. 2. 2. 1 Metody laboratorní

Metody laboratorní jsou vzhledem ke své povaze, z hlediska technického vybavení, nároků na odbornost obsluhy, organizační možnosti (pro probandy je nutnost se dostavit do laboratoře. Vyšetření je časově náročnější) a cenové relace přístrojové techniky, pro terénní praxi obtížné. V důsledku toho jsou ale vybrané laboratorní metody také referenčními metodami, čehož je možné využít pro podmínky kinantropometrie a terénní praxe. V současné době, mezi nejčastěji používané metody patří denzitometrie, hydrostatické vážení a DEXA, případně jiné. Za referenční metodu je považována metoda DEXA (Riegerová et al., 2006).

Denzitometrie

Tato metoda je založena na konstantní hodnotě denzity tuku ($0,9 \text{ g/cm}^3$) a tukuprosté hmoty ($1,1 \text{ g/cm}^3$), vychází tedy z dvoukomponentového modelu. Vztah, který vyjadřuje podstatu denzitometrie se dá vyjádřit jako:

$$\text{tělesná hmotnost} = \text{denzita} \cdot \text{objem}$$

Riegerová et al. (2006) uvádí, že hodnota konstantní denzity byla prokázána chemickými analýzami na laboratorních zvířatech.

„Největším zdrojem variability v denzitě FFM jsou rozdíly v její hydrataci, což může vést k chybě odhadu tuku kolem 2,7 %. Podobně poměr minerálů a proteinů může být variabilní do té míry, že vede k chybě kolem 2,1 %. Podobnou chybu může způsobovat i variabilita denzity kostní tkáně“ (Riegerová et al., 2006, 35).

Heyward a Wagner (2004) považují za hlavní nedostatek metody přepočítávání tělesné denzity na podíl tukové tkáně. Jako problém nevidí denzitu tukové tkáně, ta je podle nich relativně konzistentní, ale variabilní hodnoty denzity tukuprosté hmoty. Dodávají, že pokud jsou rovnice s předpokládanou hodnotou ($1,1 \text{ g/cm}^3$) aplikovány na různé skupiny populací, jejichž denzita FFM se liší, vykazují výsledky těchto rovnic

systematickou chybu. Jako příklad uvádějí densitu FFM afro-amerických žen a mužů ($1,106 \text{ g/cm}^3$), která je vyšší než $1,1 \text{ g/cm}^3$. Z důvodů předcházení podhodnocování, či nadhodnocování výsledků měření denzity jsou postupně zpracovávány populačně-specifické rovnice pro přepočtení denzity na relativní hodnoty podílu tuku v organismu (Riegerová et al., 2006).

Riegerová et al. (2006, 35) uvádí nejčastěji používané rovnice:

$$\text{Brožek (1963)} \quad \% \text{ tělesného tuku} = (4,57/D - 4,412) \cdot 100$$

$$\text{Siri (1961)} \quad \% \text{ tělesného tuku} = (4,95/D - 4,5) \cdot 100$$

$$\text{Lohman (1986)} \quad \% \text{ tělesného tuku} = (2,118/D - 0,78 \cdot W - 1,354) \cdot 100$$

$$\% \text{ tělesného tuku} = (6,386/D + 3,961 \cdot m - 6,090) \cdot 100$$

$W = \text{denzita vody (0,9937 g/cc)}$

$m = \text{kostní minerály}$

Dle Kutáče (2009), uvádí literatura standardní chybu při odhadu podílu tuku z denzitometrie, v rozmezí 2,7 % - 4 %.

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

Základním principem technologie DEXA spočívá v tom, že použití zeslabeného rtg záření s vysokou a nízkou energií fotonů je měřitelné a závisí na tloušťce, hustotě a chemickém složení měřené tkáně (Heyward & Wagner, 2004).

Tato metoda vlastně měří diferenciální ztenčení dvou rentgenových paprsků, které prochází organismem. Rozlišuje kostní minerály od měkkých tkání a ty rozděluje na tuk a tukuprostou hmotu, což odpovídá čtyřkomponentovému modelu (kostní minerály, proteiny, voda a tuk-viz kap. 2. 2. 1). V současnosti je považována za nejlepší referenční metodu a bývá nazývána tzv. zlatým standardem (Riegerová et al., 2006).

Riegerová et al. (2006) popisují proces měření, který je prováděn vleže, s dobou trvání v závislosti na druhu přístroje (5-20 min). Uvádějí, že snímací plocha je $60 \cdot 190 \text{ cm}$, tím pádem nelze vyšetřit subjekty s většími proporcemi. Ačkoli DEXA měří celé i segmentální složení těla, dle Fieldse, Demeratha, Pietrobelloho a Chandler-Laneyho (2012) přetrvávají obavy ohledně působení záření, přestože je extrémně nízké.

Hydrostatické vážení

Metoda hydrostatického vážení je založena na principu Archimédova zákona. Princip říká, že na těleso ponořené nebo plovoucí v kapalině působí nadnášející síla, která je stejná jako hmotnost kapaliny vytlačené tělesem (Han, Ko, & Cho, 2012). Mezi hlavní požadavky této metody patří nádrž, do které se lze snadno dostat a také z ní odejít, je dostatečně velká k ponoření subjektu, systém který udržuje známou a stálou teplotu a židli nebo rám, o známé hmotnosti, díky které může být subjekt pod vodou zvážen (Shephard, 2005).

Podle Riegerové et al. (2006) a Shepharda (2005) se při hydrostatickém vážení objem těla zjišťuje z rozdílu hmotnosti, změřeného na suchu a pod vodou, s přihlédnutím na denzitu a teplotu vody v okamžiku vážení. Dále poukazují na fakt, že tělo, které je pod vodou, je nadlehčováno vzduchem v dýchacích cestách a plicích. Z toho důvodu je vážení prováděno v maximálním expiriu a výsledek je nutné korigovat o objem reziduálního vzduchu (obvykle 1-2 l). Předpokládaný objem gastrointestinálních plynů je mnohem menší (cca 100 ml) a proto není pro korekci uvažován. Nicméně Shephard (2005) doporučuje 24 hodin před ponořením, vyloučit ze stravy potraviny, které způsobují plynatost ve střevech (např. fazole). Měření reziduálního objemu plic se může měřit na souši i ve vodě. Je ovšem výhodnější měřit současně při odečítání hmotnosti pod vodou. Současné měření reziduálního objemu a hydrostatického vážení je méně časově náročné a poskytuje přesnější odhad objemu těla (Heyward & Wagner, 2004; Riegerová et al., 2006). Podle Shepharda (2005) většina autorů udává, že poloha na břiše dává více konzistentní výsledky než poloha vsedě, patrně je to z důvodu minimalizace pohybu.

Standardní hydrostatické vážení požaduje po účastnících se ponořit a zcela vydechnout do vody, což může být např. pro děti, starší osoby, tělesně postižené a lidi, kteří mají z vody strach obtížné. Pro odstranění nepohodlí a strachu se mnozí vědci pokoušeli vyvinout hydrostatické vážení bez potřeby potopení hlavy (Demura, Yamaji, Yamada, & Minami, 2008). Demura, Yamaji, Nakada, Kitabashi, & Minami (2005) vymysleli, a v japonském výzkumu úspěšně vyzkoušeli, predikční rovnice, které měření hustoty těla bez potopení hlavy umožňují.

Ultrazvuk

Při využití ultrazvuku pro zjištění tělesného složení se využívá přístrojů, které fungují na základě vysokofrekvenčních zvukových vln, které volně procházejí přes homogenní tkáň, přičemž se část vyzařované energie odrazí na každé hranici mezi tkáněmi. Jako příklad lze uvést fascii oddělující tuk od svalu. Odraz pak může být převeden na elektrický signál (Shephard, 2005).

Metoda ultrazvuku může být použita jako alternativní přístup k měření podkožní tukové tkáně, svalů a nitrobřišní hloubky. Výhodou ultrazvuku ve srovnání s antropometrickými metodami a kaliperováním, je možnost měření velmi obézních pacientů a anatomických míst kde nelze použít kalipery (Fosbøl & Zerahn, 2015). V nejjednodušším (A-mód) zařízení, je doba potřebná pro přenos a vrácení ultrazvukových pulsů převedena do velikosti tloušťky tuku. Počítá se přitom s rychlostí 1500 m/s (což je kompromis mezi předpokládanou rychlostí zvuku v tuku 1450 m/s a svalech 170 m/s). Většina autorů používá zařízení typu B-mód. Zde je signál zesílen a zobrazuje se na osciloskopu. Vzniklý obraz vykresluje tkáňové struktury, včetně tloušťky podkožní tukové vrstvy (Shephard, 2005).

Magnetická Rezonance (MR)

Podle Shepharda (2005) slouží tato metoda k vizualizaci lidské tkáně a je založena na skutečnosti, že pokud jsou jádra (zejména jádra vodíku) vystavena magnetickému poli, vyzařují elektromagnetické vlny. Ač MR umožňuje trojrozměrnou vizualizaci živých tkání lze, díky nedostatečnému kontrastu u některých struktur, dojít podáním kontrastní látky k dalšímu zlepšení této metody (Gündüs, Power, Maier, Logothetis, & Angelovski, 2015).

Při skenování celého těla pomocí magnetické rezonance, je subjekt umístěn uvnitř velmi velkého, vodou nebo kapalným heliem chlazeném magnetu, po dobu až jedné hodiny (Shephard, 2005). Hlavní nevýhodou téhle, jinak slibné metody (lze ji využít hlavně pro měření viscerálního tuku), je pořizovací cena a provozní náklady, stejně jako vyšší časové nároky na vyšetření (Riegerová et al., 2006). Shephard (2005) dodává, že právě velmi vysoké provozní náklady v současné době omezují technologie MR na několik specializovaných center. Navíc zůstávají pochybnosti ohledně škodlivých účinků magnetických polí působících jak na měřené subjekty, tak na vyšetřovatele.

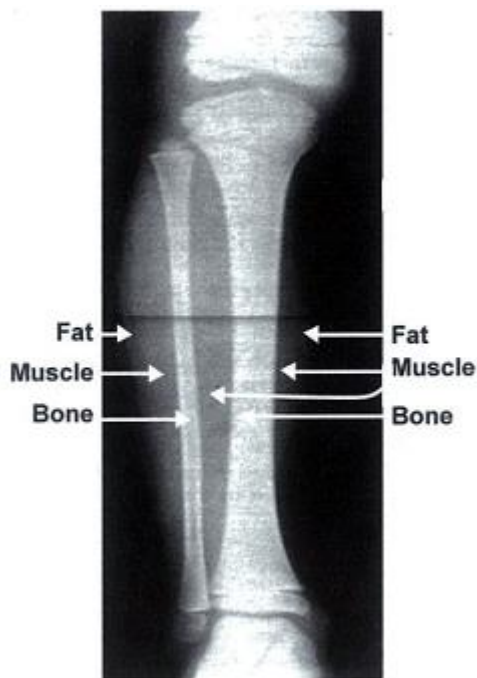
Radiografie

Při vhodné intenzitě a délce vystavení rentgenového záření, lze poměrně jasně z rentgenových snímků končetin, rozeznat tukovou a svalovou složku (obrázek 5). Za předpokladu válcovitého tvaru končetin, může být dokonce procento tuku odhadnuto, z jednoho nebo více lineárních měření, na uniplanárním rentgenovém snímku.

Metoda radiografie má tu výhodu, že může být použita na částech těla, kde kůže a podkožní tuk nejdou snadno zvednout k měření tloušťky kožní řasy pomocí kaliperu. Bohužel k uplatnění postupu, s výjimkou situací kdy je k dispozici rentgenový snímek z dřívějších měření, musí být subjekt vystaven malé dávce rentgenového záření. Pokud subjekt leží v poloze na zádech, může dojít ke zkreslení měkkých tkání, které způsobuje protitlak stolu přístroje. Rentgenové snímky jsou tedy přednostně přijímány výhradně při vzpřímeném stoji subjektu. K ostatním technickým komplikacím patří zkreslení obrazu kvůli dýchání nebo jiným pohybům těla. (Shephard, 2005).

Shephard (2005) dále uvádí, že hlavní hodnota měření pomocí radiografie, je ve zkoumání lokální distribuce tuku a svalů.

Riegerová at al. (2006) dodává, že nejmodernější metodou, na bázi rentgenového záření, je počítačová tomografie (CT-computer tomography). Její využití však brání vysoká cena a obtížná dostupnost.



Obrázek 5. Rentgenový snímek zobrazující tuk, svaly a kosti. (upraveno dle Malina, Bouchard, & Bar-Or, 2004).

Ostatní metody

Pro stanovení složení těla pomocí laboratorních metod (in vivo) je možné využít řady dalších biochemických a biofyzikálních metod: infračervená interakce, neutronová aktivační analýza, pletysmografie a další (Riegerová et al., 2006). Bioelektrické impedanci, která taktéž patří do laboratorních metod, ale zároveň se dá využít v terénních podmínkách, se budu věnovat zvlášť v nadcházející kapitole (2. 3).

2. 2. 2. 2 Metody terénní

Díky terénním metodám lze provádět cenově dostupná vyšetření rozsáhlých vzorků v terénu, která jsou relativně nenáročná na organizaci a zaškolení pracovníků.

Antropometrie

Antropometrie zahrnuje měření tělesných rozměrů, jako jsou délka, šířka, obvod a tloušťka kožní řasy. Tloušťka kožní řasy je již mnoho let přijata jako prediktor hustoty těla (body density) a celkového tělesného tuku (total body fat). V literatuře se můžeme setkat asi se stovkou regresních rovnic, které jsou často využívány k výpočtu tuku nebo tukuprosté hmoty z měření kožní řasy. Většina rovnic zahrnuje tloušťku kožní řasy z několika míst, jakož i další antropometrické proměnné, jako je výška nebo hmotnost (Riegerová et al., 2006).

Měření tloušťky kožní řasy k procentuálnímu odhadu tělesného tuku vychází z předpokladu, že existuje pevný vztah mezi množstvím podkožní tukové tkáni na předem definovaných anatomických místech a celkovým tělesným tukem. Tento vztah je závislý na různých faktorech, jako je věk, pohlaví a zdravotní stav subjektu. (Riegerová et al., 2006).

Riegerová et al. (2006) a Shephard (2005) poukazují na omezení této metody, neboť ke každé regresní rovnici je nutná specifikace populační skupiny, typ použitého kaliperu (Lange, Best, Somet, Harpenden aj.), doba po kterou je tlak aplikován (doporučuje se, aby čelisti kaliperu vyvíjely standardní tlak $10 \pm 2 \text{ g/mm}^2$, po dobu ne

více než 2 sekundy), místo měření a zároveň srovnávací metodu, jejíž výsledky sloužily k vypočítání rovnic (hydrometrie, denzitometrie, případně další metody).

Přidalová (2005) ve své habilitační práci uvádí následující metody odhadu:

Odhad tělesného složení podle Pařízkové (1962)

Pařízková vychází z měření přesně lokalizovaných 10 kožních řas (Obrázek 6) (Tvář, krk, hrudník I., hrudník II., paže, záda, břicho, bok, stehno a lýtko) a stanovení regresních rovnic pro výpočet % tuku u věkových skupin 9-12, 13-16, 17-45 let (pro každé pohlaví zvlášť). Měření se provádí Bestovým kaliperem.

Odhad % tuku podle DURINA a WOMERSLEYHO (1974)

Procento tělesného tuku je odvozeno ze součtu čtyř kožních řas (nad bicepsem, nad tricepsem, nad crista iliaca a pod lopatkou), uplatněno zvlášť pro děti (Durnin & Rahaman, 1967) a pro dospělé (Přidalová, 2005, 39).

Odhad % tuku podle Deurenberga a Westrate (1989)

Regresní rovnice vycházející pouze z věku (Přidalová, 2005, 39).

Odhad % tuku podle Sloana a Weira (1989)

Procento tělesného tuku je odvozeno ze součtu dvou kožních řas (nad tricepsem a na lýtku) (Přidalová, 2005, 39).

Odhad % tuku podle Thorladna (1984)

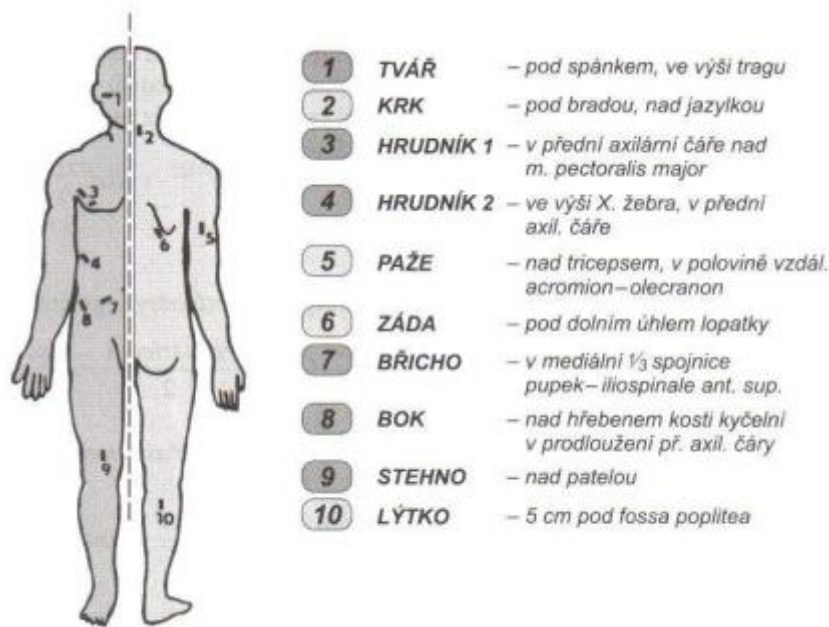
Pro stanovení regresních rovnic bylo použito 7 kožních řas: nad tricepsem, subscapulární, nad crista iliaca, nad patellou, na břicho, na lýtku a na hrudníku (Přidalová, 2005, 39).

Odhad tělesného složení podle Matiegky (1927)

Matiegkova metoda vychází z antropometrického měření tělesné výšky, tělesné hmotnosti, obvodových (svalová frakce, korekce o kožní řasy) a šířkových (kosterní frakce) parametrů a šesti kožních řas. Na základě stanovených rovnic je vypočítána hmotnost kostry, kůže a podkožní tkáň, svalstva a zbytku.

Odhad podle Drinkwatera a Rosse (1980)

Jedná se o modifikaci Matiegkovy metody. Pro výpočet se používá tzv. fantomových (modelových) hodnot a jejich směrodatných odchylek. Fantomové hodnoty byly získány z literárních dat různých současných etnických skupin, mužů a žen. Navíc byla započítána i data historická, např. od Leonarda da Vinci, Dürerovy kánony.



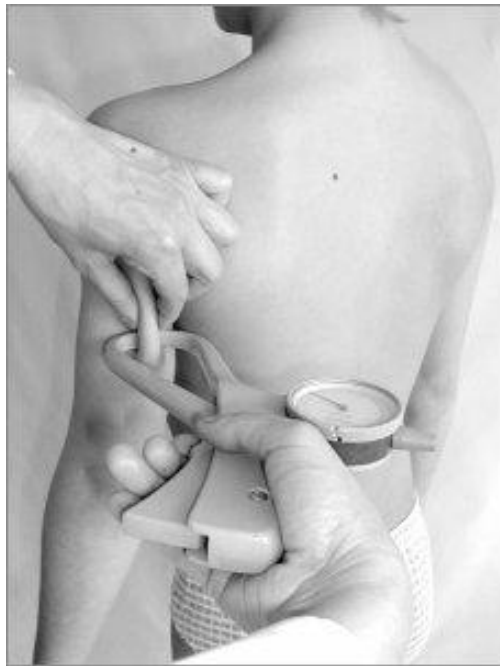
Obrázek 6. Lokalizace kožních řas (upraveno dle Pařízkové, 1962).

Kožní řasy jsou obvykle měřeny fyzickými antropology, nebo vyškoleným personálem. Zkušenost a odborná znalost metody, je základní předpoklad kvalitního validního měření. Kožní řasa se skládá z přehybu utvořeného z kůže a (přínejmenším teoreticky) veškerého podkožního tuku. Studie ukazují značné regionální rozdíly v tloušťce kůže, kdy nejtentčí pokožka je přes biceps (0,8 mm u mužů a 0,5 mm u žen) a silnější je třeba na trupu (2,1 mm u mužů, 1,7 mm u žen), maximální rozměry dosahuje na chodidlech. Obecně platí, že hodnoty jsou větší u mužů než u žen a klesají s věkem. V místech jako jsou dlaně, může být kůže mechanickým namáháním zesílena. Obsah tuku v kožní řase se může pohybovat v rozmezí 5-94 % z celkové tloušťky, ale obvykle se pohybuje v rozmezí 60 až 85 %. Rozdíly ve složení kožní řasy reflektuje nejen relativní poměr kůže a podkožního tuku, ale také rozdíly obsahu vody v tukovém prostoru (Shephard, 2005).

Shephard (2005) dále uvádí, že poněkud překvapivě nebyly zjištěny žádné varianty hodnot kožní řasy během menstruačního cyklu.

Antropometrické metody měření poskytují relativně přesné a podobné informace jako u laboratorních metod. Jejich největší předností je ale fakt, že jsou levné, rychlé, neohrožují probandy a dají se využít v rozsáhlých epidemiologických studiích (Nagy et al., 2008).

Nejvíce reliabilní místo měření je subscapular (lopatka) u mužů a triceps u žen, zatímco nejméně reprodukovatelná místa jsou suprailiac (bok), abdominal (břicho) a thigh (stehno) a u žen biceps (Shephard, 2005).



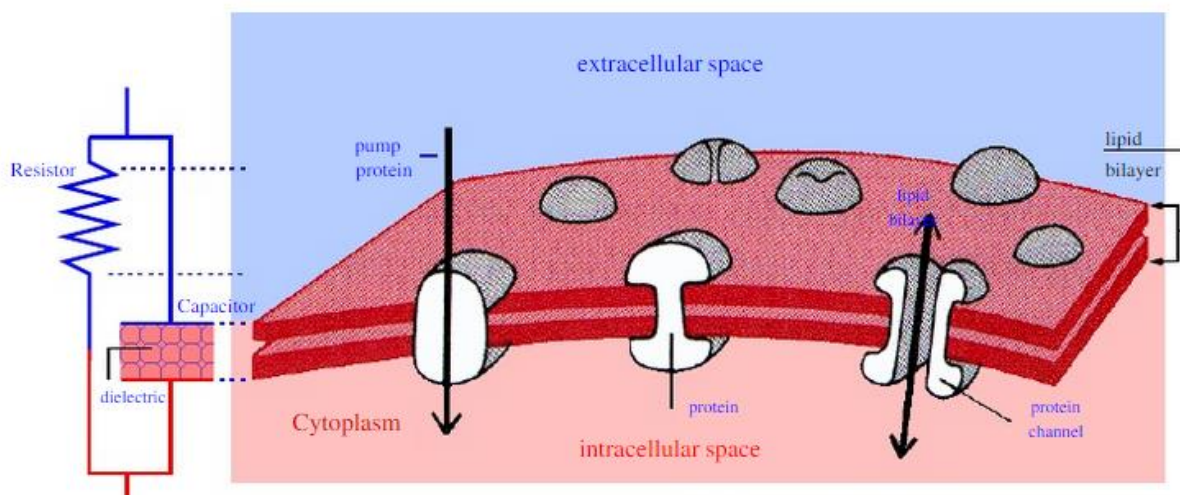
Obrázek 7. Tloušťka kožní řasy nad tricipsem měřená kaliperem typu Holtain (upraveno dle Prader, Largo, Molinari, & Issler, 1989).

2. 3 BIOELEKTRICKÁ IMPEDANCE

2. 3. 1 FYZIKÁLNÍ VELIČINY U BIA

Elektrické obvody

Elektrický obvod je vodivé spojení elektrických prvků, přičemž záleží na počtu spojených prvků v obvodu. Pokud je zapojen jeden prvek, jedná se o elektrický obvod jednoduchý, při zapojení více prvků jde o složený obvod. Prvky elektrického obvodu, které tvoří vodivou cestu a jsou u složených obvodů zapojeny sériově nebo paralelně, mohou být: elektrický odpor (R), kapacita (C) nebo indukčnost (L). Modelu živé tkáně odpovídá paralelní zapojení kondenzátorů (představovány buněčnými membránami s poměrně stálou plošnou kapacitou $1\mu\text{F}\cdot\text{cm}^{-2}$) a rezistoru (elektrický odpor tkáně). Při průchodu rezistorem o odporu R ve směru proudu platí, že se potenciál změní o hodnotu $-I R$, což je energie připadající na jednotkový náboj odevzdaná pohybujícími se náboji do rezistoru (Halliday, Resnick, & Walker, 2001; Kyle et al., 2004; Liedtke, 1997).



Obrázek 8. Plasmatická membrána buňky a její elektrický ekvivalent (upraveno dle Liedtke, 1997)

Elektrický proud

Elektrický proud (děj) je uspořádaný pohyb volných částic, které přenášejí elektrický náboj procházející za jednotku času daným průřezem vodiče. Příkladem

nosičů jsou elektrony a ionty. Elektron je subatomární částice se záporným elektrickým nábojem. Ionty rozlišujeme na kationty (kladně nabitě) a anionty (záporně nabitě). Jednotka proudu (fyzikální veličina) se v soustavě SI nazývá ampér (A) (Halliday, Resnick, & Walker, 2001; Lepil & Šedivý, 2004).

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

Hodnota dQ je aritmetický součet kladných nábojů, které projdou za jednotku času průřezem vodiče ve směru proudu, a záporných nábojů procházejících ve směru opačném. Za každý elektron, který vstoupí do vodiče, vystoupí na druhém konci jiný. Proud může být stejnosměrný nebo střídavý, s tím že základem pro BIA je střídavý periodický proud, přičemž jeho časový průběh je opakován v pravidelných periodách (Halliday, Resnick, & Walker, 2001; Lepil & Šedivý, 2004).

Elektrický proud prochází při průchodu tkáněmi prostředím, které má různé chemické složení a viskozitu. Obsahuje i rozdílné struktury, jako jsou mezibuněčné prostory, základní cytoplasma, buněčné membrány nebo buněčné organely (Hrazdira, 2001).

Vodivost

Elektrická vodivost, neboli konduktance (G), jejíž jednotkou v SI je siemens (S), vyjadřuje schopnost vést elektrický proud. Veškeré struktury i prostředí mají určitou měrnou elektrickou vodivost. Mezibuněčné prostory i základní cytoplasma buněk mají přibližně stejnou vodivost (kolísá v rozmezí $0,2-1,0 \text{ S}\cdot\text{m}^{-1}$), naproti tomu buněčné membrány ji mají v průměru 10^6-10^8 krát nižší. Čím menší je hodnota vodivosti, tím je látka horší vodič (až izolant) a naopak čím větší je hodnota vodivosti, tím lepší je látka vodič (Halliday, Resnick, & Walker, 2001; Hrazdira, 2001).

Lepil a Šedivý (2004) uvádí, že mechanismu vedení proudu, určuje typ vodiče:

1. řádu (proud je přenášen elektrony, samotné vodiče se chemicky nemění);

2. řádu (oproti elektronům větší ionty, zato s menší pohyblivostí a tím pádem i menší vodivostí, vodiče se chemicky mění).

Impedance

Tělo můžeme charakterizovat jako složený elektrický obvod se střídavým proudem, který obsahuje více zapojených prvků (R, C, L). Jako celek jej charakterizuje jediný parametr, který se nazývá impedance (Z). Impedance je komplexní veličina a značí se jako vektor Z, jednotky se uvádí v ohmech (Ω). Obsahuje reálnou (resistance) a imaginární složku (reaktance). Jde o poměr mezi napětím a proudem, kde napětí i proud jsou fázory (Kyle et al., 2004; Liedtke, 1997).

$$\mathbf{Z} = \frac{\mathbf{U}}{\mathbf{I}}$$

Impedance je dána souhrnným odporem buněčných membrán, cytoplazmy a mimobuněčné tekutiny. Popisuje zdánlivý odpor prvku a fázový posun napětí proti proudu při průchodu vyrovnaného střídavého proudu s danou frekvencí a daným prvkem (Liedtke, 1997).

Pokud máme obvod s přesně nastaveným proudem, při daném napětí a do takového obvodu pomocí elektrod zapojíme vyšetřovanou osobu, pak nám měřicí přístroj naměří menší proud než námi přesně nastavený. Naše tělo pro protékající proud totiž představuje větší odpor, ten závisí na typu tkáně. Přes tukovou tkáň (malé procento vody) protéká jen velmi malý proud - vysoká impedance. Přes svaly (vysoké procento vody) protéká vyšší proud - nízká impedance.

2. 3. 1. 4. 1 Rezistance

Jedná se o fyzikální veličinu, která vyjadřuje schopnost prvku proud zmenšit nebo zastavit, jedná se o odpor prostředí. Odpor se značí R a jednotkou v soustavě SI je volt na ampér, pro jednotku se používá zvláštní název ohm (Ω). Resistanci neboli odpor můžeme změřit tak, že mezi libovolné dva body vodiče přiložíme napětí (U) a změříme proud, který vodičem prochází (Halliday, Resnick, & Walker, 2001; Štoll & Sedlák, 2013).

$$R = \frac{U}{I}$$

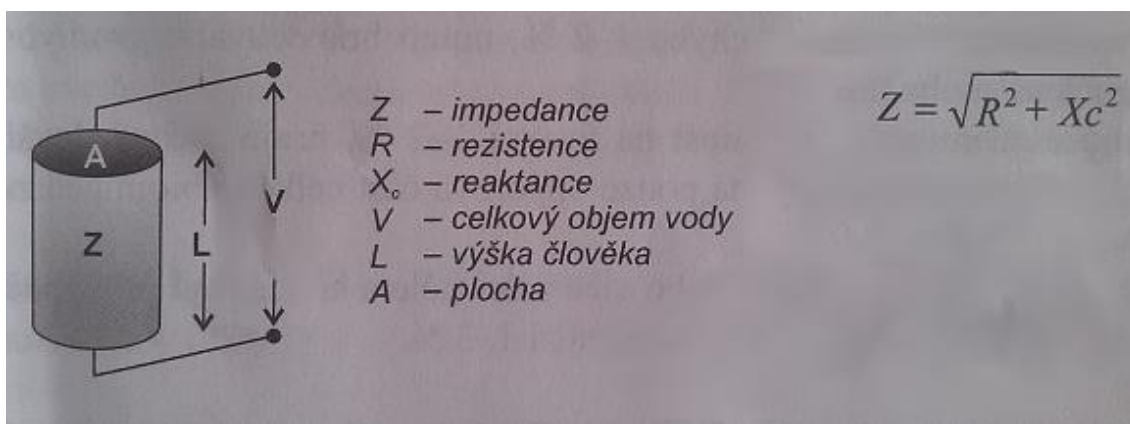
Velikost takto změřeného odporu závisí na velikosti (výška člověka), materiálu, tvaru (množství vody a elektrolytů) a teplotě vodiče. Dobré vodiče mají malý elektrický odpor, špatné velký, ale vždy je kladný. Tkáně a orgány obsahující velké procento vody mají větší schopnost vést elektrický proud (malá rezistance). Naopak, z důvodu malé hydratace, má výborný odpor tuková tkáň a kosti. (Liedtke, 1997).

Buněčné membrány mohou fungovat jako rezistory nebo kondenzátory, přičemž závisí na frekvenci procházejícího proudu. Při frekvenci nižší než 50 kHz fungují membrány jako rezistory a zabrání mu tak vstoupit do buňky, naopak při frekvenci vyšší než 50 kHz membrány fungují jako kondenzátory.

2. 3. 1. 4. 2 Reaktance

Reaktance je imaginární část impedance elektrické součástky indukčního nebo kapacitního charakteru. Kapacitní reaktance, o které mluvíme ve spojení s organismem, se označuje X_c s jednotkou uváděnou v ohmech (Ω). X_c způsobuje zpomalení napětí a způsobuje fázový posun. Jedná se o kapacitní efekt buněčných membrán.

Při průchodu střídavého proudu tělem, se membrány buněk chovají jako biologické kondenzátory, jejichž vodivými deskami jsou proteiny a dielektrikem tuková vrstva (Obrázek 8). Pokud se při měření zjistí vyšší hodnoty reaktance, značí to lepší zdraví a buněčnou integritu. Teoreticky je reaktance měřítkem objemu buněčné membrány a nepřímým měřítkem intracelulárního objemu nebo tělo buněčné hmoty. Vzhledem k tomu, že buňky tukové tkáně nejsou obklopeny buněčnou membránou, reaktance není ovlivněna množstvím tělesného tuku (Halliday, Resnick, & Walker, 2001; Liedtke, 1997).



Obrázek 9. Vztah mezi impedancí a reaktancí (upraveno dle Riegerové et al., 2006).

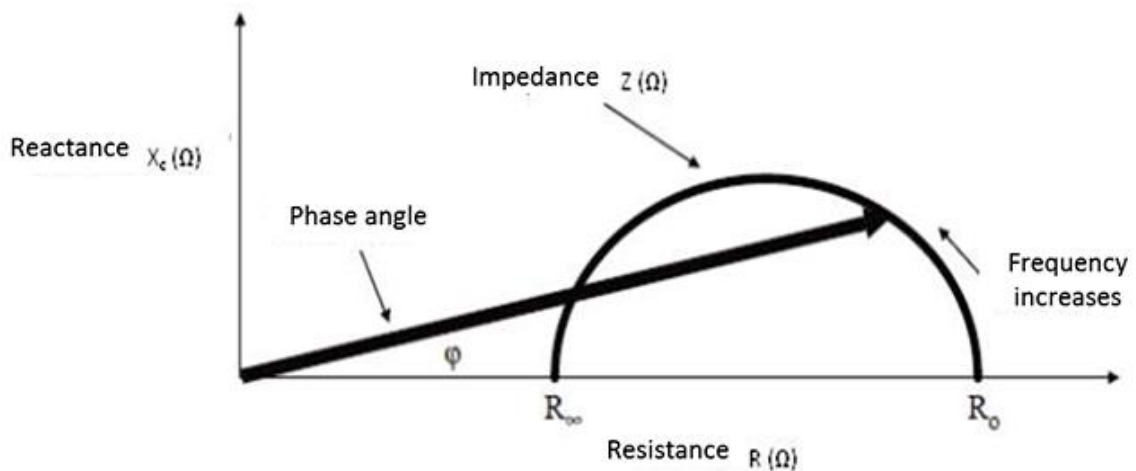
Fázový úhel

Při měření pomocí BIA kapacitance způsobí, že proud se opožďuje za napětím, proud vytvoří fázový posun, který je geometricky kvantifikován jako úhlová přeměna poměru kapacitance k rezistanci nebo také jako fázový úhel (Gupta et al., 2004).

Nejčastěji stanovovaný impedanční parametr je fázový úhel (PA), a to v diagnóze malnutrice nebo klinické prognóze, kde má obojí velký vliv na změny v integritě buněčných membrán a vodní rovnováze. Fázový úhel pozitivně souvisí s kapacitancí a negativně s rezistancí. Nižší hodnoty naznačují buněčnou smrt nebo snížení buněčné integrity, zatímco vyšší hodnoty představují velké množství neporušených membrán. PA odráží obě změny v kvantitě i kvalitě měkké hmoty tkáně (např. hydratace měkké tkáně a permeabilita buněčné membrány). Fázový úhel měří v rozsahu 0 až 90°. Pokud se naměří 0° znamená to, že v obvodu je pouze rezistance (systém bez membrán). V případě naměřené hodnoty 90° to znamená, že obvod je kapacitní (pouze membrány, žádná tekutina). Při 45° je v obvodu stejné množství reaktance i resistance (Westphal et al., 2006).

Výhodou fázového úhlu je, že jej lze měřit i u pacientů s pozměněnou distribucí tekutin, neboť není závislý na regresivních rovnicích. Několik studií ukázalo, že PA může být považován za prognostický marker k předpovědi přežití u pacientů s rakovinou (Paiva et al., 2011). Gupta et al. (2004) studoval vztah mezi PA a přežitím u pacientů s rakovinou tlustého střeva a slinivky břišní v pokročilém stádiu. Pacientů s kolorektálním karcinomem mající hodnotu $PA \leq 5,57^\circ$, měli medián přežití 8,6 měsíce, zatímco ti, u kterých naměřili $PA > 5,57^\circ$ měli medián přežití 40,0 měsíců. Liedtke

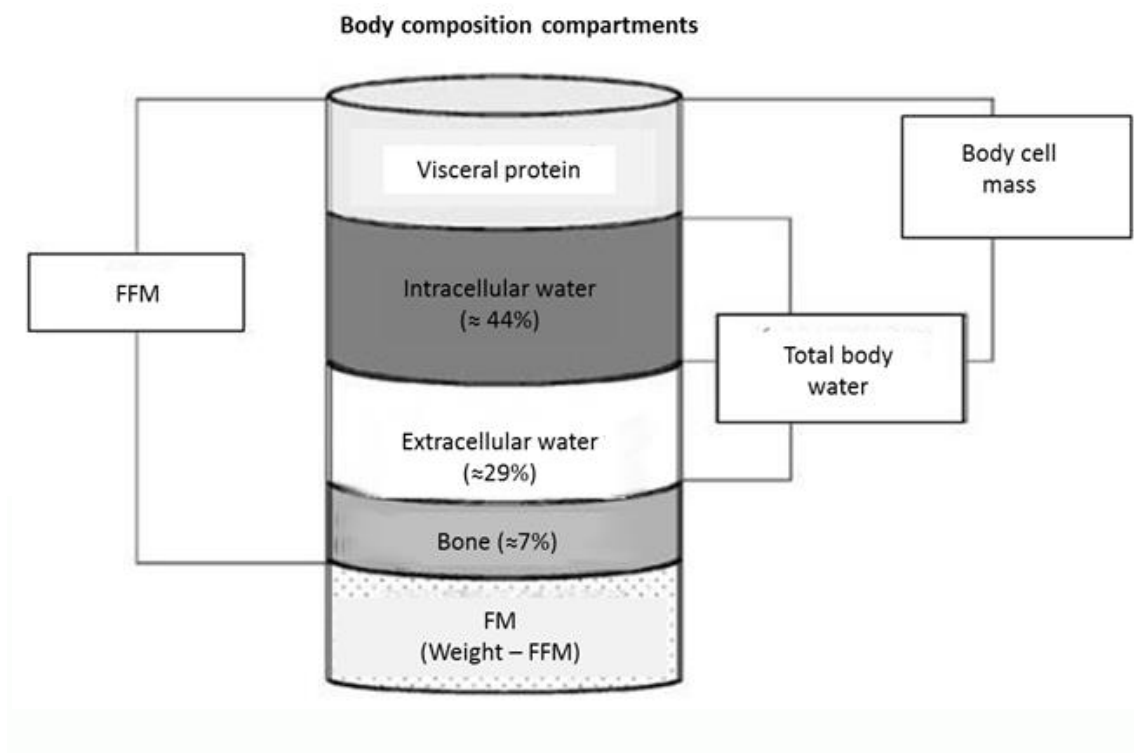
(1997) uvádí, že průměrná hodnota fázového úhlu pro zdravého jedince, v závislosti na pohlaví, je asi 6° až 9° .



Obrázek 10. Grafické znázornění schématu fázového úhlu a jeho vztah k rezistanci (R), reaktanci (X_c), impedanci (Z) a použité frekvenci proudu (upraveno dle Mialich, Sicchieri, & Junior, 2014).

2. 3. 2 CHARAKTERISTIKA BIA

Bioelektrické impedance (BIA) je rychlý, neinvazivní, a relativně levný způsob pro hodnocení složení těla v laboratorních i terénních podmínkách, jehož základní principy vznikly v 60. letech 20. století. Při této metodě prochází elektrický proud s nízkou úrovní tělem klientů, přičemž vzniklá impedance (Z), nebo odpor se měří analyzátozem BIA. Elektrolyty v tělesné vodě jsou vynikající vodiče elektrického proudu, což lze využít k odhadu obsahu celkové tělesné vody (total body water, TBW). Pokud je obsah TBW velký, může proud procházet lehčeji a zároveň s menším odporem. Odpor vůči proudu je větší u jedinců s velkým množstvím tělesného tuku, neboť tuková tkáň je špatný vodič, což je způsobeno relativně malým obsahem vody. Jelikož je obsah vody v FFM relativně velký ($\sim 73\%$ vody), lze jej předvídat z odhadů TBW. Jedinci s velkým FFM a TBW mají menší odpor vůči proudu, který prochází jejich tělem, než jedincům s menším FFM (Heyward & Wagner, 2004).



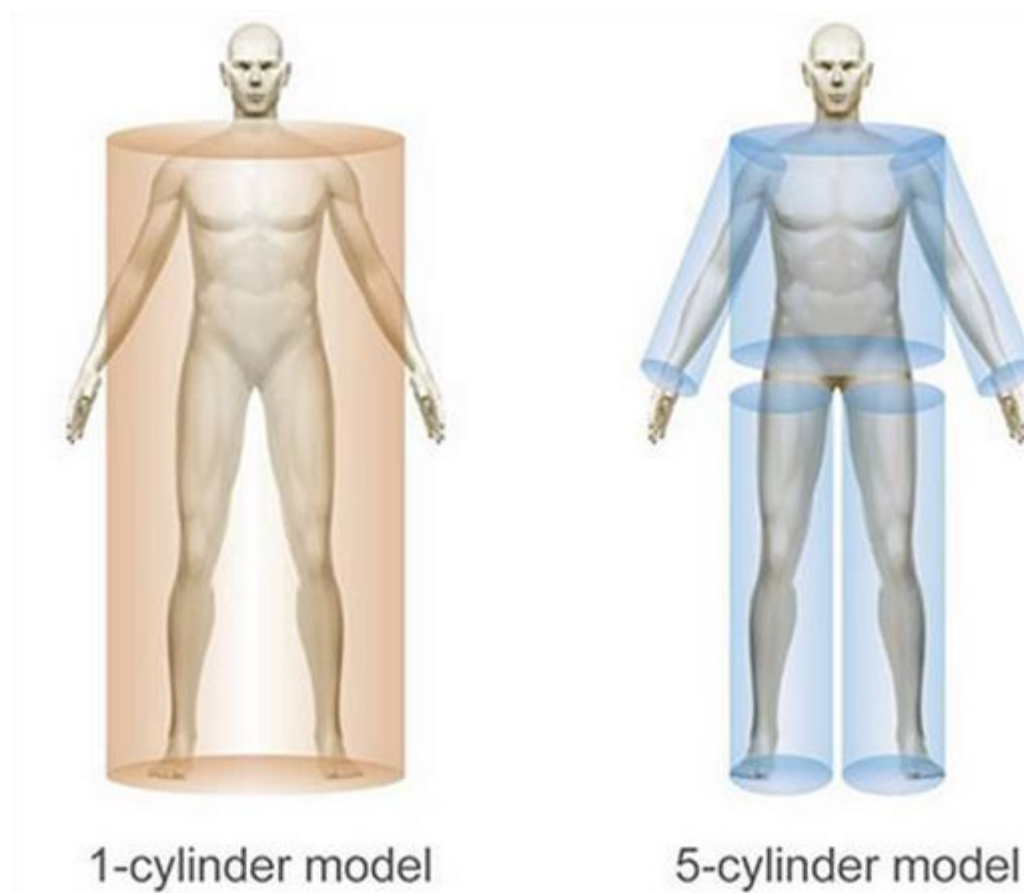
Obrázek 11. Schematické znázornění tukuprosté hmoty (FFM), celková tělesné vody (TBW), intracelulární vody (ICW), extracelulární vody (ECW), a tělesné bunčné hmoty (BCM) (upraveno dle Mialich, Sicchieri, & Junior, 2014).

Přestože relativní prediktivní přesnost BIA je podobná jako u metody měření kožní řasy, metoda BIA může být dle Heywarda a Wagnera (2004) v některých případech vhodnější:

- nevyžaduje vysokou míru dovednosti obsluhy přístroje;
- obecně je proces více komfortnější a nezasahuje tolik do soukromí klienta;
- může být použita k odhadu tělesného složení osob, které jsou obézní.

Prvotní metody BIA zacházely s lidským tělem jako s jednou homogenní strukturou. Jelikož jsou značné rozdíly v rozložení, především kosterního svalstva, u nohou, paží a trupu, ve kterém jsou navíc i orgány, docházelo při měření ke značným nepřesnostem. Hoffer, Meador a Simpson (1969) navrhli, že tělo může být definováno jako jediný vodič charakteru rotačního válce. Na předpoklad, že má lidské tělo tvar dokonalého válce s jednotnou délkou a příčným průřezem, spoléhá tradiční tetrapolární model BIA, ale tahle myšlenka není tak úplně správná. Jak uvádí Heyward a Wagner

(2004) lidské tělo totiž mnohem více odpovídá pěti, v sérii, spojeným válcům (dvě ruce, dvě nohy a trup), jak je znázorněno na obrázku 8. Jelikož tělní segmenty nejsou uniformní v délce ani v průřezu, odpor vůči probíhajícímu proudu se přes tyto segmenty bude lišit. Segmentální přístup u BIA, řeší tento předpoklad součtem segmentů, čímž se získá celkový objem těla.



Obrázek 12. Model těla složený z jednoho a z pěti válců (upraveno dle http://inbody.com.hk/?page_id=12263)

Principy BIA

Biologické tkáně fungují jako vodiče nebo izolanty a proud skrz ně prochází cestou s nejmenším odporem. FFM obsahuje velké množství vody (~73%) a elektrolytů, což ji dělá lepším vodičem elektrického proudu než je tuk. Tuk obsahuje velmi málo vody, a je tudíž špatným vodičem (Heyward & Wagner, 2004).

Proto tukuprostá hmota vykazuje nízkou impedanci, tuková složka naopak vysokou, vyjádřenou jako rezistanci, specifický odpor, který je úměrný objemu

vody. Do výpočtu dále vstupuje reaktance a fázový úhel alfa (α), což je úhel mezi vektorem impedance a jejím průměrem do osy x, na které je odporová složka. Velikost tohoto úhlu je přímo úměrná hmotnosti tělesných buněk (BCM) (Riegerová et al., 2006, 39).

Při nízkých frekvencích (~1 kHz), proud prochází pouze extracelulární vodou (ECW). Naproti tomu při vyšších frekvencích (500-800 kHz) proniká přes buněčné membrány a prochází intracelulární vodou (ICW), a zároveň také ECW (Heyward & Wagner, 2004).

Monofrekvenční BIA

Monofrekvenční BIA zařízení pracuje zpravidla na frekvenci 50 kHz, která prochází mezi povrchovými elektrodami umístěnými na ruce a nohou. Monofrekvenční přístroje, přesně řečeno, nejsou určeny pro měření TBW, ale měří vážený součet rezistivit ECW a ICW. TBW a FFM sice umí odhadnout, ale nemůže určit rozdíly mezi ICW a ECW. Výsledky měření jsou založeny na směsi teorií a empirických rovnic získané od zdravých jedinců. Monofrekvenční metoda není validní při měření za výrazných změn v hydrataci měřeného jedince. Při normální hydrataci je možné předvídat hodnotu TBW (Kyle et al., (2004); Heyward & Wagner, 2004).

Multifrekvenční BIA

Multifrekvenční BIA přístroje jsou navrženy tak, aby mohly pracovat při měření s různými frekvencemi (0, 1, 5, 50, 100, 200, 500, 1mHz), díky čemuž může proud proniknout do buněk a oproti monofrekvenční analýze získat hodnoty odhadů ECW, ICW a TBW. V některých případech mají hodnoty frekvencí nižších než 5 kHz a hodnoty nad 200 kHz špatnou vypovídající hodnotu. To platí zejména pro přesnost měření reaktanční složky. Tato metoda je uváděna jako nejlepší pro předvídaní změn v ECW, ICW a TBW (Kyle et al., 2004).

Přesnost BIA metody je vysoce závislá na kontrole faktorů, které mohou zvýšit chybu měření. K získání přesných výsledků a objektivních hodnot, je podle Heywarda a

Wagnera (2004) a Riegerové et al. (2006) potřeba dodržet konkrétní standardní podmínky:

- nejíst a nepít po dobu 4 hodin před testem;
- necvičit po dobu 12 hodin před testem;
- nepožívat alkohol 48 hodin před testem;
- vyprázdnit močový měchýř před testem a organismus opětovně zavodnit neslazenou tekutinou;
- nepožívat diuretika 7 dní před testem;
- netestovat ženy během menstruačního cyklu, které při něm zaznamenávají větší hmotnostní přírůstek;
- přesné umístění elektrod (použitý typ elektrod) a dodržení běžné teploty místnosti ($\sim 25^{\circ}\text{C}$).

BIA u sportovců

V mnoha sportech je složení těla důležité pro optimální fyzický výkon. Obecně platí, že relativně nízká hladina tělesného tuku je žádoucí k optimalizovanému fyzickému výkonu vyžadující skákání a běh. Velká svalová hmota zase zvyšuje výkonnost a sílu. Jedinci měření v bakalářské práci jsou studenty prvního ročníku Fakulty tělesné kultury, Univerzity Palackého v Olomouci, takže se dá předpokládat, že většina z nich jsou aktivní nebo rekreační sportovci. Obecně platí, že fyzicky aktivní jedinci jsou štíhlejší, než jedinci se sedavým způsobem života bez ohledu na pohlaví. Nicméně u aktivních jedinců, mají ženy relativně více tělesného tuku než muži provozující stejný druh sportu (Heyward & Wagner, 2004).

Použitelnost metody bioelektrické impedance (BIA) pro predikci tělesného složení je vysoce závislé na testování za kontrolovaných podmínek, ale fyziologie sportovců se často mění nebo je v nekontrolovatelném stavu. Např. cvičení může ovlivnit teplotu kůže, koncentraci elektrolytů a stav hydratace. Všechny tyto faktory mohou ovlivnit měření impedance. Vzhledem k tomu, že může být pro sportovce v tréninku obtížné nebo nepraktické, splňovat podmínky pro bioimpedanční analýzu, není tato metoda nejvhodnější pro jejich testování (Heyward & Wagner, 2004). Houtkooper, Mullins, Going, Brown a Lohman (2001) sdílí názor, že u sportovců je pro predikci tělesného tuku vhodnější metoda měření kožních řas.

3 CÍLE

- Cílem bakalářské práce je stanovení tělesného složení metodou bioelektrické impedance u studentů 1. ročníku FTK UP pomocí přístroje Tanita MC-980.

Dílčí cíle

- Sledování vybraných somatických parametrů tělesného složení.
- Stanovení základních statistických charakteristik vybraných parametrů tělesného složení pomocí přístroje Tanita MC 980 u studentů 1. ročníku FTK UP, za použití predikčních rovnic pro sportující populaci v režimu tělesného typu Atlet.
- Stanovení základních statistických charakteristik vybraných parametrů tělesného složení pomocí přístroje Tanita MC 980 u studentů 1. ročníku FTK UP, za použití predikčních rovnic v režimu tělesného typu Standard.
- Porovnání vybraných parametrů tělesného složení mezi režimem Atlet a Standard.

4 METODIKA

4.1 VÝZKUMÝ SOUBOR

Měření výzkumného souboru proběhlo v roce 2012 v průběhu měsíců září, října a listopadu v dopoledních hodinách, antropometrické laboratoři Katedry přírodních věd v kinantropologii Fakulty tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci. Soubor tvořilo 189 studentů 1. ročníku tělovýchovných oborů a rekreologie z FTK. Na souboru byla provedena determinace tělesného složení bioelektrickou impedancí pomocí přístroje Tanita MC 980. Průměrný věk studentek ($n = 76$) byl $19,6 \pm 0,7$ let a studentů ($n = 113$) byl $20,3 \pm 1,2$ let. Studenti byli instruováni, aby dodrželi standardní podmínky měření.

4.2 TANITA MC 980

Analýza tělesného složení pomocí přístroje Tanita MC 980 (Obrázek 13.), využívá měřicí systém segmentální multifrekvenční bioelektrické impedance. Tanita MC 980 vysílá frekvence 1, 5, 50, 250, 500 a 1000 kHz, oproti přístrojům, které využívají pouze jednu frekvenci, umožňuje 6 frekvencí zvýšenou přesnost měření. Přístroj vysílá osmi dotykovými elektrodami zmíněné frekvence do těla, čímž může být měřen každý segment zvlášť (pravá a levá horní končetina, pravá a levá dolní končetina a trup) nebo jako celek. 8 bodových dotykových elektrod je umístěno po čtyřech na rukních madlech v horní části přístroje a na platformě. Pro správné měření je důležitý správný úchop i postavení nohou (Obrázek 14.). Díky ultra nízké platformě (450 x 490 x 65 mm) a vysoké nosnosti 300 kg je přístroj vhodný i pro těžší pacienty. Měření se mohou účastnit jedinci v rozpětí 5-99 let (http://iks.upol.cz/wp-content/uploads/2014/02/Pridalova_Kinantropometrie.pdf).

Pomocí přístroje Tanita MC 980 můžeme získat tyto výsledky analýzy (<http://www.tanita.eu/products/catagory/detail//78-mc-980ma.html>):

- z celotělové analýzy: Hmotnost, tukovou hmotu, tukuprostou hmotu, svalovou hmotu, Body Mass Index, kostní hmotu, proteiny, metabolický

věk, bazální metabolismus, viscerální tuk, celkovou tělesnou vodu, extracelulární vodu, intracelulární vodu;

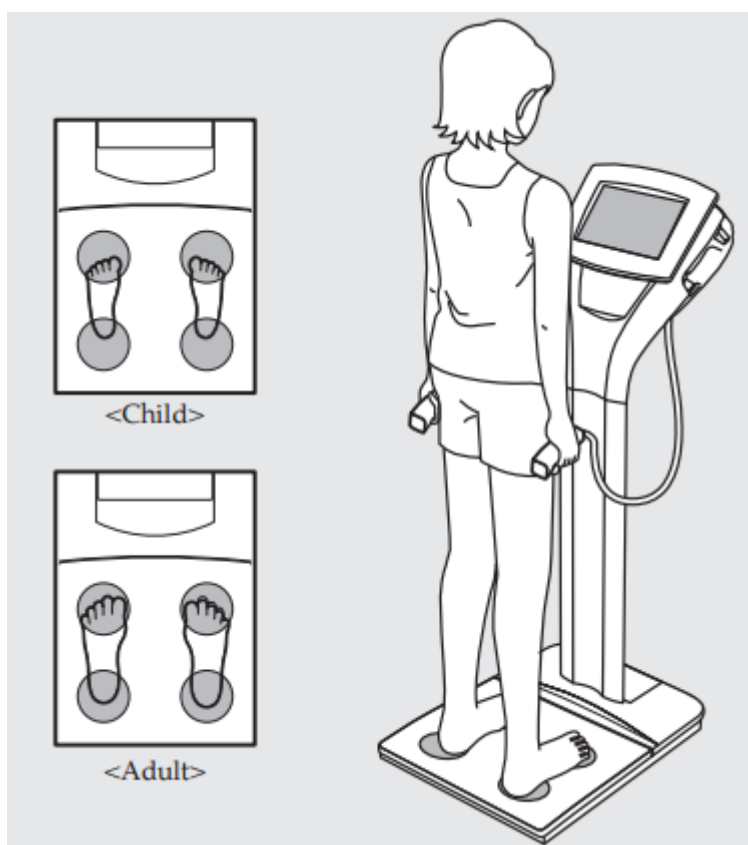
- ze segmentální analýzy: Svalovou hmotu, tukovou hmotu, tukuprostou hmotu, vyhodnocení tělesné bilance, vyváženost svalů;
- z bioelektrických hodnot: Rezistanci, reaktanci, fázový úhel.

Tanita umožňuje měřit ve dvou režimech a to v režimu Standard a Atlet. Režim Atlet doporučuje výrobce pro ty, kteří mají 18 let, nebo jsou starší a splňují alespoň jednu z následujících podmínek (Tanita, 2012):

- lidé, kteří provádějí kardiovaskulární cvičení alespoň 12 hodin a více za týden;
- lidé, kteří patří do sportovního týmu nebo sportovní organizace s cílem účastnit se sportovní soutěže;
- lidé, kteří jsou profesionální sportovci.



Obrázek 13. Přístroj TanitaMC 980 (upraveno dle Tanita, 2012).



Obrázek 14. Zobrazení správného úchopu, postoje a postavení nohou u dětí a dospělých, na přístroji Tanita MC 980 (upraveno dle Tanita, 2012).

4. 3 VYBRANÉ PARAMETRY TĚLESNÉHO SLOŽENÍ

Z výstupního formuláře byly využity následující charakteristiky tělesného složení (Tanita, 2012):

Tělesná výška (cm), tělesná hmotnost (kg), celková tělesná voda (Total Body Water, TBW, kg) představující hmotnost celkové vody v těle. Pro dobrou úroveň hydratace je doporučeno pít alespoň dva litry tekutin denně.

Intracelulární voda (Intra Cellular Water, ICW, kg) je tekutina, která se nachází v buněčném prostředí a obvykle tvoří 40 % z tělesné hmotnosti.

Extracelulární voda (Extra Cellular Water, ECW, kg) je tekutina, která se nachází v mimobuněčném prostředí. Spolu s ICW jsou složkami TBW.

Tukuprostá hmota (Fat Free Mass, FFM, kg) je definována jako rozdíl mezi celkovou tělesnou hmotností a hmotností tělesného tuku. Příkladem složek FFM můžou být svaly, kosti a voda.

Tělesný tuk (Fat mass, FM, kg %) znázorňující hmotnost tuku v těle, nebo podíl k celkové tělesné hmotnosti. Je nezbytný pro udržení tělesné teploty, u kloubů funguje jako tlumící vrstva a chrání vnitřní orgány.

Kostní hmota (Bone Mass, BoneM, kg) předpovídá hmotnost kostních minerálů v těle. Je prokázáno, že zvýšení svalové hmoty prostřednictvím sportovních aktivit podporuje silnější a zdravější kosti.

Předpokládaná svalová hmota (Predicted Muscle Mass, PMM, kg) předpovídá hmotnost svalů v těle. Při zvyšující se fyzické zátěži se svalová hmota zvyšuje a tělo spaluje více kalorií.

Body Mass Index (BMI, kg/m^2) je standardizovaný poměr hmotnosti k výšce. Lze vypočítat vydělením celkové tělesné hmotnosti (kg) druhou mocninou tělesné výšky (m). Pokud je výsledek menší než 18,5 značí to podváhu. V rozmezí 18,5-24,9 je normální váha, při výsledku 25-29,9 je měřena nadváha a nad 30 je obezita (WHO, 2007).

Metabolický věk (Metabolic Age, MetaAge, 12-90 let) spočítá na základě BMR průměrný věk, kterému náleží metabolismus. V případě, že je uvedený věk vyšší než věk skutečný, znamená to potřebu zlepšení bazálního metabolismu zvýšením tělesné zátěže, která pomůže zvětšit objem svalové tkáně a v důsledku toho se sníží i metabolický věk.

Spotřeba bazálního metabolismu (Basal Metabolic Rate, BMR, kJ) je hodnota minimální energie, kterou vaše tělo v klidném stavu potřebuje, aby mohlo normálně fungovat (dýchání, oběh krve, nervový systém, atd.). Osoba s vysokou BMR může spálit více kalorií v klidu než osoby s nízkou BMR. Bazální metabolismus se zvyšuje s přibývajícím věkem dítěte, po vrcholu ve věku 16 nebo 17 let postupně začíná klesat.

Útrobní (viscerální) tuk (Visceral Fat, VfatL, 1-59) se nachází hluboko v oblasti břicha, kde obklopuje a chrání životně důležité orgány. Hodnota viscerálního tuku se s přibývajícím věkem, vzhledem ke změnám ukládání tuku do oblasti břicha, mění. Obzvláště u žen v menopauze. Udržování na přípustné hodnotě pomáhá snížit riziko srdečních chorob, vysokého krevního tlaku a nástupu diabetes druhého typu aj. Tělesný analyzátor Tanita MC 980 hodnotí množství útrobního tuku na stupnici od 1 do 59. Hodnota 1-12 indikuje zdravou úroveň viscerálního tuku. Hodnota 13-59 indikuje

naopak jeho nadbytek, v takovém případě je potřeba zvážit provedení změn v dosavadním životním stylu, prostřednictvím změny jídelníčku a/nebo zvýšeným cvičením.

Fázový úhel (phase Angle, Phase, °) je obecně přijímán jako prognostický indikátor nemocnosti a úmrtnosti. Nízká hodnota fázového úhlu je spojena se sníženou dobou přežití, naopak vyšší fázový úhel je spojený se zvýšeným buněčným zdravím (Bodystat, 2014). Liedtke (1997) uvádí, že průměrná hodnota fázového úhlu pro zdravého jedince, v závislosti na pohlaví, je asi 6° až 9°.

Zkratky jsou použity dle programu a manuálu Tanita MC 980 (Tanita, 2012), obecně lze užívat pro tyto hodnoty jiné značky. Veškeré hodnoty jsou naměřené s přesností 0,1 %, 0,1 kg, 0,1 cm, 0,1 kJ a 0,1°.

4. 4 STATISTICKÉ ZPRACOVÁNÍ DAT

Tělesné složení bylo vyhodnoceno pomocí softwaru přístroje Tanita MC-980 za použití predikčních rovnic tělesného typu Atlet a Standard.

Vyhodnocená data byla zpracována v programu MS Excel 2010. Pro vyhodnocení dat v tabulkách byl použit aritmetický průměr (M), směrodatná odchylka (SD), maximální (MAX) a minimální (MIN) hodnoty.

5 VÝSLEDKY

5.1 VÝZKUMNÝ SOUBOR

Pomocí přístroje Tanita MC 980 byly v roce 2012 naměřeny individuální hodnoty tělesného složení studentů a studentek tělovýchovných oborů a rekreologie prvního ročníku FTK UP ve dvou režimech, Atlet a Standard. U vybraných parametrů tělesného složení byly vypočteny základní statistické charakteristiky. Vybrané parametry tělesného složení jsou uvedeny v tabulkách. Prvním sledovaným souborem (Ž) jsou studentky ($n = 76$) z nichž 4 ženy nebyly, z důvodu nesplnění podmínek měření, v režimu Atlet měřeny. Druhý soubor (M) jsou studenti ($n = 113$) z nichž ze stejných důvodů jako u žen nebyl měřen 1 muž.

Tabulka 1. Popisná charakteristika výzkumného souboru (Ž)

Proměnná	Tělesný typ Atlet				Tělesný typ Standard			
	M	SD	MIN	MAX	M	SD	MIN	MAX
Věk (roky)	19,6	0,7	19	22	19,6	0,7	19	22
Výška (cm)	166,6	6,4	153	181	166,6	6,3	153	181
Hmotnost (kg)	61,6	7,6	44,5	78,3	61,5	7,7	44,4	78,4
BMI (kg/m ²)	22,1	2,2	17,3	28,7	22,1	2,2	17,3	28,6
BMR (kJ)	6213,5	522,5	5163	7682	6113,6	517,3	5092	7661

Tabulka 2. Popisná charakteristika výzkumného souboru (M)

Proměnná	Tělesný typ Atlet				Tělesný typ Standard			
	M	SD	MIN	MAX	M	SD	MIN	MAX
Věk (roky)	20,3	1,2	19	25	20,3	1,2	19	25
Výška (cm)	179,6	6,4	163	196	179,5	6,4	163	196
Hmotnost (kg)	74,4	8,8	56,7	96,7	74,3	8,9	56,8	96,5
BMI (kg/m ²)	23	2,2	18,7	28,1	23,02	2,2	18,7	28,1
BMR (kJ)	8310,9	781,6	6648	10414	8014	750,7	6414	10012

Vysvětlivky: *M.* – průměr, *SD* – směrodatná odchylka, *MIN* – minimální hodnota, *MAX* – maximální hodnota, *BMI* – Body mass index, *BMR* – bazální metabolismus

Z tabulky 1. můžeme vyčíst, že průměrný věk studentek (Ž) je $19,6 \pm 0,7$ let, průměrná tělesná výška je $166,6 \pm 6,4$ cm a průměrná tělesná hmotnost v režimu Atlet dosáhla hodnot $61,6 \pm 7,6$ kg. Na základě tělesné hmotnosti a výšky byla stanovena i hodnota BMI. Průměrný BMI se u studentek (Ž) neliší, je $22,1 \pm 2,2$ kg/m². Vyšších hodnot dosahoval bazální metabolismus (BMR, kJ) v režimu Atlet. V průměru (Ž) 6213,5 kJ, v režimu Standard pak 6113,69 kJ. U studentů (M) (Tabulka 2) je průměrný věk $20,3 \pm 1,2$ let, průměrná výška je $179,6 \pm 6,4$ cm a hmotnost v režimu atlet je $74,5 \pm 8,8$ kg. BMI je u mužů v průměrných hodnotách také stejný $23,0 \pm 2,2$ kg/m². Na základě průměrné hodnoty BMI můžeme jedince sledovaného souboru (M, Ž) označit jako proporcionální (WHO, 2007). U studentů došlo v bazálním metabolismu ještě k většímu poklesu než u studentek. Průměrný BMR v režimu Atlet je 8310,9 kJ a v režimu Standard je 8014,1 kJ. Jedinci s maximální hodnotou BMR (7682 kJ pro Ž a 10414 kJ pro M) mají nejvyšší naměřené hodnoty tukuprosté hmoty (FFM) (Tabulka 5, 6) (60,5 kg pro Ž a 83,5 kg pro M) což koresponduje s nejvyššími naměřenými hodnotami predikované svalové hmoty (PMM) (Tabulka 5, 6), která je z celého souboru u těchto jedinců také nejvyšší (57 kg pro Ž a 79,4 kg pro M). Jedinci s minimální hodnotou BMR, mají také minimální hodnotu FFM. Z těchto výsledků je patrné, že cvičením a budováním tukuprosté hmoty se dá zvýšit bazální metabolismus.

5. 2 VYBRANÉ PARAMETRY TĚLESNÉHO SLOŽENÍ

V následujících tabulkách jsou prezentovány výsledky naměřených hodnot, které byly naměřené v režimech Atlet a Standard, včetně zjištěných rozdílů mezi nimi. V tabulce 3 (Ž) a 4 (M) jsou výsledky celkové tělesné vody (TBW) a jejích složek, extracelulární (ECW) a intracelulární (ICW) tekutiny, dále pak podíl tukové hmoty (FatP), hmotnost tukové hmoty (FatM) a kostní hmoty (BoneM).

V režimu Atlet došlo v porovnání s výsledky v režimu Standard k výraznému poklesu zastoupení tělesného tuku, s čímž koresponduje nárůst zastoupení celkové tělesné vody. Dle Tanity (2012) je doporučené množství celkové vody u žen 45-60 % hmotnosti, což odpovídá i hodnotám naměřených u studentek (Ž), kde v režimu Atlet byla naměřena průměrná hodnota 35 kg (56,8 %) a v režimu Standard byla hodnota nižší o 0,8 kg. Riegerová et al. (2006) uvádí průměrnou hodnotu celkové tělesné vody pro dospělé ženy okolo 53 %. Vyšší průměrná hodnota v režimu Atlet byla naměřena také u ICW 21,8 kg, v režimu Standard se snížila o 1,5 kg. Změna nastala u průměrných

hodnot ECW, kde se naopak v režimu Standard hodnota zvýšila, z 13,2 kg naměřených v režimu Atlet na 13,8 kg. Množství tělesného tuku bylo v průměru u studentek (Ž) v režimu Atlet naměřeno 20,9 % (13,2 kg) tuku, v režimu Standard hodnota stoupla na 22,5 % (14,1 kg) tuku. Dle Heywarda a Wagnera (2004) (Příloha 2) obě hodnoty spadají do nízké hodnoty (podprůměr) tuku pro ženy od 18-34 let. Doporučená hmotnost kostní hmoty (BoneM) podle Tanity (Příloha 2) u žen vážících 50 až 75 kg, což je většina žen v souboru, je 2,4 kg kostní hmoty. Průměrná hodnota v celém souboru je shodná s doporučenou hodnotou. Také u mužů, u kterých Tanita doporučuje při tělesné váze 65 až 95 kg 3,29 kg kostní hmoty, je průměrná hodnota $3,3 \pm 0,2$ kg v normě.

Průměrné hodnoty TBW u studentů jsou 48,2 kg (64,6 %) a v režimu Standard o 1,2 kg méně, což dle Tanity (2012) odpovídá doporučenému množství 50-65 % hmotnosti. Riegerová et al. (2006) uvádí průměrné množství TBW u dospělého muže okolo 63 %. Pro ICW (M) byly stanoveny průměrné hodnoty 31,4 kg v režimu Atlet a o 2,5 kg méně v režimu Standard. ECW byla s hodnotou 16,8 kg o 1,2 kg nižší než v režimu standard. Množství tělesného tuku bylo v průměru u studentů (M) v režimu Atlet naměřeno 9,3 % (7,2 kg) tuku, v režimu Standard hodnota stoupla na 12,8 % (9,8 kg) tuku. Dle Heywarda a Wagnera (2004) (Příloha 2) hodnota měřená v režimu Atlet spadá do nízké hodnoty (podprůměr) tuku pro muže od 18-34 let a hodnota měřená v režimu Standard se již blíží střední hodnotě (průměr) tuku pro muže od 18-34 let.

Tabulka 3. Základní charakteristiky vybraných parametrů tělesného složení u žen (Ž)

Proměnná	Atlet				Standard			
	M	SD	MIN	MAX	M	SD	MIN	MAX
TBW (kg)	35,0	3,3	28,3	45,5	34,1	3,0	28,2	43,4
ICW (kg)	21,7	2,4	17,2	29,9	20,3	1,8	17,1	26,3
ECW (kg)	13,2	1,0	11,1	15,6	13,8	1,3	11,1	17,1
FatP (%)	20,9	5,1	10,5	36,7	22,5	4,8	12,2	36,4
FatM (kg)	13,1	4,6	4,7	26,5	14,1	4,5	5,4	26,2
BoneM (kg)	2,4	0,2	2,0	3,1	2,4	0,2	2,0	3,0

Vysvětlivky: TBW – celková tělesná voda, ICW – intracelulární voda, ECW – extracelulární voda, FatP – podíl tuku k celkové tělesné hmotnosti, FatM – hmotnost tuku, BoneM – Hmotnost kostní tkáň

Tabulka 4. Základní charakteristiky vybraných parametrů tělesného složení u mužů (M)

Proměnná	Atlet				Standard			
	M	SD	MIN	MAX	M	SD	MIN	MAX
TBW (kg)	48,2	4,4	38,5	60,6	47,0	3,9	38,4	58,4
ICW (kg)	31,4	3,4	23,9	41,4	28,9	2,6	23,1	37,0
ECW (kg)	16,7	1,0	14,6	19,2	18,1	1,3	15,3	21,4
FATP (%)	9,3	4,4	3,3	20,2	12,7	4,3	5,4	23,0
FATM (kg)	7,2	4,1	1,9	18,1	9,7	4,2	3,3	20,6
BONEM (kg)	3,3	0,2	2,7	4,1	3,2	0,2	2,6	3,9

Tabulky 5 a 6 vyjadřují popisné charakteristiky Tukuprosté hmoty (FFM) a předpokládané svalové hmoty (PMM). Tukuprostá hmota se skládá ze svalstva, opěrné a pojivové tkáně a vnitřních orgánů. U celého souboru měřeného v režimu Atlet jsou všechny naměřené hodnoty větší než v režimu Standard. Větší rozdíly v množství svalové i tukuprosté hmoty byly u studentů (M). U studentek (Ž) v režimu Atlet je průměrná hodnota FFM 48,4 kg (78,8 % z celkové hmotnosti), což je o 1 kg více než když byly studentky měřeny v režimu Standard. Průměrná hodnota PMM u studentek je 45,9 kg, zatímco v režimu Standard se hodnota opět o 1 kg zmenšila. U studentů (M) je průměrná hodnota FFM 67,2 kg (90,4 %) a v režimu Standard je o 3,7 kg menší. Velikost průměrné predikované svalové hmoty (PMM) je 63,9 kg o 2,6 kg více než v režimu standard. Vysoká hodnota FFM vypovídá, že studium na FTK má velký vliv na utváření a nárůst tukuprosté složky.

Tabulka 5. Základní charakteristiky vybraných parametrů tělesného složení u žen (Ž)

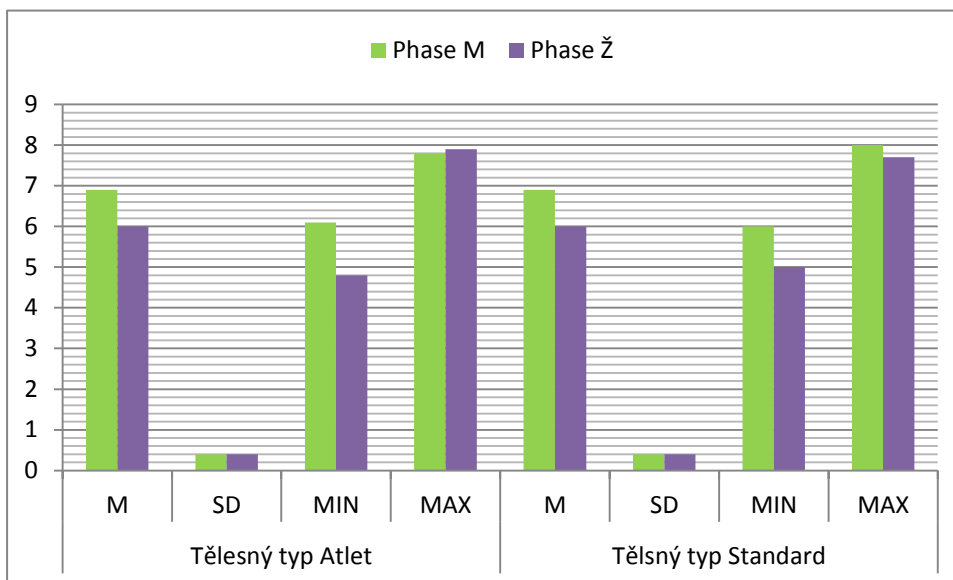
Proměnná	Atlet				Standard			
	M	SD	MIN	MAX	M	SD	MIN	MAX
FFM	48,4	4,3	39,8	60,5	47,4	4,2	39,0	60,3
PMM	45,9	4,1	37,8	57,4	44,9	4,0	37,0	57,3

Vysvětlivky: FFM – tukuprostá hmota, PMM – predikovaná svalová hmota

Tabulka 6. Základní charakteristiky vybraných parametrů tělesného složení u mužů (M)

Proměnná	Atlet				Standard			
	M	SD	MIN	MAX	M	SD	MIN	MAX
FFM	67,2	6,0	53,6	83,5	64,5	5,8	51,2	80,1
PMM	63,9	5,7	50,9	79,4	61,3	5,6	48,6	76,2

Fázový úhel (Obrázek 15) je v celém souboru v průměru stejný v obou režimech 6,0° u žen a 6,9° u mužů. Liší se pouze minimální (MIN) 4,8° (Ž), 6,1° (M) a maximální hodnota (MAX) 7,9° (Ž), 8,0° (M). Maximální hodnota u žen je zároveň nejvyšší v celém souboru. Celý měřený soubor se dle Liedtkeho (1997) do hodnot pro zdravé jedince vešel.



Vysvětlivky: Phase – fázový úhel

Obrázek 15. Hodnoty fázového úhlu u mužů (M) a žen (Ž)

Tělesný analyzátor Tanita MC 980 hodnotí viscerální tuk (VFatL) v rozmezí 1-59 v závislosti na množství VFatL v těle. Tanita (2012) uvádí, že zdravé rozmezí je 1-12 a při 13-59 je VFatL již zvýšený. Všichni jedinci v měřeném souboru se do zdravého rozmezí s větší rezervou vešli. Studentky (tabulka 7) měly v obou režimech měření nejčastěji naměřenou hodnotu viscerálního tuku 1. V režimu Atlet to je n = 63 což je 87,5 % ze souboru a v režimu Standard n = 65 což je 85,5 %. Nejvyšší naměřenou hodnotu měla jedna studentka v obou režimech měření a to hodnotu 4 což je 1,3 % ze souboru. Studenti (tabulka 8) měli v obou režimech měření také nejčastěji naměřenou hodnotu viscerálního tuku 1. V režimu Atlet to je n = 87 což je 77,6 % ze souboru a v režimu Standard n = 68 což je 60,1 %. Nejvyšší naměřenou hodnotu měl jeden student v režimu Standard a to hodnotu 6 což je 0,8 % ze souboru. Z tabulek můžeme vyčíst, že v režimu Standard se hodnoty VFatL zvyšují.

Škála hodnot viscerálního tuku, je charakteristika uměle vytvořená, mající za úkol rozšířit možnosti výstupu ze softwaru Tanity. Tím, že výrobce neumožňuje přístup

k softwaru a neznáme rovnice, ze kterých se dané parametry vypočítávají, jsou výsledky prakticky nepoužitelné, neboť se nejví jako přesné a uplatnitelné.

Tabulka 7. Četnostní analýza viscerálního tuku u žen (Ž)

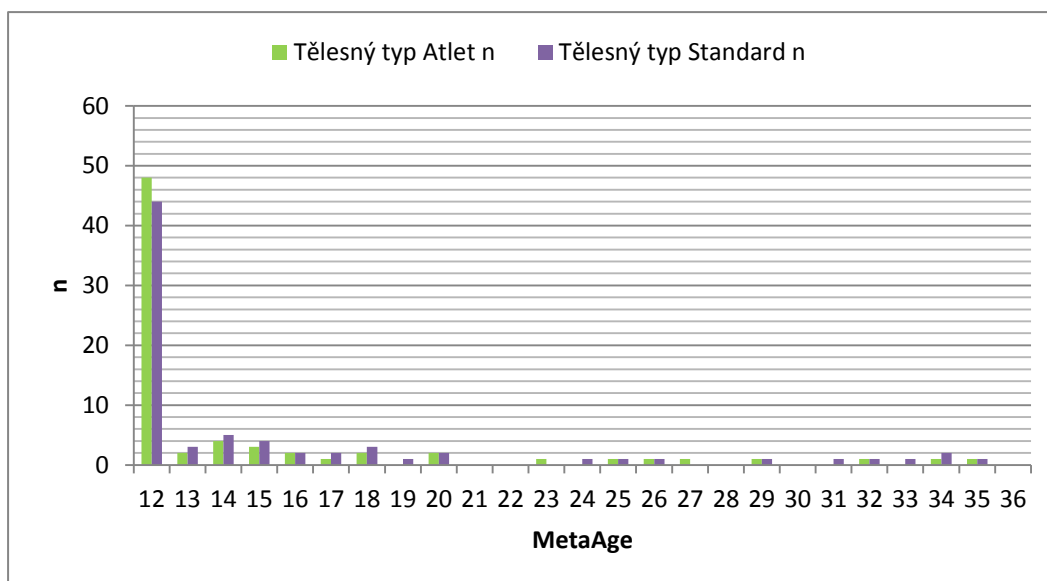
VFatL	Atlet		Standard	
	n	%	n	%
1	63	87,5	65	85,5
2	6	8,3	8	10,5
3	2	2,7	2	2,6
4	1	1,3	1	1,3
5	—	—	—	—
6	—	—	—	—

Vysvětlivky: VFatL – viscerální tuk

Tabulka 8. Četnostní analýza viscerálního tuku u mužů (M)

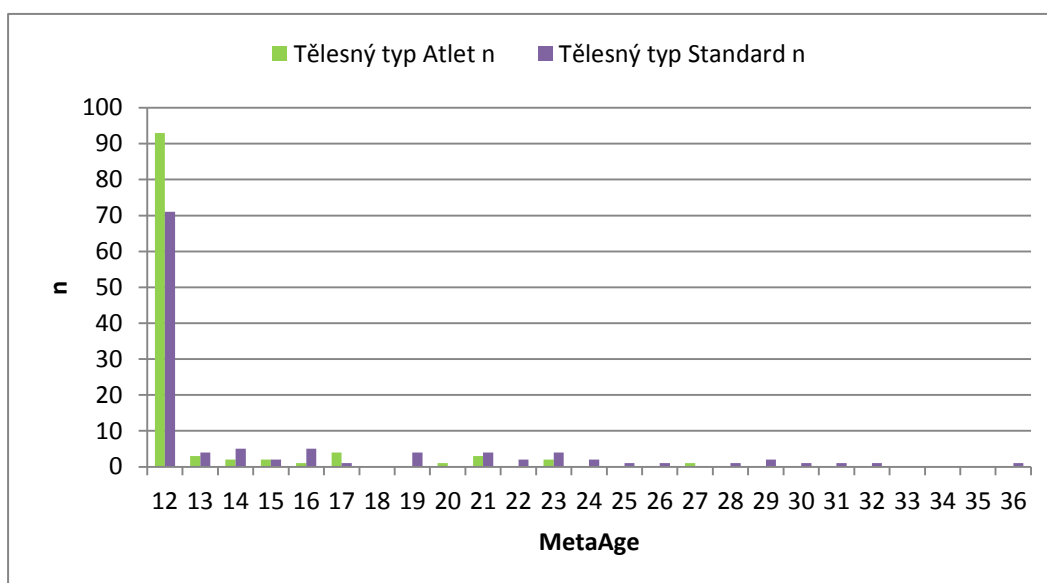
VFatL	Atlet		Standard	
	n	%	n	%
1	87	77,6	68	60,1
2	14	12,5	18	15,9
3	4	3,5	13	11,5
4	6	5,3	7	6,1
5	1	0,8	6	5,3
6	—	—	1	0,8

Metabolický věk se počítá z bazálního metabolismu, který ovlivňuje množství svalové hmoty v těle. Tanita MC 980 měří metabolický věk v rozmezí 12-90 let. Pokud jsou hodnoty metabolického věku nižší než je skutečný věk měřeného, tak to naznačuje, že tělo je v dobrém zdravotním stavu. Naopak zvýšené hodnoty naznačují, že by daný jedinec měl zlepšit bazální metabolismus (Tanita, 2012). Hodnoty naměřené u výzkumného souboru (Obrázek 16, 17) si lze podrobně prohlédnout v tabulce 10 a 11 (Příloha 2).



Vysvětlivky: MetaAge – metabolický věk, n – počet jedinců

Obrázek 16. Četnostní analýza metabolického věku u žen (Ž)



Obrázek 17. Četnostní analýza metabolického věku (M)

Hodnota nejčastěji naměřeného metabolického věku v obou režimech je u celého výzkumného souboru 12 let. V režimu Atlet u studentek (Ž) dosáhlo 12 let 48 probandů, což je 66,6 % ze souboru. V režimu standard to je o 4 studentky méně, což je 57,8 % ze souboru. Naopak nejvyšší metabolický věk dosáhla jedna studentka, v obou režimech se stejnou hodnotou 35 let, což je 1,3 % ze souboru. U Studentů (M) dosáhlo nejnižší hodnoty 12 let metabolického věku, což by mělo značit dobrý zdravotní stav, 93

probandů, tedy 83 % ze souboru. Naproti tomu v režimu Standard došlo k výraznému poklesu jedinců s hodnotou 12 let a to o 22 jedinců což je 62,8 %. Další velké rozdíly jsou i v hodnotách nejvyššího dosaženého metabolického věku. Zatímco v režimu Atlet je nejvyšší metabolický věk s jedním zastoupením 27 let (0,8 %), tak v režimu Standard se hned 7 jedinců dostalo přes tuhle hranici s nejvyšší hodnotou jednoho z nich 36 let (0,8 %). Použití metabolického věku jako fyziologickou charakteristiku hodnotící tělesnou zdatnost z pohledu tělesného složení nedoporučujeme, neboť výstupy se jeví jako zavádějící

6 ZÁVĚR

Jelikož se výzkumný soubor skládá ze studentů Fakulty tělesné kultury, mají menší zastoupení tělesného tuku a větší zastoupení tukuprosté hmoty. Průměrné výsledky v obou režimech řadí studentky do nízké hodnoty (podprůměrné) tuku. Studenti měření v režimu Atlet spadají do stejné skupiny, avšak v režimu Standard se již hodnoty lišily a posunuly muže blíže ke střední hodnotě (průměru) tuku. Na základě průměrné hodnoty Body Mass indexu můžeme jedince sledovaného souboru, podle normativů WHO, označit jako proporcionální.

V režimu Atlet tedy došlo, v porovnání s výsledky v režimu Standard, k výraznému poklesu zastoupení tělesného tuku, s čímž koresponduje nárůst zastoupení celkové tělesné vody.

Z výsledků průměrných hodnot vyplývá, že v celém měřeném souboru zastoupení celkové tělesné vody (TBW) v těle odpovídá doporučeným hodnotám a to v obou měřených režimech. V režimu Atlet je u studentek i studentů TBW zhruba o 1 kg vyšší. Hodnoty intracelulární vody jsou v režimu Atlet vyšší, naopak hodnoty extracelulární vody převyšují v režimu Standard.

Doporučená hmotnost kostní hmoty byla v celém souboru v normě a hodnoty v obou režimech se od sebe příliš nelišily.

Všichni jedinci v měřeném souboru se dle Tanita (2012) vešli do zdravého rozmezí hodnot viscerálního tuku. Hodnoty metabolického věku se v režimu Standard také výrazně zvyšují, ale i přes to je u studentek a studentů v obou režimech, nadpoloviční většina hodnocena, nejnižším možným věkem 12 let, znamenající dobré zdraví. Fázový úhel je v obou režimech v celém souboru v průměru stejný. Celý měřený soubor se z pohledu vybraných parametrů tělesného složení nachází v hodnotách zdravotně bezpečného pásma viscerálního tuku, metabolického věku, BMI i množství tukové složky.

S ohledem na zjištěné rozdíly, není možné hodnoty naměřené režimem Atlet a Standard srovnávat. Pokud chceme srovnávat aktuální výsledky s předchozími měřeními např. z důvodu dlouhodobého sledování jedinců, je vhodné k měření v novém režimu, realizovat i měření v režimu dříve používaném.

7 SOUHRN

Cílem bakalářské práce bylo stanovení tělesného složení metodou bioelektrické impedance u studentů 1. ročníku FTK UP pomocí přístroje Tanita MC-980 ve dvou režimech měření.

Teoretická část bakalářské práce se zabývá vývojem adolescentů, vlivem pohybové aktivity u adolescentů, tělesným složením, charakteristikou jednotlivých modelů a metodikou určování tělesného složení. Dále pak představením metody bioelektrické impedance a poskytovaných fyzikálních veličin.

Vyšetření probíhalo během dopoledních hodin v antropometrické laboratoři Katedry přírodních věd v kinantropologii na Fakultě tělesné kultury v Olomouci, za standardních laboratorních podmínek prostřednictvím metody bioelektrické impedance na přístroji Tanita MC 980. Studenti byli instruováni, aby dodrželi standardní podmínky měření. Tělesné složení bylo vyhodnoceno pomocí softwaru přístroje Tanita MC-980 za použití predikčních rovnic tělesného typu Atlet a Standard. Vyhodnocená data byla dále zpracována v programu MS Excel 2010.

Soubor tvořilo 189 studentů 1. ročníku tělovýchovných oborů a rekreologie z FTK. Průměrný věk studentek ($n = 76$) byl $19,6 \pm 0,7$ let, tělesná výška činila $166,6 \pm 6,4$ cm a průměrná hmotnost $61,6 \pm 7,6$ kg. U studentů ($n = 113$) byly průměrné hodnoty věku $20,3 \pm 1,24$ let, tělesné výšky $179,6 \pm 6,4$ cm a hmotnosti $74,4 \pm 8,8$ kg.

U souboru studentek i studentů měřených v režimu Atlet byla naměřena vyšší průměrná hodnota hmotnosti, bazálního metabolismu, celkové tělesné vody, intracelulární tekutiny, kostní hmoty, tukuprosté hmoty a predikované svalové hmoty. Hodnoty extracelulární tekutiny, podíl tukové hmoty a celková hmotnost tukové hmoty byly zase vyšší v režimu Standard. V režimu Atlet tedy došlo, v porovnání s výsledky v režimu Standard, k výraznému poklesu zastoupení tělesného tuku, s čímž koresponduje nárůst zastoupení celkové tělesné vody.

Průměrná hodnota zastoupení tělesného tuku zjištěná u sledovaného souboru měřícím režimem Atlet a Standard (20,9 % u žen a 9,3 % u mužů), odpovídala nízkým hodnotám, které spadají do podprůměru. Pouze u mužů, v režimu Standard (12,7 %), se výsledky blížily ke středním hodnotám, které jsou v populaci mužů od 18-34 let průměrné. U studentek byla v režimu Atlet naměřena průměrná hodnota tukuprosté hmoty 48,4 kg (78,8 %) a u studentů 67,3 kg (90,4 %). Jako příčinu vysokého množství tukuprosté hmoty můžeme považovat větší množství pohybové aktivity spojené se

studiem na FTK. Na základě průměrných hodnot BMI (22,1 pro ženy a 23 pro muže) můžeme jedince sledovaného souboru označit jako proporcionální.

Průměrné hodnoty celkové vody (TBW) odpovídaly v obou režimech doporučenému zastoupení. U studentek (35,0 kg) i studentů (48,2kg) byla TBW v režimu Atlet zhruba o 1 kg vyšší. Průměrné zastoupení ECW a ICW u studentů i studentek respektovalo doporučený poměr.

Všichni jedinci v měřeném souboru se dle Tanity do zdravého rozmezí hodnot viscerálního tuku vešli. Studentek, které měly naměřenou nejnižší možnou úroveň 1 bylo 63 (87,5 %), nejvyšší naměřená úroveň byla 4 a to u jedné (1,3 %) studentky. Studentů s naměřenou hodnotou 1 bylo 87 (77,6 %) a nejvyšší úroveň viscerálního tuku 6 byla naměřena u jednoho (0,8 %) studenta. Fázový úhel nabývá u studentů a studentek podobných hodnot. Průměrné hodnoty u studentek $6,0^\circ$ a u studentů $6,9^\circ$ respektují doporučené hodnoty pro zdravé buňky se zachovanou buněčnou integritou.

Hodnoty metabolického věku se pohybují od 12 do 36 let. Nadpoloviční většina souborů studentů i studentek spadá do kategorie metabolického věku 12letých. Z pohledu hodnocení ontogenetických procesů se jeví toto hodnocení prostřednictvím metabolického věku jako zavádějící a neodpovídající ontogenetickým trendům. S ohledem na zjištěné rozdíly se jeví použití regresních rovnic standard a atlet jako vysoce specifické také u naší populace studentů a studentek, která se jeví jako selektovaná a je nutné striktně respektovat množství pohybové aktivity u sledovaných probandů. Dle množství pohybové aktivity je nutné nastavit výchozí rovnici pro měření. Použití metabolického věku jako fyziologickou charakteristiku hodnotící tělesnou zdatnost z pohledu tělesného složení nedoporučujeme, neboť výstupy se jeví jako zavádějící. Také sledování viscerálního tuku dle škálování, které využívá přístrojová technika Tanita se nejeví jako přesné a uplatnitelné.

Hlavní i dílčí cíle, které byly stanoveny na začátku, byly v rámci bakalářské práce splněny.

8 SUMMARY

The aim of this thesis was determine body composition using bioelectrical impedance at 1st year students FTK by using device Tanita MC-980 in two measurement modes.

The Theoretical part deals with adolescents development, Influence of physical activity for adolescents, body composition, characteristics of Individuals models and methodology of Determining body composition. Then introduction of the method bioelectrical impedance and provided physical quantities.

Investigations were during the morning hours in anthropometric laboratory at the Department of Natural Sciences in Kinantropology at the Faculty of Physical Culture in Olomouc, under standard laboratory conditions by method of bioelectric impedance device Tanita MC 980. The students were instructed to stick at the standard condition measurement. Body composition was evaluated using software of device Tanita MC-980 using the prediction equations of body type Athlete and Standard. Further were evaluated data processed in MS Excel 2010.

The complex consisted of 189 students of 1st year of sport and recreology of FTK. The average age of female students ($n = 76$) was 19.6 ± 0.7 years, body height was 166.6 ± 6.4 cm and average weight 61.6 ± 7.6 kg. For male students ($n = 113$), average age 20.3 ± 1.2 years, body height of 179.6 ± 6.4 cm and a weight of 74.4 ± 8.8 kg. In a group of female students and male students measured at Athlete mode was measured higher average value of the weight, basal metabolic rate, total body water, intracellular fluid, bone mass, fat free mass and predicted muscle mass. The values of the extracellular fluid, the proportion of fat mass and the total mass of fat mass were again higher in Standard mode. In the Athlete mode, in comparison with the results in the Standard mode, was significant fall of body fat which show growth of total body water.

The average value of the representation of body fat determined by reference file measurement mode Athlete and Standard (20.9 % for women and 9.3 % for men), corresponded to low levels, falling to below average. Only in men using Standard mode (12.7 %), the results were close to mean values that are in the population of men from 18-34 average. For female students was at the Athlete mode measured average value of 48.4 kg fat free mass (78.8 %) and 67.3 kilograms of male students (90.4 %). As a cause of high amounts of fat free mass can be considered a greater amount of physical activity

associated with the study of FTK. Based on average BMI (22.1 for women and 23 for men) we can monitor a group of individuals described as proportional.

The average values of total water (TBW) match in both modes recommended representation. For female students (35.0 kg) and male students (48.2 kg) was TBW in Athlete mode about 1 kg higher. The average representation of ECW and ICW for students respect the recommended ratio.

All individuals in the group of measured on Tanit fit into a healthy range of values of visceral fat. Female students who have measured the lowest level 1 was 63 (87.5%), the highest level measured was 4 for 1 student (1.3 %). Male students with a measured 1 was 87 (77.6 %), and the highest level of visceral fat 6, was measured at 1 student (0.8 %). Phase angle takes on male and female students similar values. Average values for female students are 6.0° and for male 6.9° it respect the recommended values for healthy cells with preserved cellular integrity.

The values of metabolic age range from 12-36 years. Files absolute majority of male students and female students fall into the category of metabolic age 12 years old. From the point of assessing ontogenetic processes appears this evaluation through metabolic age as misleading and inadequate ontogenetic trends. With respect to the identified differences appears to be the standard regression equations and the Athlete as well as highly specific in our population of students who appear to be selected, and it is necessary to strictly respect the amount of physical activity in the studied subjects. According to the amount of physical activity it is necessary to set the default equation for measurement. Using metabolic age as a physiological characteristic evaluating physical fitness in terms of body composition is not recommended because the outputs appear to be misleading. Tracking of visceral fat according to scaling, which uses instrumentation Tanita does not seem accurate and applicable.

Both the main and sub-goals that were set at the beginning, were within the thesis fulfilled.

9 REFERENČNÍ SEZNAM

Anonymous (n d). Retrieved 10. 4. 2015 from the World Wide Web:
http://iks.upol.cz/wp-content/uploads/2014/02/Pridalova_Kinantropometrie.pdf

Anonymous (n d). Retrieved 10. 6. 2015 from the World Wide Web:
http://inbody.com.hk/?page_id=12263

Bodystat. (2014). *Phase angle*. Retrieved 11. 6. 2015 from World Wide Web:
<http://www.bodystat.com/pdf/spreads/phaseAngle.pdf>

Bosy-Westphal, A., Danielzik, S., Dörhöfer, R., Later, W., Wiese, S., & Müller, M. J. (2006). Phase angle from bioelectrical impedance analysis: population reference values by age, sex, and body mass index. *JPEN. Journal Of Parenteral And Enteral Nutrition*, 30(4), 309-316.

Demura, S., Yamaji, S., Yamada, T., & Minami, M. (2008). Determination of body composition based on hydrostatic weighing without head submersion for Japanese young adults. *European Journal Of Sport Science*, 8(3), 153-161.

Demura, S., Yamaji, S., Nakada, M., Kitabashi, T., & Minami, M. (2005). Prediction equation for head volume of Japanese young adults. *Journal Of Sports Sciences*, 23(5), 541-548.

Fields, D. A., Demerath, E. W., Pietrobelli, A., & Chandler-Laney, P. C. (2012), Body Composition at 6 months of Life: Comparison Of Air Displacement Plethysmography and Dual-Energy X-Ray Absorptiometry. *Obesity*, 20, 2302–2306.

Fosbøl, M. Ø., & Zerahn, B. (2015). Contemporary methods of body composition measurement. *Clinical Physiology & Functional Imaging*, 35(2), 81-97.

Gallagher, D., Heymsfield, S. B., Heo, M., Jebb, S. A., Murgatroyd, P. R., & Sakamoto, Y. (2000). Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines

based on body mass index. *The American Journal Of Clinical Nutrition*, 72(3), 694-701.

Gupta, D., Lammersfeld, C. A., Burrows, J. L., Dahlk, S. L., Vashi, P. G., Grutsch, J. F., & Lis, C. G. (2004). Bioelectrical impedance phase angle in clinical practice: implications for prognosis in advanced colorectal cancer. *The American Journal Of Clinical Nutrition*, 80(6), 1634-1638.

Gupta, D., Lis, C. G., Dahlk, S. L., Vashi, P. G., Grutsch, J. F., & Lammersfeld, C. A. (2004). Bioelectrical impedance phase angle as a prognostic indicator in advanced pancreatic cancer. *The British Journal Of Nutrition*, 92(6), 957-962.

Gündüz, S., Power, A., Maier, M. E., Logothetis, N. K., & Angelovski, G. (2015). Synthesis and Characterization of a Biotinylated Multivalent Targeted Contrast Agent. *Chempluschem*, 80(3), 612-622.

Hallal, P. C., Victora, C. G., Azevedo, M. R., & Wells, J. K. (2006). Adolescent Physical Activity and Health. *Sports Medicine*, 36(12), 1019-1030.

Han, G., Ko, W., & Cho, B. (2012). Relationships among Hydrostatic Weighing, BMI, and Skinfold Test Results in College Students. *Journal Of Physical Therapy Science*, 24(9), 791-793.

Heyward, V. H., & Wagner, D. R. (2004). *Applied body composition assesment*. (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

Hills, A. P., King, N. A., & Armstrong, T. P. (2007). The contribution of physical activity and sedentary behaviours to the growth and development of children and adolescents: Implications for overweight and obesity. *Sports Medicine*, 37(6), 533-545.

- Hoffer, E. C., Meador, C. K., & Simpson, D. C. (1969). Correlation of whole-body impedance with total body water volume. *Journal Of Applied Physiology*, 27(4), 531-534.
- Houtkooper, L. B., Mullins, V. A., Going, S. B., Brown, C. H., & Lohman, T. G. (2001). Body Composition Profiles of Elite American Heptathletes. *International Journal Of Sport Nutrition & Exercise Metabolism*, 11(2), 162-173.
- Hrazdira, I., & Mornstein, V. (2001). *Lékařská biofyzika a přístrojová technika*. Brno: Neptun.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2001). Fyzika, část 3, Elektřina a magnetismus. Brno: Vutium.
- Kutáč, P. (2009). *Základy kinantropometrie (pro studující obor TV a sport)* [učební texty]. Ostrava: Pedagogická fakulta Ostravské univerzity v Ostravě, Katedra tělesné výchovy.
- Kyle, U. G. et al. (2004). Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition*, 23(5), 1226-1243.
- Langmeier, J., Krejčířová, D. (2006). *Vývojová psychologie* (4th ed.). Praha: Grada.
- Laurson, K. R., Lee, J. A., & Eisenmann, J. C. (2015). The cumulative impact of physical activity, sleep duration, and television time on adolescent obesity: 2011 Youth Risk Behavior Survey. *Journal Of Physical Activity & Health*, 12(3), 355-360.
- Lepil, O., & Šedivý, P. (2004). *Fyzika pro gymnázia – Elektřina a magnetismus*. (6th ed.). Praha: Prometheus.
- Liedtke, R. J. (1997). Principles of bioelectrical impedance analysis. 1-10. Retrieved 15. 6. 2015 from the World Wide Web: <http://www.scribd.com/doc/125983487/Principles-of-Bioelectrical-Impedance-Analysis-by-Rudolph-J-Liedtke#scribd>

- Macek, P. (2003). *Adolescence* (2th ed.). Praha: Portál.
- Madan, A., Mrug, S., & Wright, R. A. (2014). The effects of media violence on anxiety in late adolescence. *Journal Of Youth And Adolescence*, 43(1), 116-126.
- Menschik, D., Ahmed, S., Alexander, M. H., & Blum, R. W. (2008). Adolescent physical activities as predictors of young adult weight. *Archives Of Pediatrics & Adolescent Medicine*, 162(1), 29-33.
- Mialich, M. S., Sicchieri, J. M. F., & Junior, A. A. J. (2014). Analysis of Body Composition: A Critical Review of the Use of Bioelectrical Impedance Analysis. *International Journal of Clinical Nutrition*, 2(1), 1-10.
- Morano, M., & Colella, D. (2012). Physical activity for the prevention of childhood obesity: an overview of key research challenges for physical education. / Tělesná aktivita jako prevencia detskej obezity: prehľad klúčových výzkumných možností v telesnej výchove. *Acta Facultatis Educationis Physicae Universitatis Comenianae*, 52(2), 49-59.
- Nagy, E., Vicente-Rodriguez, G., Manios, Y., Béghin, L., Iliescu, C., Censi L., Molnar, D., Dietrich, S., Ortega, F. B., De Vriendt, T., Plada M., & Moreno, L. A. (2008). Harmonization process and reliability assessment of anthropometric measurements in a multicenter study in adolescents. *International Journal Of Obesity*, 32, S58-S65.
- Pařízková, J. (1962). *Rozvoj aktivní hmoty a tuku u dětí a mládeže. Thomaerova sbírka 413*. Praha: SZN.
- Prader, A., Largo, R. H., Molinari, L., & Issler, C. (1989). Physical growth of Swiss children from birth to twenty years of age. *Helvetica Paediatrica Acta*, 52, 1-125.
- Přidalová, M. (2005). *Somatodiagnostika studentů a studentek studijního programu tělesná výchova a sport na FTK UP*. Habilitační práce, Univerzita Palackého v Olomouci, Fakulta tělesné kultury, Olomouc.

- Ried-Larsen, M., Grøntved, A., Møller, N. Ch., Larsen, K. T., Froberg, K., & Andersen, L. B. (2014). Associations between objectively measured physical activity intensity in childhood and measures of subclinical cardiovascular disease in adolescence: prospective observations from the European Youth Heart Study. *British Journal Of Sports Medicine*, *48*(20), 1-7.
- Riegerová, J., Přidalová, M., & Ulbrichová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu. (příručka funkční antropologie)*. Olomouc: Hanex.
- Rothman, K. J. (2008). BMI-related errors in the measurement of obesity. *International Journal Of Obesity*, *32*, 56-59.
- Rozkocova, E., Dostalova, T., Markova, M., & Broukal, Z. (2012). The Third Molar as an Age Marker in Adolescents: New Approach to Age Evaluation. *Journal Of Forensic Sciences (wiley Blackwell)*, *57*(5), 1323-1328.
- Shephard, R. J. (Eds.). (2005). *Body composition in biological anthropology*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Shephard, R. J. (2005). The Obesity Epidemic: A Challenge to the Pediatric Work Physiologist?. *Pediatric Exercise Science*, *17*(1), 3-17.
- Story, M., Nanney, M. S., & Schwartz, M. B. (2009). Schools and obesity prevention: creating school environments and policies to promote healthy eating and physical activity. *The Milbank Quarterly*, *87*(1), 71-100.
- Sullivan, R., Johnson, W. D., & Katzmarzyk, P. T. (2010). Waist circumference is an independent correlate of errors in self-reported BMI. *Obesity*, *18*(11), 2237-2239.
- Štoll, I., & Sedlák, B. (2013). *Elektrina a magnetismus* (3th ed.). Praha: Karolinum
- Tanita. (2012). *Tanita MC 980*. Retrieved 10. 6. 2015 from World Wide Web: <http://www.tanita.eu/products/catagory/detail//78-mc-980ma.html>

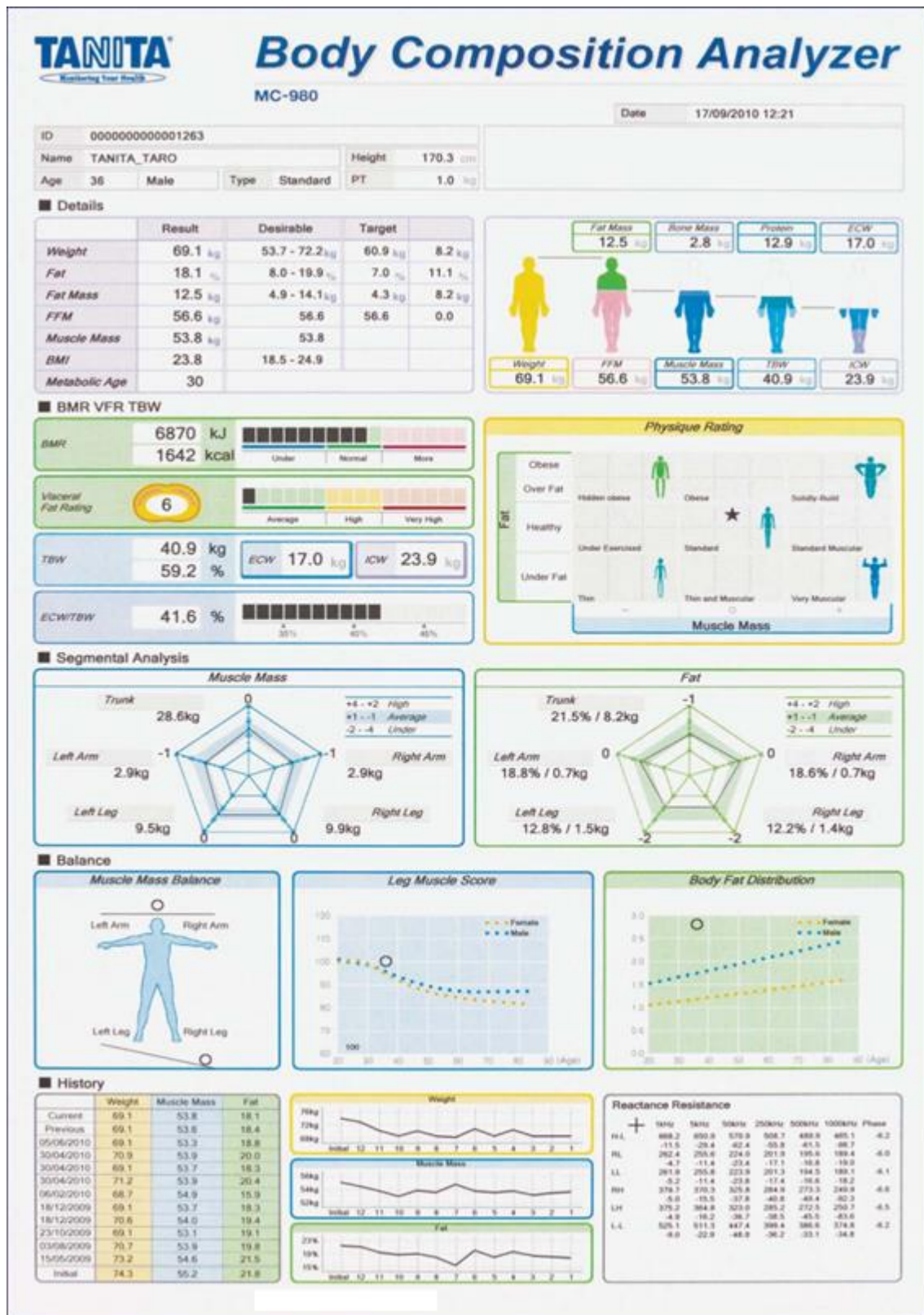
- Vágnerová, M. (2005) *Vývojová psychologie I: dětství a dospívání*. Praha: Karolinum.
- Venkateswarlu, K., Adamu, B., & Gunen, E. A. (2011). Body compositio of nigerian pre-adolescents, adolescents and adults. *International Journal Of Sports Sciences & Fitness*, 1(1), 1-18.
- Vígnerová, J. et al. (2006). 6. *Celostátní antropologický výzkum dětí a mládeže 2001 Česká republika. Souhrnné výsledky*. Praha: Přírodovědecká fakulta a SZÚ.
- Wang, J., Thornton, J. C., Kolesnik, S., & Pierson, R. J. (2000). Anthropometry in body composition. An overview. *Annals Of The New York Academy Of Sciences*, 904, 317-326.
- Wang, Z. M., Pierson, R. J., & Heymsfield, S. B. (1992). The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *The American Journal Of Clinical Nutrition*, 56(1), 19-28.
- World Health Organization. (2007). *BMI-for-age (5-19 years)*. Retrieved 10. 6. 2015 from World Wide Web: http://www.who.int/growthref/who2007_bmi_for_age/en/
- Yaqoob, N., & Asad Khan, M. (2014). Patterns of depression, anxiety symptoms and coping styles among early and late adolescent students. *Pakistan Armed Forces Medical Journal*, 64(4), 573-576.

10 PŘÍLOHY

Příloha 1: Výstup dat ze softwaru přístroje Tanita MC 980

Příloha 2: Tabulky

Příloha 1



Obrázek 18. Výstup dat z přístroje Tanita MC 980

Příloha 2

Tabulka 9. Standardy % tukové hmoty pro muže a ženy

Standardy % tuku	Věk (v letech)	Standardy % tuku	Věk (v letech)
Muži	18-34	Ženy	18-34
zdravotní minimum tuku	< 8	zdravotní minimum tuku	< 20
nízká hodnota (podpůměr)	8	nízká hodnota (podpůměr)	20
střední hodnota (průměr)	13	střední hodnota (průměr)	28
vysoká hodnota (nadpůměr)	22	vysoká hodnota (nadpůměr)	35
obezita	> 22	obezita	>35

Tabulka 10. Průměrné doporučené hodnoty kostní hmoty pro osoby v rozmezí 20-40 let

Ženy			
Celková hmotnost (kg)	< 50	50-70	>75
Hmotnost kostí (kg)	1,9	2,4	2,9
Muži			
Celková hmotnost (kg)	< 65	65-95	95
Hmotnost kostí (kg)	2,6	3,2	3,6

Tabulka 11. Četnostní analýza metabolického věku u žen (Ž)

Věk	Tělesný typ Atlet		Tělesný typ Standard	
	n	%	n	%
12	93	83	71	62,8
13	3	2,6	4	4,5
14	2	1,7	5	4,4
15	2	1,7	2	1,7
16	1	0,8	5	4,4
17	4	3,5	1	0,8
18	—	—	—	—
19	—	—	4	3,5
20	1	0,8	0	0
21	3	2,6	4	3,5
22	—	—	2	1,7
23	2	1,7	4	3,5
24	—	—	2	1,7
25	—	—	1	0,8
26	—	—	1	0,8
27	1	0,8	—	—
28	—	—	1	0,8
29	—	—	2	1,7
30	—	—	1	0,8
31	—	—	1	0,8
32	—	—	1	0,8
33	—	—	—	—
34	—	—	—	—
35	—	—	—	—
36	—	—	1	0,8

Tabulka 11. Četnostní analýza metabolického věku u mužů (M)

Věk	Tělesný typ Atlet		Tělesný typ Standard	
	n	%	n	%
12	48	66,6	44	57,8
13	2	2,7	3	3,9
14	4	5,5	5	6,5
15	3	4,1	4	5,2
16	2	2,7	2	2,6
17	1	1,3	2	2,6
18	2	2,7	3	3,9
19	—	—	1	1,3
20	2	2,7	2	2,6
21	—	—	—	—
22	—	—	—	—
23	1	1,3	—	—
24	—	—	1	1,3
25	1	1,3	1	1,3
26	1	1,3	1	1,3
27	1	1,3	—	—
28	—	—	—	—
29	1	1,3	1	1,3
30	—	—	—	—
31	—	—	1	1,3
32	1	1,3	1	1,3
33	—	—	1	1,3
34	1	1,3	2	2,6
35	1	1,3	1	1,3
36	—	—	—	—