

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Fakulta tělesné kultury

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2016

Bc. LUCIE SÍBROVÁ

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

Fakulta tělesné kultury

**RELIABILITA MĚŘENÍ U RŮZNÝCH TYPŮ PŘÍSTROJOVÉ TECHNIKY PRO
ODHAD TĚLESNÉHO SLOŽENÍ U PROBANDŮ U3V**

Diplomová práce

(magisterská)

Autor: Bc. Lucie Sívrová, tělesná výchova – učitelství biologie
pro střední školy

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

Olomouc 2016

Jméno a příjmení autora: Bc. Lucie Síbrová

Název závěrečné písemné práce: Reliabilita měření u různých typů přístrojové techniky pro odhad tělesného složení u probandů U3V

Pracoviště: Katedra přírodních věd v kinantropologii

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

Rok obhajoby práce: 2016

Abstrakt: Práce se zabývá zjištěním reliability měření u různých typů přístrojové techniky odhadující tělesné složení u probandů U3V na FTK UP v Olomouci. Výzkumný soubor tvořilo 41 seniorek ve věku 60 – 77 let. Měření probíhalo na přístrojích bodystat QuadScan 4000, Tanita MC-980, Tanita BC-418 a InBody 720. Mezi sledované komponenty byly vybrány TBW (celková tělesná voda), BFM (tělesný tuk) a FFM (tukuprostá hmota). Probandi absolvovali na každém přístroji tři měřené pokusy, které byly následně zpracovány v programu podle Hopkinse (2015). Pro určení reliability byla použita typická chyba měření (TE) a vnitrotřídní korelační koeficient (ICC). Hodnoty ICC se u všech sledovaných komponent pohybují v rozmezí 0,98–1,00. Průměrná hodnota TE pro bodystat Quadscan 4000 byla zjištěna: TBW – 0,40 kg; 0,58 %; BFM – 0,45 kg; 0,65 %; FFM – 0,45 kg; 0,65 %. Průměrná hodnota TE pro Tanita MC-980: TBW – 0,20 kg; 0,27 %; BFM – 0,28 kg; 0,37 %; FFM – 0,27 kg; 0,36 %. Průměrná hodnota TE pro Tanita BC-418: TBW – 0,15 kg; 0,25 %; BFM – 0,23 kg; 0,33 %; FFM – 0,20 kg; 0,33 %. Průměrná hodnota TE pro InBody 720: TBW – 0,15 kg; 0,20 %; BFM – 0,21 kg; 0,27 %; FFM – 0,21 kg; 0,28 %. Ze zjištěné vysoké hodnoty ICC a zároveň nízké míry TE vyplývá, že použité přístroje na FTK lze označit za přesné a reliabilní.

Klíčová slova: bodystat QuadScan 4000, Tanita MC-980, Tanita BC-418, InBody 720, tělesná voda, tělesný tuk, tukuprostá hmota

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci knihovních služeb.

Author's first name and surname: Bc. Lucie Síbrová

Title of the Master thesis: Reliability of measurement of different types of devices that calculates body composition of participants U3V at FTK UP in Olomouc

Department: Department of Natural Sciences in Kinanthropology

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

The year of the presentation: 2016

Abstract: This Master thesis looks into reliability of measurement of different types of devices that calculates body composition of participants U3V at FTK UP in Olomouc. Group was made of 41 senior women between the age of 60 and 77. For measuring were used devices: bodystat QuadScan 4000, Tanita MC-980, Tanita BC-418 and InBody 720. Monitored components were TBW (total body water), BFM (body fat mass) and FFM (fat free mass). Participants were measured 3 times on each of the devices. Results were processed using Hopkins (2015) method. TE (total error) and ICC (Interclass correlation coefficient) were used to determinate reliability. Values of ICC of all participants were in interval of 0,98-1,00. Average value of TE on bodystat Quadscan 4000 was: TBW – 0,40 kg; 0,58 %; BFM – 0,45 kg; 0,65 %; FFM – 0,45 kg; 0,65 %. Average value of TE on Tanita MC-980 was: TBW – 0,20 kg; 0,27 %; BFM – 0,28 kg; 0,37 %; FFM – 0,27 kg; 0,36 %. Average value of TE on Tanita BC-418 was: TBW – 0,15 kg; 0,25 %; BFM – 0,23 kg; 0,33 %; FFM – 0,20 kg; 0,33 %. Average value of TE on InBody 720 was: TBW – 0,15 kg; 0,20 %; BFM – 0,21 kg; 0,27 %; FFM – 0,21 kg; 0,28 %. Result of both low value of ICC and TE proves that measuring devices at FTK are accurate and reliable.

Keywords: bodystat QuadScan 4000, Tanita MC-980, Tanita BC-418, InBody 720, total body water, body fat mass, fat free mass

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

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně s odbornou pomocí doc. RNDr. Miroslavy Přidalové, PhD., uvedla všechny použité literární a odborné zdroje a řídila se zásadami vědecké etiky.

V Olomouci dne 30. 6. 2016

.....

Děkuji doc. RNDr. Miroslavě Přidalové, Ph.D. za pomoc, cenné rady a připomínky při zpracovávání magisterské práce. Dále děkuji Mgr. Tereze Podzimkové a Mgr. Vendule Zbořilové za pomoc při získávání a zpracovávání dat.

OBSAH

1 ÚVOD	8
2 SYNTÉZA POZNATKŮ	10
2. 1 Tělesné složení	10
2. 1. 1 Historie měření tělesného složení	10
2. 1. 2 Modely tělesného složení	11
2. 1. 3 Metody odhadu tělesného složení	15
2. 1. 3. 1 Antropometrie	15
2. 1. 3. 2 Biofyzikální a biochemické metody	16
2. 1. 4 Přístrojová technika	19
2. 1. 4. 1 QuadScan 4000	20
2. 1. 4. 2 Tanita BC-418	21
2. 1. 4. 3 Tanita MC-980	22
2. 1. 4. 4 InBody 720	23
2. 1. 5 Vybrané komponenty tělesného složení	25
2. 1. 5. 1 Tělesná voda (Total Body Water – TBW)	25
2. 1. 5. 2 Tělesný tuk (Fat Mass – FM)	25
2. 1. 5. 3 Tukuprostá hmota (Fat Free Mass - FFM)	27
2. 1. 5. 4 Tělesná buněčná hmota a celkový tělesný draslík	27
2. 1. 6 Význam diagnostiky tělesného složení	28
2. 3 Vlastnosti testů	30
2. 3. 1 Reliabilita	30
2. 3. 2 Validita	32
2. 3. 3 Objektivita	33
2. 4 Vztah tělesného složení a stáří	33
3 CÍLE	35
4 METODIKA	36
4. 1 Charakteristika výzkumného souboru	36
4. 2 Sběr dat	36

4.3	Statistické zpracování dat.....	37
4.4	Vybrané parametry tělesného složení.....	37
4.5	Použitá přístrojová technika	37
5	VÝSLEDKY	38
5.1	Výsledky QuadScan 4000	38
5.2	Výsledky Tanita MC-980.....	41
5.3	Výsledky Tanita BC-418.....	44
5.4	Výsledky InBody 720.....	47
6	DISKUZE.....	50
7	ZÁVĚRY	53
8	SOUHRN	55
8	SUMMARY	57
9	REFERENČNÍ SEZNAM.....	59

1 ÚVOD

Nejen ve sportu, ale i v klinické praxi jsou lékaři stále více využívány přístroje pro odhad tělesného složení. Tyto přístroje podávají informace o zastoupení jednotlivých tělesných frakcí u testovaných osob. Jsou proto využívány také trenéry pro sledování tělesných změn u svých svěřenců, ale také zdravotníky pro monitorování nejrůznějších onemocnění a stupně obezity. Právě obezitou a nadváhou trpí v České republice přibližně 55 % dospělé populace (VZP, 2013). Tělesné složení se přitom v průběhu života mění. Výrazné změny pozorujeme v období růstu a stáří, které je charakterizováno jako období pozdních fází ontogeneze. V organismu se odehrává mnoho postupných funkčních změn a organismus se stává méně přizpůsobivým ke svému okolí (Kalvach et al., 2004). Dochází například ke snížení množství celkové vody v těle, k úbytku svalové hmoty a síly, což má za následek pokles fyzické aktivity a rychlosti metabolismu. Pravidelná pohybová aktivita a zdravý životní styl zpomalují důsledky stárnutí, eliminují výskyt obezity a pozitivně působí na lidský organismus tím, že přibývá svalové frakce a ubývá frakce tukové (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006; Vigué, 2006).

Výzkumy týkající se tělesného složení se soustředí na změny v zastoupení jednotlivých tělesných frakcí ve vývojových fázích ontogeneze. Tyto změny jsou zjišťovány pomocí mnoha laboratorních i terénních metod, které se podílejí na odhadu tělesného složení. Mezi nejčastější metodu patří bioelektrická impedance (BIA), která je založena na šíření rozlišného elektrického proudu o nízké intenzitě v různých biologických strukturách. Díky odlišným elektrickým vlastnostem tkání, tuku a tělesné vody je možné získat jednotlivé hodnoty složení těla (Kutáč & Gajda, 2011; Riegerová et al., 2006). Existuje celá řada výzkumů, které pracují s metodou BIA. Otázkou však zůstává, do jaké míry jsou výsledky z těchto měření spolehlivé, reliabilní. Reliabilita, jakožto jedna z hlavních vlastností testů, vypovídá o spolehlivosti vybrané přístrojové techniky. Výrobci přístrojů připouští minimální chyby měření při odhadu tělesného složení, což potvrzuje i několik autorů zabývajících se touto problematikou (Diemer et al., 2011; Jensky-Squires et al., 2008; Kettaneh et al., 2005; Kutáč, 2012; Kutáč & Gajda, 2011; Lubans et al., 2011). Zhodnocení přesnosti měření těchto přístrojů je nutným předpokladem pro následné využití výsledků v akademické sféře, v oblasti zdravotnictví nebo v procesu sportovního tréninku. Průběh měření nebývá časově náročný a rovněž obsluha přístrojů, pracujících na metodě BIA, není složitá.

Tato diplomová práce se zabývá reliabilitou měření u různých typů přístrojové techniky pro odhad tělesného složení. Pro ověření spolehlivosti byly v našem případě zvoleny

přístroje InBody 720, Tanita MC-980, Tanita BC-418 a bodystat QuadScan 4000, které jsou využívány pro odhad tělesného složení na FTK UP v Olomouci. Mezi sledovanými komponentami byly TBW (celková tělesná voda), BFM (tělesný tuk) a FFM (tukuprostá hmota). Měření tělesného složení probíhalo v antropometrické laboratoři na FTK UP Olomouc u probandek univerzity třetího věku (U3V).

2 SYNTÉZA POZNATKŮ

2. 1 Tělesné složení

Tělesné složení vyjadřuje změny v zastoupení jednotlivých tělesných frakcí v různých fázích vývoje jedince, hlavně v období růstu a stárnutí. Dále popisuje změny vzniklé působením tělesné zátěže a sportovního tréninku, změny v důsledku metabolického onemocnění, klinických syndromů, tělesně postižených osob nebo osob s psychickým onemocněním. Tělesné složení není po celý život stejné, ale mění se v závislosti na několika faktorech – genetický, výživový, exogenní (pohybová aktivita) a celkový zdravotní stav jedince. V běžném životě lze monitorování tělesného složení využít například při snaze o redukci hmotnosti, kdy sledujeme účinnost/ neúčinnost zvolené pohybové aktivity v závislosti na změnách v tělesném složení. Monitorování složení těla je hojně využíváno trenéry během tréninkového procesu. Při hodnocení dynamického pohybu je třeba vycházet ze základního morfologického parametru, kterým je hmotnost těla. Při sledování tohoto parametru zkoumáme jeho komponenty neboli frakce. Tělesné frakce hmotnosti těla chápeme ze dvou hledisek – zastoupení jednotlivých tkání na hmotnosti těla (tělesné složení) a hodnocení hmotnosti jednotlivých segmentů těla jako součást kinematického řetězce – distribuce hmoty těla (Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

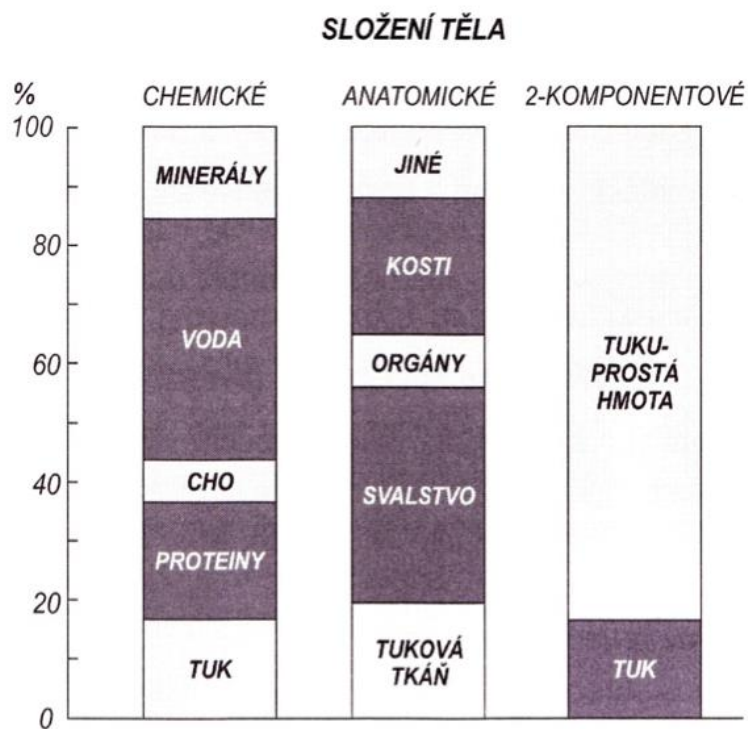
2. 1. 1 Historie měření tělesného složení

Historie tělesného složení není starší jak jedno století. Pro odhad tělesného složení vznikl obor antropometrie, který odhaduje tělesné složení z antropometrických rozměrů těla (Heyward, 2001). V zahraničí se o založení tohoto oboru zasloužil Paul Broca, který se věnoval studiu lebek a sestavit kraniometrické body. Je tedy považován za zakladatele moderní kraniometrie. Poté našla antropometrie využití v kriminalistice. Zde se o její využití zasloužil policejní důstojník Alphonse Berillon, který využil antropometrii k identifikaci osob páchajících trestný čin (Thompson, 2007). Poprvé se s pojmem tělesné složení setkáváme u Jindřicha Matiegky (1921), který se na základě zevních rozměrů těla pokusil o kvantifikaci tělesných částí (Riegerová et al., 2006). Od prvních úsilí, kdy Behnke provedl kvantitativní měření složení těla u mladých námořníků, se během 60. let minulého století zlepšila přesnost a zkušenosti ve zjišťování tělesného složení. Byly vytvořeny velké databáze s výsledky zdravých, ale i nemocných pacientů. Průkopníkem přechodu z anatomického měření tělesného složení do fyziologického byl Frances Moor. Tento vědec započal ve 40. letech lékařská/ fyziologická měření, která v roce 1963 publikoval ve své knize *The Body Cell Mass and Its Supporting Environment*. O aplikaci výsledků tělesného složení do lékařské praxe se

zasloužil Elsie Widdowson, který z nich vycházel při diagnostikování AIDS, rakoviny a jiných zhoubných onemocnění. Aby bylo možné použít metody tělesného složení a zasáhnout tak do klinické praxe, je zapotřebí měření zdravých jedinců, jejichž tělo vykazuje „normální průměrné hodnoty“ ovlivněné věkem, pohlavím, atd. V roce 1992 vytvořili Wang, Pierson a Heymsfield pětikomponentový model tělesného složení. Od tohoto roku se metody měření tělesného složení, konkrétně DXA a BIA, rozšířily do celého světa a dodnes působí v mnoha výzkumech a klinických programech (Heymsfield, 2005; Pierson, 2003). První antropologický výzkum se v našich zemích uskutečnil v roce 1895. V roce 1951, 1961, 1971 a 1981 proběhly celostátní antropometrické výzkumy mládeže, které přinesly výsledky základních parametrů lidského těla. Při příležitosti konání celostátních spartakiád v letech 1955 – 1985 byly pro získání základních tělesných parametrů změřeni účastníci spartakiád, kteří představovali velký vzorek populace ČSSR. Na Československé spartakiádě v roce 1985 proběhlo poslední měření 10 450 cvičenců (6-55 let). V letech 1991 a 2001 proběhl 5. a 6. celostátní antropologický výzkum mládeže zaměřený na oběžní populaci dětí (Bláha et al., 1986; Bláha & Vignerová, 1999; Kanická, 2011; Kopecký, 2014; Kutáč 2013, Přidalová 2013). V roce 2001 proběhl poslední celostátní antropologický výzkum, kdy bylo změřeno více jak 60 000 dětí. V dřívějších letech byl tento počet až 100 000 dětí. Tyto výzkumy poskytují důležité informace o nadváze, obezitě či nízké hmotnosti dětí do 18 let. Protože výzkumy probíhali vždy v desetiletých intervalech, další výzkum měl proběhnout v roce 2011. Ten se však kvůli neudělení finanční podpory prostřednictvím grantu nekonal (www.szu.cz).

2. 1. 2 Modely tělesného složení

Výzkum tělesného složení zahrnuje tři vzájemně propojené oblasti: komponenty tělesného složení a jejich zastoupení, měřicí techniky a biologické faktory, které tělesné složení ovlivňují. Při stanovení tělesného složení vycházíme ze základního morfologického parametru, kterým je tělesná hmotnost. Při monitorování tělesné hmotnosti sledujeme jeho komponenty – komponenty tělesného složení, které byly seřazeny do modelů tělesného složení. Mezi první definované modely patří model anatomický a chemický. Chemický model upřednostňujeme ve vztahu k energetickým zásobám těla. Je to proto, že z chemického hlediska je tělo složené z tuků, sacharidů, bílkovin, minerálů a vody. Anatomicky je tělo člověka tvořeno kostmi, svalstvem, tukovou tkání, vnitřními orgány a tkáněmi. Tento model preferujeme, pokud se zabýváme vlastním tělesným složením.



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

Podle Kutáče (2009), Riegerové et al., (2006), Shah a Bilal, (2009) je 2-komponentový model nejpoužívanější jak z praktického, tak klinického hlediska. Tento model měří tělesný tuk a tukuprostou hmotu (zahrnuje i vodu, svaly, ostatní tkáně a vnitřní orgány). Existují i další, více stupňové modely pro odhad tělesného složení, které vznikly s příchodem nových metod a obsahují nové komponenty. Tyto komponenty, zahrnuté do pěti stupňového modelu, jsou sice odlišné, ale pro svoji biochemickou a fyziologickou spojitost fungují jako celek (Wang, Pierson, & Heymsfield, 1992). Protože tělesnou hmotnost je možné zobrazit jako pět odlišných, separovaných, ale integrovaných úrovní, rozlišujeme proto pět základních modelů začínajících anatomickým modelem, dále model molekulární, buněčný, tkáňově – systémový a nakonec celotělový model (Heymsfield et al., 2001).

Atomický model

Lidské tělo je tvořeno chemickými prvky, které se podílejí na hmotnosti těla. Mezi 6 základních prvků, které představují více než 98 % tělesné hmotnosti, patří: kyslík (O), uhlík (C), vodík (H), dusík (N), fosfor (P) a vápník (Ca). Další 2 % jsou zastoupena 44 prvky, z nichž nejpodstatnější jsou: draslík (K), síra (S), chlór (Cl), hořčík (Mg) a sodík (Na). Všechny tyto prvky jsou měřitelné, zejména neutronovou aktivační analýzou. Prvky jsou

využity pro výpočet celkové tělesné hmotnosti (BWT). Všechny 11 prvků je začleněno do vícesložkové molekulární úrovně (Kutáč, 2009; Pietrobelli, Heymsfield Wang, & Gallagher, 2001; Riegerová et al., 2006; Shah & Bilal, 2009; Wang et al., 1992).

Molekulární model

Tento model pracuje s lipidy, proteiny, vodou, minerály a glykogenem (Heymsfield et al., 2001). Tyto hlavní sledované komponenty se podílejí na tělesné hmotnosti. Tuky neboli lipidy se v organismu vyskytují v několika formách. Jednoduché lipidy (tuky, oleje, vosky) nebo složené lipidy – fosfolipidy, glykolipidy a lipoproteiny podílejí se na stavbě buněčných membrán a krevní plazmy (Riegerová et al., 2006; Rokyta, 2000). Dále model pracuje s proteiny (bílkoviny). Bílkoviny jsou základním stavebním kamenem všech tkání a svalů (Urbaníková, 2014). Množství vody na tělesné hmotnosti dospělého člověka (muž 70 kg) činí 60%, což představuje 42 litrů a tuto vodu označujeme jako celkovou tělesnou vodu (BTW). Ženy mají zhruba o 10 % menší podíl vody v těle (Mourek, 2012). Mezi minerálními látkami jsou zastoupeny sodík, draslík, vápník, fosfor, hořčík a síra, které jsou zastoupeny v různém množství (desítky až stovky gramů). V kostech je vázáno 82 – 85 % minerálů, tzv. kostních minerálů. Glykogen je zásobní forma glukózy a společně s dalšími sacharidy tvoří nedílnou součást organismu, protože pokrývají 50 – 80 % energetických potřeb člověka (Riegerová et al., 2006; Rokyta, 2000).

Molekulární model navazuje na 2-komponentový model a rozšiřuje jej o další složky (Heymsfield et al., 2001; Pietrobelli et al., 2001):

- 4-komponentový model

Dochází k úzkému propojení mezi atomárními prvky a molekulární úrovní. Dusík, vápník, uhlík a kyslík jsou hlavními elementárními složky proteinů, kostních minerálů, tuků a vody.

- 3-komponentový model

Odvozen od 4-komponentového modelu. Model pracuje se stejnými komponentami (tuková hmota, celková tělesná voda, pevné látky= minerály a proteiny), ale pracuje s nimi v jiných kombinacích.

Buněčný model

Tělesná hmotnost na buněčné úrovni je tvořena 3 komponentami: extracelulární hmota (bílkoviny a minerály obsažené v tukuprosté hmotě), extracelulární tekutina (plazma a intersticiální tekutina) a buněčná hmota (Heymsfield et al., 2001; Pietrobelli et al., 2001).

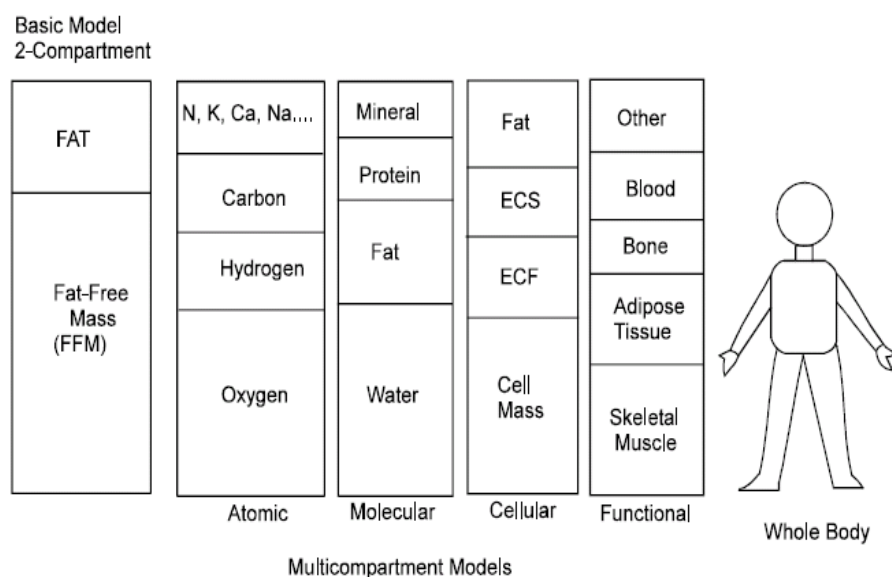
Buňky jsou strukturální a funkční jednotky, které jsou schopné samostatné existence. Buňky se od sebe liší jak velikostí, tak i funkcí a strukturou. Na tomto základě buňky rozdělujeme na epitelové, pojivové, svalové a nervové. Mezi buňky se nachází extracelulární tekutina, která představuje přibližně 20 % celkové tělesné vody. Tato tekutina je distribuována do tří prostorů: intersticiální voda, plazma a transcelulární voda. Extracelulární hmota je zastoupena bílkovinami, polysacharidy a proteoglykany. Ty tvoří mechanickou oporu okolním buňkám, zprostředkovávají mezibuněčnou komunikaci a zajišťují pevnost v tlaku a v tahu (Rokyta, 2015).

Tkáňově-systémový model

Model je vícesložkový a hmotnost těla zjišťujeme ze všech tkání a orgánových soustav: muskuloskeletální, oběhový, nervový, respirační, kožní, trávicí, vyměšovací, reprodukční, endokrinní systém. Tkáně jsou soubory buněk, které mají stejný původ a funkci. Soubor tkání tvoří dohromady orgány a jejich soustavy (Heymsfield et al., 2001; Pietrobelli et al., 2001).

Celotělový model

Tento model se stal standardem pro výzkum tělesného složení a zahrnuje více měření (Shah & Bilal, 2009). Zahrnuje tělesnou hmotnost, výšku, hmotnostně-výškové indexy, šířkové, délkové, obvodové rozměry, kožní rasy a objem těla, ze kterého je zjišťována denzita těla (přináší informace o aktivní tělesné hmotě).



Obrázek 2. 2-komponentový a pětistupňový model tělesného složení člověka (Shah & Bilal, 2009; Wang et al., 1992).

2. 1. 3 Metody odhadu tělesného složení

Pro odhad složení těla jsou používány metody laboratorní nebo terénní. Metody laboratorní se pro svoji přístrojovou náročnost špatně aplikují do terénního prostředí. Proto v terénních podmínkách volíme méně náročné metody na měření tělesného složení (Riegerová et al., 2006). Pro odhad tělesného složení tzv. *in vivo*, je k dispozici velké množství zavedených metod a technik. Před výběrem metody v dané klinické situaci, je potřeba zhodnotit některé požadavky, jako například dostupnost zařízení či bezpečnostní opatření. Základním požadavkem je, aby zvolená metoda poskytovala platné a reprodukovatelné výsledky s ohledem na skutečné výsledky, které jsou předmětem zkoumání. V ideálním případě by metody pro odhad tělesného složení, měly být stejně přesné u všech probandů bez ohledu na věk, národnost, pohlaví, zdravotní stav, atd. Avšak v důsledku přirozených předpokladů stávajících metod, není možné tohoto stavu dosáhnout. Proto existují velké individuální rozdíly v přesnosti a správnosti složení těla (Fosbøl, & Zerahn, 2015).

Nejčastěji využívanými metodami jsou antropometrické metody. Novější antropometrické metody jsou časově méně náročné a neinvazní oproti těm starším, které kladly velký nárok na délku měření a zaškolení pracovníků. Asi nejvíce využívanou metodou na zjišťování tělesného složení je bioelektrická impedance. Protože v posledních desetiletích je rozvoj této metody na výrazném vzestupu, dochází tak k vývoji většího počtu moderní přístrojové techniky (Jartti, Hakanen, Paakkunainen, Raittinen, & Rönnemaa, 2000; Ward, 2012).

2. 1. 3. 1 Antropometrie

Jedná se o jednu z metod, která patří mezi terénní testy. Výhoda této metody spočívá hlavně v přístrojové a finanční nenáročnosti či dostupnosti. Oproti jiným metodám nejsou výsledky z antropometrie ovlivněné hydratací organismu. Antropometrie odhaduje tělesné složení jedince z antropometrických rozměrů těla (Bunc, 2007; Heyward, 2001; Riegerová et al., 2006).

Jako první se o měření tělesných komponent pokusil Matiegka (1921), který rozdělil hmotnost těla jedince na 4 složky: hmotnost skeletu, hmotnost kůže, hmotnost podkožní tukové tkáně a hmotnost kosterního svalstva. Přesto že se jedná o čtyři zmiňované komponenty, odpovídá toto měření spíše modelu tříkomponentovému. Další, u nás nejpoužívanější metodou, je odhad tělesného složení podle Pařízkové (1962), která odhadla tělesné složení na základě součtu deseti kožních řas (tvář, krk, hrudník 1, hrudník 2, paže, záda, bok, břicho, stehno, lýtko). Měření kožních řas se provádí pomocí několika typů

kaliperů, proto se tato metoda nazývá kaliperace. Umožňuje odhadnout množství tuku pomocí kožních řas a dalších parametrů. Riegerová et al. (2006) uvádí, že zastoupení tuku odhadovaného na základě tloušťky kožních řas, vychází ze dvou předpokladů. Tloušťka tukové tkáně v podkoží je v konstantním poměru k celkovému množství tuku a místa pro měření tloušťky kožních řas představují průměrnou tloušťku tukové vrstvy v podkoží. Kaliperace vyžaduje pečlivý zácvik, který eliminuje chyby měření. Antropometrická měření zahrnuje i celotělový model, který zjišťuje základní tělesné rozměry – délkové, výškové, obvodové a šířkové.



Obrázek 3. Kaliper (upraveno dle <http://chopn.registry.cz/index.php?pg=informacni-zazemi--navod-mereni-koznich-ras>)

2. 1. 3. 2 Biofyzikální a biochemické metody

Kromě kaliperů zjišťujících tloušťku kožních řas, se na zkoumání tělesného složení podílí i celá řada sofistikovanějších, ale dražších metod. Jedná se o: radiografii, ultrazvuk, infračervenou interakci a magnetickou rezonanci. Alternativnějšími metodami jsou denzitometrie, hydrostatické vážení, hydrometrie a bioelektrická impedance, které jsou běžněji využívány pro výzkum referenčních dat ohledně tělesného složení (Heyward, 2001). Všechny tyto metody se snaží odstranit technické chyby vzniklé měřením s kaliperem a fungují na podobném principu jako kaliperace. Samozřejmě existuje daleko více metod, zde se v následujícím textu zaměříme pouze na vybrané metody měření tělesného složení (Riegerová et al., 2006).

Denzitometrie

Denzitometrie se používá pro hodnocení denzity těla. Je to metoda založená na odlišné denzitně dvou základních složek lidského těla BFM a FFM (BFM – tělesný tuk a FFM – tukuprostá hmota). Vychází ze vztahu:

$$\text{Hmotnost} = \text{denzita} \times \text{objem}$$

Princip denzitometrie vychází ze tří předpokladů: separátní denzity obou komponent a jejich konstantnosti u všech testovaných osob, relativní úrovně hydratace tukuprosté hmoty (FFM) a konstantního poměru kostních minerálů ve vztahu ke svalovým proteinům. Nedostatek této metody tkví v přepočtu tělesné denzity na podíl tukové tkáně. Využívány jsou proto populačně-specifické rovnice, které přepočítávají denzitu na relativní hodnoty podílu tuku v organismu. Kromě toho, že denzitometrie slouží jako ukazatel tělesného složení, je dále využíván pro stanovení denzity kostní tkáně. I přes odhadnutou chybu v měření, která činí 3 – 4 %, je denzitometrie podle Riegerové et al. (2006) považována za „zlatý standard“ v hodnocení platnosti ostatních metod. S přibývajícím věkem denzita těla klesá. U mužů byla naměřena vyšší denzita než u žen. Stejně tak se na denzitně podílí i pohybová aktivita, která tuto hodnotu snižuje (Aandstad, Holtberget, Hageberg, Holme, & Anderssen, 2014; Gibson, 2008; Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Hydrometrie

Jedná se o metodu, která měří celkovou tělesnou vodu (TBW). Základem pro stanovení této metody je fakt, že voda je součástí tukuprosté hmoty (FFM), přičemž hydratace FFM je konstantní pro všechny osoby (≈ 73 %). Tuk je vypočítán z rozdílu hmotnosti a FFM (Heyward, 2001; Riegerová et al., 2006).

DEXA (Dual Energy X-Ray Absorptometry)

DEXA neboli duální rentgenová absorpciometrie je metoda čtyřkomponentového modelu zjišťujícího tělesnou hmotnost z vody, tuku, kostních minerálů a proteinů. Metoda vychází z měření dvou rentgenových paprsků procházejících organismem a rozlišujících kostní minerály od měkkých tkání, které rozděluje na tukuprostou hmotu a tuk. Tato metoda umožňuje snímání jednotlivých segmentů lidského těla i komplexně celého těla. Nevýhodou měření pomocí DEXA jsou vysoké finanční a technické náklady zařízení (Aandstad et al.,

2014; Fornetti, Pivarnik, Foley, & Fiechtner, 1999; Hála, 2005; Heyward, 2001; Riegerová, Přidalová, & Ulbrichová, 2006).

Bioelektrická impedance (BIA)

Bioelektrická impedance je rychlý, neinvazní a relativně levný způsob pro odhad tělesného složení těla v oboru, klinických podmínkách (Heyward, 2001; Riegerová et al., 2006) nebo při kontrole zdraví sportovců (Fornetti et al., 1999). Jde o velice rozšířenou metodou, která odhaduje tělesné složení na základě rozdílné elektrické vodivosti biologických struktur v lidském těle. Poprvé byly elektrické vlastnosti tkáně popsány roku 1871. Postupem času pomocí širšího rozsahu frekvencí bylo popsáno více tkání, včetně těch poškozených. Při monitorování těla metodou BIA prochází tělem slabý střídavý elektrický proud o 400 až 800 μA a frekvenci 1 až 1000 kHz (Kang, Cho, Park, Yoon, & Do, 2014). Protože každá biologická struktura má odlišné elektrické vlastnosti, můžeme tak sledovat vodivost například tukuprosté hmoty nebo tělesné vody. Tukuprostá hmota je dobrým vodičem, protože obsahuje vysoký podíl vody a elektrolytů. Oproti tomu tuková tkáň se chová jako izolátor a její vodivost je špatná. BIA neboli „odpor tkáně“ je nepřímo úměrná objemu tkáně, kterou prochází elektrický proud, což vychází z principu Ohmova zákona: proud procházející tělem je nepřímo úměrný impedanci (Heyward, 2001; Kyle, 2004; Riegerová et al., 2006).

Přístrojovou techniku lze použít jak v laboratorních, tak i terénních podmínkách. Jednou z metod měření pomocí BIA je jednofrekvenční BIA (SF-BIA), která zpravidla pracuje s frekvencí o velikosti 50 kHz. SF-BIA umožňuje odhadnout tukuprostou hmotu (FFM) a celkovou tělesnou vodu (TBW), ale nedokáže určit rozdíly v intracelulární tekutině (ICW). TBW je brán jako součet odporů extracelulární vody (ECW) a ICW. Frekvence 50 kHz prochází elektrodami umístěnými na horní a dolní končetině (Kyle et al., 2004). Další metodou, kterou uvádí Kyle et al. (2004) je metoda multifrekvenční BIA (MF-BIA). Tato metoda zahrnuje impedance na vícenásobných frekvencích (1 až 500 kHz) a umožňuje tak hodnotit FFM, TBW, ale i ECW a ICW.

Základní proměnnou, měřenou metodou BIA, je celková tělesná voda (TBW), ze které následně lze odvodit tukuprostou hmotu (FFM) danou rozdílem mezi celkovou hmotností těla a hmotností tělesné tuku. Vztah vychází z rovnice:

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

Hodnota $0,732^{-1}$ (73,2 %) vyjadřuje průměrnou hydrataci tukuprosté hmoty u dospělého člověka, avšak u dětí je tato hodnota vyšší. Množství extracelulární vody je úzce spjato s vitalitou organismu. S vyšším věkem se snižuje objem ECW, naopak ICW svůj objem zvětšuje.

Pro studium tělesného složení metodou BIA je vyráběna celá řada přístrojů. S metodou bioelektrické impedance pracují bipolární a tetrapolární přístroje, které mají k dispozici dvě nebo čtyři elektrody. Pro vědecké účely bývají využívány tetrapolární přístroje se čtyřmi elektrodami umístěnými na dolních a horních končetinách. Naopak pro komerční účely jsou využívány bipolární přístroje, kdy elektrický proud probíhá pouze horní částí těla – ruční BIA, nebo pouze dolní částí těla – nožní BIA (Kutáč, 2013; Riegerová et al., 2006). Pro běžnou diagnostiku jsou vhodnější bipolární přístroje na principu BIA – ruční nebo BIA – nožní. Zařízení, která pracují s více frekvencemi a s větším množstvím kontaktních elektrod, jsou cenově náročnější. I přes relativně vysoký cenový rozdíl mezi jedno frekvenčními a více frekvenčními přístroji, poskytují obě tyto techniky zařízení BIA přesné a validní výsledky (Lindenmoyer, 2014). Studie od Lindenmoyer (2014) dále uvádí, že je potřeba dalších výzkumů ve větším měřítku, aby bylo možné srovnávat tyto techniky. Množství kontaktních elektrod s lidským tělem lze považovat za jeden z významných faktorů, které ovlivňují přesnost měření. Dále velikost frekvence a také to, že elektrický proud prochází různými částmi těla (Kutáč, 2013; Kutáč & Kopecký, 2015; Pietrobelli, Rubiano, St-Onge, & Heymsfi eld, 2004). Při odhadování tělesného složení metodou BIA lze výsledky ovlivnit dalšími mnoha faktory. Za hlavní faktor se uvádí stav hydratace organismu, dále pohybová aktivita a výživové aspekty. Výstupy měření mohou být zkresleny vlastní chybou měření na úrovni 1,5 %, u stavu hydratace organismu až o 2-4 % a měřicí frekvence o 1-2 %. Kromě toho hrají důležitou roli i jiné faktory, jako je věk, pohlaví a celková tělesná hmota. Dále může být měření metodou BIA kontraindikováno při těhotenství, při užívání některých léků (například diuretik) a u pacientů s kardiostimulátorem. Všechny výše zmíněné faktory snižují přesnost měření. Mimo to existuje i řada dalších pravidel, které je potřeba dodržet. Jedná se o specifická režimová doporučení, které jsou charakteristické pro každou přístrojovou techniku (Bunc et al., 2001; Riegerová et al., 2006).

2. 1. 4 Přístrojová technika

Existuje celá řada přístrojů odhadujících tělesné složení. Jedním z nich jsou přístroje pracující metodou DEXA (duální rentgenová absorpciometrie), hydrometrie a magnetická rezonance. Takové přístroje jsou ovšem nákladné a nachází se především v klinických

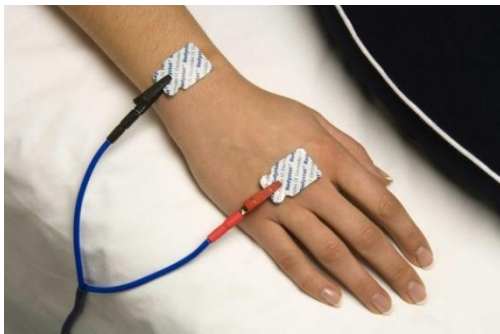
podmínkách. Levnější a dostupnější jsou například přístroje pracující na metodě bioelektrické impedance (BIA). Díky rozdílné prostupnosti biologických struktur na elektrický proud existuje celá řada přístrojů využívajících metodu BIA. Tyto přístroje jsou přenosné a nekladou velké nároky na zaškolení pracovníků. (Aandstad et al., 2014; Fornetti et al., 1999; Fosbøl & Zerahn, 2015; Hillier, Beck, Petropoulou, & Clegg, 2014). Patří sem Bodystat 1500, QuadScan 4000, MultiScan 5000, Tanita BC-418, Tanita MC-918, InBody 170, 370, 230, 520, 720 a mnoho dalších. Odlišnosti těchto přístrojů spočívají v počtu používaných elektrod, typ rovnic pro výpočet zastoupení jednotlivých frakcí a typem nastavovaných vstupních parametrů (Kutáč, 2009; Lindenmoyer, 2014; Přidalová, 2013). Dodavatelem těchto přístrojů je firma Tanita Co z Japonska (Jartti, Hakanen, Paakkunainen, Raittinen, & Rönnemaa, 2000), Biospace Co., Ltd. z Korei (www.biospace.en.ec21.com) a firma Bodystat z Velké Británie (www.bodystat.com).

2. 1. 4. 1 QuadScan 4000

QuadScan 4000 (Obrázek 4) je čtyř-frekvenční analyzátor odhadující tělesné složení (TS). Zařízení pracuje se čtyřmi frekvencemi 5, 50, 100 a 200 kHz. Přístroj podává informace o celkové tělesné vodě (total body water, v litrech) zahrnující extracelulární a intracelulární tekutinu, tukuprosté hmotě (fat free mass, v kg a %), tělesném tuku (fat mass, v kg a %), dále o bazálním metabolismu, stanovuje Body Mass Index a poměr pas/ boky. Jeho princip spočívá v průtoku elektrického proudu přes tělo. Různá frekvence tohoto proudu umožňuje stanovit jednotlivé hodnoty tělesného složení. Dále přístroj stanovuje tzv. parametr zdraví, který informuje pacienta o nutričním statutu buňky. Tento přístroj není vhodný pro těhotné ženy a pro pacienty s kardiostimulátorem. Během vyšetření je měřená osoba v horizontální poloze na zádech, končetiny mírně od těla. Tato poloha je výhodná například pro handicapované pacienty, kteří nedokáží stát na elektrodě platformy či neudrží ruční elektrody. U QuadScanu 4000 jsou elektrody umístěné na ruce a noze (Obrázek 5, 6). Celé vyšetření je časově nenáročné a velmi rychlé, což může být výhodou. Jako nevýhoda se jeví, pokud se vyšetřovaná osoba špatně dostává do horizontální polohy, a proto je pro ni měření diskomfortní (www.bodystat.cz)



Obrázek 4. QuadScan 4000 (upraveno dle www.bodystat.com)



Obrázek 5. Umístění elektrod na ruce (upraveno dle www.bodystat.com)



Obrázek 6. Umístění elektrod na noze (upraveno dle www.bodystat.com)

2. 1. 4. 2 Tanita BC-418

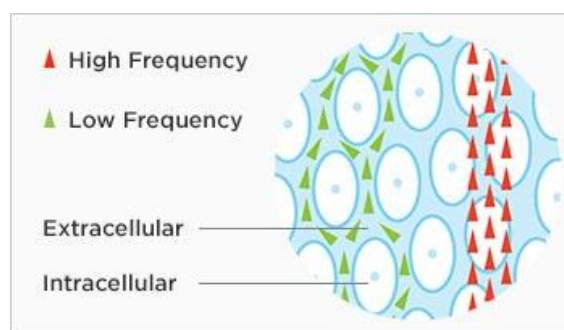
Tanita BC-418 (Obrázek 8.) je přístroj založený na metodě BIA. Tanita BC představuje tetrapolární bioimpedanční metodu, která využívá osmi bodových polárních elektrod pro odhad tělesného složení pacienta. Umístění elektrod je na ruce a chodidlech, tedy BIA – hand-to-leg. Oproti Tanitě MC-980 je do těla pacienta vpouštěn střídavý elektrický proud pouze o frekvenci 50 kHz a následně je vyhodnocen i odpor. Podle zdatnosti měřené osoby lze měření provádět ve dvou módech: standard nebo athletic. Standard se používá pro nesportující populace, naopak sportující populace využívá módu athletic. Athletic je dále podmíněn věkem, a to 17 let a aerobní činnost činí 10 hodin/ týden. Probandům, kteří nesplňují toto kritérium, nastavujeme režim standard. Přístroj poskytuje informace o celkové hmotnosti, BMI, procent tělesného tuku, hmotnosti svalové hmoty, celkové tělesné vody, hodnoty bazálního metabolismu atd. Podle manuálu Tanita.com je přesnost měření při určení hmotnosti těla 0,1 kg. Délka měření jednoho pacienta je zhruba 30 vteřin. Měření probíhá ve vertikální poloze. Výrobce uvádí, že nosnost tohoto přístroje činí až 200 kg (www.tanita.com).



Obrázek 8. Tanita BC (upraveno dle www.tanita.com)

2. 1. 4. 3 Tanita MC-980

Tanita MC-980 je moderní váha, která informuje o tělesném složení těla (Obrázek 7.). Tento typ Tanity měří na frekvencích 1, 5, 50, 250, 500 a 1000 kHz. Díky těmto frekvencím umožňuje zařízení stanovit extracelulární (extracellular water, kg) a intracelulární (intracellular water, kg) tekutinu. Dále podává informace o bazálním metabolismu (BMR, kJ, kcal), hladině viscerálního tuku (visceral fat indicator), celkové tělesné vodě (total body water, kg), tukuprosté hmotě (fat free mass, kg), tělesném tuku (fat mass, kg a %), dále kostní minerály (bone mineral mass, kg), svalová složka (muscle mass, kg), reaktance a rezistence, hodnota BMI, metabolický věk (metabolic age). Celý přístroj pracuje na metodě bioelektrické impedance. Tanita MC-980 využívá osmi elektrod, přes které prochází střídavé frekvence elektrického proudu do všech tkání těla. Přístroj je určený pro populaci s aktivním i neaktivním životním stylem. Měření jedné osoby trvá přibližně 30 sekund. Osoba stojí bez bot nohama na spodních elektrodách, další elektrody jsou umístěny v madlech, které se drží jednotlivě v každé ruce (www.tanita.com).



Obrázek 8. **Průchod frekvence buněčným prostorem** (upraveno dle www.tanita.com)

Obrázek 7. Tanita MC-980 (upraveno dle www.tanita.com)

2. 1. 4. 4 InBody 720

Jedním z nejpresnějších přístrojů na analýzu tělesného složení je přístroj InBody 720. Jako předchozí přístroje i tento je založen na metodě bioelektrické impedance odhadující složení těla. Přístroj je určen pro osoby ve věku 6 až 99 let. Tento multi-frekvenční přístroj pracuje s osmi dotykovými elektrodami. Při testování jsou elektrody umístěny v horní části přístroje a jsou tak v kontaktu s palcem a dlaní na každé ruce. Spodní část přístroje je v kontaktu s oběma chodidly (Obrázek 9). Pro nejpresnější výsledky je nezbytný správný úchop madel a postavení nohou (Obrázek 10). Pro průchod elektrických impulzů tělem používá přístroj InBody frekvence od 1kHz, 5kHz, 50kHz, 250kHz, 500kHz a 1000kHz., které vysílá do pěti segmentů těla (trup a 4 končetiny). Tělesné složení zde pracuje se čtyřdílným modelem zjišťujícího tělesnou vodu, minerály, proteiny a tuk. Mezi další komponenty, které přístroj analyzuje, patří extracelulární (extracellular water, kg) a intracelulární (intracellular water, kg) tekutina, bazální metabolismus (BMR, kJ, kcal), útrobní tuk (visceral fat area, cm²), celková tělesná voda (total body water, kg), tukuprostá hmota (fat free mass, kg), tělesný tuk (fat mass, kg a %), kostní minerály (bone mineral mass, kg), svalová hmota (muscle mass, kg) v jednotlivých tělesných segmentech, BCM (body cell mass), hodnota BMI, WHR index (pas/ boky). Přístroj stanovuje dále stupeň obezity, fitness score (stanovuje

vztah mezi tukem a svalovou hmotou). Proto je zařízení InBody velmi často využíváno pro kontrolu hmotnosti, protože dobře monitoruje svalovou a tukovou složku. Je využíván v lékařských zařízeních pro zajištění dostatečné prevence před kardiovaskulárním či jiným onemocněním. Svalovou rovnováhu lze určit prostřednictvím rozložení svalové hmoty v jednotlivých segmentech těla. Dále InBody odhaluje otok v těle a v jednotlivých segmentech těla. Protože přístroj poskytuje informace o fyzické kondici, lze díky jeho výsledkům stanovit tělesnou zátěž (Biospace, 2009b).

Přístroje InBody a Tanita se liší například v kapacitě vážení (od 200 kg do 300 kg), většina přístrojů je schopna měřit pacienty od 7 do 99 let (Přidalová, 2013; www.inbody.cz).



Obrázek 9. Správný úchop a postavení nohou (upraveno dle www.inbody.cz)



Obrázek 10. Správný postoj (upraveno dle www.inbody.cz)

2. 1. 5 Vybrané komponenty tělesného složení

Podle výše zmíněných modelů lze definovat tyto komponenty tělesného složení:

2. 1. 5. 1 Tělesná voda (Total Body Water – TBW)

Voda je základní složkou živého organismu. Její množství závisí na pohlaví, hmotnosti a věku, se kterým se snižuje. U kojenců tvoří voda 80-85 % tělesné hmotnosti, u dětí 75 %, u dospělého muže 65 % a u dospělé ženy 53 %. Nižší zastoupení vody v ženském organismu je dáno vyšším podílem tukové tkáně, kterou obecně mají ženy vyšší oproti mužům. Podle Riegerové et al. (2006) zůstává do 12. roku života množství vody v těle stejné u obou pohlaví, teprve v postpubertálním období dochází ke zvýšení hydratace u chlapců, zatím co u dívek dochází ke snížení. U starších osob a sportovců během fyzické zátěže je častým problémem dehydratace. Naopak nadměrná hydratace souvisí s hypertenzí, může indikovat přítomnost otoku u kardiaků (Anderson, Erceg, & Schroeder, 2015). V lidském organismu plní voda řadu funkcí. Vytváří transportní prostředí pro živiny, hormony, krevní plyny, teplo ale i pro odpadní látky. Dále voda vytváří vhodné prostředí pro průběh různých chemických reakcí, kterými je například elektrolyza živin. Mimo jiné se voda podílí na zvlhčování a ochraně sliznice a udržuje odolnost a pružnost kůže. Tělesné vody je nejvíce v krvi, dále ve svalové tkáni a v kůži. Méně vody obsahují kosti (22 %) a tuková tkáň (10 %). Proto lidé trpící nadváhou a obezitou mají nízký obsah vody v těle – pouze 45 % tělesné hmotnosti. Tělesná voda je v organismu rozdělena do intracelulárního a extracelulárního prostoru (Fielding, 2015). Intracelulární voda (nitrobuněčná, ICT) tvoří u dospělého muže 40 % tělesné hmotnosti, což představuje 66 % z celkového množství tělesné vody. U ženy tvoří ICT 32 % tělesné hmotnosti. Extracelulární voda (mimobuněčná, ECT) tvoří u dospělého muže 20 % celkové tělesné hmotnosti, u ženy je to 21 % hmotnosti. Extracelulární vodu lze dále rozdělit na krevní plazmu a tkáňový mok (Rokyta, 2008). Při zjišťování tělesného složení metodou BIA není možné dostatečně přesně posoudit TBW pokud dojde ke změně hydratace (Kyle et al., 2004).

2. 1. 5. 2 Tělesný tuk (Fat Mass – FM)

Jedná se o nejvariabilnější komponentu hmotnosti těla, která zásadně ovlivňuje tělesné složení v průběhu celého vývoje jedince.

V organismu se tuky vyskytují jako triglyceridy, volné mastné kyseliny, fosfolipidy a cholesterol. Jejich význam spočívá v několika dějích, kterých se účastní. Tuky jsou stavební komponentou buněk a buněčných membrán ve formě lipoproteinů a fosfolipidů. Zajišťují ochranu těla před ztrátami tepla a rozpuštění některých látek, například vitamínů, které jsou

rozpuštěné v tucích (A, D, E, K). V neposlední řadě je tuková tkáň energeticky nejbohatší tkání lidského těla a vytváří tak zásobárnu energie. Tuto energii tělo aktivuje hlavně při nedostatku cukrů. Tuky přijímané v potravě nejsou vždy ty zdraví prospěšné. Nadbytečný příjem cholesterolu způsobuje například ischemické choroby srdce a mnoho dalších, závažných onemocnění. Tuky by měli tvořit 30-40 % denního příjmu energie. V procesu stárnutí dochází obecně ke zvýšení FM a poklesu FFM, což může také sloužit k posouzení funkčního stavu organismu. Tyto změny byly pozorované i u žen v období menopauzy (Gába & Přidalová, 2013). Při nedostatečném příjmu tuků dochází ke snížení množství podkožního tuku, tzv. zásobního tuku. To s sebou přináší řadu dalších zdravotních onemocnění, protože pro fungování základních fyziologických procesů v těle je potřeba určitého množství tuku. Stejně jako snížené množství podkožního tuku, i nadbytečné množství je rizikové (Rokyta, 2000; Riegerová et al., 2006). V dnešní době velice často diskutovanými tématy je obezita. Obezita se stává rizikovým faktorem v rozvojových zemích, zejména u dospělých žen. Studie ukazují, že jihoafrické ženy negroidního etnika mají mnohem větší sklony k výskytu nadváhy než je tomu u žen bílé pleti. Rozdíl lze částečně přičíst odlišné distribuci tuku (George, Goedecke, Crowther, Jaff, Kengne, Norris, & Micklesfield, 2016). Nadváha i obezita jsou spojeny s nadbytečným množstvím tuků v těle a u takových lidí se objevuje řada kardiovaskulárních a ortopedických onemocnění i psychosociálních poruch. Klíčovým faktorem vzniku kardiovaskulárních onemocnění je viscerální tuk (Valentino, Bustamante, Orellana, Kramer, Durán, Adasme, Salazar, Ibara, Fernández, Navarrete, & Acevedo, 2015). Častými faktory pro výskyt nadváhy a obezity je špatný životní styl spojený se špatnými stravovacími návyky a nedostatečnou pohybovou aktivitou (PA). Protože pohybová aktivita snižuje množství nadbytečného tuku v těle, věnuje se tomuto tématu řada studií, která potvrzuje pozitivní vliv PA na snížení obezity a nadváhy (Riegerová, Přidalová, Valenta, & Dostálová, 2008; Pelclová, Gába, Přidalová, Engelová, Tlučáková, & Zajac-Gawlak, 2009; Sofková, Přidalová, Pelclová, & Dostálová, 2011;)

Pro sledování procentuálního zastoupení tukové frakce používáme tyto metody na měření tělesného složení: DEXA, BIA a kaliperace (Marshall, Murphy, King, Haas, Lim, Wiedrick, Thornburg, & Purnell, 2016). Měření nejsou vždy přesné, například u kaliperace je měření ovlivněno místy měření, různým počtem měřených řas či elasticita kůže (Riegerová et al., 2006).

2. 1. 5. 3 Tukuprostá hmota (Fat Free Mass - FFM)

Výpočet tukuprosté hmoty se získává výpočtem rozdílů mezi tukovou frakcí (BFM) a celkovou tělesnou hmotností. Tukuprostou hmotu ovlivňuje během života řada faktorů, mezi které například patří věk, pohlaví či pohybová aktivita. Burton (2012) uvádí, že během celého života se mění poměr FM a FFM, přičemž se mění obě složky společně, jak u podvyživených, tak i zdravých jedinců. U zdravých jedinců platí, že muži mají obecně vyšší změny v rozdílu FFM a FM než ženy. Rozdíl FFM/ FM se u mužů pohybuje v rozmezí 0,2–0,6, u žen pak 0,2–0,3. FFM je velmi různorodá komponenta udávající poměr tří složek: kostra, svalstvo a ostatní tkáň (Fosbøl, & Zerahn, 2015). Voda je nejvíce variabilní složka FFM (Gibson, 2008). Riegerová et al. (2006) uvádí, že tukuprostou hmotu tvoří z 60 % svalstvo, z 25 % opěrná a pojivová tkáň a 15 % hmotnost vnitřních orgánů. Svalovou tkáň lze dále rozdělit na kosterní svaly (příčně pruhované), hladké svalstvo a srdeční sval. U novorozenců je zastoupení kosterního svalstva nejmenší, zhruba 25 %. K výraznému nárůstu dochází v období puberty (u dívek dříve než u chlapců). U dospělých osob představuje kosterní svalstvo až 40 % hmotnosti těla. Po dosažení stabilního rozvoje svalstva (u mužů 40. rok života, u žen 60. rok života) dochází k postupnému poklesu. Úbytek svalové hmoty a svalové síly se nazývá sarkopenie a představuje pro seniory vážný zdravotní problém (Berková, Berka, & Topinková, 2013). Pohybová aktivita přispívá k nárůstu svalové hmoty a snižuje tak riziko pádů (Gába & Přidalová, 2013; Gába, Přidalová, & Zajac, 2014). U sportujících jedinců jsou hodnoty FFM vyšší. Záleží však na druhu sportu, pohlaví a genetické výbavě (Riegerová et al., 2006). Hodnoty FFM je možné zjistit jak metodou BIA, tak metodou DEXA. Spolehlivost a platnost obou přístrojů při odhadu FFM potvrzuje studie Fornetti et al. (1999).

2. 1. 5. 4 Tělesná buněčná hmota a celkový tělesný draslík

Tělesná buněčná hmota (Body Cell Mass – BCM) je celková hmotnost všech buněčných elementů. Zastupuje metabolicky aktivní složku těla, ve které probíhá řada tělesných funkcí včetně energetického výdeje. Protože se jedná o aktivní hmotu FFM, patří sem tkáň svalová, kostní a orgánová. Dále i tekutina intracelulární a extracelulární. Svalová tkáň představuje 60 % z BCM, tkáň orgánová 20 % a posledních 20 % je v BCM zastoupeno červenými krvinkami a tkáňovými buňkami. BCM je ideálním ukazatelem nutričního stavu jedince například u dětí nebo klinicky nemocných osob, protože na rozdíl od FFM není ovlivněn hydratačními změnami (Murphy & Davies, 2008). Odhad BCM se provádí podle celkového tělesného draslíku (TBK), protože hodnoty draslíků (K) jsou v BCM konstantní a udržovány v přísných mezích podle homeostatických mechanismů. Hladina K v těle činí

98 – 99 %. Pokles energetického výdeje a fyzických schopností ve stáří je důsledkem poklesu BCM, který s věkem klesá u obou pohlaví. Dále lze hodnoty BCM získat pomocí bioelektrické impedanční analýzy (Avram, Fein, Borawski, Chattopadhyay, & Matza, 2010; Medicine Net, 2004; Riegrová et al., 2006; Volpato, Romagnoni, Soattin, Blè, Leoci, Bollini, & Zuliani, 2004; Wang, Thornton, Heymsfiel, & Pierson, 2003).

Celkový tělesný draslík (Total Body Potassium – TBK) je součástí intracelulární tekutiny. TBK se využívá jako index tělesné buněčné hmoty. Jeho největší procentuální zastoupení je v kosterní svalovině, poté v jiných tkáních a orgánech. Díky tomu je TBK využívá pro zjištění indexu kosterní svalové hmoty. Hodnoty TBK se zvyšují během raného dětství, v období adolescence se objevují výraznější rozdíly mezi oběma pohlavími a přetrvávají po celý život (He et al., 2003; Riegerová et al., 2006).

2. 1. 6 Význam diagnostiky tělesného složení

Diagnostika tělesného složení je v posledních letech na vzestupu. Využití nachází ve sportovní i klinické kinantropologii. Měření podává informace o fyzické zdatnosti jedince, která je ukazatelem funkčního stavu organismu a umožňuje člověku zvládat každodenní činnosti a snižovat tak možnost zranění. V klinické praxi je diagnostika tělesného složení využívána lékaři u různých metabolických onemocnění, klinických syndromů, tělesně postižených klientů a u klientů s různými psychickým onemocněním (Gába, Zajac-Gawlak, Přidalová, & Pošpiech, 2011; Riegerová et al., 2006).

Jednou z diagnostikovaných komponent je tělesný tuk, který lze považovat za ukazatel stupně obezity. Obezita je spojena s výskytem zdravotních problémů, které mohou vést k vážným komplikacím. Prokázány jsou i pozitivní korelace mezi obezitou a ischemickými poruchami, výskytem diabetu, u žen se objevují nádory dělohy, u mužů se vyskytují nádory tlustého střeva a konečníku (Bray, 2004; Chan, Rimm, Colditz, Stampfer, & Willett, 1994; Makowski, Zhou, Zhong, Kuan, Fan, Sampey, & Bae-Jump, 2014; Suk, Sacco, Boden-Albala, Cheun, Pittman, Elkind, & Paik, 2003). V České republice a v celosvětovém měřítku přibývá obézních lidí. V naší zemi trpí nadváhou nebo obezitou přibližně 55 % dospělé populace. Muži jsou přitom častěji obézní než ženy a více trpí nadváhou (VZP, 2013). U dětí jsou čísla nižší, přesto odstrašující. Nadváha a obezita byla zjištěna u 19 % chlapců a 9 % dívek. Česká republika se pohybuje přibližně v polovině sledovaných zemí. Tyto čísla stanovili ve výzkumu Kalman et al. (2011) na základě hodnot BMI (Body Mass Index).

Pro každý sport a sportovní výkon je nezbytná určitá fyzická zdatnost zjistitelná pomocí zátěžových testů, dále genetické předpoklady a somatické parametry sportovce. Mezi

somatické parametry, které zastupují především tělesná hmotnost a výška, dále řadíme tělesné rozměry a tělesné složení. Při hodnocení tělesného složení jsou nejčastěji sledovanými komponentami tělesný tuk, tukuprostá hmota a tělesná voda. Ve sportu je další sledovanou komponentou i podíl svalové hmoty (Kutáč & Gajda, 2011; Riegerová et al., 2006). Studie Sigmunda et al., (2013) dokládá, že během prvních 4 týdnů kondiční přípravy došlo k výrazným změnám v tělesném složení u hráčů ledního hokeje. Došlo k výraznému nárůstu svalové hmoty, naopak se výrazně snížilo zastoupení tělesného tuku. S podobnými výsledky přišel znovu Sigmund et al. (2014), který změřil juniorské reprezentanty ve vodním slalomu. U sportovců došlo po pětiměsíčním přípravném období ke snížení tělesného tuku a k navýšení svalové frakce. Výsledky byly prokázány u mužů i u žen. Proto je tělesné složení jedním z předních ukazatelů fyzické zdatnosti a motorické výkonnosti.

Diagnostiku složení těla lze využít při srovnávání sportovců v různých sportovních odvětvích. Bayios et al. (2006) srovnával tělesné složení u řeckých elitních hráček volejbalu, basketu a házené. Z výsledků vyplývá, že hráčky házené mají vyšší zastoupení tělesného tuku oproti hráčkám volejbalu a basketu. Naopak nejnižší procento tělesného tuku bylo zjištěno u hráček volejbalu. Podobnou studii provedli i Malá, Malý, Zahálka, Bunc, Kaplan, Jebavý, & Tůma (2015), kteří porovnávali tělesné složení elitních hráček z pěti různých sportovních her. Jednalo se o volejbal, basket, házenou, fotbal a softbal. Při srovnávání tukuprosté hmoty (FFM) byly zjištěny významné rozdíly mezi sledovanými skupinami. Hráčky fotbalu dosáhly významně nižších hodnot FFM než hráčky ostatních sportů. Rovněž tyto hráčky měly i přes nejnižší hmotnost největší podíl aktivní FFM. Nejméně aktivní tukuprostá hmota byla zjištěna u hráček basketbalu. Stejně jako předchozí studie i tato doložila, že hráčky volejbalu mají nižší podíl tělesného tuku než hráčky házené. Výsledky z těchto studií dokazují, že každý sport má odlišné nároky na sportovce a tyto nároky do jisté míry ovlivňují jejich tělesné složení.

Dalším důvodem, proč se měří tělesné složení, jsou biologické rozdíly mezi etniky. Heyward a Wagner (2000) uvádí, že příslušníci černé rasy mají obecně větší hustotu kostní tkáně a obsah proteinů než příslušníci bílé rasy. Rasové rozdíly jsou i v distribuci podkožního tuku. Podobné zjištění bylo provedeno ve studii od Nightingale (2013), kteří se zaměřili na studium tělesného složení u dětí odlišných etnik. Z výsledků vyplývá, že obecné rovnice pro hodnocení například FFM a FM nejsou univerzální pro všechna etnika.

2. 3 Vlastnosti testů

Cílem testování je přinést výsledky, které budou spolehlivé, objektivní a platné. Tyto vlastnosti testů jsou základním kritériem pro kvalitní testování.

2. 3. 1 Reliabilita

Reliabilita neboli spolehlivost je statistická veličina vypovídající o přesnosti testu. Znamená stálost dosahování stejných nebo velmi podobných výsledků při opakovaném měření za stejných podmínek. S reliabilitou souvisí i přesnost, která vyjadřuje velikost chyb měření (testování). Za přesné lze považovat měření, které vykazuje jen malý počet nepřilíš velkých chyb. V praxi to znamená, že při opakovaném měření téže osoby za stejných podmínek, získáme velmi podobné výsledky. Aby měření bylo spolehlivé, musí být také platné (validní). Vysoká reliabilita je sice nutnou podmínkou dobré validity měření, ale samotná vysoká reliabilita nezaručuje dobrou validitu. Stupeň reliability měření lze vyjádřit tzv. koeficientem reliability. Tento koeficient nese označení r_{tt} a nabývá hodnot od 0 do 1, přičemž číslice 0 znamená nulový stupeň reliability a číslice 1 maximální stupeň reliability. Koeficient reliability je definován jako poměr rozptylu chyb k celkové variabilitě dat odečtených od 1. Pokud by byl koeficient $r_{tt} = 1$, znamenalo by to naprosto bezchybné výsledky měření. Takové výsledky se však nevyskytují (Měkota & Novosad, 2005; Sigmund & Sigmundová, 2010).

Pro určování hodnoty koeficientu reliability r_{tt} jsou použity tyto čtyři základní metody (Sigmund & Sigmundová, 2010):

- *Metoda opakovaného měření* – neboli test-retest znamená, že provádíme ve stejných podmínkách opakovaně v čase shodné měření. Pomocí korelačního koeficientu, který přináší informace o tom, jak se opakovaně naměřená data shodují v čase, je vypočítán koeficient reliability.
- *Metoda paralelního měření* – opakovaně měříme dvě verze A a B téhož testu. Pomocí korelačního koeficientu mezi měřeními A i B lze vypočítat koeficient reliability.
- *Metoda půlení* – výsledky testu se rozdělí na dvě poloviny, které vyhodnotíme zvlášť jako samostatné měření. Tyto výsledky obou polovin navzájem zhodnotíme pomocí korelačního koeficientu a na základě korelace zjistíme stupeň reliability.
- *Metoda vnitřní konzistence* – neboli Cronbachův korelační koeficient alfa α představuje jednu z nejčastěji používaných kritérií pro zhodnocení jednotnosti výsledků. Tento koeficient má několik interpretací. Jednou z nich je například odhad předpokládané korelace jednoho přístroje s alternativní formou jiného přístroje, který

pracuje se stejným počtem změřených proměnných. Tento koeficient nabývá intervalu -1 až +1, přičemž existuje pravidlo, že pro většinu přístrojů by α mělo dosáhnout hodnoty 0,8 (Meloun & Militký, 2002).

V antropometrii se pro zhodnocení míry reliability zřejmě nejčastěji používá metoda opakovaného měření. Kutáč (2010) se rozhodl pro ověření reliability měření tělesného složení právě pro tuto metodu opakovaného měření ve dvou pokusech. Jeho výzkumný vzorek tvořili studenti tělesné výchovy (53 mužů a 38 žen), jejichž průměrný věk byl 20,5 a 20,1 let. Ti podstoupili měření na přístroji TANITA 418 MA. Autor rozdělil probandy do tří skupin – muži, ženy a muži a ženy dohromady. U jednotlivých skupin pak provedl opakované měření tělesného složení. Na základě vysokých hodnot koeficientu reliability a nízké míry typické chyby (TE) autor prohlašuje měření na zkoumaném přístroji za reliabilní a přesné. Reliabilitu přístrojů BIA potvrzuje i Vicente-Rodríguez et al. (2012), kteří zkoumali procentuální zastoupení tělesného tuku u obyvatel žijících v Zaragoze (50 probandů) a Stockholmu (30 probandů). Podle této studie je měření reliabilní, pokud probíhá ve stejný den u stejného nebo různých hodnotitelů nebo po sobě jdoucích dnech u jednoho hodnotitele. Kutáč (2010) uvádí, že chyba při měření tělesného tuku se pohybuje okolo 1-2 %, pokud opakovaně měříme komponentu v jeden den a 3,5 %, pokud měříme v intervalu několika dní.

Znalost reliability používané metody je v současném výzkumu nevyhnutelná. Žádné měření není zcela přesné, a proto je nutné pracovat s chybami. Podle účinku lze chyby klasifikovat jako chyby systematické a náhodné. Náhodné chyby jsou chyby, které není schopen pracovník ovládat. Proto tyto chyby nazýváme jako chyby neovladatelné. Naopak systematické chyby představují takové chyby, které narušují výsledek vždy stejným způsobem, za předpokladu, že při opakovaném měření dodržujeme stejné podmínky měření. Tyto chyby zahrnují chybné metody, nepřesnost měřidel a měřících přístrojů nebo chyby vniklé ze strany pozorovatele. Vznik těchto chyb lze omezit tím, že dodržujeme postupy, zásady a podmínky měření, které jsou uváděny v příručkách. Z toho plyne, že minimalizace chyb je podmínkou pro získání co nejpresnějších výsledků. Metody pracující na bázi bioelektrické impedance vykazují vysokou reliabilitu (Kutáč, 2012; Kutáč & Gajda, 2011).

Číselně lze reliabilitu vyjádřit pomocí tzv. standardní chyby měření (typical error, TE). Pro mnoho měření ve sportovní medicíně a vědě je typická chyba měření nejlépe vyjádřena jako variační koeficient – v procentech střední hodnoty. Výhodou je, že při stanovení TE lze velikost chyb vyjádřit v jednotkách, které používáme, než jen pomocí koeficientu (Hopkins, 2000; Kutáč, 2015; Kutáč, 2012; Kutáč, 2009). Pro stanovení reliability se někdy používá

mezitřídní korelační koeficient (Pearsonův), který stanovuje korelaci dvou odlišných proměnných. Podle Thomase et al. (2005) není Pearsonův korelační koeficient příliš vhodný pro stanovení reliability. Jako vhodnější se nabízí korelační koeficient ICC – intraclass correlation coefficient, který je stanovený analýzou rozptylu. ICC dokáže zahrnout změny průměrů, načasování i ostatní okolnosti působící při měření, dále chyby náhodné motivace či únavy. Je vhodné jej využívat ve výzkumu, kdy se jedná o malý heterogenní vzorek. Podle Cicchetti (1996) se hodnoty ICC pohybují v rozmezí: $< 0,40$ = slabá míra reliability; $0,40 - 0,59$ = přiměřená míra reliability; $0,60 - 0,74$ = spolehlivý; $0,75 - 1,00$ = výborná míra reliability. Někteří autoři uvádí, že velikost veličiny ICC se pro metodu BIA nachází v rozmezí $0,932 - 1,000$ ve vztahu k použitému zařízení a sledované skupiny (Kutáč, 2012). Čím větší vzorek probandů testujeme, tím jsou výsledky reliability přesnější. Hopkins (2000) uvádí, že pro přiměřenou přesnost odhadu spolehlivosti je pro výzkum potřeba přibližně 50 účastníků a minimálně 3 pokusy.

2. 3. 2 Validita

Validita neboli platnost, pravdivost, vypovídá o tom, jak dobře test měří znak, který má být měřen. Míru validity vyjadřuje koeficient validity r_{xy} . Pokud validita dosahuje nulové hodnoty, znamená to, že test není validní a nepostihuje to, co chceme měřit. Čím jsou hodnoty koeficientu mezi $0 - 1$ větší, tím vyšší je validita a odhad přesnější. Validní test postihuje právě tu vlastnost, která má být měřena (Hendl, 2004; Měkota & Novosad, 2005). Druhy validity dle Hendla (2004); Sigmunda a Sigmundové (2010):

- *Obsahová validita* – zjišťuje, na kolik je obsah měření relevantní vůči účelu testování. Míru obsahové validity určuje například expertní šetření.
- *Souběžná validita* – se využívá v případě, že uvádíme novou metodu měření, kterou srovnáváme s již ověřenou metodou. Ověřená metoda je někdy označována jako „zlatý standard“. Pro srovnání výsledků z nového a ověřeného měření se využívá korelačních koeficientů.
- *Predikční validita* – predikce neboli předpověď se snaží předvídat budoucí výsledek měření na základě současného výsledku.
- *Konstruktová validita* – hodnotí do jaké míry je výsledek měření ovlivněn nějakým faktorem – konstruktem.

Při odhadu tělesného složení pomocí kožních řas, bývají k výpočtu využívány regresní rovnice. Validita těchto rovnic je omezena jen na určitou populační skupinu, ze které se tyto rovnice odvozovaly (Riegerová et al., 2006).

2. 3. 3 Objektivita

Objektivita neboli souhlasnost je označení pro stupeň nezávislosti výsledků testů na examinátorovi nebo examinátorech, například různí časoměři. Pro posouzení objektivity se využívá koeficientu objektivity r_{obj} . Není výjimkou, že tento koeficient dosahuje u motorických testů hodnot nula a test je plně objektivní (Měkota & Novosad, 2005).

2. 4 Vztah tělesného složení a stáří

Zlepšující se životní podmínky a pokroky v medicíně umožňují lidem dožívat se vyššího věku. Předpokládá se, že počet seniorů nad 65 let bude v 50. letech 21. století dvojnásobný. Se stářím je spojena i řada involučních změn a výskyt onemocnění, které snižují kvalitu života. Léčba a péče o seniory je nákladná a přináší s sebou velké nároky na ekonomické zajištění. Diagnostika seniorské populace pomáhá předejít výskytu onemocnění a podílí se na zlepšení kvality jejich života (MPSV, 2015).

Stárnutí je přirozený proces postihující všechny organismy. Je výsledkem působení genetických faktorů a vnějšího prostředí. Přestože průběh stárnutí je u každého z nás individuální, je to děj nezvratný a v konečném důsledku znamená pokles funkčních rezerv a schopnost adaptace organismu ve stresových situacích. Nastávají změny na tělesné, psychické, biochemické a funkční úrovni. Podle Viguého (2006) a Světové zdravotnické organizace (WHO) je starý člověk popisován jako člověk starší 60 let. Stáří organismu lze určit pomocí chronologického (kalendářního) věku nebo věku biologického. Chronologický věk vyjadřuje věk jedince podle času, který uplynul od jeho narození a koresponduje s datem v kalendáři. Oproti tomu biologický věk se určuje podle funkčnosti organismu v porovnání se stavem v určitém věku. V některém věkovém období může být mezi chronologickým a biologickým věkem rozdíl až 2 roky. Existují faktory, které se podílejí na stárnutí organismu a které jej urychlují. Mezi takové faktory patří například stres, tabák, alkohol, nadměrný příjem potravy, nedostatečná fyzická aktivita a vysoký krevní tlak. Naopak zdravá strava, dostatek fyzické aktivity a klidný spánek jsou faktory, které stárnutí oddalují a zlepšují kvalitu života (Riegerová et al., 2006; Vigué, 2006).

S rostoucím věkem je spojena změna ve složení těla, kam řadíme také pokles svalové hmoty (sarkopenie) a zvýšení hmotnosti tělesného tuku. Na poklesu svalové hmoty se podílí úbytek hmoty kosterního svalstva. To vše pak vede ke snížení bazálního metabolismu

a svalové síly a tudíž ke snížení fyzické aktivity organismu a rychlosti metabolismu. Takto nastavený organismus nevyužije tolik energie přijaté stravou a začne jej ukládat. U seniorů se jedná nejčastěji o abdominální obezitu, tj. obezitu v břišní části těla. Tato obezita s sebou přináší řadu dalších rizik, jako jsou kardiovaskulární onemocnění, diabetes mellitus 2. typu a mnoho dalších. Proto se pro seniorskou populaci doporučuje zařadit do svého života pravidelný aerobní pohyb prokládaný silovým tréninkem a správně vyvážená strava (Schuit, 2006).

Mezi další změny v tělesném složení těla patří například úbytek celkového množství vody. To je důsledkem snížení obsahu vody uvnitř buněk, a proto jsou starší lidé náchylnější k dehydrataci. Ze smyslových procesů je nejvíce postižen zrak a sluch, přičemž nedoslýchavost se častěji vyskytuje u mužů. Přestože se nemění charakter osobnosti, její hlavní rysy se zvyrazňují, například podrážděnost, negativita atd. Jako poslední zmíněnou změnu můžeme uvést snížení kognitivních procesů, jako je pokles rychlosti učení, myšlení a paměti (Riegerová et al., 2006; Schuit, 2006; Štilec, 2004; Vigué, 2006).

3 CÍLE

Cílem práce je zhodnotit reliabilitu měření prostřednictvím přístrojů QuadScan 4000, Tanita MC-980, Tanita BC-418 a InBody720 odhadujících tělesné složení u probandů U3V na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci.

Dílčí cíle:

- 1) Zhodnocení reliability naměřených hodnot TBW, BFM a FFM na přístroji QuadScan 4000 v rámci tří pokusů.
- 2) Zhodnocení reliability naměřených hodnot TBW, BFM a FFM na přístroji Tanita MC-980 v rámci tří pokusů.
- 3) Zhodnocení reliability naměřených hodnot TBW, BFM a FFM na přístroji Tanita BC-418 v rámci tří pokusů.
- 4) Zhodnocení reliability naměřených hodnot TBW, BFM a FFM na přístroji InBody720 v rámci tří pokusů.

Výzkumná otázka:

Poskytují přístroje na měření tělesného složení na FTK UP v Olomouci reliabilní výsledky?

4 METODIKA

4.1 Charakteristika výzkumného souboru

Výzkumný soubor tvořilo 41 seniorek navštěvujících Univerzitu třetího věku na Fakultě tělesné kultury v Olomouci. Věk zúčastněných žen se pohyboval v rozmezí 60 až 77 let. Jejich průměrný věk byl 64,9 let. Základní statistické charakteristiky somatometrických parametrů znázorňuje tabulka 1.

Tabulka 1. Popisné charakteristiky výzkumného souboru

N=41	M	SD	Min	Max
Věk [roky]	64,9	3,5	60	77
Tělesná výška [cm]	163,0	5,0	150,0	170,0
Tělesná hmotnost [kg]	71,5	11,7	49,3	103,7

Pozn.: N – počet klientek; M – průměr; SD – směrodatná odchylka hodnot,

Min – minimální hodnota souboru; Max – maximální hodnota souboru

4.2 Sběr dat

Měření probíhalo v antropometrické laboratoři na Fakultě tělesné kultury v Olomouci. Všechny zúčastněné seniorky se na měření přihlásily dobrovolně a byly předem seznámeny s podmínkami testování. Měření se uskutečnilo v ranních hodinách (8:00 - 10:00). První dvě měření proběhla v listopadu 2015 a třetí měření v lednu 2016. Parametry tělesného složení byly zjišťovány pomocí přístrojů Quadscan 4000, Tanita MC-980, Tanita BC-418 a InBody 720. Probandky podstoupily na každém přístroji tři měřené pokusy. U všech přístrojů byla mezi jednotlivými pokusy pauza 2 minuty, během které probandky v klidu seděly nebo stály poblíž přístroje. Výjimku tvořil přístroj InBody 720, kde byla pauza 3 minuty mezi pokusy. Pauza byla prodloužena proto, aby došlo k úplnému vymizení doznívajících elektrických impulzů. Všechny seniorky podepsaly před měřením informovaný souhlas ohledně měření. Pro dodržení standardních podmínek nezbytných pro udržení reliability, bylo nutné, aby probandky před měřením dodržely několik zásad, které uvádějí Riegerová et al. (2006):

- 4 až 5 hodin nepít a nejíst;
- nepožívat alkoholické nápoje až 24 hodin před testem;
- 12 hodin bez fyzické zátěže;

- vyprázdnit močový měchýř.

Při zajištění těchto podmínek bylo potřeba dodržet i nároky jednotlivých přístrojů.

4.3 Statistické zpracování dat

Naměřená data byla roztríděna v tabulce Excel podle jednotlivých přístrojů. Jednotlivé parametry byly vloženy do předem zpracovaného výpočetního programu podle Hopkinse (2015) v programu Excel, kde byla data podle přesně stanovených vzorců upravena a vyhodnocena. Speciálně pro tento typ měření doporučuje Hopkins (2000) vyjádřit spolehlivost pomocí typické (standardní) chyby měření. Pro naše potřeby byly tabulky podle Hopkinse (2015) přizpůsobeny našemu počtu probandů a počtu opakovaných pokusů. Z tabulky Excel byly pro vyhodnocení reliability vybrány parametry: typická chyba měření (TE), která představuje číselné vyjádření reliability (spolehlivosti) a vnitrotřídní korelační koeficient (ICC), který je stanovený analýzou rozptylu a dokáže zahrnout změny v průměru.

4.4 Vybrané parametry tělesného složení

Pro výzkum byly na každém přístroji měřeny parametry tělesného složení, které lze považovat za ukazatele zdravotního stavu organismu – celková tělesná voda (TBW – Total Body Water, kg, %), tělesný tuk (BFM – Body Fat Mass, kg, %) a tukuprostá hmota (FFM – Fat Free Mass, kg, %).

4.5 Použitá přístrojová technika

Pro sběr dat byly využity přístroje odhadující tělesné složení – bodystat Quadscan 4000, Tanita MC-980, Tanita BC-418 a InBody 720. Tyto přístroje jsou založeny na metodě bioelektrické impedance.

5 VÝSLEDKY

Výzkumný soubor tvořilo 41 seniorek. Pro porovnání reliability byly vybrány tyto parametry: celková tělesná voda (TBW, kg, %), tělesný tuk (BFM, kg, %) a tukuprostá hmota (FFM, kg, %).

5.1 Výsledky QuadScan 4000

Průměrné hodnoty sledované v jednotlivých pokusech měřených na přístroji bodystat QuadScan 4000 znázorňuje Tabulka 2.

Tabulka 2. Průměrné hodnoty v jednotlivých pokusech v QuadScan 4000

Parametr	1. (n=41)	2. (n=41)	3. (n=41)
TBW (kg) M±SD	33,7±3,2	33,6±3,1	33,5±3,0
TBW (%) M±SD	47,7±4,1	47,6±4,2	47,5±4,3
BFM (kg) M±SD	29,0±7,7	29,1±7,7	29,2±7,7
BFM (%) M±SD	40,1±4,4	40,2±4,5	40,4±4,6
FFM (kg) M±SD	42,4±5,1	42,3±4,9	42,2±4,9
FFM (%) M±SD	59,9±4,4	59,8±4,5	59,6±4,6

TBW – celková tělesná voda, BFM – tělesný tuk, FFM – tukuprostá hmota, M – průměr, SD – směrodatná odchylka

Z uvedených průměrných hodnot jednotlivých parametrů (Tabulka 2) vyplývá, že rozdíly mezi jednotlivými pokusy jsou velmi nízké. U parametrů TBW a FFM pozorujeme, že průměrné hodnoty se s přibývajícím pokusy snižují. Výjimku tvoří parametr BFM, kde naopak dochází k minimálnímu navýšení průměrných hodnot s opakujícími se pokusy.

Při vzájemném srovnání jednotlivých pokusů byly rozdíly mezi jednotlivými pokusy minimální (Tabulka 3.). Nejnižší průměrný rozdíl mezi pokusy je 0,07 kg, který byl zjištěn u parametru BFM vyjádřeného v kilogramech což představuje hodnotu 0,12 %. Nejvyšší průměrný rozdíl byl naměřen u parametru FFM. Hodnota tohoto nejvyššího průměru byla 0,19 kg, při vyjádření v procentech jde o hodnotu 0,22 %. Nízké rozdíly se odráží v hodnotách pro typickou chybu (TE) a vnitrotřídní korelaci (ICC). Nejnižších průměrných hodnot TE bylo dosaženo u parametru TBW vyjádřeného v kilogramech, kde TE byla zjištěna

0,40 kg, kdy se jedná o 0,58 %. Parametry BFM a FFM zaznamenaly v obou případech TE 0,45 kg, která představuje 0,65 %. Nejnižší hodnota TE byla zaznamenána u TBW vyjádřené v kilogramech. TE představovala 0,25 kg, tedy 0,34 %. Nejvyšší hodnota TE byla naměřena u FFM, kde TE byla zjištěna 0,60 v jednotkách kilogramu a 0,86 vyjádřených v procentech. Průměrná hodnota ICC se u všech čtyř parametrů a jejich sledovaných hodnot vyjádřených jak v procentech tak kilogramech, pohybovala v rozmezí mezi 0,98 až 1,00.

Pokud přejdeme ke srovnání jednotlivých parametrů (Tabulka 3.) ve všech šesti případech zjistíme, že nejnižšího průměru mezi pokusy bylo dosaženo ve většině případů při srovnání 2-1 pokusu. Výjimku tvořilo množství tuku (BFM, kg), kde nejnižší hodnota průměru byla mezi 3-2 pokusem. Nejvyšších rozdílů v průměru bylo dosaženo mezi 3-1 pokusem a to ve všech případech. Když se zaměříme na chybu měření, zjistíme, že nejnižší TE dosahovalo srovnání 3-2 pokusu ve všech parametrech. Naopak nejvyšších TE v jednotlivých parametrech bylo dosaženo při srovnání pokusů 3-1 u všech sledovaných parametrů (Tabulka 3.).

Zjištěná TE se u parametru TBW (kg) pohybovala v rozmezí 0,25–0,54 kg. Průměrná TE TBW v kilogramech byla 0,40. V procentech představuje TE 0,34–0,77 % kde průměrná hodnota TE je 0,58 %. Chyba měření byla u BFM byla 0,30–0,59 kg, průměrná TE byla zjištěna 0,45 kg. V procentuálním vyjádření jde o rozmezí TE 0,40–0,86 %, průměrně pak TE představuje 0,65 %. Typická chyba pro FFM byla zjištěna mezi 0,28–0,60 kg, průměrná TE je 0,45 kg. V procentech lze vyjádřit TE u FFM v rozmezí 0,40–0,86 %. Průměrná hodnota TE činí 0,65 %.

Tabulka 3. Rozdíly v průměrných hodnotách sledovaných parametrů mezi jednotlivými pokusy a jejich popisné charakteristiky zjištěné přístrojem QuadScan 4000

Přístroj	Parametr	Dch	Pokus		
			2 - 1	3 - 2	3 - 1
Quadscan 4000	TBW (%)	M	-0,10	-0,11	-0,21
		SD	0,76	0,48	1,09
		TE	0,54	0,34	0,77
		TE (M)	0,58		
		ICC	0,98	0,99	0,97
		ICC (M)	0,98		
	TBW (kg)	M	-0,09	-0,09	-0,17
		SD	0,50	0,36	0,76
		TE	0,35	0,25	0,54
		TE (M)	0,40		
		ICC	0,99	0,99	0,97
		ICC (M)	0,98		
	BFM (%)	M	0,10	0,12	0,22
		SD	0,87	0,56	1,21
		TE	0,61	0,40	0,86
		TE (M)	0,65		
		ICC	0,98	0,99	0,97
		ICC (M)	0,98		
	BFM (kg)	M	0,09	0,07	0,16
		SD	0,56	0,42	0,84
		TE	0,40	0,30	0,59
		TE (M)	0,45		
		ICC	1,0	1,0	1,0
		ICC (M)	1,0		
	FFM (%)	M	-0,10	-0,10	-0,22
		SD	0,87	0,56	1,21
		TE	0,61	0,40	0,86
		TE (M)	0,65		
		ICC	0,98	0,99	0,97
		ICC (M)	0,98		
FFM (kg)	M	-0,09	-0,10	-0,19	
	SD	0,56	0,40	0,85	
	TE	0,40	0,28	0,60	
	TE (M)	0,45			
	ICC	0,99	1,0	0,99	
	ICC (M)	0,99			

Dch – popisná charakteristika, TE – typická chyba, TE (M) – průměrná typická chyba, ICC – koeficient vnitrotřídní korelace, ICC (M) – průměrný koeficient vnitrotřídní korelace

5.2 Výsledky Tanita MC-980

Výsledky sledované na přístroji Tanita MC-980 vykazují velmi podobné, až stejné průměrné hodnoty mezi jednotlivými pokusy. Průměrné výsledky v jednotlivých pokusech zjištěné u různých parametrů znázorňuje Tabulka 4.

Tabulka 4. Průměrné hodnoty v jednotlivých pokusech v Tanita MC-980

Parametr	1. (n=41)	2. (n=41)	3. (n=41)
TBW (kg) M±SD	32,5±3,6	32,5±3,6	32,5±3,6
TBW (%) M±SD	45,6±3,1	45,6±3,2	45,5±3,1
BFM (kg) M±SD	25,8±7,4	25,9±7,4	25,9±7,4
BFM (%) M±SD	35,3±4,5	33,4±4,5	35,5±4,5
FFM (kg) M±SD	46,1±5,0	46,0±5,0	46,0±5,0
FFM (%) M±SD	64,7±4,5	64,6±4,5	64,5±4,5

TBW – celková tělesná voda, BFM – tělesný tuk, FFM – tukuprostá hmota, M – průměr, SD – směrodatná odchylka

Shodné průměrné hodnoty mezi jednotlivými pokusy byly naměřeny u celkové tělesné vody (TBW) vyjádřené v kilogramech. BFM a FFM vyjádřené v kilogramech vykazovaly jen minimální změny v průměrných hodnotách mezi jednotlivými pokusy. To se projevuje i v procentuálním vyjádření průměrných výsledků u všech sledovaných parametrů. Při srovnání všech tří pokusů mezi sebou bylo dosaženo nízkých rozdílů mezi průměrnými hodnotami jednotlivých pokusů (Tabulka 5.)

U přístroje Tanita MC-980 byly také zjištěny nízké rozdíly hodnot při vzájemném srovnání jednotlivých pokusů. Nejnižší rozdíl v průměru mezi pokusy byl 0,02 kg zjištěný u parametru BFM vyjádřeného v kilogramech, v procentech šlo o hodnotu 0,06 %. Nejvyšší průměrný rozdíl mezi pokusy činil 0,12 kg a byl zjištěný u BFM a FFM, v procentuálním vyjádření šlo o hodnoty 0,17 %. Nízké hodnoty se opět promítly do hodnot TE. Nejnižší průměrná hodnoty TE byla zjištěna u parametru TBW vyjádřené v kilogramech, kde TE představovala 0,20 kg, která představuje 0,27 %. Nejvyšší průměrná hodnota TE byla naměřena u BFM 0,28 kg. Průměrná TE zde v procentech představovala 0,37 %. U hodnoty

TBW vyjádřené v kilogramech byla naměřena nejnižší hodnota TE, která představovala 0,15 %, což činí 0,22 %. Naopak nejvyšší hodnoty TE byly zjištěny u BFM (kg, %). Hodnota TE činí 0,34 kg, v procentech se pak jedná o 0,45 %.

Při srovnávání jednotlivých pokusů vzájemně mezi sebou zjistíme, že nejnižší rozdíly v průměru, nalezneme u většiny případů mezi 3-2 pokusem. Shodných hodnot mezi pokusy 2-1 a 3-2 bylo dosaženo v parametrech TBW (kg) a FFM (kg). Nejvyšších hodnot v průměru bylo dosaženo mezi pokusy 3-1 a to ve všech parametrech vyjádřených v procentech i kilogramech. Pokud srovnáváme TE s jednotlivými pokusy zjistíme, že nejnižších chyb bylo dosaženo při srovnání 3-2 pokusu. Naopak nejvyšší TE bylo dosaženo ve všech 3-1 pokusech. Minimální rozdíly se promítly i do hodnot ICC. ICC nabývá hodnot ve všech případech od 0,99 až 1,00.

U parametru TBW se TE pohybovala v rozmezí 0,15–0,24 kg, průměr TE byl 0,20. V procentuálním vyjádření byla velikost TE u TBW 0,22–0,33 %, průměr činí 0,27 %. Pro BFM byla TE stanovena ve velikosti 0,22–0,34 kg, kde průměrná velikost TE představuje 0,28 kg. V procentech byla TE pro BFM v rozmezí 0,31–0,45 %, průměr byl vypočten na 0,37 %. U posledního parametru FFM se TE pohybuje v rozmezí 0,20–0,33 kg, průměrně je TE 0,27 kg. Pro vyjádření v procentech se jedná o rozmezí TE mezi 0,30–0,45 %, v průměru je hodnota TE vyjádřena v procentech 0,36 %.

Tabulka 5. Rozdíly v průměrných hodnotách sledovaných parametrů mezi jednotlivými pokusy a jejich popisné charakteristiky zjištěné přístrojem Tanita MC-980

Přístroj	Parametr	Dch	Pokus		
			2 - 1	3 - 2	3 - 1
Tanita MC-980	TBW (%)	M	-0,08	-0,04	-0,12
		SD	0,35	0,32	0,46
		TE	0,25	0,22	0,33
		TE (M)	0,27		
		ICC	0,99	1,00	0,99
		ICC (M)	0,99		
	TBW (kg)	M	-0,04	-0,04	-0,08
		SD	0,29	0,22	0,34
		TE	0,20	0,15	0,24
		TE (M)	0,20		
		ICC	1,00	1,00	1,00
		ICC (M)	1,00		
	BFM (%)	M	0,11	0,06	0,17
		SD	0,47	0,43	0,64
		TE	0,33	0,31	0,45
		TE (M)	0,37		
		ICC	0,99	1,00	0,99
		ICC (M)	0,99		
	BFM (kg)	M	0,10	0,02	0,12
		SD	0,39	0,31	0,48
		TE	0,28	0,22	0,34
		TE (M)	0,28		
		ICC	1,00	1,00	1,00
		ICC (M)	1,00		
	FFM (%)	M	-0,11	-0,05	-0,17
		SD	0,47	0,42	0,63
		TE	0,33	0,30	0,45
		TE (M)	0,36		
		ICC	0,99	1,00	0,99
		ICC (M)	0,99		
FFM (kg)	M	-0,06	-0,06	-0,12	
	SD	0,39	0,29	0,47	
	TE	0,28	0,20	0,33	
	TE (M)	0,27			
	ICC	1,00	1,00	1,00	
	ICC (M)	1,00			

Dch – popisná charakteristika, TE – typická chyba, TE (M) – průměrná typická chyba, ICC – koeficient vnitřní korelace, ICC (M) – průměrný koeficient vnitřní korelace

5.3 Výsledky Tanita BC-418

Hodnoty zjištěné na přístroji Tanita BC-418 opět vykazují mezi jednotlivými pokusy minimální rozdíly ve vybraných parametrech tělesného složení. Základní charakteristiky průměrných hodnot ve třech pokusech u různých parametrů jsou znázorněné v Tabulce 6.

Tabulka 6. Průměrné hodnoty v jednotlivých pokusech v Tanita BC-418

Parametr	1. (n=41)	2. (n=41)	3. (n=41)
TBW (kg) M±SD	32,9±3,2	32,8±3,2	32,8±3,1
TBW (%) M±SD	46,8±3,9	46,8±3,9	46,8±4,0
BFM (kg) M±SD	26,2±8,1	26,2±8,1	26,2±8,2
BFM (%) M±SD	36,1±5,3	36,2±5,3	36,1±5,5
FFM (kg) M±SD	44,9±4,3	44,8±4,3	44,9±4,3
FFM (%) M±SD	63,9±5,3	63,9±5,3	63,9±5,5

TBW – celková tělesná voda, BFM – tělesný tuk, FFM – tukuprostá hmota, M – průměr,
SD – směrodatná odchylka

Mezi průměrnými hodnotami v tabulce 6. lze sledovat minimální rozdíly. Stejných průměrných hodnot mezi jednotlivými pokusy bylo dosaženo u TBW vyjádřeného v procentech i kilogramech a FFM, vyjádřeného v procentech.

Protože průměrné rozdíly mezi pokusy jsou u všech parametrů minimální, budou tyto výsledky podobné i při srovnání jednotlivých pokusů mezi sebou. Tato srovnání vyjadřuje Tabulka 7. U přístroje Tanita BC byly zjištěny nejnižší hodnoty v průměru 0,01, která byly vypočteny ve dvou případech. Šlo o parametry TBW a BFM. Procentuálně lze tuto hodnotu BFM a TBW vyjádřit jako 0,04 %. Nejvyšších hodnot v průměru bylo dosaženo u parametrů FFM a BFM. Velikost hodnoty byla 0,05 kg. Tyto zjištěné minimální rozdíly se odrážejí do TE a ICC. Nejnižší průměrná TE byla u TBW vyjádřené v kilogramech. Hodnota této TE byla 0,15 kg, která představuje 0,25 %. Naopak největší průměrná hodnota TE byla 0,23 kg, tedy 0,33 % u BFM. Při zjišťování TE v jednotlivých případech, byla zjištěna nejnižší hodnota TE u TBW vyjádřené v kilogramech, kde TE byla 0,10 kg, tedy 0,14 %. Nejvyšší hodnota TE byla u BFM 0,26 kg, což představuje 0,38 %. Při zjišťování rozdílů průměru a TE mezi

pokusy si lze v tabulce 7. všimnout, že nejnižšího průměru je dosaženo mezi pokusy 3-1 ve všech parametrech kromě TBW (kg), kde se nejnižší hodnota vyskytuje při srovnání 3-2 pokusu. Nejvyššího průměru je dosaženo v pokusech 3-2, výjimku tvoří TBW (kg) a FFM (kg). Nejnižší hodnota TE je u všech sledovaných parametrů mezi pokusy 2-1. Naopak nejvyšší hodnota TE je ve většině případů mezi pokusy 3-1. U komponent BFM (kg) a FFM (%) jsou hodnoty TE shodné v pokusech 3-1 a 3-2. Protože všechny hodnoty vykazují vzájemně minimální změny mezi jednotlivými pokusy, jsou tyto změny odraženy v hodnotě ICC. Tato hodnota se u všech pokusů pohybu v rozmezí 0,99–1,00.

U parametru TBW byla TE stanovena v rozmezí 0,10–0,18 kg, přičemž průměrná hodnota TE představuje 0,15 kg. V procentuálním vyjádření se TE pohybuje v rozmezí mezi 0,14–0,30 %. Průměrná hodnota TE u TBW je 0,25 %. Pro parametr BFM je rozmezí pro TE mezi 0,15–0,26 kg. Průměrná hodnota TE je stanovena na 0,23 kg. Pro TBW vyjádřené v procentech, představuje TE 0,18–0,39 %, kde průměrná TE činí 0,33 %. U posledního parametru FFM je TE v rozmezí mezi 0,13–0,24 kg. Průměrná hodnota TE pro FFM činí 0,20 kg. Pro procentuální vyjádření je FFM stanovena od 0,18–0,39 %, kde průměrná hodnota TE FFM představuje 0,33 %.

Tabulka 7. Rozdíly v průměrných hodnotách sledovaných parametrů mezi jednotlivými pokusy a jejich popisné charakteristiky zjištěné přístrojem Tanita BC-418

Přístroj	Parametr	Dch	Pokus		
			2 - 1	3 - 2	3 - 1
Tanita BC-418	TBW (%)	M	-0,03	0,04	0,01
		SD	0,19	0,41	0,42
		TE	0,14	0,29	0,30
		TE (M)	0,25		
		ICC	1,00	0,99	0,99
		ICC (M)	1,00		
	TBW (kg)	M	-0,03	0,01	-0,02
		SD	0,14	0,24	0,25
		TE	0,10	0,17	0,18
		TE (M)	0,15		
		ICC	1,00	1,00	1,00
		ICC (M)	1,00		
	BFM (%)	M	0,06	-0,10	-0,04
		SD	0,26	0,54	0,56
		TE	0,18	0,38	0,39
		TE (M)	0,33		
		ICC	1,00	1,00	0,99
		ICC (M)	1,00		
	BFM (kg)	M	0,04	-0,05	-0,01
		SD	0,21	0,36	0,37
		TE	0,15	0,26	0,26
		TE (M)	0,23		
		ICC	1,00	1,00	1,00
		ICC (M)	1,00		
	FFM (%)	M	-0,05	0,07	0,02
		SD	0,25	0,55	0,56
		TE	0,18	0,39	0,39
		TE (M)	0,33		
		ICC	1,00	1,00	0,99
		ICC (M)	1,00		
FFM (kg)	M	-0,05	0,03	-0,02	
	SD	0,18	0,32	0,34	
	TE	0,13	0,23	0,24	
	TE (M)	0,20			
	ICC	1,00	1,00	1,00	
	ICC (M)	1,00			

Dch – popisná charakteristika, TE – typická chyba, TE (M) – průměrná typická chyba, ICC – koeficient vnitřní korelace, ICC (M) – průměrný koeficient vnitřní korelace

5.4 Výsledky InBody 720

Ani výsledky na přístroji InBody 720 nepřinesly odlišné výsledky ve srovnání s předchozími přístroji. Naměřené hodnoty na InBody 720 jsou při opakovaném měření stejné nebo podobné. Průměrné hodnoty jednotlivých parametrů ve třech pokusech znázorňuje Tabulka 8.

Tabulka 8. Průměrné hodnoty v jednotlivých pokusech v InBody 720

Parametr	1. (n=41)	2. (n=41)	3. (n=41)
TBW (kg) M±SD	33,1±3,3	33,1±3,3	33,0±3,3
TBW (%) M±SD	46,8±4,3	46,8±4,4	46,7±4,4
BFM (kg) M±SD	26,5±8,5	26,5±8,5	26,6±8,5
BFM (%) M±SD	36,2±5,9	36,3±5,9	36,4±5,8
FFM (kg) M±SD	45,1±4,5	45,1±4,6	45,0±4,6
FFM (%) M±SD	63,8±5,9	63,7±5,9	63,6±5,8

TBW – celková tělesná voda, BFM – tělesný tuk, FFM – tukuprostá hmota, M – průměr,
SD – směrodatná odchylka

Hodnoty v tabulce 8. vykazují minimální rozdíly u jednotlivých parametrů v rámci tří pokusů. Hodnoty TBW a FFM vykazují nižší průměrné hodnoty ve třetím pokuse než v pokuse prvním. Srovnání jednotlivých pokusů mezi sebou znázorňuje Tabulka 9.

V Tabulce 9. lze pozorovat minimální změny při vzájemném srovnání jednotlivých pokusů. Nejnižší hodnota průměru mezi pokusy byla 0,01 kg, která zastupuje parametr TBW vyjádřenou v kilogramech, což představuje 0,03 %. Naopak největší hodnota průměru mezi pokusy byla naměřena 0,11 kg u BFM. Procentuálně je velikost tohoto průměru 0,17 %. Nízké rozdíly se odráží v hodnotách pro typickou chybu a ICC. Nejnižší průměrná TE je vyjádřena hodnotou 0,15 kg, která byla zjištěna u TBW vyjádřené v kilogramech. V procentech je tato průměrná TE 0,20 %. U BFM a FFM byla zjištěna stejná průměrná TE o velikosti 0,21 kg. Průměrná hodnota TE činí u FFM 0,28 % a u BFM 0,27 %. Z celkového vyjádření TE u všech parametrů a pokusů, byla nalezena nejnižší hodnota TE u TBW vyjádřené v kilogramech. Tato nejnižší hodnota TE činí 0,14 kg, což představuje 0,20 %.

Naopak nejvyšší hodnoty TE dosáhla FFM, jejíž velikost je 0,22 kg, v procentuálním vyjádření jde o velikost TE 0,27 %.

Při srovnání jednotlivých pokusů v tabulce 9. lze konstatovat, že nejnižšího průměru mezi pokusy, bylo obecně dosaženo ve všech pokusech 2-1. Nejvyšších hodnot průměru dosahovaly ve všech parametrech pokusy 3-1. Ze všech parametrů nejnižší TE bylo dosaženo v pokusech 3-1, přičemž parametry vyjádřené v procentech, měly výsledky hodnoty TE shodné mezi pokusy 3-1 a 2-1. Nejvyšších TE bylo dosaženo u parametrů vyjádřených v procentech, kde se jednalo o pokusy 3-2, u parametrů vyjádřených v kilogramech měly nejvyšší hodnoty TE pokusy 2-1. Vzhledem k nízkému rozdílu mezi pokusy, lze u všech sledovaných parametrů stanovit ICC hodnotou 1,00.

Chyba měření (TE) se u TBW pohybuje v rozmezí 0,14–0,16 kg. Její průměrná hodnota je 0,15 kg. Při vyjádření v procentech je TE u TBW stanovena mezi 0,20–0,21 %, kde průměrná TE představuje 0,20 %. Pro parametr BFM, vyjádřený v kilogramech, je TE vyjádřena od 0,19–0,21 kg, přičemž průměrná TE pro BFM činí 0,21 kg. V procentech se tato TE pro BFM pohybuje mezi 0,26–0,29 %. Průměrná hodnota TE je 0,27 %. Pro poslední parametr FFM je TE v rozmezí mezi 0,19–0,22 kg, kde průměrná TE představuje 0,21 kg. V procentech se tato TE pohybuje od 0,27–0,30 %. Průměrná TE pro FFM je 0,28 %.

Tabulka 9. Rozdíly v průměrných hodnotách sledovaných parametrů mezi jednotlivými pokusy a jejich popisné charakteristiky zjištěné přístrojem InBody 720

Přístroj	Parametr	Dch	Pokus		
			2 - 1	3 - 2	3 - 1
InBody 720	TBW (%)	M	-0,03	-0,06	-0,09
		SD	0,28	0,30	0,28
		TE	0,20	0,21	0,20
		TE (M)	0,20		
		ICC	1,00	1,00	1,00
		ICC (M)	1,00		
	TBW (kg)	M	-0,01	-0,04	-0,05
		SD	0,23	0,22	0,20
		TE	0,16	0,15	0,14
		TE (M)	0,15		
		ICC	1,00	1,00	1,00
		ICC (M)	1,00		
	BFM (%)	M	0,08	0,09	0,17
		SD	0,37	0,40	0,36
		TE	0,26	0,29	0,26
		TE (M)	0,27		
		ICC	1,00	1,00	1,00
		ICC (M)	1,00		
	BFM (kg)	M	0,05	0,06	0,11
		SD	0,29	0,30	0,28
		TE	0,21	0,21	0,19
		TE (M)	0,21		
		ICC	1,00	1,00	1,00
		ICC (M)	1,00		
	FFM (%)	M	-0,07	-0,09	-0,16
		SD	0,38	0,42	0,38
		TE	0,27	0,30	0,27
		TE (M)	0,28		
		ICC	1,00	1,00	1,00
		ICC (M)	1,00		
FFM (kg)	M	-0,04	-0,06	-0,10	
	SD	0,31	0,30	0,28	
	TE	0,22	0,21	0,19	
	TE (M)	0,21			
	ICC	1,00	1,00	1,00	
	ICC (M)	1,00			

Dch – popisná charakteristika, TE – typická chyba, TE (M) – průměrná typická chyba, ICC – koeficient vnitrotržní korelace, ICC (M) – průměrný koeficient vnitrotržní korelace

6 DISKUZE

Diplomová práce se zabývala reliabilitou přístrojové techniky, která odhaduje tělesné složení. Pro výzkum byly použity přístroje pracující na metodě BIA (bioelektrické impedance): bodystat QuadScan 4000, Tanita MC-980, Tanita BC-418 a InBody 720. To, že je bioelektrická impedance metodou, která je využitelná jak v klinické praxi, ve sportu, tak i pro seniory či vojáky, potvrzuje řada autorů (Aandstad et al., 2014; Gába et al., 2011; Kutáč, 2012; Vicente-Rodríguez, 2012). Na přístrojích BIA jsme sledovali vždy tři parametry. Jednalo se o TBW – celkovou tělesnou vodu, BFM – tělesný tuk a FFM – tukuprostou hmotu. Testovací skupinu tvořilo 41 seniorek U3V, které na každém přístroji podstoupily tři měřené pokusy. Tyto jednotlivé pokusy byly zpracovány podle Hopkinse (2015), kde byla z výsledků vypočtena typická chyba měření (TE) mezi jednotlivými pokusy 2-1; 3-2 a 3-1. Z výsledků vyplývá, že TE je mezi jednotlivými pokusy minimální. Tato TE vyjadřuje reliabilitu přístrojů pracujících metodou BIA. Pro vyjádření spolehlivosti byl dále použit i koeficient vnitrotřídní korelace (ICC). Velikost ICC v této práci se pohybuje v rozmezí 0,98–1,00, což koresponduje s výsledky jiných studií, ve kterých se hodnoty pohybují mezi 0,93–1,00 (Fornett, Pivarnik, Foley & Fiechtner, 1999; Kutáč, 2012).

Pro porovnání výsledných hodnot TE sledovaných parametrů, vnitrotřídního korelačního koeficientu a reliability přístrojů BIA, budeme vycházet ze studií autorů, kteří se této problematice věnovali (Gibson, 2008; Jensky-Squires, 2008; Kettaneh, 2005; Kutáč, 2012, Kutáč & Gajda, 2011). Přes existenci těchto studií, které se věnují reliabilitě přístrojové techniky, nemáme k dispozici výsledky všech sledovaných parametrů. Avšak jedním z nejsledovanějších parametrů je BFM. V naší studii byla nejnižší TE zjištěna u BFM na přístroji InBody720, kde její průměrná hodnota byla 0,21 kg, tedy 0,27 %. Naměřená hodnota vnitrotřídního korelačního koeficientu (ICC) o hodnotě 1,00 pak ukazuje na velmi vysokou úroveň intra-subjektivní korelace. K podobnému výsledku došel Gibson (2008), kdy jím naměřená hodnota parametru tělesného tuku mezi pokusy byla 0,10 % na přístroji InBody720 a hodnota ICC činila 0,99. Srovnání výsledků ukazuje na podobnou míru inter-subjektivní korelace i přes různý počet probandů – Gibson vycházel z měření u 75 osob, zatímco v našem výzkumu bylo zahrnuto osob 41. Podobně na tom byly výsledky přístroje InBody320, kde hodnota ICC opět dosáhla 0,99 (Gibson, 2008). Obdobných výsledků TE u parametru BFM dosáhla i Tanita BC-418, kde TE byla zjištěna 0,23 kg a 0,27 %. Tyto výsledky korespondují s výsledky Tanity MC, kde TE byla 0,28 kg a 0,33 %. K relativně podobným výsledkům došel Kutáč a Gajda (2011) při monitorování tělesného tuku pomocí přístroje Tanita 418 MA. Jeho zjištěná TE oscilovala v rozmezí mezi 0,23 % až 0,46 %, přičemž průměrná TE byla

0,38 %. V dalším výzkumu došel Kutáč (2012) k vyšším výsledkům TE na Tanitě 418. Zde byla průměrná hodnota TE stanovena na 0,39 kg, tedy 0,44 %. Důvodem rozdílných výsledků může být typ použité Tanity či rozsah testované skupiny. Kutáč (2012) pro svůj výzkum změřil 50 probandů, zatímco naší studie se zúčastnilo 41 probandů. Tělesný tuk sledovaly i jiné výzkumy pracující s jiným typem Tanity. Šlo o Tanitu BF 350 a TBF 410 jejichž průměrná TE se pohybovala v hodnotách 0,45–0,48 % (Jensky-Squires, 2008 in Kutáč, 2012). Tyto výsledky se od výsledků naší studie výrazně liší. ICC se pro hodnoty obou typů Tanity v této studii pohybuje v rozmezí 0,99–1,00. Spolehlivost Tanity dokazuje také studie Kettaneh (2005), která stanovila velikost ICC v rozmezí 0,97–0,99 při monitorování procentuálního zastoupení tělesného tuku na přístroji Tanita TBF-310. Podobné výsledky ICC nalezneme u hodnoty TBW (kg, %) mezi Tanitou BC-418 a Tanitou MA-418. Podle Kutáče (2012) je ICC TBW v kilogramech průměrně 0,99. Naše studie přišla s obdobnými výsledky ICC, kdy výsledek korelace je 1,00. Pokud jde o typickou chybu měření, přináší výsledky Kutáče (2012) minimální odlišné výsledky než v naší studii. TE měření byla stanovena v rozmezí 0,32–0,39 % (0,26–0,27 kg). Výsledky TE z Tanita BC-418 v našem případě byly vypočteny na hodnotu mezi 0,14–0,30 % (0,10–0,18 kg). Rozdíl průměrných hodnot TE mezi studií Kutáče (2012) a naší studií činí 0,10 % (0,11 kg). Další studie od Ling, Craen, Slagboom, Gunn, Stokkel, Westendorp a Maier (2011) se zabývala rozdílem v ICC mezi více frekvenční BIA a DEXA. Sledovanými parametry byl FM, kde se ICC pohyboval v rozmezí 0,93–0,97 v závislosti na pohlaví. Tyto výsledky korespondují s výsledky uvedené v této práci. Podobně pro odhad procenta tělesného tuku u sportovců byla ve studii Wagner, Cain a Clark (2016) využita přístrojová technika BodyMetrix BX2000, na které se zjišťovala její spolehlivost a platnost pomocí ICC. Výsledky byly porovnávány dále s kožními řasy a s BOD POD. Pro kožní řasy byl ICC stanoven hodnotou 0,96 a 0,98 pro BodyMetrix BX 2000. Vysoké hodnoty ICC opět poukazují na reliabilitu BX2000 při opakování testu. Je tedy možné tyto přístroje použít pro zjištění reliabilních výsledků. Aandstad et al. (2014) se zabývali reliabilitou a validitou bioelektrické impedance a tloušťkou kožní řasy jako předpověď tělesného tuku u vojenského personálu. Výsledné hodnoty ICC byly stanoveny 0,99. Spolehlivost metody BIA byla obecně vyšší ve srovnání s metodou měření tloušťky kožní řasy.

Mezi limity studie lze zařadit například velikost výzkumného souboru. Sledovaný soubor tvořilo 41 probandek navštěvujících Univerzitu třetího věku v Olomouci, které podstoupily 3 měřené pokusy. Tento počet byl pro stanovení reliability dostačující, stejně jako počet opakovaných pokusů. Hopkins (2000) uvádí, že pro přiměřenou přesnost odhadu spolehlivosti je pro výzkum potřeba přibližně 50 účastníků a minimálně 3 pokusy. Tento počet dodržel

například Kutáč (2012), jehož výzkumný soubor tvořilo 50 mužů, kteří absolvovali 3 měřené pokusy. Jiné studie pracovaly s 30 – ti sportovci (Mohammadi & Shakerian, 2010) nebo jen s 10 – ti respondenty, kteří absolvovali 10 měřených pokusů (Kutáč & Gajda, 2011).

Z hlediska výzkumného cíle – tedy zjištění úrovně reliability měření, není podstatné, zda jsou testováni vrcholoví sportovci, studenti, děti či senioři. Zajímá nás pouze přesnost měření. V naší práci představovaly sledovaný soubor seniorky ve věku 60 – 77 let. V jiných studiích tvořili výzkumný soubor například sportovci či studenti tělesné výchovy (Kutáč, 2012; Kutáč & Gajda, 2011; Mohammadi & Shakerian, 2010; Vicente-Rodríguez et al., 2012).

Ačkoliv nebylo cílem této práce posoudit reliability měření jednotlivých přístrojů mezi sebou, přináší tato práce data, která by mohla být k takovému posouzení přínosná. Porovnáním jednotlivých přístrojů se zabýval Gába et al. (2011), kteří porovnávali výsledku BFM z InBody 720 a Tanity C-418. Došli k závěru, že rozdílné výsledky spočívají v parametrech elektrického proudu a počtu jeho frekvencí. V některých studiích (Demura et al., 2004) korespondovala multifrekvenční technologie BIA (InBody) více s referenčními hodnotami než monofrekvenční BIA (Tanita). Studie Fornetti et al. (1999) zase zjišťovala reliability srovnáním metody BIA a DEXA při odhadu tělesného složení. Z výsledků vyplývá, že rozdíly v hodnotách FFM a BF jsou u obou metod minimální. Lze proto obě metody označit za reliabilní a validní.

Řada studií využívá pro zhodnocení reliability Pearsonův korelační koeficient (r) (Aandstad et al., 2014; Fornetti et al., 1999; Gibson et al., 2008; Jartti et al., 2000; Kerr, Slater, Byrne, & Chaseling, 2015; Mohammadi & Shakerian, 2010).

Další omezení tohoto výzkumu spočívá v dodržení standardních podmínek během diagnostiky tělesného složení. Pro zjištění reliability bylo nezbytné zajistit během všech pokusů stejné podmínky. Před každým měřením na všech přístrojích byly probandky seznámeny s pravidly, které bylo nutné dodržet, aby byly informace o tělesném složení validní. V našem výzkumu předpokládáme, že pravidla byla dodržena v plném rozsahu.

7 ZÁVĚRY

Cílem práce bylo zhodnotit reliabilitu měření přístrojů bodystat QuadScan 4000, Tanita MC-980, Tanita BC-418 a InBody720 odhadujících tělesné složení u probandů U3V na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci.

Na základě hlavního cíle a dílčích cílů jsme stanovili výzkumnou otázku, ve které se ptáme, zda jsou přístroje na měření tělesného složení na FTK UP v Olomouci reliabilní. Jelikož jsme v našem výzkumu zjistili vysoké hodnoty vnitrotřídního korelačního koeficientu (ICC) a zároveň nízkou míru typické chyby měření (TE), lze prohlásit použité přístroje na FTK za přesné a reliabilní. Mezi jednotlivými pokusy se ve všech případech objevily minimální rozdíly. Průměrná typická chyba měření (TE) i vnitrotřídní korelační koeficient (ICC) korespondovaly s výsledky jiných autorů, kteří provedli podobná měření. Dále jsme si stanovili čtyři dílčí cíle, ve kterých jsme zhodnotili reliabilitu naměřených hodnot na různých přístrojích BIA:

- Při zhodnocení reliability naměřených hodnot TBW, BFM a FFM (kg, %) na přístroji bodystat QuadScan 4000, jsme došli k závěru, že přístroj Quadscan 4000 poskytuje spolehlivé výsledky. U všech parametrů jsme zaznamenali nízké hodnoty TE a vysoké hodnoty ICC.
- Hodnocení reliability naměřených hodnot TBW, BFM a FFM, které jsme zjišťovali na přístroji Tanita MC-980, přineslo z hlediska zhodnocení reliability pozitivní výsledky. Zjištěné hodnoty, vyjádřené v kilogramech i procentech, se ukázaly jako reliabilní, protože zjištěná TE měření vykazovala nízké hodnoty u všech sledovaných parametrů.
- Po sledování parametrů TBW, BFM a FFM vyjádřených v kilogramech i procentech na přístroji Tanita BC-418, lze konstatovat, že měření na tomto přístroji je dostatečně přesné. Naměřené hodnoty, zjištěné na tomto přístroji, tedy můžeme považovat za reliabilní. Reliabilitu charakterizují nízké rozdíly mezi jednotlivými pokusy u parametrů TBW, BFM a FFM.
- Pro zhodnocení reliability naměřených hodnot TBW, BFM a FFM, vyjádřených v kilogramech a procentech na přístroji InBody 720 byla použita TE měření a ICC. TE měření přinesla nízké hodnoty u všech sledovaných parametrů. Vnitrotřídní korelační koeficient byl naopak vyjádřen vysokými hodnotami.

Pro zajištění přesnosti výsledků bylo potřeba striktně dodržet pravidla pro měření tělesného složení. Pokud se jedná o metodu BIA, bylo nutné dodržet zásady týkající se hydratace organismu, výživy a pohybové aktivity.

8 SOUHRN

Hlavním cílem této magisterské práce bylo zhodnotit reliabilitu měření přístrojů QuadScan 4000, Tanita MC-980, Tanita BC-418 a InBody720 odhadujících tělesné složení u probandů U3V na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci. Práce byla rozdělena na část teoretickou a část výzkumnou.

Teoretická část se zabývá tělesným složením, modely tělesného složení a charakteristikou jednotlivých komponent. Další část se zabývá metodami, které jsou používány pro odhad tělesného složení. V poslední části je text věnován vlastnostem testů, jako je reliabilita, validita a objektivita.

Pro výzkumnou část byl zvolen výzkumný soubor seniorek navštěvujících U3V na FTK UP v Olomouci. Jejich věk se pohyboval v rozmezí 60 – 77 let. Sběr dat probíhal v zimním semestru ve třech dnech. Každá seniorka absolvovala na každém přístroji tři měřené pokusy v rámci jednoho dne. Pro získání hodnot TBW, BFM a FFM byly použity přístroje Quadscan 4000, Tanita MC-980, Tanita BC-418 a InBody 720. Pauza mezi pokusy byla u všech přístrojů dvě minuty, výjimku tvořil přístroj InBody 720, kde byla pauza tři minuty. Data byla zpracována dle metodiky Hopkinse (2015), kde byly jednotlivé pokusy navzájem srovnány: 2-1, 3-2 a 3-1. Pro vyjádření reliability přístrojové techniky byla použita typická chyba měření (TE) a vnitrotřídní korelační koeficient (ICC). Pro zajištění přesných výsledků byly seniorky seznámeny s pravidly, které bylo nutné pro měření dodržet.

Dále se výzkumná část věnovala vyhodnocení naměřených hodnot. Z výsledků vyplývá, že přístroje Quadscan 4000, Tanita MC-980, Tanita BC-418 a InBody 720 a na nich naměřené hodnoty TBW (kg, %), BFM (kg, %) a FFM (kg, %) jsou reliabilní. Reliabilitu jsme vyhodnotili podle parametrů: typické chyby měření (TE) a vnitrotřídního korelačního koeficientu (ICC). ICC se u všech naměřených hodnot pohyboval v rozmezí 0,98–1,00 a to u všech přístrojů BIA. Tato korelace značí výbornou reliabilitu. U přístroje Quadscan 4000 byla zjištěna průměrná TE pro parametr: TBW – 0,40 kg; 0,58 %; BFM – 0,45 kg; 0,65 %; FFM – 0,45 kg; 0,65 %. Nejnižší TE dosahovalo srovnání 3-2 pokusu. Hodnota ICC se pohybuje v rozmezí 0,98–1,00. Nízké rozdíly mezi hodnotami byly zjištěny i na přístroji Tanita MC-980, kde byly zjištěny tyto hodnoty průměrné TE pro jednotlivé parametry: TBW – 0,20 kg; 0,27 %; BFM – 0,28 kg; 0,37 %; FFM – 0,27 kg; 0,36 %. Nejnižších TE bylo opět dosaženo mezi pokusy 3-2. ICC zde nabývá hodnot od 0,99–1,00. Minimální rozdíly byly dále nalezeny u přístroje Tanita BC-418. Oproti předchozím přístrojům, zde byla nejnižší TE vypočtena mezi pokusy 2-1. Pro jednotlivé parametry byly zjištěny tyto hodnoty průměrné TE: TBW – 0,15 kg; 0,25 %; BFM – 0,23 kg; 0,33 %; FFM – 0,20 kg; 0,33 %. Hodnota ICC se pohybuje

mezi 0,99–1,00. Posledním přístrojem, který zjišťoval reliabilitu naměřených hodnot a přístrojové techniky, byl přístroj InBody 720. Při opakovaném měření si byly i tyto výsledné hodnoty vzájemně podobné. Průměrná TE byla pro jednotlivé parametry: TBW – 0,15 kg; 0,20 %; BFM – 0,21 kg; 0,27 %; FFM – 0,21 kg; 0,28 %. Nejnižší TE bylo dosaženo mezi pokusy 3-1. Hodnota ICC je stanovena na 1,00. Jelikož byly zjištěny vysoké hodnoty vnitrotřídního korelačního koeficientu (ICC) a zároveň nízká míra typické chyby měření (TE), lze prohlásit použité přístroje na FTK za přesné a reliabilní.

Cíle práce byly splněny. Výzkumná otázka byla ověřena.

8 SUMMARY

Primary aim of this master thesis was to evaluate reliability of measurement of devices: bodystat QuadScan 4000, Tanita MC-980, Tanita BC-418 and InBody 720 calculating body composition of participants U3V at FTK UP in Olomouc. Work was divided into theoretical part and research.

Theoretical part follows up body composition, levels of body composition and their attributes. Next part looks into methods that are used for calculation of body composition. Last part addresses attributes of test as reliability, validity and objectivity.

For research part was chosen group of senior women attending U3V at FTK UP in Olomouc between the age of 60 and 77. Data collection took place in winter semester during 3 days. Each member of group was measured three times on each of devices during one day. Quadscan 4000, Tanita MC-980, Tanita BC-418 a InBody 720 measuring devices were used to get values of TBW, BFM and FFM. Rest time between two measurements on all devices was 2 minutes except InBody 720 where rest time was 3 minutes. Results were processed using Hopkings (2015) method, where all individual results were compared to another: 2-1, 3-2, 3-1. TE (total error) and ICC (Interclass correlation coefficient) were used to determinate reliability. To ensure accurate results group was informed about rules that were necessary during the measurements.

Next the research looks into evaluation. Results show that Quadscan 4000, Tanita MC-980, Tanita BC-418 and InBody 720 and measured values TBW (kg, %), BFM (kg, %) a FFM (kg, %) using these devices are reliable. Reliability was evaluate using TE (total error) method and ICC (Interclass correlation coefficient). ICC of all measured values were in the interval of 0,98–1,00 which shows great reliability.

Average TE for Quadscan 4000 for parameters was: TBW – 0,40 kg; 0,58 %; BFM – 0,45 kg; 0,65 %; FFM – 0,45 kg; 0,65 %. Lowest TE was when comparing 3-2 attempts. ICC values was in the interval of 0,98–1,00. Low difference between values was also discovered when using Tanita MC-980 measuring device. Average TE for parameters was: TBW – 0,20 kg; 0,27 %; BFM – 0,28 kg; 0,37 %; FFM – 0,27 kg; 0,36 %. Lowest TE was also discovered between 3-2 attempt. ICC was in the interval of 0,99–1,00. Minimal difference was discovered when using Tanita BC-418 device as well. Comparing other devices the lowest value of TE was between attempt 2-1. For each single parameters were discovered these average values of TE: TBW – 0,15 kg; 0,25 %; BFM – 0,23 kg; 0,33 %; FFM – 0,20 kg; 0,33 %. ICC was in the interval of 0,99–1,00. Last device that was used to determined reliability of measured values was InBody 720. Values measured by this device were also

similar. Average TE for parameters was: TBW – 0,15 kg; 0,20 %; BFM – 0,21 kg; 0,27 %; FFM – 0,21 kg; 0,28 %. Lowest TE were reached between attempt 3-1. ICC values was 1,00. Since high values of ICC and low values of TE were found out at the same time it is safe to say that measuring devices at FTK are reliable and accurate.

Aims of dissertation work were accomplished. Research was verified.

9 REFERENČNÍ SEZNAM

- Aandstad, A., Holtberget, K., Hageberg, R., Holme, I., & Anderssen, S. A. (2014). Validity and reliability of bioelectrical impedance analysis and skinfold thickness in predicting body fat in military personnel. *Military medicine*, 179(2), 208-217.
- Anderson, L. J., Erceg, D. N., & Schroeder, E. T. (2015). Utility of multi-frequency bioelectrical impedance compared to deuterium dilution for assessment of total body water. *Nutrition & Dietetics*, 72(2), 183-189.
- Anonymous (2016). *Biospace Co., Ltd.* Retrieved 26. 6. 2016 from World Wide Web: www.biospace.en.ec21.com
- Avram, M. M., Fein, P. A., Borawski, C., Chattopadhyay, J. & Matza, B. (2010). Extracellular mass/body cell mass ratio is an independent predictor of survival in peritoneal dialysis patients. *Kidney International*. 78 (117), 37-40.
- Bayios, I. A., Bergeles, N. K., Apostolidis, N. G., Noutsos, K. S. & Koskolou, M. D. (2006). Anthropometric, body composition and somatotype differences of Greek elite fiale basketball, volleyball and handball players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 46(2), 271-280.
- Berková, M., Berka, Z., & Topinková, E. (2013). Problematika seniorského věku: Stařecká křehkost, sarkopenie a disabilit. *Practicus*, 2, 13-17.
- Biospace. (2009). *Co dokáže InBody*. Retrieved 20. 4. 2016 from World Wide Web: <http://www.biospace.cz/co-dokaze-inbody.php>
- Bláha, P. et al. (1986). *Antropometrie československé populace od 6 do 55 let., Československá spartakiáda 1985*. Praha.
- Bláha, P. & Vignerová, J. (1999). *Vývoj tělesných parametrů českých dětí a mládeže se zaměřením na rozměry hlavy (0-16 let)*. Státní zdravotní ústav.
- Bodystat (2013). *QuadScan400*. Retrieved 20. 4. 2016 from World Wide Web: <http://bodystat.cz/quadscan-4000>.
- Bray, G. A. (2004). Medical consequences of obesity. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 89(6), 2583-2589.
- Bunc, V. (2007). Možnosti stanovení tělesného složení u dětí bioimpedanční metodou. *Časopis lékařů českých*, 146, 492-495.
- Burton, R. F. (2012). Fat-free mass as a function of height and fat mass in healthy adults. *International Journal of Body Composition Research*, 10(2), 35-38.
- Cicchetti, D. V. (1994). Guidelines, criteria, and rules of thumb for evaluating normed and standardized assessment instruments in psychology. *Psychological assessment*, 6(4), 284.

- Diemer, G. A., & Scott, E. D. (2011). Comparison of bioelectrical impedance and skinfolds with hydrodensitometry in the assessment of body composition in healthy young adults. *The ICHPER-SD Journal of Research in Health, Physical Education, Recreation, Sport & Dance*, 6(2), 56.
- Fielding, C. L. (2015). Body water physiology. *Equine Fluid Therapy*, 1-10.
- Fornett, W. C., Pivarnik, J. M., Foley, & J. M. Fiechtner, J. J. (1999). Reliability and validity of body composition measures in female athletes. *Journal of Applied Physiology*, 87(3), 1114-1122.
- Fosbøl, M. Ø., & Zerahn, B. (2015). Contemporary methods of body composition measurement. *Clinical physiology and functional imaging*, 35(2), 81-97.
- George, C., Goedecke, J. H., Crowther, N. J., Jaff, N. G., Kengne, A. P., Norris, S. A., & Micklesfield, L. K. (2016). The Role of Body Fat and Fat Distribution in Hypertension Risk in Urban Black South African Women. *PloS one*, 11(5), e0154894.
- He, Q., et al. (2003). Total body potassium differs by sex and race across the adult age span. *Clinical Nutrition*, (78), 72-77.
- Hillier, S. E., Beck, L., Petropoulou, A., & Clegg, M. E. (2014). A comparison of body composition measurement techniques. *Journal of Human Nutrition and Dietetics*, 27(6), 626-631.
- Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports medicine*, 30(1), 1-15.
- Hopkins, W. G. (2015). Spreadsheets for analysis of validity and reliability. *Sportscience*, 19, 36-42. Retrieved 5. 10. 2015 from World Wide Web: <http://www.sportsci.org/>
- Gába, A., & Přidalová, M. (2013). Age- related changes in body composition in a sample of Czech women aged 18-89 years: a cross-sectional study. *European Journal of Nutrition*, 53, 167- 176.
- Gába, A., Přidalová, M. & Zajac I. (2014). Posouzení objektivit hodnocení výskytu obezity na základě body mass indexu vzhledem k procentuálnímu zastoupení tělesného tuku u žen ve věku 55- 84 let. *Časopis lékařů českých*, 153, 22- 27.
- Gába, A., Zajac-Gawlak, I., Přidalová, M. & Pošpiech, D. (2011). Analýza rozdílů vybraných parametrů tělesného složení stanovených přístrojem InBody 720 a Tanita BC-418. *Med Sport Boh Slov.*, 20(2), 88-96.
- Gibson, A. L., Holmes, J. C., Desautels, R. L., Edmonds, L. B., & Nuudi, L. (2008). Ability of new octapolar bioimpedance spectroscopy analyzers to predict 4-component-model

- percentage body fat in Hispanic, black, and white adults. *The American journal of clinical nutrition*, 87(2), 332-338.
- Hála, T. (2005). Rizikové faktory osteoporózy. *Medicína pro praxi*, 4, 152-154.
- Hendl, J. (2004). *Přehled statistických metod zpracování dat: analýza a metaanalýza dat*. Portál, s.r.o.
- Heymsfield, S. B. et al. (2005). *Human body composition*. Human kinetics.
- Heyward, V. (2001). ASEP Methods Recommendation: Body Composition. *Journal of Exercise Physiology online*, 4(4), 1-12.
- Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports medicine*, 30(1), 1-15.
- Hopkins, W. G. (2015). Spreadsheets for analysis of validity and reliability. *Sportscience*, 19, 36-42.
- Chan, J. M., Rimm, E. B., Colditz, G. A., Stampfer, M. J., & Willett, W. C. (1994). Obesity, fat distribution, and weight gain as risk factors for clinical diabetes in men. *Diabetes care*, 17(9), 961-969.
- InBody (2009). InBody 720. Retrieved 20. 4. 2016 from World Wide Web: <http://www.inbody.cz/soubory/katalogy-pdf/inbody720-cz-katalog.pdf>
- Jarti, L., Hakanen, M., Paakkunainen, U., Raittinen, P. Y., & Rönnemaa, T. (2000). Comparison of hand-to-leg and leg-to-leg bioelectric impedance devices in the assessment of body adiposity in prepubertal children. The STRIP study. *Acta Paediatrica*, 89(7), 781-786.
- Jensky-Squires, N. E., Dieli-Conwright, C. M., Rossuello, A., Erceg, D. N., McCauley, S., & Schroeder, E. T. (2008). Validity and reliability of body composition analysers in children and adults. *British Journal of Nutrition*, 100(04), 859-865.
- Kalman, M. et al. (2011). Národní zpráva o zdraví a životním stylu dětí a školáků na základě mezinárodního výzkumu uskutečněného v roce 2010 v rámci mezinárodního projektu „Health Behaviour in School-aged Children: WHO Collaborative Cross-National study (HBSC)“. Olomouc: Univerzita Palackého.
- Kalvach, Z., Zadák, Z., Jiráček, R., Zavázalová, H., Sucharda, P., a kolektiv. (2004). *Geriatric a gerontologie*. Praha: Grada Publishing.
- Kang, S. H., Cho, K. H., Park, J. W., Yoon, K. W., & Do, J. Y. (2014). Body composition measurements using bioimpedance analysis in peritoneal dialysis patients are affected by the presence of dialysate. *Nephrology*, 19(11), 727-731.
- Kanická, L. (2011). *Nábytek, typologie, základy tvorby*. Praha

- Kettaneh, A., Heude, B., Lommez, A., Borys, J. M., Ducimetiere, P., & Charles, M. A. (2005). Reliability of bioimpedance analysis compared with other adiposity measurements in children: The FLVS II Study. *Diabetes & metabolism, 31*(6), 534-541.
- Kerr, A., Slater, G., Byrne, N., & Chaseling, J. (2015). Validation of Bioelectrical Impedance Spectroscopy to Measure Total Body Water in Resistance-Trained Males. *International Journal of Sport Nutrition & Exercise Metabolism, 25*(5), 494-503.
- Kopecký, M., Kikalová, K., Tomanová, J., Charamza, J., & Zemánek, P. (2014). Somatický stav 6-18 letých chlapců a dívek v Olomouckém kraji. *Česká antropologie, 64*, 12-19.
- Kopecký, M., Krejčovský, L., & Švarc, M. (2013). *Antropometrický instrumentář a metodika měření antropometrických parametrů*. Univerzita Palackého v Olomouci. Retrieved 4. 3. 2015 from World Wide Web: <http://chopn.registry.cz/index.php?pg=informacni-zazemi--navod-mereni-koznich-ras>
- Kutáč, P. (2013). Vliv použitého typu bioimpedančního analyzátoru a režimu měření na výsledné hodnoty parametrů tělesného složení u adolescentní populace. *Česká antropologie, 63/2*, 19-26.
- Kutáč, P. (2013). Základní antropometrické parametry dětské a adolescentní populace moravskoslezského kraje. *Česká antropologie, 63/1*, 20-25.
- Kutáč, P. (2012). Application of typical error of measurement for accuracy of measurement of body composition in athletes using the BIA method. *Medicina Sportiva, 16*(4), 150-154.
- Kutáč, P. (2011). Vliv režimu měření na výsledky tělesného složení při použití metody bioelektrické impedance. *Česká antropologie, 61*(1), 28-32.
- Kutáč, P. (2010). Reliability of body composition measurement by the BIA Method (bioelectric impedance). *New Medicine, 14*(1), 2-6.
- Kutáč, P. (2009). *Základy kinantropometrie (pro studující obor TV a sport)*. Ostrava: Pedagogická fakulta Ostravské univerzity.
- Kutáč, P., & Gajda, V. (2011). Evaluation of accuracy of the body composition measurements by the BIA method. *Human Movement, 12*(1), 41-45.
- Kutáč, P., & Kopecký, M. (2015). Comparison of body fat using various bioelectrical impedance analyzers in university students. *Acta Gymnica, 45*(4), 177-186.
- Kyle, U. G., et al. (2004). Bioelectrical impedance analysis – part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition, 23*, 1226–1243.
- Kyle, U. G., Schutz, Y., Dupertuis, Y., & Pichard, C. (2004). Body composition interpretation: contribution of fat-free mass index and body fat mass index. *Clinical Nutrition, 19*, 587–604.

- Ling, C. H. Y., Craen, A. J. M., Slagboom, P. E., Gunn, D. A., Stokkel, M. P. M., Westendorp, R. G. J., & Maier, A., B. (2011). Accuracy of direct segmental multi-frequency bioimpedance analysis in the assessment of total body and segmental body composition in middle-aged adult population. *Clinical nutrition*, 30, 610-615.
- Lindenmoyer, A. B. (2014). A Comparison of Multiple Frequency versus Single Frequency Bioelectrical Impedance Techniques for the Assessment of Body Composition.
- Lubans, D. R., Morgan, P., Callister, R., Plotnikoff, R. C., Eather, N., Riley, N., & Smith, C. J. (2011). Test–retest reliability of a battery of field-based health-related fitness measures for adolescents. *Journal of sports sciences*, 29(7), 685-693.
- Makowski, L., Zhou, C., Zhong, Y., Kuan, P. F., Fan, C., Sampey, B. P. & Bae-Jump, V. L. (2014). Obesity increases tumor aggressiveness in a genetically engineered mouse model of serous ovarian cancer. *Gynecologic oncology*, 133(1), 90-97.
- Malá, L., Malý, T., Zahálka, F., Bunc, V., Kaplan, A., Jebavý, R. & Tůma, M. (2015). Body Composition of Elite Female Players in Five Different Sports Games. *Journal of Human Kinetics*, 45, 129-217.
- Marshall, N. E., Murphy, E. J., King, J. C., Haas, E. K., Lim, J. Y., Wiedrick, J., Thornburg, K. L., & Purnell, J. Q. (2016). Comparison of multiple methods to measure maternal fat mass in late gestation. *The American journal of clinical nutrition*, 103(4), 1055-1063.
- Medicine Net. (2004). *Definition of Body cell mass*. Retrieved 4. 3. 2016 from World Wide Web: <http://www.medterms.com/script/main/art.asp?articlekey=33228>
- Měkota, K. & Novosad, D. J. (2005). *Motorické schopnosti. 1. vyd.* Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Meloun, M. & Militký, J. (2002). *Kompendium statistického zpracování dat*. Retrieved 12. 3. 2015 from World Wide Web: <http://meloun.upce.cz/docs/books/kompendium.pdf>
- Ministerstvo práce a sociálních věcí. (2015). *Senioři a politika stárnutí*. Retrieved 19. 3. 2016 from World Wide Web: <http://www.mpsv.cz/cs/2856>
- Mohammadi, E. F. T. E. K. H. A. R., & Shakerian, S. A. E. I. D. (2010). Comparison of body composition assessment in women using skin fold thickness equations, bioelectrical impedance analysis and underwater weighing key. *Studies in Physical Culture & Tourism*, 17(3), 223-230.
- Mourek, J. (2012). *Fyziologie, učebnice pro studenty zdravotnických oborů 2., doplněné vydání*. Praha: Grada Publishing, a.s
- Murphy, A. J. & Davies, P. S. W. (2008). Body cell mass index in children: interpretation of total body potassium results. *British Journal of Nutrition*, 100, 666-668.

- Pelclová, J., Gába, A., Přidalová, M., Engelová, L., Tlučáková, L., Zając-gawlak, I. (2009). Vztah mezi doporučeními vztahujícími se k množství pohybové aktivity a vybranými ukazateli zdraví u žen navštěvujících univerzitu třetího věku. *Tělesná kultura*, 32(2), 64–78.
- Pierson, R. N. (2003). A brief history of body composition—from F. D. Moore to the new reference man. *Acta diabetologica*, 40, 114-116.
- Pietrobelli, A., Heymsfield S. B., Wang, Z. M. & Gallagher, D. (2001). Multi-component body composition models: recent advances and future directions. *European Journal of Clinical Nutrition*, 55, 69-75.
- Pietrobelli, A., Rubiano, F., St-Onge, M. P., & Heymsfield, S. B. (2004). New bioimpedance analysis system: Improved phenotyping with whole-body analysis. *European Journal of Clinical Nutrition*, 58, 1479-1484.
- Přidalová, M. (2013). *Vybrané problémy z kinantropometrie pro TVS, kinantropometrické metody* [Učební texty]. Olomouc: Univerzita Palackého, Fakulta tělesné kultury.
- Riegerová, J., Přidalová, M., & Ulbrichová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v TV a sportu (příručka funkční antropologie)*. Olomouc: Hanex.
- Riegrová, J., Přidalová, M., Valenta, M. & Dostálová, I. (2008). Analýza složení těla pomocí bioimpedance a antropometrie u moravských žen ve věku senescence, vliv střednědobého pohybového experimentu. *Medicina Sportiva Bohemica et Slovaca*, 17(4), 191-196.
- Rokyta, R. (2015). *Fyziologie a patologická fyziologie pro klinickou praxi*. Praha: Grada publishing a.s.
- Rokyta, R., et al. (2008). *Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, ošetrovatelství, přírodovědných, pedagogických a tělovýchovných oborech*. Praha: ISV.
- Rokyta, R. (2000). *Fyziologie: pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech*. Praha: ISV nakladatelství.
- Rothman, J. K. (2008). BMI-related errors in the measurement of obesity. *International Journal of Obesity*, 32, 56-59.
- Shah, A. H., Bilal, R. (2009). Body Composition, its Significance and Models for Assessment. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8, 198-202.
- Schuit, A. J. (2006). Physical activity, body composition and healthy ageing. *Science Sports*, 21(4), 209–213.
- Sigmund, M., Brychta, T., & Dostálová, I. (2013). Změny morfologických parametrů v průběhu osmítýdenního kondičního tréninku profesionálního hráče ledního hokeje: kazuistická studie. *Tělesná kultura*, 36(1), 45-63.

- Sigmund, M., Rozsypal, R., Kratochvíl, J., & Dostálová, I. (2014). Vliv pětíměsíčního přípravného období na změny morfologických a výkonnostních parametrů juniorských reprezentantů České republiky ve vodním slalomu. *Tělesná kultura*, 37(1), 69-91.
- Sigmund, E. & Sigmundová, D. (2010). *Základy statistiky 2*. Retrieved 13. 3. 2015 from World Wide Web: http://ftk.upol.cz/fileadmin/user_upload/FTK-katedry/institut-akt-ziv-stylu/Statistika/ZAKLADYstatistikySKRIPTA2.pdf
- Sofková, T., Přidalová, M., Pelclová, J. & Dostálová, I. (2011). Změna tukové frakce u obézních žen ve vztahu k doporučené pohybové aktivitě. *Česká antropologie*, 61(1), 39-44.
- Státní zdravotní ústav. (2008). *Celostátní antropologický výzkum*. Retrieved 25. 7. 2016 from World Wide Web: <http://www.szu.cz/publikace/data/celostatni-antropologicke-vyzkumy-cav>
- Suk, S. H., Sacco, R. L., Boden-Albala, B., Cheun, J. F., Pittman, J. G., Elkind, M. S., & Paik, M. C. (2003). Abdominal obesity and risk of ischemic stroke the Northern manhattan stroke study. *Stroke*, 34(7), 1586-1592.
- Štílec, M. (2004). *Program aktivního stylu života pro seniory*. Praha: Portál.
- Tanita (2014). *Tanita*. Retrieved 20. 4. 2016 from World Wide Web: <http://www.tanita.com/en/worldwide/>
- Thomas, J. R., Silverman, S., & Nelson, J. (2015). *Research Methods in Physical Activity*, 7E. Human Kinetics.
- Thompson, K. H. (2007). *Crime films: Investigating the scene* (Vol. 37). Wallflower Press.
- Urbaníková, J. (2014). Enterální výživa. *Praktické lékařství*, 10(2), 79–81.
- Valentino, G., Bustamante, M. J., Orellana, L., Kramer, V., Durán, S., Adasme, M., Salazar, A., Ibara, C., Fernández, M., Navarrete, C., & Acevedo, M. (2015). Body fat and its relationship with clustering of cardiovascular risk factors. *Nutrición hospitalaria*, 31(5), 2253-2260.
- Vigué, J. (2006). *Zdraví pro třetí věk*. Čestlice: Rebo.
- Vicente-Rodríguez, G., Rey-López, J. P., Mesana, M. I., Poortvliet, E., Ortega, F. B., Polito, A., & Moreno, L. A. (2012). Reliability and intermethod agreement for body fat assessment among two field and two laboratory methods in adolescents. *Obesity*, 20(1), 221-228.
- Volpato, S., Romagnoni, F., Soattin, L., Blè, A., Leoci, V., Bollini, C., & Zuliani, G. (2004). Body Mass Index, Body Cell Mass, and 4-Year All-Cause Mortality Risk in Older Nursing Home Residents. *Journal of the American Geriatrics Society*, 52(6), 886-891.

- Wagner, D. R., Cain, D. L., & Clark, N. W. (2016). Validity and Reliability of A-Mode Ultrasound for Body Composition Assessment of NCAA Division I Athletes. *PloS one*, *11*(4), e0153146.
- Wagner, D. R. & Heyward, V. H. (2000). Measures of body composition in blacks and whites: a comparative review. *American Society for Clinical Nutrition*, *71*(6), 1392-1409.
- Wang, J., Thornton, J. C., Russell, M., Burastero, S., Heymsfield, S. & Pierson, R. N. (1994) Asians have lower body mass index (BMI) but higher percent body fat than do whites: comparisons of anthropometric measurements. *The American Society for Clinical Nutrition*, *60*(1), 23-28.
- Wang, Z., Pierson, N., Heymsfield, B. (1992). The five-level model a new approach to organizing body- composition research. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *56*, 19–28.
- Wang, J., Thornton, J. C., Heymsfield, S. B. & Pierson, R. N., (2003). The relationship between body mass index and body cell mass in African-American, Asian, and Caucasian adults. *Acta diabetol*, *40*, 305-308.
- Ward, L. C. (2012). Segmental bioelectrical impedance analysis: an update. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, *15*(5), 424-429.