

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury

OBJEKTIVITA MĚŘENÍ METODY BIOELEKTRICKÉ IMPEDANCE (BIA)

Diplomová práce

(bakalářská)

Autor: Simona Zapletalová, Management volného času a rekreace

Vedoucí práce: Mgr. Jiří Štěpán

Olomouc 2013

Jméno a příjmení autora: Simona Zapletalová

Název bakalářské práce: Objektivita měření metody bioelektrické impedance

Pracoviště: Katedra sportu

Vedoucí práce: Mgr. Jiří Štěpán

Rok obhajoby bakalářské práce: 2013

Abstrakt: Cílem práce je stanovit objektivitu měření vybraných parametrů složení těla u tří typů přístrojů pro analýzu složení těla založených na metodě bioelektrické impedance (BIA). Výběrový soubor tvořilo 25 juniorských judistů. Výběrový soubor se skládal ze 17 mužů (věk $17,7 \pm 0,9$; tělesná výška $175,6 \pm 7,7$ cm; tělesná hmotnost $72,4 \pm 9,1$ kg) a 8 žen (věk $17,1 \pm 1,4$; tělesná výška $163,4 \pm 6,3$ cm; tělesná hmotnost $57,4 \pm 4,7$ kg). Jednofaktorová analýza rozptylu-ANOVA pro opakovaná měření (faktor: typ měřicího přístroje) byla použita pro srovnání tělesné hmotnosti, celkového množství tělesného tuku a celkového množství tělesné vody. Objektivita měření použitých přístrojů byla posuzována pomocí vnitrotřídního korelačního koeficientu (ICC) a typické chyby měření (TE). Přístroj InBody 720 nadhodnocuje oproti přístroji Tanita MC-980 MA tělesnou hmotnost a celkové množství tělesné vody a naopak přístroj InBody 720 podhodnocuje celkové množství tělesného tuku oproti přístroji Tanita MA-980 MA. Hodnoty všech sledovaných závisle proměnných zjištěné pomocí přístroje Tanita BC-418 MA se nacházejí mezi hodnotami získanými z přístrojů InBody 720 a Tanita MC-980 MA.

Klíčová slova: objektivita, typická chyba měření, složení těla, bioelektrická impedance

Souhlasím s půjčováním bakalářské práce v rámci knihovních služeb.

Author's first name and Surname: Simona Zapletalová

Title of the master thesis: Objectivity measurement methods by bioelectrical impedance

Department: Department of sport

Supervisor: Mgr. Jiří Štěpán

The year of presentation: 2013

Abstract: The aim of this thesis is to define the objectivity of measurements of selected parameters of body composition on the three types of devices for body composition analysis based on the bioelectric impedance method (BIA). The sample consisted of 25 junior judists. The sample consisted of 17 men (the age of $17,7 \pm 0,9$; body height $175,6 \pm 7,7$ cm; body weight $72,4 \pm 9,1$) and 8 women (the age of $17,1 \pm 1,4$; body height $163,4 \pm 6,3$ cm; body weight $57,4 \pm 4,7$). The single-factor analysis of variance – ANOVA for repeated measurements (factor: type of measuring device) was used for comparing body weight, total amount of body fat and body water. The objectivity of measuring of used devices was evaluated according to interclass correlation coefficient (ICC) and typical measurement error (TE). The device InBody 720 overestimates the body weight and total amount of the body water in comparison with Tanita MC-980 MA. On the contrary the device InBody 720 underestimates the total amount of body fat in comparison with the device Tanita MA-980 MA. The values of all monitored dependent variables identified by the device Tanita BC-418 MA are located between the values gained by the devices InBody 720 and Tanita MC-980 MA.

Keywords: objektivity, tipical measurement error, body composition, bioelectrical impedance

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

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně pod vedením Mgr. Jiřího Štěpána, uvedla jsem všechny použité literární zdroje a odborné zdroje a dodržovala zásady vědecké etiky.

V Olomouci 25. 4. 2013

.....

Děkuji Mgr. Jiřímu Štěpánovi za pomoc a konzultace při zpracování mé bakalářské práce. Dále děkuji své rodině za podporu.

OBSAH

1 ÚVOD.....	7
2 PŘEHLED POZNATKŮ	8
2. 1 Složení těla.....	8
2. 2 Modely tělesného složení.....	9
2. 3 Metody zjišťování tělesného složení.....	11
2. 3. 1 Laboratorní metody.....	12
2. 3. 2 Terénní metody	14
2. 4 Bioelektrická impedance (BIA)	15
2. 4. 1 Přístroj InBody 720	16
2. 4. 2 Přístroj TANITA BC-418 MA	17
2. 4. 3 Přístroj TANITA MC-980 MA	18
2. 5 Základní vlastnosti měřících metod.....	19
2. 5. 1 Souběžná validita	19
2. 5. 2 Reliabilita	20
2. 6 Chyby měření.....	21
3 CÍL PRÁCE	22
4 METODIKA	23
4. 1 Charakteristika souboru	23
4. 2 Protokol/ Způsob měření.....	23
4. 3 Analýza dat	24
4. 4 Statistická analýza.....	24
5 VÝSLEDKY	25
6 DISKUZE.....	31
7 ZÁVĚR	34
8 SOUHRN	35
9 SUMMARY.....	36
10 REFERENČNÍ SEZNAM.....	37

1 ÚVOD

Měření složení těla je velmi často využíváno v lékařství i ve sportu. Ve sportovním tréninku mohou zjištěné hodnoty jednotlivých komponent složení těla poskytnout důležité informace o predispozicích jedince pro daný sport nebo mohou poskytnout při pravidelném opakovaném měření složení těla informace o progresu v tréninkové činnosti.

V dnešní době je na trhu dostupná celá řada měřících přístrojů pro analýzu složení těla založených na metodě bioelektrické impedance (BIA). Výhodou těchto měřících přístrojů je nenáročnost přípravy a následné procedury měření a rychlost dostupnosti výsledků, které jsou k dispozici bezprostředně po měření. Praxe však poukazuje na sníženou přesnost měření u různých typů měřících přístrojů pro analýzu složení těla založených na metodě (BIA).

Smyslem práce je ověřit objektivitu měření vyjádřenou typickou chybou (TE) v konkrétních jednotkách u vybraných závisle proměnných (tělesná hmotnost, celkové množství tělesného tuku a celkové množství tělesné vody) mezi různými typy měřících přístrojů pro analýzu složení těla.

2 PŘEHLED POZNATKŮ

2. 1 Složení těla

Dle Kutáče (2009) je složení těla ovlivněno geneticky a formují jej vnější faktory, mezi které patří zejména pohybová aktivita a výživové faktory. Tělesné složení znamená podíl aktivní tělesné hmoty a tělesného tuku v organismu, bývá považováno jako jedna z nejdůležitějších morfologických charakteristik člověka, jako ukazatel jeho zdravotního stavu a také tělesné zdatnosti. Pravidelným sledováním tělesného složení můžeme monitorovat efektivitu pohybového zatížení a také vhodná či nevhodná tělesná cvičení, která byla zvolena při snaze o úpravu tělesné hmotnosti (Kutáč, Přidalová & Riegerová, 2008).

Tělesné složení člověka se mění s jeho vývojem a také záleží na pohlaví, rase, etnice a jeho pohybové aktivitě. Pohlavní odlišnost v rozdělení tuku se začíná projevovat v období středního dětství, zesiluje v období adolescence a přetrvává v dospělosti. S věkem se u žen ukládá více tuku do oblasti pasu a paží a u mužů se tuk zpravidla ukládá do zad, břicha a hrudníku (Riegerová, Přidalová & Ulbrichová, 2006).

Obecně se udává, že u novorozenců kosterní svalstvo tvoří asi 25% hmotnosti jejich těla a u dospělých jedinců se udává hodnota okolo 40%. K poměrně dramatickým změnám v rozvoji tukuprosté hmoty dochází mezi 12. a 16. rokem života. Podíl tukuprosté hmoty u chlapců se téměř zdvojnásobuje a u dívek narůstá o 50% (Maffulli et al., 2001 in Riegerová, Přidalová & Ulbrichová, 2006).

Jedinci, kteří jsou výrazně pohybově aktivní dosahují podstatně vyšších hodnot tukuprosté hmoty. Tyto hodnoty jsou v závislosti na typu jejich tělesného zatížení. Nejvyšších hodnot bývá dosahováno u sportovců, kteří jsou na vysoké sportovní úrovni a především u silových sportů.

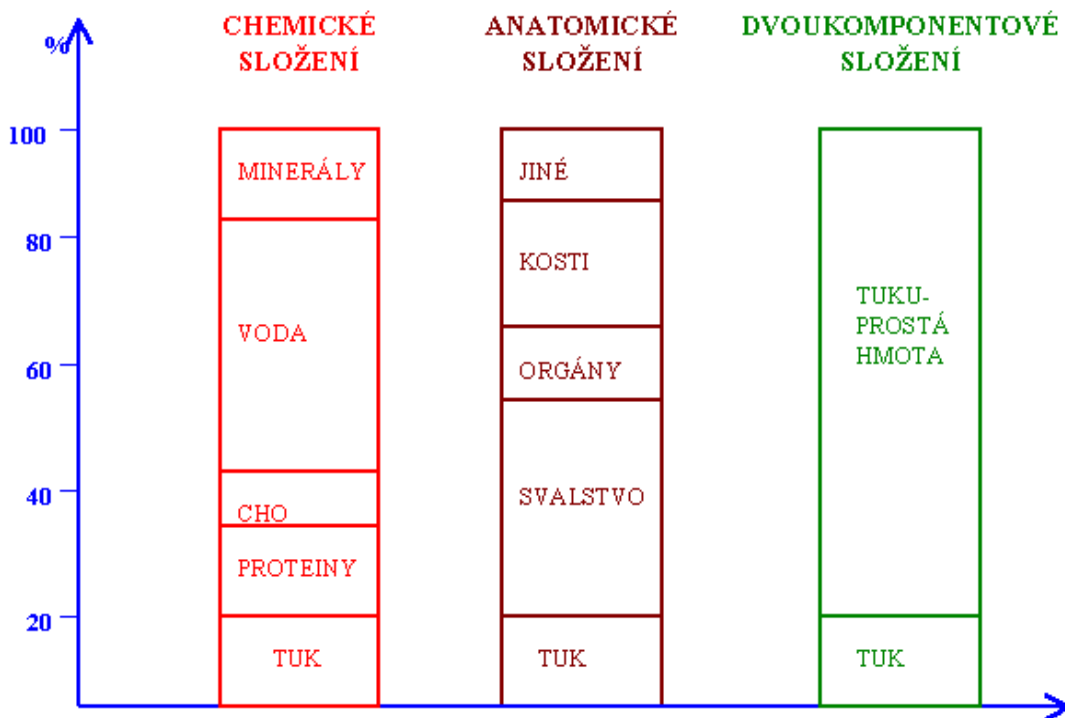
Díky metodám zjišťování tělesného složení, můžeme určovat tělesné předpoklady pro různá sportovní odvětví a také tělesný vývoj jedince zabývající se vrcholovým nebo výkonnostním sportem.

Při zjišťování tělesného složení se vždy jedná o odhad a pro takový odhad je využíváno mnoho metod. Nejčastěji tyto používané metody dělíme na metody laboratorní a metody terénní. Laboratorní metody jsou pro praxi v terénu náročné a to z důvodů technického vybavení, organizačních možností (testované osoby se musí

dostavit do laboratoře, vyšetření trvá delší dobu), nároků na odbornost obsluhy přístrojů a také z důvodů cenové relace (Riegerová, Přidalová & Ulbrichová, 2006).

2. 2 Modely tělesného složení

Tělo člověka je různorodé a představuje složitou mozaiku různých buněk. Tělesná hmotnost je veličina, na jejíž tvorbě se podílejí veškeré tkáně lidského těla. Celkovou hmotnost těla antropologové rozdělují na jednotlivé části, neboli komponenty (Bláha et al., 1986). Původní pohled na tyto komponenty byl dán anatomickým nebo chemickým složením těla. Anatomický model těla je chápán tak, že tělo je tvořeno svalstvem, tukovou tkání, kostmi, vnitřními orgány a ostatními tkáněmi. Chemický model těla představuje tuk, sacharidy, bílkoviny, minerály a vodu. V případě, kdy studujeme otázky vlastního tělesného složení, preferujeme anatomický klasifikační systém a pokud se jedná o otázky ke vztahu k tělesným energetickým zásobám, používáme chemický klasifikační systém (Riegerová, Přidalová & Ulbrichová, 2006). Jelikož je značně obtížné, abychom každou z těchto komponent změřili zvlášť, byly předchozí dva systémy, tedy anatomický klasifikační systém a chemický klasifikační systém zjednodušeny a to pouze na dvoukomponentový model, podle něž lidské tělo tvoří tuková hmota a tukuprostá hmota (fat free mass – FFM). Tukuprostá hmota bývá definována jako hmotnost všech tkání lidského organismu minus extrahovatelný tuk (Bláha et al., 1986).



Obrázek 1. Chemický, anatomický a dvoukomponentový model tělesného složení (upraveno dle http://www.eamos.cz/amos/kat_tv/externi/antropomotorik/morfologicka_stavba/stranky/tel_slozeni.htm)

Anatomický model

Základní stavební části těla člověka jsou tvořeny chemickými prvky. Z celkové hodnoty 106 chemických prvků se v těle člověka vyskytuje 50. Z toho 98% zastupuje šest nejdůležitějších prvků: O, C, H, N, Ca a P a zbývající 2% jsou tvořena dalšími 44 prvky (Riegerová, Přidalová & Ulbrichová, 2006).

Molekulární model

Organismus člověka se skládá z 11 základních prvků tvořící molekuly. Tyto molekuly v lidském těle vytváří více než 100 000 chemických sloučenin.

Hlavní komponenty tvořící celkovou tělesnou váhu jsou voda, minerály, bílkoviny, lipidy a glykogen (Riegerová, Přidalová & Ulbrichová, 2006).

Buněčný model

Tělo člověka je tvořeno buňkami. Buňky se od sebe navzájem mohou lišit jejich velikostí, složením, tvarem, metabolismem a také distribucí. Každá z buněk v organismu zastává svou funkci. Velice významnou roli má extracelulární tekutina (ECW). Tato extracelulární tekutina obklopuje jednotlivé buňky v organismu a je tvořena plazmou a intersticiální tekutinou.

Celková tělesná váha je tvořena buňkami svalovými, pojivovými, epiteliálními, nervovými, tukovou tkání, extracelulární tekutinou a také organickými a anorganickými sloučeninami.

Tkáňově-systémový model

Tento model vychází z organizace molekul do tkání. Jedná se o tkáně svalové, kostní a tukové.

Celková tělesná váha je určena součtem hodnot muskuloskeletárního, kožního, respiračního, nervového, oběhového, zaživacího, reprodukčního, vyměšovacího a endokrinního systému (Riegerová, Přidalová & Ulbrichová, 2006).

Celotělový model

O množství depotního tuku a o aktivní tělesné hmotě vypovídá tělesná výška, hmotnost, hmotnostně-výškové indexy, délkové, šířkové, obvodové rozměry, kožní řasy a objem těla (Riegerová, Přidalová & Ulbrichová, 2006).

2. 3 Metody zjišťování tělesného složení

Při zjišťování tělesného složení se vždy jedná o odhad a pro takový odhad je využíváno mnoho metod. Nejčastěji tyto používané metody dělíme na metody laboratorní a metody terénní. Laboratorní metody jsou pro praxi v terénu náročné a to z důvodů technického vybavení, organizačních možností (testované osoby se musí dostavit do laboratoře, vyšetření trvá delší dobu), nároků na odbornost obsluhy přístrojů a také z důvodů cenové relace (Riegerová, Přidalová & Ulbrichová, 2006).

V současnosti se nejčastěji užívá laboratorní i terénní metoda BIA – bioimpedanční analýza. Metoda BIA spolu s laboratorní metodou DEXA – (DualEnergy X-

Rayabsorptiometry – duální rentgenová absorpciometrie) se užívá v lékařské diagnostice, například v oborech obezitologie, diabetologie a také k diagnostice osteoporózy. Další používanou laboratorní metou je například denzitometrie nebo také hydrostatické vážení. Odhad tělesného složení v terénních podmínkách nám pomáhá řešit antropometrie, měření kožních řas pomocí kaliperace. Odhad podílu tuku je možné vypočítat podle metodiky Matiegky, Pařízkové, Drinkwatera a Rosse (Riegerová, Přidalová & Ulbrichová, 2006).

2. 3. 1 Laboratorní metody

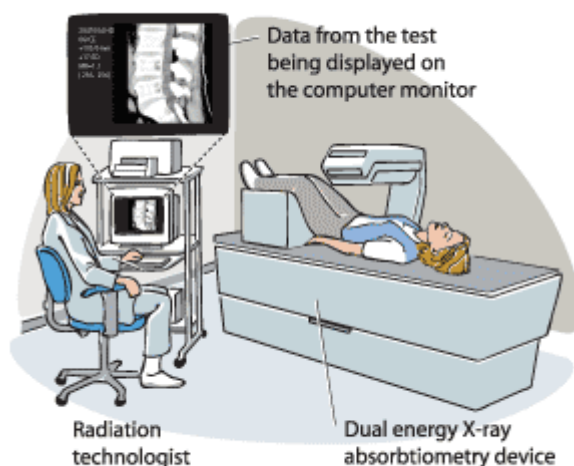
V současnosti k nejpoužívanějším laboratorním metodám patří metoda denzitometrie, DEXA a zejména v zámoří oblíbená metoda hydrostatického vážení (Heyward & Wagner, 2004, Riegerová, Přidalová & Ulbrichová, 2006; McArdle, Katch & Katch, 2007)

DEXA (DualEnergy X-Rayabsorptiometry – duální rentgenová absorpciometrie)

Tato metoda spočívá ve dvou ztenčených rentgenových paprscích, které procházejí organismem, rozlišují kostní minerály od měkkých tkání a ty dále rozdělují na tuk a tukuprostou hmotu (čtyřkomponentový model).

Metoda DEXA je nejnovější a nejpřesnější technologií. Díky této metodě se můžeme seznámit s výsledky komplexního složení těla a jednotlivých segmentů.

Výhodami tohoto přístroje je vysoká krátkodobá přesnost, nenáročnost na spolupráci klienta a také technické zkušenosti i když pro přesné testování je nutné řádné proškolení práce s přístrojem. Nevýhodami je jednoznačně vysoká nákladnost. Také vzhledem k rozloze snímací plochy nelze vyšetřit obézní jedince nebo také jedince s vysokou tělesnou výškou. Přesto je tato metoda v současnosti považována jako nejlepší (Riegerová, Přidalová & Ulbrichová, 2006).



Obrázek 2. Schéma měření DEXA (upraveno dle <http://ziim.us/articles/dexa-scans-for-osteoporosis-and-body-mass-composition.html>)

Denzitometrie

Tato metoda vychází z dvoukomponentového modelu složení těla. Těmito základními složkami rozumíme tuk a tukuprostou hmotu (FFM). Základním principem této metody je skutečnost rozdílné denzity neboli hustoty těchto dvou složek lidského těla a vychází ze tří základních předpokladů: u všech jedinců jsou separátní denzity obou komponent aditivní a relativně konstantní, úroveň hydratace FFM (tukuprosté hmoty) je relativně konstantní, rovněž konstantní veličinou je poměr kostních minerálů ve vztahu ke svalovým proteinům. Tato metoda se setkává se spoustou nedostatků. Hlavním nedostatkem je přepočítání tělesné denzity na podíl tukové tkáně (Riegerová, Přidalová & Ulbrichová, 2006).

Hydrostatické vážení

Pomocí hydrostatického vážení určujeme specifickou hustotu těla. Jedná se o vážení pod vodní hladinou. Tato metoda bývá označována jako jedna z nejpřesnějších metod, která spočívá na principech Archimédova zákona. Abychom získali přesné výsledky, je nezbytné odečíst od celkového objemu těla objem vzduchu v plicích a v dýchacích cestách diluční dusíkovou metodou.

Použití metody hydrostatického vážení v běžné praxi je omezené technickou náročností, nepohodlností pro měřený subjekt a je časově náročnější než jiné metody (Marček et al., 2007).

2. 3. 2 Terénní metody

Terénní metoda, která je v současné době nejvíce používána je metoda bioelektrické impedance (BIA). Dalšími terénními metodami, které slouží pro odhad tělesného složení jsou antropometrické metody.

Antropometrie

Již v roce 1921 se Matiegka na základě zevních neboli antropometrických rozměrů těla pokusil o kvantifikaci tělesných komponent. Pro svoji rychlost, neinvazivnost, nenákladnost a informovanost se tyto antropometrické metody velice často používají v současnosti (Riegerová, Přidalová & Ulbrichová, 2006).

Matiegka (1921) navrhoval rozdělení hmotnosti těla na čtyři složky: O – hmotnost skeletu (ossa), M – hmotnost kosterního svalstva (musculi), D – hmotnost kůže (derma) a hmotnost podkožní tukové tkáně a R – hmotnost zbytku (rezidua). Přesto, že toto dělení je rozděleno do čtyř složek, odpovídá spíše modelu tříkomponentovému.

Od doby Matiegkova rozdělení byla vypracována spousta dalších postupů pro odhad tělesného složení. Jedná se o použití kosterních rozměrů, obvodových měř a nejčastěji určování z tloušťky kožních řas, měřených různými typy kaliperů.

U nás se nejčastěji používá metoda podle Pařízkové (1962), kdy tělesné složení odhadujeme ze součtu kožních řas měřených kaliperem (Riegerová, Přidalová & Ulbrichová, 2006).



Obrázek 3. Kaliper BEST II K-501 (upraveno dle <http://www.trystom.eu/produkty-a-sluzby-1/laboratorni-a-zdravotnicka-technika/kaliper-best-ii-k-501/>)

2. 4 Bioelektrická impedance (BIA)

Tato metoda měření tělesného složení patří k metodám moderním, rychlým a relativně levným. Její technická náročnost také není složitá, nezatěžuje měřený objekt a je využitelná v terénních podmínkách.

Tato metoda funguje na principu rozdílného šíření elektrického proudu nízké intenzity v různých biologických strukturách. Složení těla měří malým elektrickým proudem, který prochází tělem a je bezpečný. Nízkofrekvenčním proudem (nižší než 50kHz) se měří mimobuněčná voda a vysokofrekvenčním proudem (vyšším než 200kHz) se měří nitrobuněčná voda. Tekutinami ve svalových tkáních proud prochází volně, ale při průchodu tukovými tkáněmi se setkává s odporem. Tento odpor proudu, který nastává při průchodu tukovými tkáněmi se nazývá „bioelektrická impedance“. Tukuprostá hmota je dobrým vodičem vzhledem k jejímu vysokému podílu vody a elektrolytů, zatímco tuková tkáň se chová jako izolátor (Heyward & Wagner, 2004).

Základní proměnná, která je měřena bioelektrickou impedancí je celková tělesná voda (TBW – total body water). Tukuprostá hmota (FFM je dána rozdílem celkové hmotnosti a hmotnosti tělesného tuku) je určována podle následující rovnice:

$$FFM = TBW \cdot 0,732-1$$

Hodnota 0,732 (73,2%) představuje průměrnou hydrataci tukuprosté hmoty u dospělého člověka. U dětí bývá hydratace tukuprosté hmoty vyšší než u dospělého člověka. S věkem podíl objemu extracelulární vody (ECW) na celkové tělesné vodě klesá, zatímco intracelulární voda (ICW) naopak nabývá na objemu (Riegrová, Přidalová & Ulbrichová, 2006).

V současné době se v komerční sféře velmi často užívají tzv. bipolární přístroje. Bipolární bývá také označován jako ruční a jedná se o přístroje, kdy elektrický proud prochází pouze horní částí těla. Existují také přístroje bipedální, neboli nožní a tyto přístroje fungují na principu, kdy elektrický proud prochází dolní částí těla (Riegerová, Přidalová & Ulbrichová, 2006).

Ovšem pro odborné studie je mnohem vhodnější užívání tetrapolárních přístrojů pro stanovení BIA. Elektrický proud prochází skrz celé tělo, od zápěstí po zápěstí a od kotníku ke kotníku skrz trup (Heyward & Wagner, 2004).

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

Než dojde k samotnému měření, je doporučeno, aby testovaná osoba zůstala asi pět minut v klidu stát. Standardní měření by mělo probíhat za pokojové teploty, tedy 20-25 °C. Testovaná osoba by neměla před měřením jíst, konzumovat alkohol, provádět pohybovou aktivitu, sprchovat a saunovat se, ... Dále je doporučováno, aby si testovaná osoba před analýzou zašla na toaletu, jelikož moč a stolice je započítávána jako složka tuková. U žen by nemělo měření probíhat během menstruačního cyklu. Měření by mělo probíhat ve spodním prádle (méně oblečení znamená přesnější výsledky) bez jakýchkoliv doplňků (řetízky, náušnice, ...). Dále správné držení těla zvyšuje přesnost výsledků.

V zájmu každé testované osoby by mělo být dodržování všech zmíněných podmínek, jelikož vedou k získání co nejpřesnějších dat (InBody, 2013).

2. 4. 1 Přístroj InBody 720

Přístroj InBody 720 bývá považován jako jeden z nejspolehlivějších přístrojů, který diagnostikuje analýzu složení lidského těla. Při vyšetření je třeba zachovávat podmínky, které jsou popsány výše v kapitole Bioelektrická impedance. Přístroj je schopen změřit všechny ve věku od 6 do 99 let, jediný, kdo nesmí analýzu na InBody podstoupit, jsou osoby s kardiostimulátorem.

Výsledky analýzy:

- Vnitrobuněčná voda, mimobuněčná voda, kostní/nekostní minerály, tuková hmota, proteiny, kostní a svalová hmota, svalová hmota, tukuprostá hmota, váha.
- BMI, poměr pasu k bokům (WHR), procentuální podíl tělesného tuku.

- Svalová hmota v jednotlivých tělesných částech, procento svaloviny v jednotlivých tělesných částech.
- Edém, edém v jednotlivých tělesných částech.
- Oblast tělesného tuku.
- Nutriční diagnóza (tuk, proteiny, minerály, edém).
- Zdravotní diagnóza, tělesná síla, tělesná vyváženost, ... (InBody, 2013).

Přístroj InBody 720 používá osmibodový dotykový systém. Dva body se nachází na obou dlaních a dva body na obou ploškách nohou. Opakovatelnost naměřených výsledků nám zaručuje, že měrné body odporu jsou stále na stejném místě (Biospace, 2013). InBody 720 vytváří pro každou testovanou osobu protokol získaných hodnot.



Obrázek 4. In Body 720 (upraveno dle <http://www.inbody.cz/inbody720.php>)

2. 4. 2 Přístroj TANITA BC-418 MA

Tento přístroj analyzuje tělesné složení pomocí přímé segmentové monofrekvenční impedance (50kHz). Měření je možné provádět ve dvou odlišných módech: ATHLETIC – pro sportovce a STANDARD – pro nespportující populaci. Atletická rovnice pro výpočet tělesného složení se volí v případě, kdy sportující populace dosáhla věku minimálně 17-ti let, je zapojena do intenzivní aerobní činnosti minimálně 10 hodin týdně a jejich klidová tepová frekvence je nižší než 60 tepů za minutu. Pro jedince, kteří nesplňují tyto podmínky se volí rovnice Standard.

Měřením na tomto přístroji získáváme informace o celkové hmotnosti, BMI, procentu tělesného tuku, hmotnosti FFM, hmotnosti svalové hmoty, kostí, celkové tělesné vody. Dále je přístroj schopen uvést hodnoty bazálního metabolismu a metabolického věku.

Přístroj funguje na principu osmi elektrod a je schopen provést analýzu pro každou končetinu zvlášť a trup. Výrobce uvádí až 300 000 použití před kalibrací a nosnost do 200 kilogramů (Tanita2013).



Obrázek 5. Tanita BC-418 MA (upraveno dle <http://www.tanita.eu/products/catagory/detail/professional-body-composition-analyzers/73-bc-418-ma-segmental-body-composition-analyser-with-integral-printer.html>)

2. 4. 3 Přístroj TANITA MC-980 MA

Tento tělesný analyzátor je určen pro segmentální multifrekvenční analýzu složení lidského těla. Přístroj Tanita MC-980 MA pracuje na dokonale vyvážené moderní technologii, včetně více frekvenční (6 frekvencí - 1, 5, 50, 250, 500, 1 000 kHz) analýzy, má barevný dotykový displej a pracuje s operačním systémem Windows v reálném čase.

Tento model je velice rychlý. Analýza složení těla je vyhodnocena během 30-ti vteřin. Má vestavěné programové vybavení v 15-ti jazycích včetně českého jazyka a je velice praktický díky jeho stavebnicovému systému, kdy jsme přístroj schopni sestavit do 5-ti minut. Udávaná nosnost je až 300 kg, tudíž je vhodný i pro těžce obézní

pacienty. Dále je tento model schopen registrovat uživatele a výsledky ukazuje v kilogramech i v procentech a také se před každým měřením sám kalibruje.

Model Tanita MC-980 MA analyzuje stejné hodnoty jako Tanita BC-418 MA, ale je schopen díky svému velkému dotykovému displeji bez námahy vést klienta přes proces měření. Také hodnotí fyzickou kondici, zobrazuje rovnováhu svalů mezi pravou a levou stranou těla, hodnotí stav s hodnotami zdravých jedinců (Lékařské váhy, 2013).



Obrázek 6. Tanita MC-980 MA (upraveno dle <http://www.tanita.com/en/mc-980/>)

2. 5 Základní vlastnosti měřících metod

2. 5. 1 Souběžná validita

Souběžná validita je vyjádřena korelací mezi výsledky konkrétního měření a kritériem tzn. jinou metodou měření, která byla aplikována ve stejném čase (Thomas, Nelson & Silverman, 2005).

Kutáč, Gajda, Přidalová a Šmajstrla (2008) řešili validitu metody bioelektrické impedance (BIA) přístroje TanitaBC-418 MA. Jako kritérium byly použity výsledky z metody DEXA na vzorku 74 studentů studujících tělesnou výchovu na Ostravské univerzitě v Ostravě. Věkový průměr jedinců byl 19,5 u žen a 20,2 let. Hodnota Pearsonova korelačního koeficientu byla zjištěna u žen $r = 0,753$ a u mužů $r = 0,817$ v režimu měření standard. Střední chyba (SEE = $d_{max} = \pm 2 \text{ sy}/x$) byla u žen zaznamenána 4,42% a u mužů 3,40% v režimu měření standard.

2. 5. 2 Reliabilita

Dalším z hlavních kritérií hodnocení testů je reliabilita, neboli spolehlivost testu. Reliabilita svědčí o přesnosti nebo možné velikosti chyby měření. Když při opakovaném měření téže osoby za stejných podmínek dosáhneme podobných výsledků, mluvíme o vysoké spolehlivosti testu.

Číselně vyjadřujeme reliabilitu prostřednictvím typické chyby měření (TE), od které oddělujeme změny v průměru opakovaných měření, které ukazují na systematickou chybu měření (Hopkins, 2000). Někdy se používá mezitřídní korelační koeficient r (interclasscorrelation, Pearsonův), který byl vytvořen pro korelování dvou odlišných proměnných a není proto příliš vhodný pro stanovení reliability (Thomas, Nelson & Silverman, 2005). Vhodnější korelační koeficient je ICC (intraclasscorrelationcoefficient) stanovený analýzou rozptylu. Hopkins (2000) však před korelačním koeficientem ICC upřednostňuje typickou chybu měření, která umožňuje srovnání reliability měření v rozdílných laboratořích.

Studie zaměřené na problematiku reliability BIA metod řešených na tetrapolárních přístrojích vykazují dostatečnou reliabilitu pro tuto metodu. Variační koeficient pro opakované měření resistance těla je všeobecně 1% až 2% pro jednodenní odhady a 2%-3,5% pro měření ve více dnech.

Bylo zjištěno, že reliabilita v jednom dni, mezi dny a objektivita měření mezi přístroji se pohybovala kolem ($r > 97$). Variační koeficient zjištěný v jednom dni byl 0,4-1,5% a mezi dny 1,0-3,6%.

Přesnost metody BIA je ovlivněna měřícími přístroji, faktory klienta, dovednostmi examinátora, okolním prostředím, a predikční regresní rovnicí výrobce použitou k odhadu FFM. Odhad teoretické chyby je přibližně 1,8 kg za předpokladu, že referenční metoda je bez chyby. Část z celkové chyby odhadu spojena s metodou BIA může být přisuzována chybě v referenční metodě. Proto tedy, SEE \leq 3,5 kg pro muže a \leq 2,8 kg pro ženy je přijatelná (Heyward & Wagner, 2004).

Zvláštní typ reliability představuje objektivita měření. Objektivita měření nám udává, zda jsou výsledky naměřené jinou laboratoří, měřícím přístrojem nebo jinou osobou reprodukovatelné. Objektivita je definovaná jako shoda mezi výsledky měření stejné veličiny v různých laboratořích, různých měřících přístrojů případně výsledky měření různých osob (Thomas, Nelson & Silverman, 2005).

2. 6 Chyby měření

V praxi nejsou žádná měření, žádná měřicí metoda ani žádný přístroj absolutně přesné. Různé vlivy, které se při měření vyskytují, se projeví diferencí mezi naměřenou hodnotou a skutečnou hodnotou dané proměnné. Získaný výsledek měření se proto vyskytuje v „tolerančním poli“ kolem skutečné hodnoty, kterou neznáme. Při jakémkoliv měření proto musíme počítat s chybou

Chyby je možno vyjádřit v absolutních nebo relativních hodnotách. Dle jejich působení lze chyby rozdělit na systematické, náhodné a hrubé. Podle původu vzniku se dělí na chyby přístroje, metody, pozorování a vyhodnocení.

Absolutní chybou je chápán rozdíl mezi hodnotou naměřenou a skutečnou. Podíl absolutní chyby skutečnou hodnotou vyjadřuje relativní chybu

Systematické chyby jsou stálé co do velikosti i směru působení a takto „systematicky“ ovlivňují výsledek měření. Jejich vliv lze zmenšit např. pomocí korekcí, kompenzací apod.

Náhodné chyby působí zcela nahodile, nedají se předvídat a jejich působení nelze vyloučit. V klasické teorii chyb je nejčastěji vyjádřena směrodatnou odchylkou.

Hrubé chyby jsou zcela nevyzpytatelné. Měření zatížené hrubou chybou zpravidla znehodnotí celý experiment, a proto naměřené extrémní hodnoty jsou chápány jako odlehlé hodnoty a výrazně zkreslují základní popisné charakteristiky. Omezit riziko výskytu hrubých chyb lze důsledným dodržováním předepsaných měřících postupů, podmínek měření a pozorností examinatora.

Chyby měřících přístrojů jsou způsobeny nedokonalostmi použitých komponentů, které mohou vznikat ve výrobě, montáži atd.. Svou roli sehrává i změna charakteristik a parametrů přístroje v důsledku amortizace. Dalším zdrojem chyb může být neodborná instalace, nebo uložení (ustavení) přístroje na pracovním místě, stole apod. Chyby metody měření mají svůj původ v nedokonalosti či zjednodušení použité měřicí metody.

3 CÍL PRÁCE

Cílem práce je stanovit objektivitu měření vybraných parametrů složení těla u tří typů přístrojů pro analýzu složení těla založených na metodě bioelektrické impedance (BIA).

Hypotéza práce

Předpokládáme, že se hodnoty vybraných parametrů získané z tří různých typů přístrojů založených na metodě bioelektrické impedance nebudou signifikantně lišit.

Úkoly práce

- Zvolit vhodné typy přístrojů pro stanovení objektiviny metody (BIA).
- Vybrat vhodnou skupinu probandů.
- Vybrat vhodné parametry složení těla pro následnou analýzu.
- Realizovat terénní šetření.
- Analyzovat a interpretovat dosažené výsledky.

4 METODIKA

4.1 Charakteristika souboru

Soubor tvořilo 25 juniorů a junierek širšího reprezentačního výběru české republiky v judu. Výběrový soubor se skládal ze 17 mužů (věk $17,7 \pm 0,9$; tělesná výška $175,6 \pm 7,7$ cm; tělesná hmotnost $72,4 \pm 9,1$ kg) a 8 žen (věk $17,1 \pm 1,4$; tělesná výška $163,4 \pm 6,3$ cm; tělesná hmotnost $58,4 \pm 4,7$ kg). Výzkumný soubor je charakterizován tréninkovým zatížením 8 - 10 tréninkových jednotek týdně, řízené dle harmonogramu RDJ.

4.2 Protokol / Způsob měření

Probandi se dostavili do laboratoře Fakulty tělesné kultury v Olomouci v jednom dni. Při měření byly dodrženy všechny zásady vyplývající z manuálů přístrojů pro analýzu složení těla InBody 720 (Biospace), TANITA BC-418 MA (TanitaCorporation, Japan) a TANITA MC-980 MA (TanitaCorporation, Japan):

- Nejíst a nepít po dobu minimálně 5 hodin před měřením.
- Neprovazovat žádnou pohybovou aktivitu 12 hodin před měřením.
- Nekonzumovat alkohol 24 hodin před měřením.

Z výběrového souboru byly vyřazeny ženy:

- V raném stádiu těhotenství.
- V době premenstruace a menstruace.
- S implantáty.
- A muži užívající léky ovlivňující množství vody v organismu.

Při měření byla aplikovaná metoda latinských čtverců, která vylučovala ovlivnění výsledků v závislosti na pořadí měření na jednotlivých přístrojů. Každý proband začínal měření na jiném typu přístroje pro analýzu složení těla (např. proband A absolvoval měření v pořadí 1. InBody 720, 2. TANITA BC-418 MA, 3. TANITA MC-980 MA, proband B absolvoval měření v pořadí 1. TANITA BC-418 MA, 2. TANITA MC-980 MA, 3. InBody 720 a proband C absolvoval pořadí 1. TANITA MA-980 MA, 2. InBody 720, 3. TANITA BC-418 MA).

Mezi jednotlivými měřeními na různých typech přístrojů pro analýzu složení těla byla dodržována u každého probanda přestávka minimálně 2 minuty, která je nutná pro vyprcháání zbytkového proudu z těla probanda před dalším měřením.

Přístroje TANITA BC-418 MA a TANITA MC-930 MA byly nastaveny do režimu „ATHLETIC“, který je definován pro osoby provozující minimálně 10 hodin intenzivní pohybové aktivity za týden s klidovou srdeční frekvencí 60 tepů za minutu (Body composition analyzer BC – 418MA, Instruction manual).

4.3 Analýza dat

Pro potřeby práce byly zvoleny tři typy přístrojů pro analýzu složení těla založených na metodě bioelektrické impedance (BIA). Byly použity přístroje InBody 720, TANITA BC-418 MA a TANITA MC-980 MA, které představovaly nezávisle proměnnou. Pro analýzu byly použity závislé proměnné: tělesná hmotnost (kg), celkové množství tělesného tuku (kg) a celkové množství tělesné vody (kg).

4.4 Statistická analýza

Normalita rozložení experimentálních dat byla ověřena pomocí testu (Shapiro-Wilk test). Jednofaktorová analýza rozptylu-ANOVA pro opakovaná měření (faktor: typ měřícího přístroje) byla použita pro srovnání tělesné hmotnosti, celkového množství tělesného tuku a celkového množství tělesné vody. Jestliže byl Mauchlyho test významný, byly použity Greenhouse-Geisserovy korekce. Následně byla vykonána Bonferroniho párová srovnání. Efekt velikosti vlivu typu měřícího přístroje na závislé proměnné byl hodnocen pomocí Eta square index (Cohen, 1973). Protože byla použita jednofaktorová analýza rozptylu, považujeme hodnotu parciální $\eta^2 < 0,099$ jako zanedbatelný vliv, parciální $\eta^2 = 0,099-0,0588$ jako malý vliv, parciální $\eta^2 = 0,0588-0,1379$ jako střední vliv a parciální $\eta^2 > 0,1379$ jako velký vliv (Cohen, 1988). Statistická síla testu (SP) byla vyjádřena v souladu se studií Cohen (1962). Objektivita měření použitých přístrojů byla posuzována pomocí vnitrotřídního korelačního koeficientu (ICC) a typické chyby měření (TE) (Hopkins, 2000). Hodnota ICC vyšší než 0,7 je považována za dostatečně reliabilní (Nunnally & Bernstein, 1994). Statistická významnost byla pro všechny testy nastavena na hladině významnosti $p < 0,05$. Všechny statistické procedury byly provedeny pomocí IBM SPSS 20.

5 VÝSLEDKY

V tabulce 1. jsou prezentovány základní popisné charakteristiky závisle proměnných získaných ze tří typů přístrojů pro analýzu složení těla založených na metodě bioelektrické impedance (BIA).

Tabulka 1. Základní popisné charakteristiky závisle proměnných (kg) získaných ze tří typů měřících přístrojů

<i>Proměnná</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>
Tělesná hmotnost (InBody 720)	25	67,61	10,85	46,80	88,50
Tělesná hmotnost (TanitaBC-418MA)	25	67,52	10,86	46,70	88,30
Tělesná hmotnost (TanitaMC-980 MA)	25	67,25	10,76	46,60	88,20
Množství tělesného tuku (InBody 720)	25	7,07	2,88	1,90	12,40
Množství tělesného tuku (TanitaBC-418 MA)	25	7,83	3,01	2,70	14,80
Množství tělesného tuku (TanitaMC-980 MA)	25	8,59	3,38	3,10	15,10
Množství tělesné vody (InBody720)	25	44,44	8,39	28,40	56,90
Množství tělesné vody (TanitaBC-418 MA)	25	43,70	8,66	26,40	57,00
Množství tělesné vody (TanitaMC-980 MA)	25	42,72	8,81	25,80	56,90

Legenda: N- rozsah výběrového souboru; M- průměr; SD- směrodatná odchylka,

Tabulka 2. prezentuje výsledky testování normality rozložení experimentálních dat pomocí Shapiro-Wilk testu.

Tabulka 2. Normalita rozložení experimentálních dat

<i>Proměnná</i>	<i>Hodnota kritéria</i>	<i>N</i>	<i>P</i>
Tělesná hmotnost (InBody 720)	0,961	25	0,433
Tělesná hmotnost (TanitaBC-418 MA)	0,960	25	0,407
Tělesná hmotnost (TanitaMC-980 MA)	0,960	25	0,412
Množství tělesného tuku (InBody 720)	0,955	25	0,322
Množství tělesného tuku (TanitaBC-418 MA)	0,966	25	0,548
Množství tělesného tuku (TanitaMC-980 MA)	0,970	25	0,648
Množství tělesné vody (InBody 720)	0,943	25	0,175
Množství tělesné vody (TanitaBC-418 MA)	0,940	25	0,146
Množství tělesné vody (TanitaMC-980 MA)	0,950	25	0,280

Legenda: N - rozsah výběrového souboru; $p < 0,05$

Normalita rozložení experimentálních dat pomocí testu Shapiro-Wilk byla potvrzena u všech typů měřicích přístrojů ve všech sledovaných proměnných. Na základě výsledků testování normality rozložení experimentálních dat je možno použít následné statistické postupy.

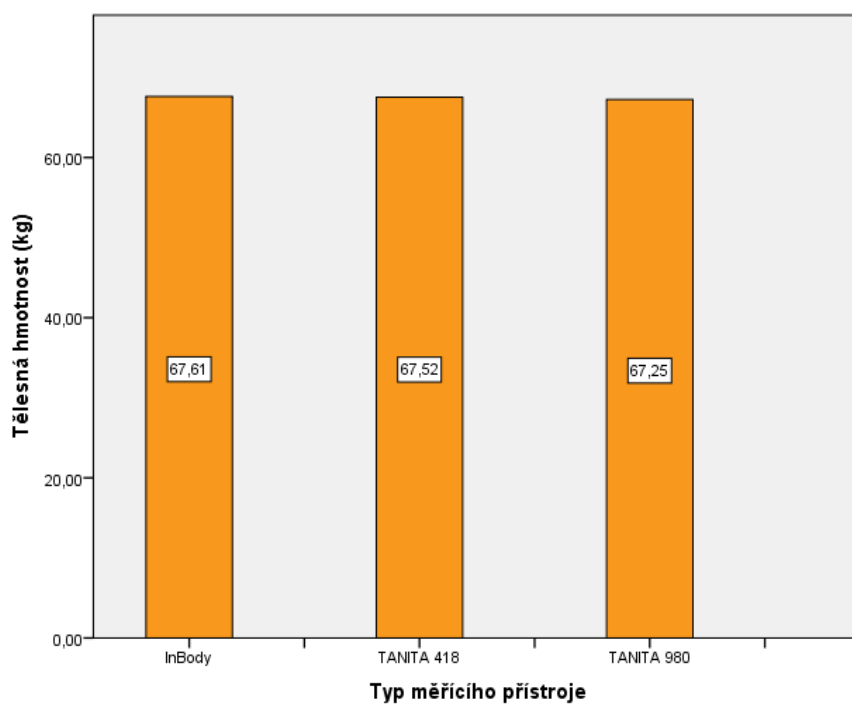
Pomocí jednofaktorové analýzy rozptylu byl zjištěn hlavní vliv typu měřicího přístroje na tělesnou hmotnost ($F = 24,49$, $p = 0,000$, $df = 1,54$, $\eta^2 = 0,505$ a

SP = 1,000). Následné párové srovnání pomocí Bonferroniho korekcí ukazuje, že přístroj TANITA MC-980 MA vykazuje významně nižší naměřenou tělesnou hmotnost oproti přístrojům InBody 720 ($p < 0,000$) a TANITA BC-418 MA ($p < 0,001$) (Obrázek 1). Dále byl zjištěn hlavní vliv typu měřicího přístroje na celkové množství tělesného tuku ($F = 6,06$, $p = 0,004$, $df = 2$, $\eta^2 = 0,202$ a $SP = 0,865$). Následné párové srovnání pomocí Bonferroniho korekcí ukazuje, že přístroj TANITA MC-980 MA vykazuje významně vyšší naměřené celkové množství tělesného tuku oproti přístroji InBody 720 ($p < 0,016$) (Obrázek 2). A následně byl zjištěn hlavní vliv typu měřicího přístroje na celkové množství tělesné vody ($F = 15,05$, $p = 0,000$, $df = 2$, $\eta^2 = 0,386$ a $SP = 0,999$). Následné párové srovnání pomocí Bonferroniho korekcí ukazuje, že přístroj TANITA MC-980 MA vykazuje významně nižší naměřené celkové množství tělesné vody oproti přístrojům InBody 720 ($p < 0,000$) a TANITA BC-418 MA ($p < 0,016$). Podobně Bonferroniho korekce ukazuje, že přístroj TANITA BC-418 MA vykazuje významně nižší naměřené množství celkové množství tělesné vody oproti přístroji InBody 720 ($p < 0,040$) (Obrázek 3). Výsledky prezentuje Tabulka 3.

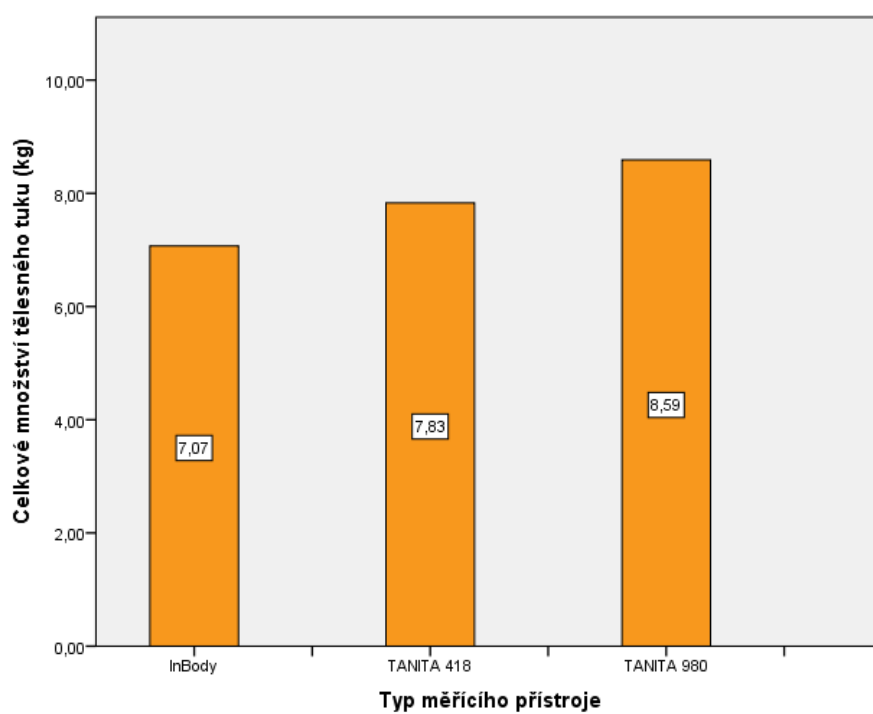
Tabulka 3. Průměry a směrodatné odchylky tělesných hmotností, celkového množství tělesného tuku a celkového množství tělesné vody získaných ze tří typů přístrojů pro analýzu složení těla

		<i>InBody</i>		<i>Tanita 418</i>		<i>Tanita 980</i>	
		M	SD	M	SD	M	SD
Tělesná hmotnost (Kg)		67,61	10,85 ^{ab}	67,52	10,86 ^a	67,25	10,76 ^b
Celkové množství tělesného tuku (kg)		7,07	2,88 ^a	7,83	3,01	8,59	3,38 ^a
Celkové množství tělesné vody (kg)		44,44	8,39 ^{ab}	43,70	8,66 ^{ac}	42,72	8,81 ^{bc}

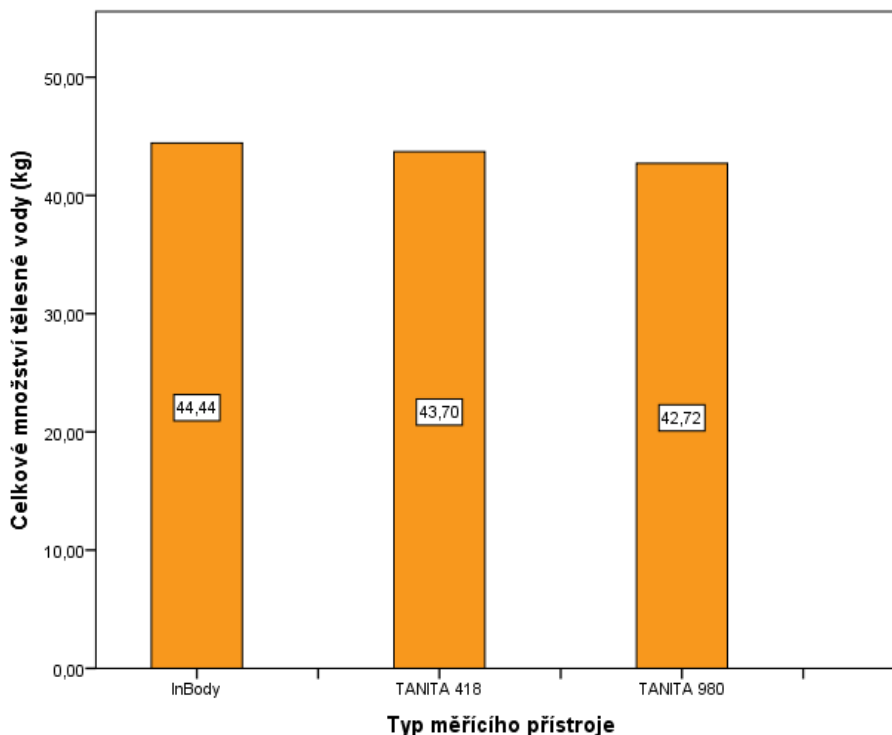
Legenda: Totožné písmeno umístěné vpravo za hodnotou průměru a směrodatné odchylky vyjadřuje statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$)



Obrázek 7. Závislost tělesné hmotnosti na typu měřicího přístroje pro analýzu složení těla metodou bioelektrické impedance (BIA)



Obrázek 8. Závislost celkového množství tělesného tuku na typu měřicího přístroje pro analýzu složení těla metodou bioelektrické impedance (BIA)



Obrázek 9. Závislost celkového množství tělesné vody na typu měřicího přístroje pro analýzu složení těla metodou bioelektrické impedance (BIA)

Vnitrotřídní korelační koeficient (ICC) byl stanoven ze tří opakovaných měření u závisle proměnných tělesné hmotnosti, celkového množství tělesného tuku a celkového množství tělesné vody u tří typů měřicích přístrojů analyzující složení těla (InBody 720, Tanita BC-418 MA, Tanita MC-980 MA). Průměrná hodnota ICC u tělesné hmotnosti byla 1,000. Průměrná hodnota ICC u celkového množství tělesného tuku byla 0,753 a nabývala hodnot v intervalu 0,688 až 0,787. Průměrná hodnota ICC u celkového množství tělesné vody byla 0,975 a nabývala hodnot v intervalu 0,955 až 0,987.

Typická chyba měření (TE) byla stanovena ze tří opakovaných měření u závisle proměnných tělesné hmotnosti, celkového množství tělesného tuku a celkového množství tělesné vody u tří typů měřicích přístrojů analyzující složení těla (InBody 720, Tanita BC-418 MA, Tanita MC-980 MA). Průměrná hodnota TE u tělesné hmotnosti byla 0,18 kg a nabývala hodnot v intervalu 0,14 kg až 0,23 kg.. Průměrná hodnota TE u celkového množství tělesného tuku byla 1,53 kg a nabývala hodnot v intervalu 1,36 kg

až 1,76 kg. Průměrná hodnota TE u celkového množství tělesné vody byla 1,10 kg a nabývala hodnot v intervalu 0,98 kg až 1,21. Hodnoty ICC a TE prezentuje Tabulka 4.

Tabulka 4. Typická chyba měření (TE) a vnitrotřídní korelační koeficient (ICC) mezi třemi typy přístrojů pro analýzu složení těla

	<i>InBody-Tanita 418</i>	<i>Tanita 418-980</i>	<i>InBody-Tanita 980</i>
Tělesná hmotnost			
ICC	1,000	1,000	1,000
TE (kg)	0,14	0,23	0,19
Celkové množství tělesného tuku			
ICC	0,787	0,786	0,688
TE (kg)	1,36	1,48	1,76
Celkové množství tělesné vody (kg)			
ICC	0,987	0,984	0,955
TE (kg)	0,98	1,12	1,21

Legenda: ($p < 0,05$)

6 DISKUZE

Cílem práce bylo stanovit objektivitu měření vybraných parametrů složení těla u tří typů přístrojů pro analýzu složení těla založených na metodě bioelektrické impedance (BIA). Pro stanovení objektivit byly zvoleny přístroje InBody 720 (Biospace), Tanita BC-418 MA (TanitaCorporation Japan) a Tanita MC-980 MA (TanitaCorporation Japan), které se běžně využívají pro analýzu složení těla v lékařství a sportovní praxi (Pluijm et al., 2001; Parikh et al. 2004; Bultink et al., 2005). Ve sportu jsou výsledky těchto měření využívány pro hodnocení morfologických predispozic pro konkrétní sportovní disciplínu, při pravidelném opakovaném měření analýzy složení těla je možno hodnotit progres v tréninkovém procesu (Roelants et al., 2004; Rahimi, 2006). Tyto přístroje jsou nenáročné na přípravu a proceduru měření a poskytují okamžité výsledky aplikovatelné do praxe. Spolehlivost měření analýzy těla metodou bioelektrické impedance je čteně diskutovaný problém. Méně často diskutovaný problém představuje hodnocení objektivit měření analýzy složení těla.

Pro stanovení objektivit měření byly vybrány závislé proměnné, které hrají klíčovou roli při analýze (tělesná hmotnost, celkové množství tělesného tuku, celkové množství tělesné vody). Celkové množství tělesného tuku je nejčastěji monitorovaná tělesná frakce. Ve sportovní praxi je považována změna celkového množství tělesného tuku o 1% za změnu signifikantní (Bunc, 2006).

Pro splnění cíle práce bylo nutné ověřit normalitu rozložení experimentálních dat. Pro ověření normality rozložení experimentálních dat byl použit test Shapiro-Wilk. Normalita rozložení experimentálních dat u všech sledovaných závislých proměnných (tělesná hmotnost, celkové množství tělesného tuku, celkové množství tělesné vody) získané ze tří typu měřících přístrojů (InBody 720, Tanita bc-418 ma a Tanita MC-980 MA) byla potvrzena ve všech případech na hladině významnosti 5%. Potvrzení normality rozložení experimentálních dat představuje nutnou podmínku pro aplikaci následných statistických postupů. Vzhledem k potvrzené normalitě rozložení experimentálních dat můžeme použít následné statistické postupy uvedené v kapitole metodika.

První problém, na který jsme hledali odpověď, byl zaměřen na srovnání průměrných hodnot sledovaných závisle proměnných získaných ze tří typů měřících přístrojů pro analýzu složení těla metodou bioelektrické impedance. Zajímalo nás, zda došlo

k statisticky významnému rozdílu v posunu hodnot u konkrétní závislé proměnné získané ze tří typů měřících přístrojů pro analýzu složení těla.

Byl zjištěn hlavní vliv typu měřícího přístroje pro analýzu složení těla na závisle proměnnou tělesná hmotnost. Byl zjištěn signifikantní rozdíl mezi Tanitou MC-980 MA a Tanitou BC-418 MA i přístojem InBody 720. Na přístroji Tanita MC-980 MA byla naměřena mnohem nižší tělesná hmotnost (oproti přístrojům Tanita BC-418 MA a InBody 720). Tělesná hmotnost představuje jednu ze základních proměnných, která je využívána pro následné výpočty pomocí regresních rovnic. Bohužel výrobci nejsou ochotni poskytnout regresní rovnice. Statistický významný rozdíl v tělesné hmotnosti může být zdrojem systematické chyby měření. Cohen (1988) dělí chyby měření na systematické a náhodné.

Byl zjištěn hlavní vliv typu měřícího přístroje pro analýzu složení těla na závisle proměnnou celkové množství tělesného tuku. Byl zjištěn signifikantní rozdíl mezi Tanitou MC-980 MA a přístojem InBody 720. Přístroj Tanita MC-980 MA poskytoval hodnoty celkového množství tělesného tuku o 1,52 kg vyšší než přístroj InBody 720. Ukázalo se, že není významný rozdíl mezi přístroji Tanita BC-418 MA a Tanita MC-980 MA. Je dobře, že přístroje pro analýzu složení těla od stejného výrobce poskytují podobné výsledky, které nejsou signifikantně rozdílné. Pravděpodobně obsahuje software těchto přístrojů stejné regresní rovnice.

Rovněž byl zjištěn vliv typu měřícího přístroje pro analýzu složení těla na závisle proměnnou celkové množství tělesné vody. Byl zjištěn signifikantní rozdíl mezi Tanitou MC-980 MA a Tanitou BC-418 MA i přístojem InBody 720. A následně byl zjištěn signifikantní rozdíl mezi přístroji InBody 720 a Tanitou BC-418 MA. Nejnížší hodnoty celkového množství tělesné vody poskytoval přístroj Tanita MC-980 MA, naopak nejvyšší hodnoty celkového množství tělesné vody poskytoval přístroj InBody 720.

Následným krokem vedoucím ke splnění cíle práce bylo stanovení typické chyby měření (TE) a vnitrotřídního korelačního koeficientu (ICC) vyjadřující vzájemnou přesnost měření mezi jednotlivými měřícími přístroji založených na metodě bioelektrické impedance. Nejnížší hodnoty TE vyjádřené v kilogramech byly zjištěny u závislé proměnné tělesná hmotnost. Průměrná TE byla 0,18 kg. Tato průměrná hodnota TE zjištěna mezi třemi typy přístrojů pro analýzu těla koresponduje s hodnotami přesnosti měření uváděné ve studii (Chin, Kiew & Girandola, 2006). Největší TE byla zaznamenána mezi Tanitou BC-418 MA a Tanitou MC-980 MA 0,23

kg oproti tomu nejmenší TE byla zaznamenána mezi přístrojem InBody 720 a Tanita BC-418 MA 0,14kg. Hodnoty ICC rovněž predikují u této proměnné vysokou objektivitu tří přístrojů pro analýzu složení těla.

Naopak nejvyšší průměrná hodnota TE byla zaznamenána u závislé proměnné celkové množství tělesného tuku 1,53 kg. Námi zjištěná hodnota TE značně převyšuje hodnotu TE uváděnou ve studiích (Jesensky-Squires et al., 2008; Vicente-Rodriguez et al., 2012). Nejvyšší hodnota TE 1,76 kg byla zjištěna mezi přístrojem InBody 720 a Tanita MC-980 MA, následně 1,48 kg mezi přístroji Tanita BC-418 MA a Tanita MC-980 MA a 1,36 kg mezi přístroji InBody 720 a Tanita BC-418 MA. Poměrně nízkou objektivitu měření celkového tělesného tuku dokládají relativně nízké hodnoty ICC. Nejnižší hodnota ICC 0,688 byla zjištěna mezi přístroji InBody 720 a Tanita MC-980 MA. Takováto hodnota ICC není považována za dostatečně spolehlivou (Nunnally & Bernstein, 1994). Námi hodnocené přístroje pro analýzu složení těla založené na metodě bioelektrické impedance vykazují velkou TE a nízký ICC u klíčového parametru složení těla. Toto může být způsobeno rozdílným softwarem přístrojů a rozdílnými regresními rovnicemi pro výpočet celkového množství tělesného tuku.

U závislé proměnné celkové množství tělesné vody byla průměrná TE 1,1kg. Nejvyšší hodnota TE 1,21kg byla zaznamenána mezi přístroji InBody 720 a Tanita MC-980 MA naopak nejnižší TE 0,98kg byla zaznamenána mezi přístroji InBody 720 a Tanita BC-418 MA. Vysokou objektivitu měření u všech tří typů měřících přístrojů dokládá vysoká průměrná hodnota ICC 0,975.

Limitace práce

Výsledky práce mohou být ovlivněny výběrem a rozsahem výběrového souboru, který může být homogenní a tím nereprezentativní. Dále neznáme kauzativní mechanismy výpočtu závisle proměnných u jednotlivých přístrojů, které mohou způsobovat systematické chyby.

7 ZÁVĚR

Stanovenou hypotézu musíme vyvrátit, ze získaných výsledků byly zjištěny signifikantní rozdíly mezi jednotlivými přístroji pro analýzu složení těla založených na metodě bioelektrické impedance. Největší rozdíly ve všech sledovaných závisle proměnných byly nalezeny mezi přístroji InBody 720 a Tanita MC-980 MA. Přístroj InBody 720 nadhodnocuje oproti přístroji Tanita MC-980 MA tělesnou hmotnost a celkové množství tělesné vody a naopak přístroj InBody 720 podhodnocuje celkové množství tělesného tuku oproti přístroji Tanita MC-980 MA. Hodnoty všech sledovaných závisle proměnných (tělesná hmotnost, celkové množství tělesného tuku a celkové množství tělesné vody) zjištěné pomocí přístroje Tanita BC-418 MA se nacházejí mezi hodnotami získaných z přístrojů InBody 720 a Tanita MC-980 MA.

8 SOUHRN

V dnešní době je na trhu dostupná celá řada měřících přístrojů pro analýzu složení těla založených na metodě bioelektrické impedance (BIA). Výhodou těchto měřících přístrojů je nenáročnost přípravy a následné procedury měření a rychlost dostupnosti výsledků, které jsou k dispozici bezprostředně po měření. Praxe však poukazuje na sníženou přesnost měření u různých typů měřících přístrojů pro analýzu složení těla založených na metodě (BIA).

Smyslem práce je ověřit objektivitu měření vyjádřenou typickou chybou (TE) v konkrétních jednotkách u vybraných závisle proměnných (tělesná hmotnost, celkové množství tělesného tuku a celkové množství tělesné vody) mezi různými typy měřících přístrojů pro analýzu složení těla.

Výběrový soubor tvořilo 25 juniorských judistů. Výběrový soubor se skládal ze 17 mužů (věk $17,7 \pm 0,9$; tělesná výška $175,6 \pm 7,7$ cm; tělesná hmotnost $72,4 \pm 9,1$ kg) a 8 žen (věk $17,1 \pm 1,4$; tělesná výška $163,4 \pm 6,3$ cm; tělesná hmotnost $57,4 \pm 4,7$ kg). Jednofaktorová analýza rozptylu-ANOVA pro opakovaná měření (faktor: typ měřícího přístroje) byla použita pro srovnání tělesné hmotnosti, celkového množství tělesného tuku a celkového množství tělesné vody. Objektivita měření použitých přístrojů byla posuzována pomocí vnitrotřídního korelačního koeficientu (ICC) a typické chyby měření (TE) (Hopkins, 2000).

Průměrná hodnota ICC u tělesné hmotnosti byla 1,000. Průměrná hodnota ICC u celkového množství tělesného tuku byla 0,753 a nabývala hodnot v intervalu 0,688 až 0,787. Průměrná hodnota ICC u celkového množství tělesné vody byla 0,975 a nabývala hodnot v intervalu 0,955 až 0,987. Průměrná hodnota TE u tělesné hmotnosti byla 0,18 kg a nabývala hodnot v intervalu 0,14 kg až 0,23 kg. Průměrná hodnota TE u celkového množství tělesného tuku byla 1,53 kg a nabývala hodnot v intervalu 1,36 kg až 1,76 kg. Průměrná hodnota TE u celkového množství tělesné vody byla 1,10 kg a nabývala hodnot v intervalu 0,98 kg až 1,21.

Přístroj InBody 720 nadhodnocuje oproti přístroji Tanita MC-980 MA tělesnou hmotnost a celkové množství tělesné vody a naopak přístroj InBody 720 podhodnocuje celkové množství tělesného tuku oproti přístroji Tanita MC-980 MA. Hodnoty všech sledovaných závisle proměnných zjištěné pomocí přístroje Tanita BC-418 MA se nacházejí mezi hodnotami získaných z přístrojů InBody 720 a Tanita MC-980 MA.

9 SUMMARY

There are a lot of devices on the market these days, which are measuring body composition elements using bioelectric impedance method (BIA). The advantage of these devices is easy preparation and procedure of measuring and the speed of results availability which are available immediately after measurements. However, the reality shows the fact that different types of devices are bringing different results.

The aim of this thesis is to verify the objectivity of measurements expressed by typical measurement error in specific units of chosen dependent variables (the body weight, total amount of the body fat and total amount of the body water) at different types of devices for measuring analysis of body composition.

The sample consisted of 25 junior judists. The sample consisted of 17 men (the age of $17,7 \pm 0,9$; body height $175,6 \pm 7,7$ cm; body weight $72,4 \pm 9,1$) and 8 women (the age of $17,1 \pm 1,4$; body height $163,4 \pm 6,3$ cm; body weight $57,4 \pm 4,7$). The single-factor analysis of variance – ANOVA for repeated measurements (factor: type of measuring device) was used for comparing body weight, total amount of body fat and body water. The objectivity of device measurements was considered by intraclass correlation coefficient (ICC) and typical measurement error (TE) (Hopkins, 2000).

The average value of ICC in the body weight was 1,000. The average value of ICC in the total body fat was 0,753 and acquired values in the range 0,688 to 0,787. The average value of ICC in the total amount of the body water was 0,975 and acquired values in the range 0,955 to 0,987. The average value of TE in the body weight was 0,18 kg and acquired values in the range 0,14 kg to 0,23 kg. The average value of TE in the total body fat was 1,53 kg and acquired values in the range 1,36 kg to 1,76 kg. The average value of TE in the total body water was 1,1 kg and acquired values in the range,98 kg to 1,21 kg.

The device InBody 720 overestimates the body weight and total amount of the body water in comparison with Tanita MC-980 MA. On the contrary the device InBody 720 underestimates the total amount of body fat in comparison with the device Tanita MA-980 MA. The values of all monitored dependent variables identified by the device Tanita BC-418 MA are located between the values gained by the devices InBody 720 and Tanita MC-980 MA.

10 REFERENČNÍ SEZNAM

Biospace, 2013 Retrieved 19. 4. 2013 from the World Wide Web:

<http://www.biospace.cz/soubory/katalogy-cz/inbody720-cz-katalog.pdf>

Bláha, P. et al. (1986). *Antropometrie československé populace od 6 do 55 let*. Praha: Ústřední štáb Československé spartakiády.

Bultink, I. E. M., Lems, W. F., Kostense, P. J., et al. (2005). Prevalance of and risk factors for low bone mineral density and vertebral factures in patients with systemic lupus erythematosus. *Arthritis Rheumatism*, 52, 2044-50.

Bunc, V. (2006). Body composition as a determining factor in the aerobic fitness and physical performance of czech childrens. *Acta Gymnica*, 36, 39-45.

Cohen, J. (1962). The statistical power of abnormal-social psychological research: a review. *Journal of Abnormal Social Psychology*, 63, 145-153.

Cohen, J. (1973). Eta-Squared and Partial Eta-Squared in Fixed Factor Anova Desings. *Educational and Psychological Measurement*, 33, 107-112.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioural sciences*. Hillsdale: Erlbaum.

Heyward, V. H., & Wagner, D. L. (2004). *Applied body composition assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Hopkins, W. G. (2000). Measures of Reliability in Sports Medicine and Science. *Sports Medicine*, 30(1), 1-15.

Chin, M. K., Kiew, O. F., & Girandola, R. N. (2006). Comparison of Body Fat Measurement by BodPod, Skinfolts, and Three Bioelectrical Impedance Analysis Techniques in Chinese College Student. *International Journal of Physical Education*, 43, 77-85.

InBody, 2013 Retrieved 19. 4. 2013 from the World Wide Web:

<http://www.inbody.cz/inbody720.php>

Jesensky-Squire, N. E., Dieli-Conwright, C. H. M., Rossuello, A. et al. (2008). Validity and reliability of body composition analysers in children and adults. *British Journalof Nutrition*, 100, 859-65.

Kutáč, P. (2009). *Základy kinantropometrie (pro studující obor Tv a sport)*. Ostrava: Ostravská Univerzita. Pedagogická fakulta.

- Kutáč, P., Přidalová, M., & Riegerová, J. (2008). Somatic characteristics of present male and female university students of physical education at various types of universities in the Czech Republic. *Slovenská. Antropologia, 1*, 46-56.
- Kutáč, P., Gajda, V., Přidalová, M., & Šmajstrla, V. (2008). Validity of measuring body composition by means of the BIA Metod. *New Medicine, 4*, 89-93.
- Lékařské váhy, 2013 Retrieved 19. 4. 2013 from the World Wide Web:
<http://www.lekarske-vahy.cz/produkty/vahy-s-telesnou-analyzou/tanita-mc-980.htm>
- Marček, T., Dzurenková, D., Bohuš, B., Gulán, L., Hájková, M., Hostýn, V., Meško, D., & Novotná, E. (2007). *Telovýchovné lékařstvo*. Bratislava: Vydavateľstvo Univerzity Komenského.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2007). *Excercise Physiology: Energy, Nutrition and Human Performance*. USA: Lippincott Williams & Wilkins.
- Nunnally, J. C., & Bernstein, I. H. (1994). *Psychometric Theory*. New York: McGraw-Hill.
- Parikh, S. J., Edelman M., Uwifo G. I., et al. (2004). The relationship between obesity and serum 1,25-dihydroxyvitamin D concentrations in healthy adults. *Journal Clinical Endocrinology, 89*, 1196-9.
- Pluijm, S. M. F., Visse, M., Smit J. H., et al. (2001). Determinants of bone mineral density in older men and women: body composition as mediator. *Journal Bone Minerl Research, 16*, 2142-51.
- Rahimi, R. (2006). Effect of moderate and high intensity weight training on the body composition of overweight men. *Facta Universitatis: Series Physycal Education & Sport, 4*, 93-101.
- Riegerová, J., Přidalová, M., & Ulbrichová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu*. Olomouc: Hanex.
- Roelants, M., Decluse, C., Goris, M., et al. (2004). Effects of 24 Weeks of Whole Body Vibration Training on Body Composition and Muscle Strnegth in Untrained Females. *International Journal of Sports Medicine, 25*, 1-5.
- Tanita, 2013 Retrieved 19. 4. 2013 from the World Wide Web:
<http://www.tanita.eu/products/catagory/detail//73-bc-418-ma-segmental-body-composition-analyser-with-integral-printer.html>

Thomas, J.R., Nelson, J. K., & Silverman, S.J. (2005). *Research methods in physical activity*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Vdoleček, F., Palenčár, R., & Halaj, M. (2001). Nejistoty v měření I: vyjadřování nejistot. *Automa*, 7, 50-54.

Vdoleček, F., Palenčár, R., & Halaj, M. (2002). Nejistoty v měření IV: nejistoty při kalibraci a ověřování. *Automa*, 4, 41-47.

Vicente-Rodríguez, G., Rey-López, J. P., Mesana, M. I. et al. (2012). Reliability and Intermethod Agreement for Body Fat Assessment Among Two Field and Two Laboratory Methods in Adolescents. *Journal of Obesity*, 20, 221-8.