



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta přírodovědně-humanitní
a pedagogická



BIOELEKTRICKÁ IMPEDANCE - ANALÝZA A INTERPRETACE ZÍSKANÝCH DAT

Bakalářská práce

Studijní program: B6208 – Ekonomika a management

Studijní obor: 6208R048 – Management sportovní

Autor práce: **Prokop Ferdan**

Vedoucí práce: PhDr. Iva Šeflová, Ph.D.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Prokop Ferdan**
Osobní číslo: **P11000975**
Studijní program: **B6208 Ekonomika a management**
Studijní obor: **Management sportovní**
Název tématu: **Bioelektrická impedance - analýza a interpretace získaných dat**
Zadávající katedra: **Katedra tělesné výchovy**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Bakalářská práce se zabývá vyhodnocováním a interpretací proměnných získaných měření tělesného složení metodou bioelektrické impedance na přístroji BIA 2000. V první části se zaměřuje na teoretické poznatky problematiky tělesného složení a bioelektrické impedance. V druhé části se věnuje změření tělesného složení zástupců různých věkových kategorií (děti, mládež, nesportující dospělí, výkonnostní sportovci, osoby nad 60 let) a vyhodnocením naměřených dat pomocí různých predikčních rovnic.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

DÖRHNÖFER, R., 2005. The BIA kompendium [online]. Darmstadt. Dostupné z: http://www.data-input.de/_site/_data/pdf_english/komp_e_all.pdf

HAINER, V., 2004. Základy klinické obezitologie. 1. vyd. Praha: Grada. ISBN 80-247-0233-9.

HEYMSFIELD, S., 2005. Human body composition. 2. vyd. Champaign: Human Kinetics. ISBN 978-0-7360-4655-8.

LANGMEIER, M., 2009. Základy lékařské fyziologie. 1. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-802-4725-260.

RIEGEROVÁ, J., 2006. Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu: (příručka funkční antropologie). 3. vyd. Olomouc: Hanex. ISBN 80-85783-52-5.

Vedoucí bakalářské práce:

PhDr. Iva Šeflová, Ph.D.

Katedra tělesné výchovy

Datum zadání bakalářské práce: **26. dubna 2013**

Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2014**



doc. RNDr. Miroslav Brzezina, CSc.

děkan

L.S.



PaedDr. Jindřich Martinec

vedoucí katedry

V Liberci dne 6. května 2013

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucí své práce paní PhDr. Ivě Šeflové, Ph.D. za pomoc a rady při jejím vypracování.

ANOTACE

Cílem bakalářské práce je vyhodnocení dat získaných měřeními na přístroji BIA 2000. První část práce se zabývá teoretickými poznatky ohledně tělesného složení a metod jeho měření. Blíže se seznámíme s metodou bioelektrické impedance. V druhé části vyhodnocujeme naměřená data, porovnáváme je s normálovými hodnotami a sledujeme rozdíly mezi jednotlivými věkovými skupinami (děti, mládež, nesportující dospělí, výkonnostní sportovci, osoby nad 60 let). Vyhodnocovanými parametry jsou celková tělesná voda, tukuprostá hmota, tělesný tuk, extracelulární hmota, celková buněčná hmota, ECM/BCM index a fázový úhel.

Klíčová slova: Tělesné složení, bioelektrická impedance, vyhodnocení dat, tělesný tuk, tukuprostá hmota

ANNOTATION

The objective of this thesis is evaluation of gained data measured with BIA 2000 device. First part of thesis shows theoretical knowledge regarding body composition and its measurement. We will also look closely on bioelectrical impedance method. In the second part we evaluate measured data, compare them with normal values and we monitor differences between individual age groups (children, youth, physically inactive adults, performance athletes, persons older than 60 years). Evaluated parameters are total body water, fat-free mass, body fat, extracellular mass, body cell mass, ECM/BCM index and phase angle.

Key words: Body composition, bioelectrical impedance, data evaluation, body fat, fat-free mas

OBSAH

Seznam tabulek	11
Seznam použitých zkratk	12
Úvod.....	14
1. Cíle práce	15
2. Složení těla.....	16
2.1. Modely složení těla	16
2.1.1. Chemický model	16
2.1.2. Anatomický model.....	16
2.1.3. Čtyř a tříkomponentový model	16
2.1.4. Dvoukomponentový model.....	17
2.1.5. Pětiúrovňový model	17
3. Metody odhadu složení těla	20
3.1. Laboratorní metody	20
3.1.1. Radiografie.....	20
3.1.2. Hydrostatické vážení.....	20
3.1.3. DEXA (duální rentgenová absorpciometrie)	21
3.1.4. Izotopy vodíku	21
3.2. Terénní metody	22
3.2.1. Kaliperace	22
3.2.2. Bioelektrická impedance.....	23
3.3. Pomocné indexy	24
3.3.1. Body mass index (BMI).....	24
3.3.2. WHR Index	24

3.3.3.	Rohrerův index (RI).....	25
4.	BIA.....	26
4.1.	Druhy BIA.....	26
4.1.1.	Monofrekvenční BIA.....	26
4.1.2.	Multifrekvenční BIA.....	26
4.1.3.	Rozdělení podle počtu a umístění elektrod.....	26
4.2.	Principy měření	26
4.3.	Proměnné a jejich výpočty	27
4.3.1.	Naměřené proměnné	27
4.3.2.	Vypočítané proměnné	30
4.4.	Metodika měření	33
4.4.1.	Provádění měření	33
4.4.2.	Chyby měření.....	34
4.5.	Predikční rovnice	35
4.5.1.	Rovnice pro děti a mládež	36
4.5.2.	Rovnice pro zdravé dospělé.....	37
5.	Normálové hodnoty pro věkové kategorie při měření BIA	38
5.1.	Normálové hodnoty pro děti (3-10 let)	38
5.2.	Normálové hodnoty pro mládež (11-17 let).....	38
5.3.	Normálové hodnoty pro dospělé	39
5.4.	Normálové hodnoty pro osoby starší 60 let	39
6.	Výzkumná část.....	40
6.1.	Charakteristika souboru	40
6.2.	Metodika měření	40

6.2.1.	Charakteristika přístroje.....	40
6.2.2.	Statistické zpracování dat	40
6.3.	Výsledky a diskuze	41
6.3.1.	Děti.....	41
6.3.2.	Mládež	43
6.3.3.	Sportující dospělí	44
6.3.4.	Nesportující dospělí	46
6.3.5.	Osoby nad 60 let	48
6.3.6.	Porovnání kategorií.....	49
6.4.	Závěry výzkumné části	52
	Závěry	54
	Seznam použitých zdrojů.....	56

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Vyhodnocování a rozdělení fázových úhlů (Dörhöfer, Pirlich 2005)

Tabulka 2: Příklady rovnic pro stanovení tělesného složení u dětí a mládeže (Dörhöfer, Pirlich 2005; Bunc 1999)

Tabulka 3: Příklady rovnic pro stanovení tělesného složení u dospělých (Kyle 2004; Bunc 1999)

Tabulka 4: Průměrné hodnoty vybraných komponent u dětí (Dörhöfer, Pirlich 2005)

Tabulka 5: Průměrné hodnoty vybraných komponent u mládeže (Dörhöfer, Pirlich 2005)

Tabulka 6: Průměrné hodnoty vybraných komponent u dospělých (Dörhöfer, Pirlich 2005)

Tabulka 7: Průměrné hodnoty vybraných komponent u osob starších 60 let (Dörhöfer, Pirlich 2005)

Tabulka 8: Naměřené hodnoty vybraných komponent u dětí

Tabulka 9: Naměřené hodnoty vybraných komponent u mládeže

Tabulka 10: Naměřené hodnoty vybraných komponent u sportujících dospělých

Tabulka 11: Naměřené hodnoty vybraných komponent u nespportujících dospělých

Tabulka 12: Naměřené hodnoty vybraných komponent u osob nad 60 let

Tabulka 13: Hodnoty TBW v poměru k tělesné hmotnosti

Tabulka 14: Hodnoty LBM v poměru k celkové tělesné hmotnosti

Tabulka 15: Hodnoty BF v poměru k tělesné hmotnosti

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

α – fázový úhel

A – průřez válce

ATH – aktivní tělesná hmota

BCM – celková tělesná hmota

BF – tělesný tuk

BIA – bioelektrická impedanční analýza

BM – tělesná hmota

BMI – body mass index

BV – objem těla

D_b – denzita těla

D_w – denzita vody

DEXA – duální rentgenová absorpciometrie

ECM – extracelulární buněčná hmota

ECW – extracelulární voda

ICW – intracelulární voda

L – délka válce

LBM – tukuprostá hmota

M. – hmotnost těla

R – rezistence

R_v – residuální objem

RI – rohrerův index

Sta – výška těla

TBW – celková tělesná hmota

V – objem

W_a – hmotnost ve vzduchu

W_w – hmotnost pod vodou

X_c - reaktance

Z – impedance

ÚVOD

Bakalářská práce se zabývá problematikou měření tělesného složení metodou bioelektrické impedance a následným vyhodnocením výsledných dat. Tuto práci jsem si vybral, protože jsem aktivní sportovec a zajímá mě vyhodnocování tělesného složení především ve vztahu ke sportovní aktivitě a výživě sportovce.

Metoda bioelektrické impedance dnes patří mezi nejpoužívanější metody určení tělesného složení. Vyniká především díky tomu, že je relativně levná a rychlá. Použít se dá jak v laboratorních podmínkách, tak i v terénu.

Bakalářská práce je rozdělena na dvě části. V první části se věnujeme teoretickým poznatkům ohledně tělesného složení, jeho modelům a metodám jeho měření. Dále se v teoretické části věnujeme bioelektrické impedanční analýze, kde vysvětlujeme základní principy, dozvídáme se informace o měřených parametrech, metodice měření a dalším. V druhé části se věnujeme vyhodnocení naměřených dat u 50 vybraných pacientů rozdělených do pěti věkových kategorií po deseti členech. Věkovými kategoriemi jsou děti, mládež, nesportující dospělí, sportující dospělí a osoby nad 60 let. Výsledky měření těchto kategorií porovnáváme s normálovými hodnotami pro tyto věkové kategorie.

1. CÍLE PRÁCE

Hlavním cílem práce je vyhodnocení naměřených výsledků tělesného složení u zástupců jednotlivých kategorií (děti, mládež, nesportující dospělí, výkonnostní sportovci, osoby nad 60 let).

Mezi dílčí cíle patří:

1. Vysvětlení modelů tělesného složení a metod měření tělesného složení
2. Vysvětlení principů bioelektrické impedance.
3. Vyhodnocení naměřených dat.

2. SLOŽENÍ TĚLA

2.1. Modely složení těla

Původně se při vytváření metod odhadu tělesného složení vycházelo pouze ze dvou základních modelů a to anatomického a chemického. Postupem času s příchodem nových technologií došlo k rozšíření o další modely, které zahrnovaly větší množství měřených parametrů. Nejčastěji jsou využívány modely dvou, tří a čtyřkomponentové (Přidalová 2014).

2.1.1. Chemický model

Chemický model složení těla se zabývá především otázkou energetických zdrojů. Do tohoto modelu patří cukry, mezi ně patří například glykogen, který se vyskytuje prakticky v každé buňce. Druhou složkou jsou tuky, největší podíl tvoří tuk depotní, který slouží jako zásobárna energie. Bílkoviny jsou základní stavební jednotkou organismu, mimo jiné se starají o stavbu svalů a orgánů. Minerály se starají o velké množství biochemických procesů, jako je výstavba tělních tkání, regulace látkové výměny a vedení nervových vzruchů. Poslední složkou tohoto modelu je voda, která slouží především k transportu. Tvoří přibližně 60% hmotnosti těla, z toho je 55% intracelulární a 45% extracelulární (Riegrová, Ulbrichová 1993).

2.1.2. Anatomický model

Anatomický model složení těla se zabývá vlastním složením těla. Do toho patří svaly, které tvoří 45% hmotnosti těla. Dále pak kosti, orgány, tuková tkáň a ostatní tkáně (Riegrová, Ulbrichová 1993).

2.1.3. Čtyř a tříkomponentový model

Z předchozích dvou modelů byl odvozen model čtyřkomponentový, u kterého se složení těla skládá z extracelulární tekutiny, tuku, buněk a minerálů. Druhý z modelů je tříkomponentový a skládá se z tuku, vody a sušiny (bílkoviny +

minerály), ale byl zjednodušen na tuk, svaly a kostní tkáň. (Riegrová, Ulbrichová 1993).

2.1.4. Dvoukomponentový model

Kvůli problémům s měřením těchto komponent byly tyto systémy zjednodušeny na dvoukomponentový, kde se tělo rozděluje na tuk a tukuprostou hmotu. V praxi je ovšem používán výraz aktivní tělesná hmota. Základním principem při měření v tomto systému je rozdíl hustoty obou komponent. Zatímco aktivní tělesná hmota má hustotu 1,1 g/cm³, tuková tkáň má hustotu 0,9 g/cm³ (Riegrová, Ulbrichová 1993).

2.1.5. Pětiúrovňový model

„Pětiúrovňový model poskytuje strukturální rámec pro studium složení lidského těla, který přesahuje úroveň jednotlivých stupňů, ale zároveň umožňuje posouzení lidského těla jako celku“ (Wang, Pierson, Heymsfield 1992, s. 25).

Tento model vznikl na základě potřeby organizace rozvíjejících se metodik a fyziologických konceptů týkajících se složení těla. Měl by být základem pro budoucí studie, které vylepší nebo rozšíří současné rovnice a definice. Pětiúrovňový model se skládá z atomické, molekulární, buněčné, tkáňově-systémové a celotělové úrovně, u kterých postupně roste jejich složitost (Wang, Pierson, Heymsfield 1992).

Atomická úroveň

Základní stavební jednotky lidského těla jsou atomy neboli prvky. V lidském těle se nachází přibližně 50 prvků, z toho 98% tělesné hmotnosti tvoří kyslík, uhlík, vodík, dusík, vápník a fosfor. Zbývá 2% hmotnosti tvoří dalších 44 prvků (Wang, Pierson, Heymsfield 1992).

Molekulární úroveň

Lidské tělo je tvořeno z více jak 100 000 sloučenin vycházejících z jedenácti hlavních prvků. Mezi ty nejdůležitější patří voda, která je nejčastější sloučeninou a tvoří přibližně 60% hmotnosti těla. Další důležitou sloučeninou jsou bílkoviny,

kteře zahrnují skoro vše obsahující dusík od jednoduchých aminokyselin po komplexní nukleoproteiny. Glykogen patří k hlavním zdrojům energie, najdeme ho v cytoplasmě většiny buněk. Minerály jsou anorganické sloučeniny tvořené kovovými prvky jako vápník, sodík a draslík a také nekovovými prvky např. kyslík, fosfor a chlor. Minerály se nachází především v kostech a zubech. Poslední z pěti hlavních sloučenin jsou lipidy. Ty se dělí na esenciální, kterých je v těle přibližně 10% a neesenciální, kterých je 90% (Wang, Pierson, Heymsfield 1992).

Buněčná úroveň

Na této úrovni se zabýváme složením molekul do buněk, které pak vytvářejí živé organismy. Třemi hlavními složkami této úrovně jsou buňky, extracelulární tekutiny a extracelulární pevné látky. Buňky vykazují základní charakteristiky života jako metabolismus, rozmnožování a růst. I když jsou si buňky v mnohém podobné, jsou mezi nimi velké rozdíly ve velikosti, tvaru, složení a funkci. Rozdělujeme je na čtyři hlavní skupiny: spojovací, epitelové, nervové a svalové. Extracelulární tekutiny jsou takové tekutiny, které obklopují buňky, slouží jako médium pro výměnu plynů, přenos živin a vylučování koncových produktů metabolismu. Extracelulární pevné látky se dělí do dvou skupin. Organické pevné látky zahrnují tři typy vláken: kolagenní, retikulární a elastická. Anorganické pevné látky zahrnují vápník, fosfor, kyslík hořčík, sodík a další (Wang, Pierson, Heymsfield 1992).

Tkáňově-systémová úroveň

Na tkáňově-systémové úrovni sledujeme, jak se buňky dále skládají do tkání, orgánů a systémů. Tkáně jsou tvořeny z buněk stejného vzhledu, funkce a původu. Tkáně můžeme rozdělit stejně jako buňky na svalové, spojovací, epitelové a nervové. Nejdůležitějšími tkáněmi s ohledem na tělesné složení jsou tkáně kostní, tukové a svalové, které zahrnují přibližně 75% tělesné hmotnosti. Orgány se skládají z dvou nebo více tkání a vytváří velké funkční jednotky jako kůže, ledviny a cévy. Orgány, které na sebe funkcí navazují, se skládají do

systemů. Mezi devět hlavních systémů patří: pohybový, kožní, nervový, oběhový, dýchací, zaživací, vyměšovací, reprodukční a endokrinní (Wang, Pierson, Heymsfield 1992).

Celotělová úroveň

Lidské tělo se na předchozích čtyřech úrovních velice podobá tělům primátů. V celotělovém modelu se ovšem díky svým charakteristikám odděluje od všech ostatních primátů. Tento model vychází z antropometrických měření a jeho výsledky pak popisují výšku, hmotnost, hmotnostně-výškové indexy, délkové, šířkové, obvodové rozměry, kožní řasy, objem těla a denzitu těla (Wang, Pierson, Heymsfield 1992).

3. METODY ODHADU SLOŽENÍ TĚLA

Metody měření tělesného složení se rozdělují na laboratorní a terénní. Vybrané laboratorní metody se zároveň považují za referenční. Jejich výhodou je vysoká přesnost. Nevýhodou je vysoká náročnost z hlediska technického vybavení, odbornosti obsluhy přístrojů a vysoká cena přístrojů, dále se proband musí dostavit k danému měření do laboratoře a některé metody jsou časově náročné. Nejpoužívanější laboratorní metody jsou hydrostatické vážení a DEXA. Mezi terénní metody patří kaliperace a bioelektrická impedance, jejich výhodou je nízká časová náročnost a možnost testování probanda prakticky kdekoli. Nevýhodou je vyšší chybovost (Přidalová 2014).

3.1. Laboratorní metody

3.1.1. Radiografie

Radiografické metody patří při měření podkožního tuku mezi nejpřesnější. Navíc nabízí možnost proměření průřezu svalu i kosti v daném místě. Využití je však značně omezeno z důvodu rentgenové expozice. Nejmodernější je počítačová tomografie, která ovšem pro svou finanční náročnost neslibuje široké využití (Přidalová 2014).

3.1.2. Hydrostatické vážení

Hydrostatické vážení je metoda denzitometrického měření založená na dvoukomponentovém modelu. Vychází ze tří základních předpokladů. Density obou komponent jsou relativně konstantní u všech jedinců. Úroveň hydratace ATH je relativně konstantní. Poměr kostních minerálů je ve vztahu ke svalovým minerálům konstantní. První předpoklad byl ověřen chemickými analýzami laboratorních zvířat, zatímco dva další předpoklady jsou stále předmětem diskuze (Riegrová, Ulbrichová 1993).

Hydrostatické vážení je založené na principu Archimedova zákona, který říká: „Těleso ponořené do kapaliny je nadlehčováno hydrostatickou vztlakovou silou,

kteřá se rovná tíže kapaliny stejného objemu, jako je objem ponořené části tělesa“. Objem těla se zjišťuje z rozdílu naměřených hmotností ve vodě a na suchu. Při vážení je tělo nadlehčováno vzduchem v plicích, proto se měření provádí v maximálním exspiru. Výsledek se ještě musí upravit o velikost residuálního objemu. Gastrointestinální plyn není obvykle započítáván. Měření se provádí na hydrostatické váze (Heymsfield 2005).

Výpočet:

$$BV = (W_a - W_w) / D_w$$

$$D_b = W_a / [(W_a - W_w) / D_w - (R_v + 0,100)]$$

$$\%BF = (4,570 / D_b - 4,142) * 100$$

3.1.3. DEXA (duální rentgenová absorpciometrie)

Metoda založena na denzitometrii. Touto metodou můžeme měřit tělesné složení celého těla nebo jeho částí. Označována jako „zlatý standard“. Vykazuje nízkou chybu odhadu tuku 3-4%. Využívá slabého duálního rentgenového záření ke stanovené denzity kostní tkáně. Poté se z regresních rovnic dopočítá podíl tukové složky. Měření není možné u dětí, obézních a vysokých jedinců. Nevýhodou této metody je vysoká cena a zatížení rentgenovými paprsky (Heymsfield 2005; Přidalová 2014).

3.1.4. Izotopy vodíku

Stanovení celkové tělesné vody pomocí izotopů vodíku patří mezi hydrometrické metody. Ty vychází z poznatku, že voda není obsažena v rezervním tuku, ale tvoří fixní část tukuprosté hmoty. Výpočet aktivní svalové hmoty z celkové tělesné vody vychází z předpokladu normální hydratace (73%). Z rozdílu hmotnosti a ATH je pak stanoveno množství tuku. Ke stanovení celkové tělesné vody jsou používány izotopy vodíku – tritium a deuterium. Princip této metody závisí na tom, že je testovací substance rozpustná ve všech vodních prostorech během krátké doby, testovací substance dosáhne rychle

rovnováhy, testovací substance není selektivně ukládána, vylučována nebo metabolizována, testovací substance je zaměnitelná s vodou. Deuterium doznalo většího uplatnění především díky rozvoji nových technik jeho stanovení. Tritium je používáno u dětí, těhotných žen a při opakovaném měření v krátké době po sobě (Riegrová, Ulbrichová 1993).

3.2. Terénní metody

3.2.1. Kaliperace

K měření se používá kaliper – kleště, mezi jejichž čelisti stiskneme kožní řasu přibližně 1 cm od kraje. Čelisti by měly být kolmo a řasa natažená tak, aby byly obě kožní vrstvy rovnoběžně. Místa kožních řas jsou definována podle typu měření. Tato metoda závisí na dvou předpokladech, a to že tloušťka podkožní tukové tkáně je v konstantním poměru k celkovému množství tuku, a že místa zvolená pro měření ukazují průměrnou tloušťku podkožní tukové vrstvy. Tyto předpoklady však nebyly potvrzeny, vzhledem k nedostatku informací o distribuci tuku v různých populačních skupinách. Na druhou stranu víme, že se distribuce tuku mění v závislosti na věku, pohlaví, sportovní aktivitě a dalším. U nás je nejpoužívanější metodou odhad tělesného složení z deseti řas podle Pařízkové, při této metodě se používá kaliper Bestova typu (Riegrová, Ulbrichová 1993).

Lokalizace kožních řas

1. Tvář pod spánkem ve výši tragu
2. Krk pod bradou, nad jazykou
3. Hrudník v přední axilární čáře nad m. pectoralis major
4. Hrudník v přední axilární čáře, ve výši 10. žebra
5. Paže nad tricipsem v $\frac{1}{2}$ vzdálenosti mezi acromionem a olecranonem
6. Záda pod dolním úhlem lopatky
7. Břícho v $\frac{1}{3}$ spojnice mezi pupkem a předním trnem kyčelním
8. Bok nad hřebenem kosti kyčelní v prodloužení přední axilární čáry

9. Stehno nad patelou

10. Lýtko 5 cm pod fossa poplitea

Výpočet:

Věk (roky)	Pohlaví	Rovnice
9-12	Chlapci	$y = 1,180 - 0,069 * \log x$
	Dívky	$y = 1,160 - 0,061 * \log x$
13-16	Chlapci	$y = 1,205 - 0,78 * \log x$
	Dívky	$y = 1,205 - 0,78 * \log x$
9-12	Chlapci	$\%BF = 28,96 * \log x - 41,27$
	Dívky	$\%BF = 35,572 * \log x - 61,25$

%BF = procento tuku

Y = denzita

X= součet kožních řas v mm

Výpočet tuku z denzity:

$$\%BF = (4,201 / y - 3,813) * 100$$

Podíl aktivní tělesné hmoty v závislosti na tělesném tuku se pak spočítá:

$$\%ATH = 100 - \%tuku$$

$$Kg\ ATH = \text{tělesná hmotnost} / 100 * \%ATH$$

3.2.2. Bioelektrická impedance

„BIA je neinvazivní, relativně levná, rychlá, terénní, bezpečná a v současnosti velmi rozšířená metoda na celém světě. Lze ji využít pro odhad tělesného složení u zdravých jedinců i u pacientů s různými klinickými projevy“ (Pastucha 2014, s. 103).

Metoda založená na rozdílech v šíření elektrického proudu nízké intenzity (nejčastěji 800 μA s frekvencí 50 kHz) v tělesných tkáních. Aktivní tělesná hmota je díky vysokému podílu vody a elektrolytů dobrým vodičem. Oproti tomu má tuková tkáň nízkou vodivost a chová se tedy jako izolátor. Aplikace konstantního střídavého proudu vyvolává impedanci vůči procházejícímu proudu, která je u tukové tkáně vysoká a u aktivní tělesné hmoty nízká. Metodě bioelektrické impedance se blíže věnujeme v kapitole 4 (Riegrová, Ulbrichová 1993).

3.3. Pomocné indexy

3.3.1. Body mass index (BMI)

BMI je nejrychlejší orientační test, který nám ukáže, jestli člověk nemá nadváhu nebo není obézní. BMI je číslo, které spočítáme jako poměr tělesné hmotnosti (kg) k tělesné výšce na druhou (m). Největší výhodou BMI je jeho jednoduchost, ale pro určení tělesného složení se nedá využít, protože nezahrnuje důležité parametry jako rasu, pohlaví, věk, poměr mezi svalovou a tukovou hmotou. Nedoporučuje se používat u dětí, těhotných žen a sportovců, protože vzhledem k jejich tělesným propozicím může vykazovat velkou chybu. Výsledek BMI pod 18,5 označujeme jako podváhu, mezi 18,5 a 24,9 je normální hmotnost, hodnota mezi 25 a 29,9 již značí nadváhu a hodnoty nad 30 vykazují obezitu (Eston, Reilly 2009).

Výpočet

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

3.3.2. WHR Index

WHR je index ukazující poměr mezi šířkou pasu a šířkou boků. Je určen především k orientačnímu hodnocení distribuce tělesného tuku a s ním spojené obezité. K měření se používá většinou krejčovský metr, který se u boků ovine v nejširším místě a u pasu přibližně v polovině délky mezi trny kyčelní kosti a

spodními žebry. Při obou měřeních by měl být metr rovnoběžný se zemí, aby bylo měření co nejpřesnější. Za rizikové hodnoty WHR se u mužů označují hodnoty nad 0,90 a u žen nad 0,85. Mimo WHR se používá pouze obvod pasu jako nejjednodušší a zároveň velice přesný ukazatel rizikosti kardiovaskulárních a metabolických komplikací u obezity. Hodnoty obvodu pasu by u mužů neměly přesahovat 94 cm a u žen 80 cm (WHO 2008).

Výpočet

$WHR = \text{obvod pas (cm)} / \text{obvod boky (cm)}$

3.3.3. Rohrerův index (RI)

*„Rohrerův index měří prostorovou hustotu, s níž vyplňuje hmotnost lidského těla (M.) krychli o hraně rovné tělesné výšce (Sta, kg * cm³). Hodnota Rohrerova indexu klesá od batolecího věku (1,8) do dospělosti, kdy se u normální populace ustálí na hodnotě 1,2. Rohrerův index nejlépe odráží ontogenické změny v dětství, tedy střídání plnosti a vytáhlosti“ (Pastucha 2014, s. 93).*

Výpočet

$RI = (M. / \text{Sta}^3) * 10^5$

M. = hmotnost těla (kg)

Sta = výška těla (cm)

4. BIA

4.1. Druhy BIA

4.1.1. Monofrekvenční BIA

Monofrekvenční BIA využívá proud o jedné frekvenci, nejčastěji 50 kHz. Elektrody jsou při měření připojeny na ruku a nohu, u některých přístrojů je možné i zapojení ruka-ruka a noha-noha. Při frekvenci 50 kHz se neměří přímo TBW, ale vážený součet odporů ECW a ICW. Monofrekvenční BIA měří TBW a LBM velice přesně, ovšem nedokáže určit rozdíl mezi ECW a ICW. Přesnost měření závisí na hydrataci probanda. Při standardní hydrataci je měření velmi přesné, u dehydratovaných a nadměru hydratovaných probandů měření vykazují značnou chybu (Kyle 2004).

4.1.2. Multifrekvenční BIA

Při multifrekvenční BIA se využívá proud mezi 1 kHz a 100 kHz ke zjištění LBM, TBW, ICW a ECW. Při frekvencích 1 a 5 kHz proud neprochází membránami buněk a tudíž je měřena pouze ECW. Při frekvencích nad 50 kHz naopak proud proniká skrz buněčné membrány a lze měřit celkovou tělesnou vodu (Kyle 2004).

4.1.3. Rozdělení podle počtu a umístění elektrod

V komerční sféře se využívají především přístroje se dvěma elektrodami. Rozdělují se na bipolární, ruční, kde proud probíhá pouze v horní části těla a bipedální, nožní, u kterého probíhá proud v dolní části těla. Při odborných studiích se využívají tetrapolární přístroje se čtyřmi elektrodami, které jsou umístěny po dvou na horní a dolní končetině. Používají se i přístroje s osmi elektrodami (Přidalová 2014).

4.2. Principy měření

BIA je metoda měření tělesného složení, kdy je to těla pouštěn proud. Jelikož je voda považována za jedinou složku, kterou proud prochází, můžeme pomocí

Ohmova zákona změřit její impedanci. Dále pak můžeme dopočítat množství vody v těle. Objem vody ve válci je závislý na jeho průřezu a výšce podle rovnice:

$$V = A * L$$

Impedance válce je pak úměrná k výšce a nepřímo úměrná jeho ploše:

$$Z = L / A$$

Pokud tuto rovnici upravíme, získáme rovnici pro výpočet plochy válce:

$$A = L / Z$$

Tuto rovnici můžeme dále dosadit do původní rovnice pro výpočet objemu válce:

$$V = L^2 / Z$$

V = objem; L = délka; A = průřez

Díky tomu můžeme objem vody v těle vypočítat na základě naměřených hodnot tělesné výšky a impedance. Z objemu vody můžeme zjistit další komponenty tělesného složení jako LBM a FM (Dörhöfer, Pirlich 2005).

Dalším důležitým faktorem při měření BIA je reakce tkání na průchod elektrického proudu různých frekvencí. Při měřeních s proudem s nízkou frekvencí proud neprochází membránami buněk a měří se tedy pouze odpor mimobuněčného prostředí. Jelikož bylo dokázáno, že při vzrůstající frekvenci se zvyšuje vodivost, proud tedy může při vysokých frekvencích procházet i skrze buněčné membrány a zjišťujeme celkový odpor těla (Dörhöfer, Pirlich 2005).

4.3. Proměnné a jejich výpočty

4.3.1. Naměřené proměnné

Impedance

Impedance je veličina, která popisuje zdánlivý odpor prvku a fázový posuv napětí vůči proudu při průchodu harmonického střídavého proudu dané

frekvence. Značí se písmenem Z a její jednotkou je ohm (Ω). Impedance je komplexní veličina, obsahuje reálnou (rezistence) a imaginární (reaktance) složku. V měření BIA impedance značí celkový tělesný odpor (Dörhöfer, Pirlich 2005).

Rezistence

Schopnost vodiče zmenšit nebo zastavit proud. Značí se R a její jednotkou je ohm (Ω). Vypočítá se jako poměr napětí a proudu ($R = U/I$). Rezistence je přímo úměrná délce vodiče a nepřímo úměrná obsahu průřezu vodiče. V lidském těle mají malý odpor látky s vysokým obsahem vody a elektrolytů (tukuprostá hmota). Mezi látky s vysokým odporem naopak patří tuková a kostní tkáň (Dörhöfer, Pirlich 2005)

Reaktance

Reaktance je imaginární část impedance. Označuje se X_c a její jednotkou je ohm (Ω). Ukazuje odpor, který způsobuje fázový posun proudu při jeho průchodu kondenzátorem. V lidském těle se jako kondenzátory chovají všechny membrány buněk, pokud jimi prochází proud o frekvenci vyšší než 50 kHz. Při frekvenci nižší než 50 kHz se buněčné membrány chovají jako rezistory a proud jimi neprojde. Normální hodnota reaktance je přibližně 10-12% rezistence (Dörhöfer, Pirlich 2005).

Fázový úhel

Fázový úhel je závislý na rezistenci a reaktanci a ukazuje vztah mezi těmito dvěma složkami. Značí se φ (fi) nebo α (alfa), jeho jednotkou je $^\circ$ (stupeň). Princip měření spočívá na tom, že při průchodu proudu kondenzátorem dochází ke zpoždění. Všechny metabolicky aktivní buňky mají na membránách potenciál od 50 do 100 mV. Tento potenciál umožňuje to, že se buňky chovají jako sférické kondenzátory a tudíž průchod buňkami způsobuje fázový posun. Dobře vyživované buňky se stabilním membránovým potenciálem mají vyšší fázový úhel oproti buňkám špatně vyživovaným s nižším potenciálem. Tukové buňky

nemají téměř žádnou metabolickou aktivitu a jejich potenciál je minimální, nezpůsobují tedy žádný fázový posun a nemohou být tedy měřeny při fázově citlivých měřeních. Fázový úhel je nejvýznamnější při frekvenci 50 kHz. Buněčné membrány mají fázový úhel 90°, voda má na druhou stranu fázový úhel 0°. Fázový úhel je tedy přímo úměrný BCM. Velikost fázového úhlu umožňuje vyhodnocení nutričního a fyzického stavu probanda. Jeho hodnoty se pohybují od 2° do 10°, za normální hodnoty se u žen považuje 5,5° - 5,9° a u mužů 6,0° - 6,4°. Maximální měsíční nárůst způsobený fyzickou činností je 0,2°, výrazně vyšší nárůst můžeme pozorovat při užívání anabolických steroidů (Dörhöfer, Pirlich 2005).

Tabulka 1: Vyhodnocování a rozdělení fázových úhlů (Dörhöfer, Pirlich 2005)

Muži	Ženy	Vyhodnocení
> 7,9	> 7,5	Takto vysoké hodnoty vykazují pouze vrcholoví sportovci a kulturisté.
7,0 - 7,9	6,5 - 7,5	Velmi dobré. Tyto hodnoty značí kvalitní výživu a dobrou fyzickou připravenost.
6,5 - 6,9	6,0 - 6,4	Dobré. Hodnoty v tomto rozsahu poukazují na pravidelnou fyzickou činnost a dostatečný přísun makroživin.
6,0 - 6,4	5,5 - 5,9	Uspokojivé. Nejběžnější hodnoty u běžné populace. Ukazují mírnou tělesnou aktivitu a základní přísun makroživin.
5,5 - 5,9	5,0 - 5,4	Dostatečné. Hodnoty vyskytující se u jedinců se špatnou fyzickou kondicí, poukazují na špatnou stravu a nedostatek pohybové aktivity.
4,5 - 5,4	4,0 - 4,9	Nevyhovující. Tyto hodnoty ukazují na nedostatky v kvalitě a množství stravy a omezenou pohyblivost.
< 4,5	< 4,0	Špatný. Tyto hodnoty fázového úhlu značí extrémně špatný nutriční stav a podvýživu.

4.3.2. Vypočítané proměnné

Celková tělesná voda (TBW)

Voda patří mezi nejdůležitější a nejvíce zastoupené látky v těle. Její množství se výrazně mění s věkem, od narození postupně poměr vody k celkové hmotnosti klesá a u dospělých se liší i podle pohlaví. U mladého muže představuje voda přibližně 60% tělesné hmotnosti. Její podíl se také mění v závislosti na tukové hmotě, čím více tukové hmoty v těle, tím méně vody. Celková tělesná voda je rozdělena na dvě složky: intracelulární a extracelulární tekutinu. Intracelulární tekutina tvoří přibližně 40% celkové tělesné hmotnosti, tedy přibližně 2/3 celkové tělesné vody, je představována tekutinou obsaženou v buňkách. Extracelulární tekutiny tvoří zbylou třetinu celkové tělesné vody a tedy přibližně 20% celkové tělesné hmotnosti. Je tvořena dvěma komponenty a to tkáňovým mokem - 75% extracelulární tekutiny, 15% celkové tělesné hmotnosti a plazmou – 25% extracelulární tekutiny, 5% tělesné hmotnosti (Kittnar 2011).

Při měření celkové tělesné hmoty bioelektrickou impedancí se nezapočítává voda, kterou pacient požil ústy, protože ještě není vstřebána. Břišní vodnatelnost se také neměří, protože není součástí tukuprosté hmoty. Hodnota celkové tělesné vody se v první řadě určuje prostřednictvím celkové buněčné hmoty (Dörhöfer, Pirlich 2005).

Výpočet:

$$TBW = \text{výška}^2 / Z$$

Tukuprostá hmota (LBM)

Tukuprostá hmota se skládá z tělesných tkání, které neobsahují tuk. Hlavními složkami jsou svaly, orgány, kosti a centrální nervová soustava. I když se tyto složky morfologicky liší, mají stejnou funkční strukturu. Skládají se z buněk zodpovědných za metabolismus a syntézu. Obsahují také extracelulární tekutiny a látky pomáhající při transportu a metabolických procesech (Dörhöfer, Pirlich 2005).

Výpočet:

$$\text{LBM} = \text{TBW} / 0,732$$

Hodnota 0,732 vychází z průměrné hydratace tukuprosté hmoty u dospělé populace. Tato hodnota se ovšem může velmi lišit (61 – 82 %), proto mohou být výsledné hodnoty u LBM chybné. U dětí můžeme sledovat vyšší hydrataci tukuprosté hmoty. Velké rozdíly v hodnotách LBM také rozpoznáváme mezi sportující a nesportující populací. Výrazně vyšších hodnot dosahují sportující jedinci, nejvyšších hodnot pak dosahují výkonnostní sportovci, především v silových sportech. (Dörhöfer, Pirlich 2005; Pastucha 2014).

Tuková hmota (BF)

Její hustota je 0,9 g/cm³. Tuk se při průchodu proudem chová jako izolátor. Tukové buňky nemají typické vlastnosti buněk BCM a tedy nemají žádnou reaktanci. Tělesný tuk se počítá jako rozdíl tělesné hmotnosti a LBM. Další možností zjištění tělesného tuku jsou predikční rovnice. Ty se používají k výpočtu %BF. Více o predikčních rovnicích v kapitole 4.5 (Dörhöfer, Pirlich 2005).

Výpočet:

$$\text{BF} = \text{hmotnost} - \text{LBM}$$

Celková buněčná hmota (BCM)

Hodnota BCM je součet všech buněk, které se aktivně podílejí na metabolismu. Každá tkáň v lidském těle se podílí na velikosti BCM. Patří mezi ně příčně pruhované svalstvo, srdeční svalovinu, hladkou svalovinu, vnitřní orgány, gastrointestinální trakt, krev, žlázy a nervová soustava. Největší podíl má svalová hmota. Protože se všechna metabolická práce provádí v buňkách pařících do BCM, využívá se jako parametr při určování nutričního stavu pacienta a také jako parametr při určování energetické spotřeby těla. Velikost BCM u jedince je závislá na jeho věku, pohlaví, fyzické aktivitě a genetických

předpokladech. U mužů je normální hodnota BCM mezi 53 a 59% LBM a u žen mezi 50 a 56% LBM, u dětí je většinou hodnota BCM pod 50% jelikož buňky nejsou ještě plně vyvinuty. U vrcholových sportovců můžeme naměřit až 60% LBM. Velikost BCM můžeme naměřit pouze fázově citlivou bioelektrickou impedancí (Dörhöfer, Pirlich 2005).

Výpočet:

$$\text{BCM} = \text{LBM} * \alpha * \text{konstanta}$$

Extracelulární buněčná hmota (ECM)

ECM je část LBM, která nezahrnuje buňky. Do ECM patří pojivové látky jako: kolagen, elastin, kůže, šlachy, fascie a kosti. Dále pak tekutiny: plazma, intersticiální tekutina a trans-celulární voda (Dörhöfer, Pirlich 2005).

Výpočet:

$$\text{ECM} = \text{LBM} - \text{BCM}$$

ECM/BCM index

Jeden z nejdůležitějších parametrů pro hodnocení nutričního stavu těla. U zdravých jedinců by měl dosahovat hodnot menších než 1, protože BCM by měl dosahovat mnohem vyšších hodnot než ECM. U brzkých stádií podvýživy dochází k úbytku BCM a nárůstu ECM přičemž LBM a celková hmotnost zůstává stejná. Dochází tedy ke zvýšení ECM/BCM indexu, což je první známka zhoršení nutričního stavu (Dörhöfer, Pirlich 2005).

Optimální hodnota indexu ECM/BCM by se měla u běžné populace pohybovat mezi 0,7 a 0,8. Čím má index nižší hodnotu, tím více má pacient tukuprosté hmoty. U trénovaných jedinců dosahuje index ECM/BCM nižších hodnot než u netrénovaných, 0,7 a méně. U dětí se hodnoty tohoto indexu pohybují u chlapců okolo 0,87 a u dívek 0,96. Tento index lze využít jako kritérium k pohybovému výkonu, nižší hodnoty indexu by měly znamenat kvalitnější svalovou hmotu. ECM/BCM index se s věkem mění. Do ukončení puberty jeho hodnoty klesají

v závislosti na vývinu buněk a nárůstu BCM. Ve středním věku jeho hodnoty stagnují a s nástupem seniorského věku jeho hodnoty rostou (Pastucha 2014).

4.4. Metodika měření

4.4.1. Provádění měření

Před měřením metodou BIA si připravíme tyto pomůcky: lehátko, kalibrovanou váhu, přístroj pro měření BIA s příslušnými kabely a elektrodami, desinfekci a tampóny, počítač se softwarem pro vyhodnocení dat (Dörhöfer, Pirlich 2005).

Kdo může být měřen metodou BIA

Metodou BIA mohou být měřeny jakékoli osoby od dětí po seniory. Nebyly zjištěny žádné důvody, proč by nemohly být měřeny jakkoli nemocné osoby. Měření se nesmí provádět u osob s kardiostimulátory. U těhotných žen a u žen těsně před, v průběhu a těsně po menstruaci se měření nedoporučuje (Dörhöfer, Pirlich 2005).

Přípravy před měřením

Pacienti by neměli alespoň 4-5 hodin před vyšetřením jíst. Dále by pak neměli provádět žádnou sportovní aktivitu alespoň 12 hodin před měřením. Konzumace alkoholu se nedoporučuje 24 hodin před měřením. Teplota končetin by měla dosahovat normálních hodnot. Při měření by měl pacient ležet v klidu na lehátku v horizontální poloze, nejčastěji na zádech. Nejlépe by se mělo začít měřit 10 min po zaujetí této polohy, aby byla krev v těle distribuována rovnoměrně a předcházelo se tak chybám. Ruce by se neměly dotýkat těla a nohy by měly být dostatečně roztaženy, aby se stehna nedotýkala. Zároveň by nohy i ruce měly být ve stejné výšce jako zbytek těla. Pacient by se také neměl dotýkat jakýchkoli železných předmětů v okolí. Měření mají být prováděna na dominantní straně pacienta, u opakujících se měření je doporučeno provádět všechny na stejné straně těla (Dörhöfer, Pirlich 2005).

Lepení elektrod

V medicíně se nejčastěji používají jednostranné tetrapolární přístroje s lepícími elektrodami. Tyto elektrody se lepí po dvou na ruku a nohu stejné strany těla. Je důležité elektrody lepit přesně na určená místa kvůli přesnosti měření. Zároveň je nutné používat elektrody určené pro měření pomocí BIA. První elektroda na ruce se lepí proximální hranou na čáru nakreslenou od nejvyššího bodu loketní kosti u zápěstí. Druhá elektroda se lepí na čáru nakreslenou uprostřed kloubu mezi články ukazováčku a prostředníčku a zápěstními kůstkami, na tuto čáru se lepí distální hrana elektrody. První elektroda na noze se lepí proximální hranou na čáru mezi nejvyššími body kostí kotníku. Druhá elektroda se lepí distální hranou na čáru uprostřed kloubu mezi články ukazováčku a prostředníčku a nártními kůstkami. Doporučená vzdálenost mezi jednotlivými elektrodami na ruku a nohou je 5cm, při nižší vzdálenosti může dojít k chybě. Kůže okolo elektrod by neměla být mastná a nejlépe by měla být suchá kvůli přilnavosti elektrod. Místo, kde jsou elektrody nalepeny, by mělo být nejdříve vydesinfikováno. Po nalepení musíme elektrody připojit k přístroji pomocí kabelů. Měřicí kabely jsou dva, a každý z nich je zakončen rozdvojením s krokodýlovými konektory pro připojení obou elektrod jak na nohou, tak na ruku. Kabel pro měření rukou má žlutou izolaci a kabel pro měření nohou je červený. Koncové konektory jsou pak také barevně rozděleny, červené krokodýly jsou připojeny k distálním elektrodám a černé krokodýly k proximálním elektrodám. Kabely by měly volně viset a neměly by být zkroucené. Stejně jako pacient, se kabely nemají dotýkat železných předmětů (Dörhöfer, Pirlich 2005).

4.4.2. Chyby měření

Přístroje pro měření BIA jsou jako lékařsky certifikované produkty schopny měřit velice přesně a spolehlivě. Pokud při měření dochází k výrazně nepřesným výsledkům, může za to většinou chyba při připojení kabelů, lepení elektrod nebo

chybu způsobuje mastná kůže, popřípadě příliš vysušená kůže (Dörhöfer, Pirlich 2005).

Chyba při měření odporu

Hodnoty odporu by se měly u mužů pohybovat mezi 350 a 650 ohmy a u žen mezi 400 a 750 ohmy. Pokud naměříme hodnoty mimo tento rozsah, nejspíše se jedná o chybu v závislosti na elektrodách nebo měřících kabelech. Pro odstranění chyby vyzkoušejte vyměnit elektrody. Ve vzácných případech můžeme extrémně nízké nebo vysoké hodnoty naměřit u pacientů s vysokým nebo nízkým BCM nebo při otocích (Dörhöfer, Pirlich 2005).

Chyba při měření reaktance

Při měření reaktance by měly její hodnoty dosahovat 8-14% odporu měřeného pacienta. Při hodnotách mimo tento rozsah je nejčastěji chyba také v elektrodách nebo kabelech. Hodnoty pod 8% se mohou objevit u pacientů trpících podvýživou. Hodnoty nad 14% naopak můžeme naměřit u dobře trénovaných sportovců nebo bodybuilderů (Dörhöfer, Pirlich 2005).

Odpor ruky nebo nohy vyšší než 300 ohmů

Pokud odpor ruky nebo nohy dosahuje těchto hodnot, stává se to ze dvou nejčastějších důvodů. Prvním z nich jsou problémy s kůží. Vysušená kůže se řeší namazáním ECG pasty. Mastná kůže se ošetřuje setřením alkoholem. Druhým problémem je používání špatných elektrod (Dörhöfer, Pirlich 2005).

4.5. Predikční rovnice

Predikční rovnice se sestavují z důvodů zvýšení přesnosti měření pro danou věkovou skupinu, pohlaví, výšku a hmotnost. Při tvoření predikčních rovnic by se měla jejich validita testovat na velkém množství subjektů, aby byla zajištěna přesnost (Kyle 2004).

4.5.1. Rovnice pro děti a mládež

Tabulka 2: Příklady rovnic pro stanovení tělesného složení u dětí a mládeže (Dörhöfer, Pirllich 2005; Bunc 1999)

Autor	Rovnice	Věk
Bunc a kolektiv	$\%BF = 39,2649 - 5,4577 * \text{věk} - 9,2044 * \text{výška}^2 + 0,3979 * \text{hmotnost} + 0,0442 * BIA$	6-10 let chlapci
Bunc a kolektiv	$\%BF = 6,3899 - 0,0586 * \text{věk} - 9,1011 * \text{výška}^2 + 0,3979 * \text{hmotnost} + 0,0094 * BIA$	10-15 let chlapci
Cordain a kolektiv	$LBM = 6,86 * 0,81 * (\text{výška}^2 / R)$	12 let
Davies a kolektiv	$TBW = 0,5 + 0,60 * (\text{výška}^2 / R)$	10-16 let
De Lorenzo a kolektiv	$LBM = 2,33 + 0,588 * (\text{výška}^2 / R) + 0,211 * \text{hmotnost}$	8-13 let
Deutenberg a kolektiv	$LBM = 0,430 * 10^4 * \text{výška}^2 / R + 0,354 * \text{hmotnost} + 0,9 * \text{sex}$	8-11 let
Deutenberg a kolektiv	$LBM = 0,640 * 10^4 * (\text{výška}^2 / R) + 4,83$	7-9 let
Deutenberg a kolektiv	$LBM = 0,488 * 10^4 * (\text{výška}^2 / R) + 0,221 * \text{hmotnost} + 12,77 * \text{výška} - 14,7$	10-12 let dívky, 10-15 let chlapci
Deutenberg a kolektiv	$LBM = 0,258 * 10^4 * (\text{výška}^2 / R) + 0,375 * \text{hmotnost} + 6,3 * \text{sex} + 10,5 * \text{výška} - 0,164 * \text{věk} - 6,5$	Dívky nad 13 let, chlapci nad 16 let
Fjeld a kolektiv	$TBW = 0,76 + 0,18 * (\text{výška}^2 / R) + 0,39 * \text{hmotnost}$	3-30 měsíců
Houtkooper a kolektiv	$\%BF = -1,11 * (\text{výška}^2 / R) + 1,04 * \text{hmotnost} + 15,16$	10-14 let
Houtkooper a kolektiv	$LBM = 0,61 * (\text{výška}^2 / R) + 0,25 * \text{hmotnost} + 1,31$	10-19
Kushner a kolektiv	$TBW = 0,593 * (\text{výška}^2 / R) + 0,065 * \text{hmotnost} + 0,04$	Všechny věkové kategorie
Shaefer a kolektiv	$LBM = 0,65 * (\text{výška}^2 / R) + 0,68 * \text{věk} + 0,15$	Novorozenci
Wabitch a kolektiv	$TBW = 0,35 * (\text{výška}^2 / R) + 0,27 * \text{věk} + 0,14 * \text{hmotnost} - 0,12$	10-16 let
Wühl a kolektiv	$TBW = 1,99 + 0,144 * (\text{výška}^2 / R) + 0,40 * \text{hmotnost}$	10-17 let

%BF = procento tukové hmoty; TBW = celkové tělesná voda; LBM = tukuprostá hmota; R = odpor

4.5.2. Rovnice pro zdravé dospělé

Tabulka 3: Příklady rovnic pro stanovení tělesného složení u dospělých (Kyle 2004; Bunc 1999)

Bunc a kolektiv	$\%BF = 4,6492 - 0,0511 * \text{věk} - 8,9042 * \text{výška}^2 + 0,4191 * \text{hmotnost} + 0,0094 * BIA$	Muži 15-65 let
Bunc a kolektiv	$\%BF = 7,0192 - 0,0486 * \text{věk} - 7,8214 * \text{výška}^2 + 0,4011 * \text{hmotnost} + 0,0141 * BIA$	Muži 65-80 let
Kyle a kolektiv	$LBM = -4,104 + 0,518 * (\text{výška}^2 / R) + 0,231 * \text{hmotnost} + 0,130 * Xc + 4,229 * \text{sex}$	18-94 let
Lohman	$LBM = 5,49 + 0,476 * (\text{výška}^2 / R) + 0,295 * \text{hmotnost}$	Ženy 18-29 let
Lohman	$LBM = 5,32 + 0,485 * (\text{výška}^2 / R) + 0,338 * \text{hmotnost}$	Muži 18-29 let
Deurenberg a kolektiv	$LBM = 3,9 + 0,672 * (\text{výška}^2 / R) + 3,1 * \text{sex}$	60-83 let
Kushner a Schoeller	$TBW = 1,726 + 0,5561 * (\text{výška}^2 / R) - 0,0955 * \text{hmotnost}$	17-66 let
Deurenberg a kolektiv	$LBM = -12,44 + 0,34 * (\text{výška}^2 / R) + 0,1534 * \text{výška} + 0,273 * \text{hmotnost} - 0,127 * \text{věk} + 4,56 * \text{sex}$	Nad 16 let
Sun a kolektiv	$TBW = 1,203 + 0,449 * (\text{výška}^2 / R) + 0,176 * \text{hmotnost}$	Muži 12-94 let
Sun a kolektiv	$TBW = 3,747 + 0,450 * (\text{výška}^2 / R) + 0,113 * \text{hmotnost}$	Ženy 12-94 let

%BF = procento tukové hmoty; TBW = celkové tělesná voda; LBM = tukuprostá hmota; R = odpor

5. NORMÁLOVÉ HODNOTY PRO VĚKOVÉ KATEGORIE PŘI MĚŘENÍ BIA

5.1. Normálové hodnoty pro děti (3-10 let)

Tabulka 4: Průměrné hodnoty vybraných komponent u dětí (Dörhöfer, Pirlich 2005)

Měřená složka	Chlapci	Děvčata
Tělesný tuk (kg)	2,0 – 8,0	2,7 – 9,2
Tělesný tuk (%)	12,4 – 21,0	15,4 – 24,1
Tukuprostá hmota (kg)	13,8 – 28,4	13,3 – 25,8
Celková tělesná voda (l)	10,3 – 20,8	10,3 – 27,5
Fázový úhel (°)	5,2 – 5,9	5,2 – 5,9
Celková buněčná hmota (kg)	6,9 – 14,2	6,6 – 12,9
Extracelulární hmota (kg)	6,9 – 14,2	6,6 – 12,9
ECM/BCM index	Okolo 0,87	Okolo 0,97

5.2. Normálové hodnoty pro mládež (11-17 let)

Tabulka 5: Průměrné hodnoty vybraných komponent u mládeže (Dörhöfer, Pirlich 2005)

Měřená složka	Chlapci	Děvčata
Tělesný tuk (kg)	6,8 – 13,7	8,9 – 18,8
Tělesný tuk (%)	13,2 – 21,9	19,7 – 29,6
Tukuprostá hmota (kg)	30,5 – 58,2	27,5 – 45,0
Celková tělesná voda (l)	22,4 – 39,9	20,7 – 33,9
Fázový úhel (°)	5,5 – 6,6	5,4 – 6,0
Celková buněčná hmota (kg)	16,8 – 32,1	15,2 – 24,8
Extracelulární hmota (kg)	13,7 – 26,1	12,3 – 20,2
ECM/BCM index	Okolo 0,87	Okolo 0,97

5.3. Normálové hodnoty pro dospělé

Tabulka 6: Průměrné hodnoty vybraných komponent u dospělých (Dörhöfer, Pirlich 2005)

Měřená složka	Muži	Ženy
Tělesný tuk (kg)	7,3 – 19,4	13,8 – 24,7
Tělesný tuk (%)	10,6 – 24,5	23,4 – 35,4
Tukuprostá hmota (kg)	53,5 – 69,8	40,7 – 50,4
Celková tělesná voda (l)	39,1 – 51,1	29,8 – 36,9
Fázový úhel (°)	6,0 – 7,7	5,2 – 6,8
Celková buněčná hmota (kg)	29,3 – 39,6	20,4 – 26,7
Extracelulární hmota (kg)	23,2 – 31,8	19,1 – 25,0
ECM/BCM index	0,68 – 0,93	0,8 – 1,09

5.4. Normálové hodnoty pro osoby starší 60 let

Tabulka 7: Průměrné hodnoty vybraných komponent u osob starších 60 let (Dörhöfer, Pirlich 2005)

Měřená složka	Muži	Ženy
Tělesný tuk (kg)	7,9 – 20,1	13,3 – 23,7
Tělesný tuk (%)	12,1 – 25,6	22,7 – 35,0
Tukuprostá hmota (kg)	51,4 – 66,1	39,8 – 49,4
Celková tělesná voda (l)	37,6 – 48,4	29,1 – 36,1
Fázový úhel (°)	4,7 – 6,6	4,7 – 6,4
Celková buněčná hmota (kg)	25,1 – 34,0	18,8 – 25,3
Extracelulární hmota (kg)	24,6 – 33,7	19,5 – 25,7
ECM/BCM index	0,82 – 1,24	0,86 – 1,23

6. VÝZKUMNÁ ČÁST

6.1. Charakteristika souboru

Soubor tvořilo 50 mužů vyšetřených metodou bioelektrické impedance. Tito muži byli rozděleni do pěti věkových kategorií po deseti členech. První kategorii tvořily děti ve věku 7-9 let. Druhou kategorií byla mládež ve věku 14-15 let. Třetí skupina byla složena z nesportujících dospělých, u kterých se věk pohyboval od 20 do 35 let. Do čtvrté kategorie patřili sportující dospělí ve věku od 22 do 30 let. Poslední kategorii tvořili lidé nad 60 let, kde se věk pohyboval od 60 do 69 let.

6.2. Metodika měření

6.2.1. Charakteristika přístroje

Měření byla provedena pomocí přístroje BIA 2000. Tento přístroj se využívá k multifrekvenčnímu fázově citlivému měření na frekvencích 1, 5, 50 a 100 kHz. Používá se tetrapolární uspořádání elektrod, kdy dvěma elektrodami je do těla pouštěn malý proud (400 – 800 mA) a dvěma elektrodami se snímá napětí, poté se vyhodnocuje odpor těla mezi těmito elektrodami. Přístroj je propojen s počítačem, na kterém je nainstalovaný software, který po zadání antropometrických parametrů dopočítává hodnoty dalších proměnných, jako je %BF, TBW, BCM, ECM, LBM, ECM/BCM index.

Výška a hmotnost byly měřeny na váze v laboratoři sportovní motoriky. Chyba měření je do 2%, pokud jsou zachovány standardizované podmínky.

6.2.2. Statistické zpracování dat

Statistické zpracování dat bylo provedeno pomocí programu Microsoft Excel 2013. Využita byla statistická funkce aritmetický průměr, která nám vyhodnotí, kde se nachází střed souboru. Další funkcí byla směrodatná odchylka, která ukazuje, v jaké míře jsou hodnoty okolo středu rozptýleny.

6.3. Výsledky a diskuze

V této části budeme porovnávat výsledné hodnoty vybraných komponent s hodnotami normálovými. Vybranými komponentami jsou celková tělesná voda, tukuprostá hmota, tuková hmota, extracelulární hmota, celková buněčná hmota, fázový úhel a poměr mezi ECM a BCM. Doplněny jsou ještě parametry věk, výška, hmotnost.

Pro výpočet tuku byly použity rovnice podle Bunce z kapitoly 4.5.

Pro děti byla použita rovnice:

$$\%BF = 39,2649 - 5,4577 * \text{věk} - 9,2044 * \text{výška}^2 + 0,3979 * \text{hmotnost} + 0,0442 * \text{BIA}$$

Pro mládež byla použita rovnice:

$$\%BF = 6,3899 - 0,0586 * \text{věk} - 9,1011 * \text{výška}^2 + 0,3979 * \text{hmotnost} + 0,0094 * \text{BIA}$$

Pro dospělé byla použita rovnice:

$$\%BF = 4,6492 - 0,0511 * \text{věk} - 8,9042 * \text{výška}^2 + 0,4191 * \text{hmotnost} + 0,0094 * \text{BIA}$$

Pro osoby nad 60 byla použita rovnice:

$$\%BF = 7,0192 - 0,0486 * \text{věk} - 7,8214 * \text{výška}^2 + 0,4011 * \text{hmotnost} + 0,0141 * \text{BIA}$$

6.3.1. Děti

Tabulka 8: Naměřené hodnoty vybraných komponent u dětí

	Věk	Výška	Hmotnost	TBW	LBM	BF	ECM	BCM	ECM/ BCM	α
Jednotka	roky	m	kg	kg	kg	kg	kg	kg		°
D1	7	1,28	28,70	20,30	27,70	1,00	13,50	14,30	0,94	5,90

D2	8	1,40	54,00	26,00	35,50	18,50	17,30	18,20	0,95	5,90
D3	8	1,37	32,60	21,90	29,90	2,70	15,50	14,50	1,07	5,30
D4	7	1,28	27,30	19,10	26,10	1,20	12,70	13,30	0,95	5,80
D5	9	1,38	28,70	19,90	27,10	1,60	13,30	13,80	0,96	5,80
D6	9	1,51	40,40	25,20	34,40	6,30	17,40	17,00	1,02	5,50
D7	9	1,45	38,30	23,00	31,50	6,80	15,30	16,20	0,94	5,90
D8	9	1,41	30,70	20,70	28,30	2,40	13,80	14,50	0,95	5,80
D9	9	1,40	42,00	26,50	36,30	5,70	16,90	19,30	0,96	6,30
D10	9	1,28	28,00	18,50	25,30	2,70	12,20	13,10	1,02	6,00
Průměr	8,4	1,38	35,07	22,11	30,21	4,89	14,79	15,42	0,98	5,82
σ	0,8	0,07	8,14	2,78	3,81	4,97	1,85	2,03	0,04	0,26

TBW = celková tělesná voda; LBM = tukuprostá hmota; BF = tělesný tuk; ECM = extracelulární hmota; BCM = celková buněčná hmota; ECM/BCM = poměr extracelulární a celkové buněčné hmoty; α = fázový úhel D1-D10 = označení měřeného; σ = směrodatná odchylka

D1 – U prvního dítěte se naměřené hodnoty pohybovaly na rozmezí normálových hodnot. Pouze tělesný tuk byl pod hranicí.

D2 – Druhé dítě mělo všechny hodnoty kromě fázového úhlu a ECM/BCM indexu vysoko nad normálovými hodnotami. Toto se dá přičíst vysoké hmotnosti pacienta, ovšem vysoká hodnota tuku a nízká hodnota TBW poukazuje na obezitu.

D3 – Většina hodnot se pohybovala nad horní hranicí normálových hodnot. Zde nás zaujme hodnota ECM/BCM indexu vyšší než 1 a fázový úhel na dolní hranici, což nejspíše značí horší nutriční stav a nízkou pohybovou aktivitu.

D4 – Všechny hodnoty kromě tělesného tuku jsou v normálu.

D5 – Všechny hodnoty kromě tělesného tuku jsou v normálu.

D6 – TBW, LBM, BCM a ECM přesahují normálové hodnoty, toto se dá přičíst vyšší hmotnosti pacienta. Hodnota indexu ECM/BCM je nad hodnotou 1, což poukazuje na horší nutriční stav těla.

D7 – Většina hodnot nad normálem, může se přičíst vyšší hmotnosti pacienta.

D8 – Většina hodnot v normálu.

D9 – Většina hodnot nad normálem. Fázový úhel v hodnotě 6,3 značí dobrý nutriční stav a vyšší sportovní aktivitu.

D10 – Většina hodnot v normálu.

6.3.2. Mládež

Tabulka 9: Naměřené hodnoty vybraných komponent u mládeže

	Věk	Výška	Hmotnost	TBW	LBM	BF	ECM	BCM	ECM/ BCM	α
Jednotka	roky	m	kg	kg	kg	kg	kg	kg		°
M1	14	1,76	66,60	44,10	60,30	6,30	24,90	35,40	0,70	7,60
M2	15	1,84	67,00	47,60	65,00	2,00	29,60	35,40	0,84	6,60
M3	15	1,79	68,70	45,30	61,90	6,80	28,50	33,30	0,86	6,40
M4	14	1,73	55,50	37,30	51,00	4,50	25,30	25,70	0,98	5,70
M5	15	1,74	55,50	36,80	50,30	5,20	24,20	26,10	0,93	6,00
M6	15	1,80	59,00	39,20	53,60	5,40	27,00	26,50	1,02	5,50
M7	15	1,89	85,70	47,70	65,10	20,60	29,40	35,80	0,82	6,60
M8	14	1,79	74,10	47,20	64,40	9,70	26,60	37,80	0,70	7,60
M9	15	1,73	54,80	38,70	52,90	1,90	23,30	29,50	0,79	6,90
M10	15	1,75	60,80	37,30	50,90	9,90	23,40	27,50	0,85	6,40
Průměr	14,7	1,78	64,77	42,12	57,54	7,23	26,22	31,3	0,85	6,53
σ	0,46	0,05	9,32	4,43	6,02	5,14	2,25	4,46	0,10	0,67

TBW = celková tělesná voda; LBM = tukuprostá hmota; BF = tělesný tuk; ECM = extracelulární hmota; BCM = celková buněčná hmota; ECM/BCM = poměr extracelulární a celkové buněčné hmoty; α = fázový úhel; M1-M10 = označení měřeného; σ = směrodatná odchylka

M1 – Tělesný tuk v normálu, všechny ostatní hodnoty nad normálem. Dobrý poměr ECM/BCM a velký fázový úhel poukazuje na velmi dobrý nutriční stav a vysokou sportovní aktivitu.

M2 – Velmi nízká hodnota tělesného tuku. Fázový úhel a BCM/ECM index v normálu, ostatní hodnoty nad.

M3 – Tělesný tuk, ECM/BCM index a fázový úhel v normálu. Ostatní hodnoty nad úrovní normálu.

M4 – Všechny hodnoty v normálu.

M5 - Všechny hodnoty v normálu.

M6 – Všechny hodnoty kromě ECM/BCM indexu v normálu, fázový úhel na dolní hranici. Tyto hodnoty značí horší nutriční stav a nízkou pohybovou aktivitu.

M7 – Všechny hodnoty kromě ECM/BCM indexu a fázového úhlu nad normálovou hranicí. Vysoká je především hodnota tuku.

M8 – Všechny hodnoty kromě tělesného tuku nad normálovou hranicí. Dobré hodnoty fázového úhlu a ECM/BCM indexu značí velmi dobrý nutriční stav a vysokou sportovní aktivitu.

M9 – Většina hodnot v normálu, velmi nízká hodnota tělesného tuku. Nadprůměrný fázový úhel poukazuje na dobrý nutriční stav a pravidelnou sportovní aktivitu.

M10 – Všechny hodnoty v normálu.

6.3.3. Sportující dospělí

Tabulka 10: Naměřené hodnoty vybraných komponent u sportujících dospělých

	Věk	Výška	Hmotnost	TBW	LBM	BF	ECM	BCM	ECM/ BCM	α
Jednotka	roky	m	kg	kg	kg	kg	kg	kg		°
S1	23	1,87	79,90	49,40	67,50	12,40	26,70	40,90	0,65	8,10
S2	22	1,83	79,40	50,50	69,00	10,40	26,50	42,50	0,62	8,40
S3	27	1,73	84,00	46,80	64,00	20,00	24,60	39,40	0,62	8,40

S4	30	1,75	84,30	51,90	70,90	13,40	28,60	42,20	0,68	7,80
S5	25	1,82	97,00	57,60	78,60	18,40	29,70	48,90	0,61	8,50
S6	24	1,72	83,20	45,40	62,00	21,20	24,00	38,10	0,63	8,30
S7	25	1,71	82,50	49,80	68,00	14,50	25,40	42,60	0,60	8,70
S8	30	1,88	99,00	59,00	80,60	18,40	32,90	47,70	0,69	7,70
S9	23	1,79	81,50	49,60	67,80	13,70	26,70	41,10	0,65	8,10
S10	29	1,89	92,70	54,80	74,80	17,90	30,40	44,40	0,68	7,70
Průměr	25,8	1,80	86,35	51,48	70,32	16,03	27,55	42,78	0,64	8,17
σ	2,85	0,07	6,79	4,19	5,70	3,42	2,66	3,23	0,03	0,33

TBW = celková tělesná voda; LBM = tukuprostá hmota; BF = tělesný tuk; ECM = extracelulární hmota; BCM = celková buněčná hmota; ECM/BCM = poměr extracelulární a celkové buněčné hmoty; α = fázový úhel; S1-S10 = označení měřeného; σ = směrodatná odchylka

S1 – Hodnoty komponent na horní hranici normálových hodnot. Fázový úhel a ECM/BCM index mají hodnoty výrazně lepší než normálové, toto značí velmi dobrý nutriční stav a vysokou úroveň sportovní aktivity.

S2 – Většina hodnot v horní hranici normálových hodnot, BCM těsně nad touto hranicí. Fázový úhel a ECM/BCM index mají hodnoty výrazně lepší než normálové, toto značí velmi dobrý nutriční stav a vysokou úroveň sportovní aktivity.

S3 – Většina hodnot v horní hranici normálových hodnot. BF těsně nad hranicí. Fázový úhel a ECM/BCM index mají hodnoty výrazně lepší než normálové, toto značí velmi dobrý nutriční stav a vysokou úroveň sportovní aktivity.

S4 – Všechny hodnoty kromě BF jsou nad hranicí normálových hodnot. Fázový úhel a ECM/BCM index mají hodnoty lepší než normálové, toto značí velmi dobrý nutriční stav a vysokou úroveň sportovní aktivity.

S5 – Většina hodnot nad hranicí normálových hodnot, ECM a BF v horní hranici. Fázový úhel a ECM/BCM index mají hodnoty výrazně lepší než normálové, toto značí velmi dobrý nutriční stav a vysokou úroveň sportovní aktivity.

S6 – Většina komponent dosahuje horní hranice normálových hodnot, tělesný tuk, ECM/BCM index a fázový úhel nad hranicí. Fázový úhel a ECM/BCM index mají hodnoty výrazně lepší než normálové, toto značí velmi dobrý nutriční stav a vysokou úroveň sportovní aktivity.

S7 – Většina komponent dosahuje horní hranice normálových hodnot, BCM je vyšší než u normálových hodnot. Fázový úhel a ECM/BCM index mají hodnoty výrazně lepší než normálové, toto značí velmi dobrý nutriční stav a vysokou úroveň sportovní aktivity.

S8 – Hodnota BF dosahuje horní hranice normálových hodnot, ostatní hodnoty jsou výrazně vyšší. Fázový úhel a ECM/BCM index mají hodnoty lepší než normálové, toto značí velmi dobrý nutriční stav a vysokou úroveň sportovní aktivity.

S9 – Většina komponent dosahuje horní hranice normálových hodnot, BCM je nad touto hranicí. Fázový úhel a ECM/BCM index mají hodnoty výrazně lepší než normálové, toto značí velmi dobrý nutriční stav a vysokou úroveň sportovní aktivity.

S10 – BF a ECM dosahují hodnot horní hranice normálových hodnot, ostatní hodnoty tuto hranici převyšují. Fázový úhel a ECM/BCM index mají hodnoty lepší než normálové, toto značí velmi dobrý nutriční stav a vysokou úroveň sportovní aktivity.

6.3.4. Nesportující dospělí

Tabulka 11: Naměřené hodnoty vybraných komponent u nesportujících dospělých

	Věk	Výška	Hmotnost	TBW	LBM	BF	ECM	BCM	ECM/ BCM	α
Jednotka	roky	m	kg	kg	kg	kg	kg	kg		°
N1	35	1,71	89,50	51,20	70,00	19,80	33,00	37,00	0,89	6,20

N2	24	2,01	89,50	59,60	81,40	8,10	37,90	43,60	0,87	6,30
N3	22	1,76	61,50	39,70	54,20	7,30	24,50	29,70	0,82	6,60
N4	20	2,01	94,70	60,20	82,20	12,50	36,60	45,60	0,80	6,80
N5	26	1,95	121,00	66,70	91,20	29,80	40,70	50,50	0,81	6,70
N6	33	1,93	86,50	51,40	70,30	16,20	32,10	38,10	0,84	6,50
N7	23	1,87	88,70	53,80	73,40	15,30	33,00	40,50	0,81	6,70
N8	23	2,04	111,00	65,50	89,40	21,60	40,80	48,70	0,84	6,50
N9	24	1,80	99,00	62,20	85,00	14,00	41,00	44,00	0,93	6,00
N10	23	2,05	126,00	77,70	106,20	19,80	49,10	57,00	0,86	6,40
Průměr	25,3	1,91	96,74	58,80	80,33	16,44	36,87	43,47	0,85	6,47
σ	4,61	0,12	17,81	9,90	13,54	6,35	6,35	7,31	0,04	0,24

TBW = celková tělesná voda; LBM = tukuprostá hmota; BF = tělesný tuk; ECM = extracelulární hmota; BCM = celková buněčná hmota; ECM/BCM = poměr extracelulární a celkové buněčné hmoty; α = fázový úhel; N1-N10 = označení měřeného; σ = směrodatná odchylka

N1 – Většina komponent se pohybují okolo horní hranice normálových hodnot. Pouze fázový úhel se pohybuje u dolní hranice.

N2 – Velká část komponent se pohybuje nad hranicí normálových hodnot. BF a fázový úhel se pohybují u dolní hranice.

N3 – Většina komponent se pohybuje okolo dolní hranice normálových hodnot.

N4 – Většina komponent je nad hranicí normálových hodnot. Hodnoty BF, BCM/ECM index a fázový úhel jsou v normálu.

N5 – Většina komponent nad hranicí normálových hodnot, především hodnota BF je velmi vysoká. ECM/BCM index a fázový úhel jsou v normálu.

N6 – Všechny hodnoty v normálu nebo těsně nad hranicí normálu.

N7 – Všechny hodnoty v normálu nebo těsně nad hranicí normálu.

N8 – Většina hodnot nad hranicí normálu. ECM/BCM index a fázový úhel jsou v normálu.

N9 – Většina hodnot nad hranicí normálu. BF je v normálu, ECM/BCM index a fázový úhel jsou na dolní hranici hodnot, toto značí horší nutriční stav a nízkou úroveň fyzické aktivity.

N10 – Většina hodnot vysoko nad normálem, BF v normálu. ECM/BCM index a fázový úhel je v normálu. Vysoké hodnoty komponent jsou způsobeny větší vahou pacienta.

6.3.5. Osoby nad 60 let

Tabulka 12: Naměřené hodnoty vybraných komponent u osob nad 60 let

	Věk	Výška	Hmotnost	TBW	LBM	BF	ECM	BCM	ECM/BCM	α
Jednotka	roky	m	kg	Kg	kg	kg	kg	kg		°
O1	60	1,53	66,00	40,90	55,80	10,20	23,80	32,00	0,74	7,20
O2	61	1,68	74,50	42,00	57,30	17,20	25,70	31,60	0,81	6,70
O3	69	1,64	66,70	41,60	56,80	9,90	26,80	30,10	0,89	6,20
O4	61	1,72	85,90	49,60	67,70	18,20	33,30	34,50	0,97	5,80
O5	60	1,77	80,90	52,80	72,10	8,80	32,80	39,30	0,83	6,60
O6	69	1,84	72,50	52,50	71,70	0,80	32,70	39,00	0,84	6,50
O7	61	1,90	83,60	55,80	76,30	7,30	35,60	40,70	0,87	6,30
O8	64	1,73	97,80	52,30	71,40	26,40	31,40	40,10	0,78	6,90
O9	61	1,75	86,40	52,40	71,60	14,80	30,00	41,50	0,72	7,40
O10	67	1,65	67,10	40,60	55,50	11,60	25,40	30,10	0,84	6,50
Průměr	63,3	1,72	78,14	48,05	65,62	12,52	29,75	35,89	0,83	6,61
σ	3,49	0,10	9,99	5,72	7,83	6,66	3,83	4,43	0,07	0,45

TBW = celková tělesná voda; LBM = tukuprostá hmota; BF = tělesný tuk; ECM = extracelulární hmota; BCM = celková buněčná hmota; ECM/BCM = poměr extracelulární a celkové buněčné hmoty; α = fázový úhel; O1-O10 = označení měřeného; σ = směrodatná odchylka

O1 – Většina hodnot odpovídá normálovým hodnotám. ECM je těsně pod hranicí normálu. ECM/BCM index a fázový úhel jsou nad úrovní normálu.

O2 – Většina hodnot odpovídá normálovým hodnotám. ECM/BCM index a fázový úhel jsou těsně nad hranicí normálu.

O3 – Všechny hodnoty jsou v normálu.

O4 – Většina hodnot se pohybuje těsně nad hranicí normálu. ECM/BCM index a fázový úhel jsou v normálu. BF dosahuje velmi vysokých hodnot a je jen těsně pod hranicí normálu.

O5 – Většina hodnot se pohybuje nad úrovní normálu. BF, ECM, ECM/BCM index a fázový úhel je normálu.

O6 – Většina hodnot se pohybuje nad úrovní normálu. ECM, ECM/BCM index a fázový úhel jsou v normálu. BF vykazuje velmi nízké hodnoty.

O7 – Většina hodnot se pohybuje nad úrovní normálu. BF, ECM/BCM index a fázový úhel jsou v normálu.

O8 – Většina hodnot se pohybuje nad úrovní normálu. ECM dosahuje normálových hodnot. Hodnoty ECM/BCM indexu a fázového úhlu vykazují hodnoty lepší než normálové. BF dosahuje velmi vysokých hodnot.

O9 – Většina hodnot je nad hranicí normálu. Hodnoty ECM a BF jsou v normálu. Hodnoty ECM/BCM indexu a fázového úhlu jsou na velmi dobré úrovni.

O10 – Všechny hodnoty jsou v normálu.

6.3.6. Porovnání kategorií

TBW

Tabulka 13: Hodnoty TBW v poměru k tělesné hmotnosti (hodnoty jsou uvedeny v %)

	Děti	Mládež	Dospělí	Sportující	Nad 60 let
1	70	66	57	62	62
2	48	71	67	64	56
3	67	66	65	56	62
4	70	67	64	62	58
5	69	66	55	59	65
6	62	66	59	55	72

7	60	56	61	60	67
8	67	64	59	60	54
9	63	71	63	61	61
10	66	61	61	59	61
Průměr	64,20	65,40	61,10	59,80	61,80
σ	6,29	4,20	3,53	2,60	5,02

1-10 = člen věkové kategorie; σ = směrodatná odchylka

Podle Kittnara (2011) se očekávalo, že TBW u dětí a mládeže bude vyšší než 60% tělesné hmotnosti, u dospělých se bude pohybovat okolo 60% a u osob nad 60 let okolo 50%. Zároveň se také předpokládalo, že u osob s vyšším množstvím tukové hmoty bude hodnota TBW nižší a u sportujících osob vyšší. U dětí a mládeže tyto hodnoty průměrně dosahovaly 64,20 a 65,40% tudíž se splnil předpoklad. U nespportujících dospělých činil průměr 61,10% a předpoklad se tedy také splnil. U sportujících dospělých se nesplnil předpoklad vyšších hodnot než u nespportujících dospělých. Osoby nad 60 let taktéž nesplnily teoretické předpoklady, očekávané hodnoty je překročily o 11,80%. Potvrdil se také předpoklad u osob s vyšším množstvím tuku, u nich bylo procentuální množství vody nižší než u ostatních členů dané kategorie.

LBM

Tabulka 14: Hodnoty LBM v poměru k celkové tělesné hmotnosti (hodnoty jsou uvedeny v %)

	Dospělí	Sportující
1	78	84
2	91	87
3	88	76
4	87	84
5	75	81
6	81	75
7	83	82
8	81	81

9	86	83
10	84	81
Průměr	83,42	81,49
σ	4,59	3,44

1-10 = člen věkové kategorie; σ = směrodatná odchylka

Podle Pastuchy (2014) by měly vyšších hodnot LBM dosahovat sportovci díky vyššímu množství svalové hmoty. Tento předpoklad nebyl naplněn, nesportující populace dosáhla vyšších hodnot LBM v poměru k celkové hmotnosti, než sportující populace. U sportující populace to bylo průměrně 81% tělesné hmotnosti a u nesportující 83% tělesné hmotnosti.

BF

Tabulka 15: Hodnoty BF v poměru k tělesné hmotnosti (hodnoty jsou uvedeny v %)

	Děti	Mládež	Dospělí	Sportující	Nad 60 let
1	3	9	22	16	15
2	34	3	9	13	23
3	8	10	12	24	15
4	4	8	23	16	21
5	6	9	25	19	11
6	15	9	19	25	1
7	18	24	17	18	9
8	8	13	19	19	27
9	14	3	14	17	17
10	10	16	16	19	17
Průměr	12,00	10,40	17,60	18,60	15,60
σ	8,66	5,87	4,78	11,84	70,50

1-10 = člen věkové kategorie; σ = směrodatná odchylka

U tělesného tuku se podle Dörhöfera a Pirlicha (2005) očekávaly u dětí a mládeže hodnoty mezi 13 a 21% tělesné hmotnosti a u dospělých a osob nad 60 let mezi 11 a 25%, u sportujících se očekávaly nižší hodnoty než u nesportujících. U dětí a mládeže byla většina hodnot nižší, než se předpokládalo,

jeden člen každé z kategorií dosáhl hodnot výrazně vyšších. Průměry hodnot těchto kategorií také nesplnily předpoklady. U dospělých a osob nad 60 let se hodnoty pohybovaly v předpokládaném rozmezí, výjimkou byl jeden člen kategorie osob nad 60 let. Nesplnil se předpoklad, že sportující budou mít nižší množství tuku, průměrně měli 18,60% a nespportující 17,60%.

ECM, BCM, ECM/BCM index

Podle Dörhöfera a Pirlicha (2005) by měly u dětí hodnoty ECM a BCM dosahovat přibližně 50% LBM a jejich index by se tedy měl pohybovat okolo 1. U dospělých by se pak hodnoty ECM měly pohybovat okolo 40% a BCM okolo 60% a jejich index by měl být mezi 0,7 a 0,8. U sportovců se pak očekávají vyšší hodnoty BCM a nižší ECM a jejich index okolo 0,6. Tyto předpoklady se vyplnily, u dětí byla průměrná hodnota ECM/BCM indexu 0,98, u mládeže 0,85, u sportujících 0,64, u nespportujících 0,85 a u osob nad 60 let 0,83.

Fázový úhel

U fázového úhlu se podle Dörhöfera a Pirlicha (2005) očekávaly hodnoty u dospělých okolo 6°, u sportujících nad 7,9°. Tento předpoklad se vyplnil, u nespportujících byly průměrné hodnoty 6,47° a u sportujících 8,17°.

6.4. Závěry výzkumné části

Při měření jsme zjistili, že velké množství měřených přesáhlo normálových hodnot vybraných komponent. Potvrdilo se velké množství teoretických předpokladů. U TBW se potvrdilo, že její hodnoty v poměru k tělesné hmotnosti u dětí a mládeže budou vyšší než u dospělých. V kategorii dospělých se splnil předpoklad, že se hodnoty budou pohybovat okolo 60%, nesplnil se ovšem předpoklad, že u sportujících budou tyto hodnoty vyšší než u nespportujících. U osob nad 60 let se nesplnil předpoklad, že se hodnoty TBW budou pohybovat okolo 50% tělesné hmotnosti. Splnil se také předpoklad, že osoby s vyšším množstvím tukové hmoty budou mít nižší hodnotu TBW. U LBM se nevyplnil předpoklad, že její hodnoty v poměru k tělesné hmotnosti budou vyšší u

sportujících dospělých než u nespportujících. BF u dětí a mládeže nesplnil předpoklady a byl nižší než se očekávalo, u dospělých a osob nad 60 let byl podle předpokladů. Nesplnil se ovšem předpoklad, že u sportujících dospělých bude tělesný tuk nižší než u sportujících. U hodnot ECM, BCM a ECM/BCM indexu se splnily všechny předpoklady, u dětí dosahovaly hodnoty ECM a BCM přibližně 50% LBM a index ECM/BCM byl tedy okolo 1. U dospělých se pak hodnoty ECM snížily a BCM zvýšily a tím klesl jejich poměr. U sportujících byl jejich poměr ještě výraznější. U fázového úhlu se také splnily předpoklady, u sportujících byl fázový úhel vyšší než u nespportujících. Důvodem nesplnění teoretický předpokladů u sportujících a nespportujících dospělých může být druh vykonávané sportovní aktivity, popřípadě špatné stravovací návyky, u TBW mohou být důvodem nižších hodnot u sportovců vyšší hodnoty tělesného tuku. Důvodem nízkých hodnot tělesného tuku u dětí může být sportovní aktivita nebo stravovací návyky. Důvodem vyšších hodnot TBW u osob nad 60 let může být sportovní aktivita členů této věkové skupiny. Výsledky našeho měření mohou být také ovlivněny malým vzorkem testovaných osob.

ZÁVĚRY

Hlavním cílem práce bylo vyhodnocení dat vybraných věkových skupin (dětí, mládež, nesportující dospělí, osoby nad 60 let). Nejdříve jsme porovnávali data naměřená pomocí metody bioelektrické impedance s daty, která jsou uvedena jako normálová pro měření touto metodou. Dále jsme pak vyhodnocovali, zda naměřené hodnoty splňují teoretické předpoklady pro dané věkové kategorie.

Při vyhodnocování jsme zjistili, že většina souboru dosáhla normálových hodnot vybraných komponent nebo tyto hodnoty překročila, tento jev se dá přičíst vyšší hmotnosti pacientů v měřeném souboru. Porovnávány byly komponenty TBW, LBM, BF, ECM, BCM, ECM/BCM index a fázový úhel. Překročení normálových hodnot u TBW, LBM a BCM se dá ve většině případů brát jako pozitivní jev. U překročení ECM záleží na hodnotě ECM/BCM indexu, pokud ECM přesáhne normálové hodnoty a ECM/BCM index zůstane v normálových hodnotách, dá se tento jev přičíst vyšší hmotnosti pacienta. Pokud ovšem ECM/BCM index vykazuje hodnoty horší, poukazuje tento jev na možnou nemoc pacienta. Když fázový úhel přesahuje normálové hodnoty, můžeme tento jev brát pozitivně, jedná se nejspíš o pacienta s dobrým nutričním stavem, který je fyzicky aktivní.

Při ověřování teoretických poznatků se jich velké množství potvrdilo. U TBW se potvrdilo u dětí, mládeže a dospělých, že se vzrůstajícím věkem její hodnota klesá, pouze u osob nad 60 let se tento předpoklad nesplnil, což mohlo být ovlivněno fyzickou aktivitou členů této kategorie. Dále se nesplnil předpoklad, že TBW bude vyšší u sportujících dospělých, což mohlo být zapříčiněno vyššími hodnotami tělesného tuku. U LBM se nepotvrdilo, že by u sportujících dospělých měla dosahovat vyšších hodnot než u nesportujících, tento výsledek může být ovlivněn druhem sportovní aktivity. BF u dětí a mládeže ve většině případů nedosahoval normálových hodnot, tento jev se může být následkem fyzické aktivity této kategorie. U dospělých a osob nad 60 let byly hodnoty BF

podle norem, nesplnil se ovšem předpoklad, že sportující budou mít méně tělesného tuku než nesportující, toto může být dáno druhem sportovní aktivity. U několika měřených tělesný tuk výrazně překročil normálové hodnoty, tento výsledek poukazuje na možnou obezitu. ECM/BCM index vykazoval předpokládané hodnoty u všech věkových kategorií. Hodnoty fázového úhlu byly také podle předpokladů. Výsledky měření mohly být ovlivněny malým vzorkem testovaných osob.

Při měření BIA jsme zjistili, že tato metoda najde své využití jak u sportovců, tak i u běžné populace. Pro sportovce jsou nejdůležitější hodnoty ECM/BCM indexu a fázového úhlu, díky kterým mohou zjistit kvalitu svalové hmoty a nutriční stav těla, což pomáhá při vyhodnocení účinnosti sportovního tréninku. U běžné populace se BIA využívá především k měření tělesného tuku a vyhodnocování jeho hodnot ve vztahu k obezitě.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

BUNC, V., 1999. *Závěrečná zpráva grantu 316/1997/C/FTVS*. [online]. [vid 4. 5. 2015]. dostupné z: http://www1.cuni.cz/cuni/ruk/gauk/zz1999/316_97-c.htm

DÖRHÖFER, R., PIRLICH, M., 2005. *The BIA Compendium*. 2. vyd. Darmstadt: Data input. [online]. [vid 4. 5. 2015]. dostupné z: <https://www.yumpu.com/en/document/view/13012439/the-bia-compendium-data-inputde>

ESTON, R., REILLY, T., 2009. *Kinanthropometry and Exercise Physiology Laboratory Manuals: Tests, Procedures and Data: Volume One: Anthropometry I*. [online]. [vid 4. 5. 2015]. dostupné z: <http://www.wata.cc/up/2012/05/files/w-3044e69684.pdf>

HEYMSFIELD, S., 2005. *Human body composition*. 2. vyd. Champaign: Human Kinetics. ISBN 978-0-7360-4655-8.

KITTNAR, O., 2011. *Lékařská fyziologie*. 1. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3068-4.

KYLE, U., 2004. *Bioelectrical impedance analysis – part 1: review of principles and methods*. [online]. [vid. 20. 4. 2015]. dostupné z: <http://www.nutritotal.com.br/diretrizes/files/77--BIA1%20Espan.pdf>

PASTUCHA, D., 2014. *Tělovýchovné lékařství: vybrané kapitoly*. 1. vyd. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4837-5.

PŘIDALOVÁ, M., 2014. *Kinanthropometrie pro TVS*. [online]. [vid. 20. 4. 2015]. dostupné z: http://iks.upol.cz/wp-content/uploads/2014/02/Pridalova_Kinanthropometrie.pdf

RIEGROVÁ, J., ULBRICHOVÁ., 1993. *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu (funkční příručka antropologie)*. 1. vyd. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého v Olomouci. ISBN 80-7067-307-9.

WANG, Z., HEYMSFIELD, S., PIERSON, R., 1992. *The five level model: a new approach to organizing body-composition research*. [online]. [vid. 20. 4. 2015]. dostupné z: <http://ajcn.nutrition.org/content/56/1/19.long>

WHO, 2008. *Waist circumference and Waist-Hip Ratio: Report of a WHO expert consultation, Geneva, 8-11 December 2008*. Geneva: World Health Organisation. [online]. [vid. 20. 4. 2015]. ISBN 978-9-4-150149-1. dostupné z: http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241501491_eng.pdf