

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

**DISTRIBUCE TUKOVÉ TKÁNĚ U DĚTÍ  
PŘEDŠKOLNÍHO VĚKU- SROVNÁVACÍ STUDIE**

AUTOREFERÁT DISERTAČNÍ PRÁCE

Vedoucí disertační práce:

Prof. MUDr. Ivan Dylevský, DrSc.

Autor:

Mgr. Dominika Petřů

Praha, 2014

## **Abstrakt**

Disertační práce poskytuje podklady o distribuci subkutánní tukové tkáně u dětí v předškolním /5- 6 let, n=141/ a mladším školním věku /8- 9 let, n=137/ v Ústeckém kraji. Popisuje a hodnotí dětské tělo vybranými antropometrickými parametry, kaliperací, bioelektrickou impedanční analýzou /BIA/ a selektivní vzorek /n=31/ ultrasonografií /UZ/. Zjistili jsme zvýšenou distribuci tukové tkáně u staršího souboru s koncentrací v oblasti abdominální a vyšší reliabilitu kaliperační techniky oproti BIA vzhledem k referenčnímu UZ vyšetření.

**Klíčová slova:** subkutánní tuk, kaliperace, bioelektrická impedanční analýza, ultrasonografie

## **Abstract**

The dissertation provides information about the distribution of subcutaneous adipose tissue in preschool-aged /5-6 years, n=141/ and younger school-aged children /8-9 years, n=137/ in the Ústí region. In this review, we describe and evaluate the child's body with anthropometric parameters, skinfold, bioelectrical impedance analysis and selected sample /n=31/ with ultrasonography. We found an increased distribution of adipose tissue in older file with a concentration in the abdominal area and a higher reliability of skinfold than the BIA, considering the ultrasound examination.

**Key words:** subcutaneous fat, skinfold, bioelectrical impedance analysis, ultrasonography

## OBSAH

ÚVOD.....	4
1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA.....	5
1.1 Přeměna látek a energií, energetická bilance.....	5
1.2 Tuková tkáň a distribuce.....	6
1.3 Metody hodnocení distribuce tukové tkáně.....	6
2 CÍLE, VĚDECKÁ OTÁZKA A ÚKOLY PRÁCE.....	7
3 HYPOTÉZY.....	8
4 METODIKA.....	9
4.1 Charakteristika souboru.....	9
4.2 Charakteristika metod.....	9
4.3 Charakteristika šetření, sběru a analýzy dat.....	14
5 VYBRANÉ VÝSLEDKY.....	15
5.1 Referenční údaje a základní antropometrie.....	15
5.2 Kaliperace.....	16
5.3 Bioelektrická impedanční analýza.....	16
5.4 Ultrasonografické šetření.....	18
5.5 Reliabilita vybraných metod.....	20
6 DISKUZE.....	21
7 ZÁVĚRY.....	23
REFERENCE.....	24

## ÚVOD

Vzhledem k závažnosti problematiky nadváhy a obezity jsme se rozhodli poskytnout materiál o distribuci tukové tkáně se zaměřením na věkovou kategorii předškolních dětí ve srovnání s probandy mladšího školního věku. Nadváha a obezita se dle Světové zdravotnické organizace /World Health Organization/ (WHO, 2007) rozšiřuje a týká se čím dál častěji mladších věkových skupin. Dokladuje to také VI. Celostátní antropologický výzkum (Vignerová & Bláha, 2001). Adipozita se objevuje již v předškolním věku a proto je potřeba přispět k řešení této problematiky a zaměřit se na dostupné metodiky hodnocení. Je podmíněna nejen geneticky, ale především nesprávným životním stylem /dietní chyby, hypokinéza, ad./. Kromě psychického dopadu /sebepojetí, sebevědomí/ s sebou nese zásadní zdravotní důsledky. Jedinci s nadváhou a obezitou zatěžují především kardiovaskulární systém a pohybový aparát. Odpovědí na vyšší koncentraci tuků ve stravě a v lidském těle mohou být aterosklerotické a metabolické změny, osteoporóza a mnoho dalších onemocnění (Griffin, 2013; Hainer et al., 2011; Prado et al., 2012; Žák et al., 2011).

Jako preventivní opatření slouží také metody hodnocení distribuce tukové tkáně. Kromě jednoduchých a užívaných proměnných /Body mass Index, BMI a kaliperace/ prezentuje materiál metodu Bioelektrické impedanční analýzy /BIA/. V posledních několika letech jsme se setkali také se specifickou formou ultrasonografického hodnocení distribuce tuku, v oblasti intra-abdominální (př. Prado et al., 2012; Rolfe et al., 2013), jako prediktoru možných kardiovaskulárních patofyziologických jevů. Tuto metodu jsme pro šetření zvolili jako „zlatý standard“ pro ověření reliability bioelektrické impedanční analýzy a kaliperace.

Následný odborný materiál poskytuje ucelený pohled, vyplývající ze současných odborných názorů s následnou implementací a má posloužit laické i odborné veřejnosti přispěním k problematice hodnocení celkové i lokální distribuce tuku u dětí. Výsledky šetření přispějí k omezenému množství dostupných odborných podkladů o distribuci tuku především u kategorie dětí předškolního věku. Distribuce, především ve smyslu tělesného rozložení, je v dostupných zdrojích velice sporá. Odborný text čerpá z původních starších, platných a uznávaných výstupů se syntetizujícími informacemi nejnovějších dostupných recenzovaných článků a monografií, popř. elektronických stránek celosvětových organizací. Pro formální

úpravu a členění naší práce naší práce jsme vycházeli z norem ČSN ISO 7144 Dokumentace- Formální úprava disertací a podobných dokumentů (Český normalizační institut, 1996), ČSN 01 6910 Úprava písemností zpracovaných textovými editory (ČNI, 2007) a doporučení Americké psychologické společnosti (American Psychological Association, 2010). Při práci s informačními zdroji jsme vycházeli z normy APA /6<sup>th</sup> edition/ (APA, 2010).

## 1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA

### 1.1 Přeměna látek a energií, energetická bilance

Metabolismus na buněčné úrovni lze prezentovat následně. Buňky jsou chápány jako otevřené systémy /tok látek, energie/, ve kterých dochází k dynamické rovnováze, ustálenému bioenergetickému stavu. Pro člověka je základním předpokladem metabolismu a bioenergetiky respirace (Glaser, 2012; Institute of Molecular Genetics /IMG/, n.d.). Pro buněčný metabolismus vycházíme dle Silbernagl & Despopoulos (2004) z 1. a 2. věty termodynamické, kde energie [J, cal] je schopnost buněčného systému vykonávat práci  $W$  [J] a předpokladem pro práci je existence tzv. potencionálního rozdílu. U chemických reakcí se podílí na potencionálním rozdílu změna tzv. volné entalpie  $\Delta G$  [J. mol<sup>-1</sup>], kde mol vyjadřuje množství látky potřebné k fungování organismu (Glaser, 2012; Silbernagl & Despopoulos, 2004). Přírodním zdrojem energie organismu jsou makroergní vazby kyseliny fosforečné s dalšími organickými látkami. Jednou z forem primární energie lidského organismu, téměř universálním nosičem a přenašečem volné entalpie v organismu je z makronutrientů transformovaný adenosintrifosfát /ATP/ (Guo et al., 2012; Silbernagl & Despopoulos, 2004).

Energetická bilance lidského těla jako homeostatického systému je dána poměrem energie, uvolněné během metabolických pochodů. Vzniklá energie pokrývá veškeré probíhající děje v organismu. Množství tělesného tuku v lidském organismu je dáno poměrem energetického příjmu a výdeje. Energetická bilance je důležitá pro zachování stálého podílu tukové tkáně. Krátkodobě působící pozitivní energetická bilance aktivuje u zdravých jedinců fyziologické regulační mechanismy,

kteřé brání zvýšení hmotnosti. U jedinců s určitou genetickou dispozicí jsou tyto regulační mechanismy porušeny a vede k hromadění tukových zásob a vzestupu hmotnosti (Kytnarová, 2002; Máček & Radvanský, 2011). Metaanalýzy zdůrazňují výši celkového energetického výdeje jako další rozhodující faktor hromadění triglyceridů v adipocytech či vznik nových adipocytů a bytnění tukové tkáně (Hainer et al., 2011).

## 1.2 Tuková tkáň a distribuce

Vzhledem k vlastnímu zaměření materiálu popisujeme bílý typ tukové tkáně. Tato tkáň je žlutě zabarvená homogenní tkáň s mastně lesklou texturou na povrchu a dělená tenkými septy. Tyto tenké pláty zpevňují lokalitu a podporují efektivitu mechanické ochrany. Buňky /adipocyty/ jsou sférického tvaru s velkými lipidovými vakuolami /obr. 1/. Triglyceroly adipocytů slouží jako zásoba tuku (Brooks & Perosio, 2007; Stejskal, 2009). Vzhledem k úvaze tukové tkáně jako endokrinního orgánu, schopného vyrábět biologicky účinné látky, bereme v úvahu jeho roli v regulaci energetického metabolismu. Základními metabolickými aktivitami jsou lipogeneze /syntéza mastných kyselin a ukládání/ a lipolýza /mobilizace a hydrolýza triglyceridů/(Proença et al., 2014).

Nadměrná distribuce a bytnění tukové hmoty v lidském organismu je multifaktoriálním problémem. Dochází k ní primárně prostřednictvím pozitivní energetické bilance, která dnes patří mezi nejčastější metabolické poruchy. Následná adipozita se stává světovým problémem u stále mladších jedinců (WHO, 2007). Následující kapitola by měla přiblížit zvolené metody hodnocení distribuce tukové tkáně.

## 1.3 Metody hodnocení distribuce tukové tkáně

Nejčastější a nejjednodušší cestou hodnocení distribuce tuku a jeho vývoje bývá výškovo-váhový parametr, Body mass index [ $\text{kg}/\text{m}^2$ ]. Obvodové parametry a kaliperační technika mohou odhalit a porovnat množství subkutánní vrstvy tuku s vytvořenými standardy (SZÚ, 2008; WHO, 2007). Při kaliperaci se podílí na výsledné tloušťce kožní řasy také specifické elasto-mechanické parametry sledované tkáňové struktury. Standardizaci zajišťuje konstance přítlaku zvoleného typu kaliperu a přesnost je zaručena zkušenostmi testující osoby.

V biomedicínském prostředí je hojně užívána bioelektrická impedanční analýza k měření nejen procentuálního množství tukové hmoty v organismu. Biofyzikální principy BIA široce popisujeme v disertační práci. Vyplývá z nich velké množství faktorů, které mohou narušit reliabilitu a validitu výsledného podílu celkového tuku (Grimnes, Martinsen, 2008; Patel, Peterson, Silverman, & Zarowitz, 1996; Preedy, 2012; Růbal, 2012; Webster, 1998; ad.).

Referenční metodou pro ověření kaliberační techniky a BIA bude ultrasonografické hodnocení distance subkutánního tuku. U této velice přesné metody hraje roli jeden významný faktor, který může narušit reliabilitu a validitu. Jde o možné deformační působení sondy bez konstantního přitlaku.

## 2 CÍLE, VĚDECKÁ OTÁZKA, ÚKOLY PRÁCE

### *Cíle*

Cílem studie je hodnocení a identifikace rozdílů distribuce tukové tkáně u dětí předškolního a mladšího školního věku, prostřednictvím základních antropometrických parametrů, kaliperace, BIA a UZ u selektivního souboru.

Dílními cíli disertační práce je ověření reliability BIA vzhledem k UZ šetření a analytický experiment vlivu přitlaku lineární sondy u UZ hodnocení na tloušťku subkutánního tuku *in vivo*.

### *Vědecká otázka*

Existují rozdíly v distribuci tukové tkáně u dětí předškolního a mladšího školního věku?

### *Úkoly práce*

1. Rešerše dostupné literatury a dalších dostupných zdrojů.
2. Konkretizace cílů, vědecké otázky, úkolů a hypotéz práce.
3. Výběr souborů dětí předškolního a mladšího školního věku.
4. Příprava a realizace výzkumného šetření.
5. Zpracování získaných a experimentálních výsledků.
6. Interpretace výsledků.
7. Formulace závěrů.

### 3 HYPOTÉZY

H1: *Předpokládáme statisticky významně nižší BMI u souboru předškolních dětí ve srovnání se souborem dětí mladšího školního věku.*

Tato hypotéza vychází z celosvětového (WHO, 2007) i českého trendu zvyšování hodnoty BMI [kg/ m<sup>2</sup>] s věkem (SZÚ, 2008).

H2: *Předpokládáme, že hodnota BMI významně koreluje s lokální distribucí tuku vyjádřenou součtem kožních řas kaliperací a celkovou distribucí tuku měřenou bioelektrickou impedanční analýzou.*

Vzhledem ke zmíněným tvrzením z teoretické části práce, kde popisujeme možné odchylky distribuce tuku od klasifikace BMI, předpokládáme, že u dětí nedochází k výskytu nesymetrického podílu dalších komponent těla /svalová hmota, tělesná voda/ a index koreluje s celkovou distribucí tuku.

H3: *Předpokládáme statisticky významně nižší distribuci tuku u souboru předškolních dětí než u souboru dětí mladšího školního věku hodnocenou kaliperací a UZ.*

Tento předpoklad vychází jak ze zmíněného trendu zvyšující se distribuce tuku (SZÚ, 2008), tak ze stanovených institucionálních režimů mateřských a základních škol.

H4: *Předpokládáme stabilitu testu nižší než  $r = 0,90$  v hodnocení reliability bioelektrické impedanční analýzy opakovaným testováním dle stupnice Zaciorskij (1981).*

Velice vysokou realibilitu prezentuje studie Bosy-Westphala, et al. (2013), která uvádí přesnost 0,94- 0,98. Dostupná monografie Allison & Baskin (2009, p. 506) uvádí reliability BIA v rozmezí 0,93- 0,96, avšak některé další studie upozorňují na nižší přesnost (Aantstand, Holtberget, Hageberg, Holme, & Anderssen, 2014; Peterson, Repovich, & Parascand, 2011), atakující hranici dokonce  $r = 0,55$  (Peterson et al., 2011, p. 176, 177). Na základě široké škály faktorů, které analýzu mohou ovlivnit, jsme stanovili spodní hranici „dobré“ reliability dle limitu Zaciorskij (1981).



## 4 METODIKA

Tato část práce popisuje specifika použitých metodik a zahrnuje prezentaci experimentálního měření subkutánního tuku prostřednictvím přídatné konstrukce siloměru na lineární sondu UZ přístroje.

### 4.1 Charakteristika souboru

Problematika náhodného výběru vzdělávacích institucí byla řešena na základě sítě losovaných mateřských a základních škol Ústeckého kraje se zaměřením na spádové obce se statutem města /n=59/ a počtem obyvatel vyšším než 50 tisíc /n=5/. Vlastní výzkumné šetření zahrnuje celkem 278 dětí předškolního /n=141/ a mladšího školního věku /n=137/ jednotného etnika v Ústeckém kraji /tab. 1/.

Tab. 1

Vybrané věkové kategorie a četnosti

	<b>5- 5,99 let</b>	<b>6- 6,99 let</b>	<b>8- 8,99 let</b>	<b>9- 9,99 let</b>
	<b>n /%/</b>	<b>n /%/</b>	<b>n /%/</b>	<b>n /%/</b>
<b>Chlapci n /%/</b>	39 /14/	36 /12,9/	35 /12,6/	37 /13,3/
<b>Dívky n /%/</b>	34 /12,2/	32 /11,5/	28 /10,1/	37 /13,3/
<b>Celkem n /%/</b>	73 /26,3/	68 /24,5/	63 /22,7/	74 /26,6/
<b>Celkem n /%/</b>	141 /50,7/		137 /49,3/	

### 4.2 Charakteristika metod

Přehled vybraných metod s četnostmi zapojených probandů poskytuje tabulka 2. U všech měření jsme postupovali standardizovaně. Použité přístroje byly kalibrovány a zainteresované osoby poučeny o dodržení daných pravidel.

Tab. 2

Výběr hodnocených parametrů a metodik dle věkových kategorií

	<b>5- 5,99</b>	<b>6- 6,99</b>	<b>8- 8,99</b>	<b>9- 9,99</b>
	<b>let /n/</b>	<b>let /n/</b>	<b>let /n/</b>	<b>let /n/</b>
<b>Referenční údaje</b>	73	68	63	74
/věk, pohlaví/				
<b>Základní antropometrie</b>	73	68	63	74
/tělesná výška, tělesná hmotnost, 4 tělesné obvody: hrudníku, paže, břicha a stehna/				
<b>Kaliperace</b>	73	68	63	74
/3 řasy: subscapulární, suprailiacální, tricipitální/				
<b>BIA</b>	—	68	63	74
/% tělesného tuku/				
<b>Ultrasonografie</b>	—	<b>15</b>	<b>7</b>	<b>9</b>
/3 řasy: subscapulární, suprailiacální, tricipitální/				

Note. Změna četnosti souboru zvýrazněna.

### *Referenční údaje a základní antropometrie*

Základní antropometrická data byla zjišťována u všech vyšetřovaných /n=278/ dle metodiky Kohlíkové (2006), Riegerové & Ulbrichové (1998) a National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES, 2007). Zaměřili jsme se na následující charakteristiky:

a/ data narození a pohlaví jako referenční údaj,

b/ tělesnou výšku  $V$  [cm] po vertex pomocí nástěnného metru a pevného trojúhelníku, s přesností na 0,5 cm

c/ tělesnou hmotnost  $m$  [kg] na kalibrované digitální váze zn. Soehnle s kontrolou přesnosti příkládáním závaží o různé hmotnosti

a vybrané tělesné obvody pomocí krejčovského metru s přesností na 0,5 cm a odečítané na levé straně těla kvůli možnému vyhranění laterality a dominance:

- d/ obvod hrudníku po klidném exspiru, v horizontální rovině ve výši bradavek
- e/ obvod břicha, v horizontální rovině ve výši pupku
- f/ obvod paže střední /mezi nadpažkem a okovcem/ v mírné flexi
- g/ obvod stehna střední /v poloviční vzdálenosti mezi velkým chocholíkem a laterálním epikondylem stehenní kosti/ opět v mírné flexi.

### *Kaliperace*

K hodnocení tloušťky kožních řas byl použit Bestův kaliper /zapůjčený Katedrou tělesné výchovy a sportu Pedagogické fakulty Univerzity Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem/ se standardizovaným přitlakem 200 g /2 N/. Dle metodiky Kohlíkové (2006), Krásničanové (1998) a Riegerové & Ulbrichové (1998) jsme zjišťovali tloušťku tří kožních řas:

- a/ suprailiaca /nad trnem kosti kyčelní, diagonálně/,
- b/ subscapula /pod dolním úhlem, diagonálně/ a
- c/ triceps /horizontálně/

Pro srovnání výsledků odečtem kožních řas a bioimpedance jsme použili odhadovou rovnici pro výpočet procentuálního množství tělesného tuku ze dvou kožních řas dle SZÚ (2008):

a/ pro chlapce ve tvaru:

$$„\% \text{ tuku} = 0,735 \cdot (\text{triceps [mm]} + \text{scapulare [mm]}) + 1,0“$$

b/ pro dívky ve tvaru:

$$„\% \text{ tuku} = 0,610 \cdot (\text{triceps [mm]} + \text{scapulare [mm]}) + 5,1“$$

### *Bioelektrická impedanční analýza*

K hodnocení metodou BIA, jsme využili tetrapolární, multifrekvenční Bodystat typu 1500 MDD. Pro zajištění optimálního průchodu elektrických signálů tkáněmi byly použity jednorázové samolepící elektrody BioTabs. Tuto metodu jsme použili u

souboru dětí starších 6 let dle nastavené predikční rovnice (Bunc, Keller, Zahálka, Dlouhá, & Moravcová, 1999):

a/ pro chlapce ve věku 6-10 let ve tvaru:

$$„\%tuku = 39,2649 - 5,4577 * \text{věk(rok)} - 9,2044 * \text{výška}^2(m) + 0,4177 * \text{hmotnost(kg)} + 0,0442 * \text{BIA(Ohm)}“,$$

b/ pro děvčata ve věku 6-10 let ve tvaru:

$$„\%tuku = 14,6812 - 0,1105 * \text{věk(rok)} + 0,5938 * \text{hmotnost(kg)} - 4,9063 * \text{výška}^2(m) * \text{BIA-1 (kOhm)}.“$$

### *Hodnocení reliability*

Reliabilita bioelektrické impedanční analýzy byla hodnocena aspektem stability testu v čase a ukazuje na stupeň shody opakovaných měření. Pro výpočet stability testu jsme použili vzorec (Zaciorskij, 1981).

$$r_{xy} = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{[n(\sum x_i^2) - (\sum x_i)^2][n(\sum y_i^2) - (\sum y_i)^2]}}$$

kde  $r_{xy}$  = koeficient stability,  $x$  = hodnota 1. měření a  $y$  = hodnota 2. měření.

Ekvivalence jako další z aspektů reliability lze v tomto případě uplatnit. Studie se opírá o lineární transformaci skóre různých verzí testu na škálu srovnatelných hodnot. Data se převádějí na tzv. „z- skór“. Hodnoty naměřené pomocí kaliperace /součet řas/ a BIA /% celkového tělesného tuku/ jsme vztáhli k UZ metodě /součet řas/. Hodnoty z-skóru vypočtené pro kaliperační metodu a BIA by se měly co nejvíce rovnat z-skóru UZ vyšetření. Zvolená data jsme dosadili do vzorce (Downing & Yudkowsky, 2009, p. 95):

$$z = \frac{x_i - x}{SD},$$

kde  $x_i$  = skóre,  $x$  = průměrné skóre skupiny,  $SD$  = směrodatná odchylka skóre skupiny.

## *Ultrasonografie*

Tento typ hodnocení distribuce podkožní tukové tkáně proběhl u selektivního souboru dětí. Použili jsme SonixTablet zn. Ultrasonix vhodný pro terénní šetření pořízený rozvojovým projektem MŠMT 2012, č. p. IRP/2, „*Laboratoř pro hodnocení vlivu pohybu na zdraví člověka*“. Experiment i měření selektivního souboru dětí se zaměřuje na distanci epidermis- svalová fascie za použití lineární sondy ve 2D zobrazení a B-módu do hloubky 4 cm, frekvenci 10 MHz, se střední mírou odstraňování šumu.

### *Experiment*

Tuto metodu jsme doplnili o experiment silového působení na kožní řasu a její následné míry deformace. Vzhledem k počínajícímu ultrasonografickému výzkumu abdominálního výskytu tukové tkáně, jsme považovali vybraný experiment za podstatný, ukazující na reálné zkreslení výchozích dat určitým přítlakem. Přesná tělesná lokalita experimentu byla vybrána s ohledem na objevující se studie (Rolfe et al., 2013; Prado et al., 2012). Siloměr je tvořen dvěma šestihrannými trubicemi rozdílného průměru a pružinou. Stupnice s hodnotami síly přítlaku byla stanovena na základě zkušebního přítlaku na laboratorních vahách, po připevnění sondy k siloměru. Námí vytvořená konstrukce /obr. 1/ umožňuje zobrazení podkožních struktur při působení síly přítlaku 3- 6 Newtonů. Tloušťka abdominální vrstvy tuku byla hodnocena ve středu spojnice xiphoid- umbiculus jako vzdálenost mezi linea alba- epidermis v transversální rovině.



*Obr. 1* Experimentální konstrukce siloměru

## Hodnocení subkutánního tuku

Po realizaci pokusu jsme se zaměřili na měření distance epidermis- svalová fascie třech tělesných lokalit, totožných s kaliperovanými místy /suprailiaca, subscapula a triceps/, avšak odečítající kožní řasu jednosměrně, s minimálním možným přítlakem. Byla odečtena reálná vzdálenost vybraných struktur /obr. 2/.



Obr. 2 Zobrazení distance epidermis-fascie tricpitální kožní řasy

### 4.3 Charakteristika šetření, sběru a analýzy dat

Na základě směrnice děkana PF UJEP č.5/2013 jsme požádali o vyjádření Etické komise PF UJEP. Ke dni 11. 11. 2013 jsme získali souhlasné stanovisko k realizaci projektu, prezentované pod jednacím číslem 1/2013/1 (PF UJEP, 2013).

Všechny vyšetřovací metody byly u jednoho subjektu aplikovány v rozsahu maximálně 24 hodin. Všechna šetření probíhala před koncem školního roku. Časový interval šetření se konal v rozsahu let 2010- 2014. Záznam všech naměřených údajů

proběhl do připravených protokolů za pomoci asistenta-zapisovatele a poté přepsán do listů aplikace MS Office. Základní statistické veličiny /směrodatná odchylka, průměr/ jsme získali v MS Office 2003 a kontrolovali softwarem Statistica verze 6.0, kde jsme volili také pokročilejší formy výpočtů /korelace, významnosti/. Reliabilita /koeficient stability a z-skór/ byla počítána ručně s následným ověřením. Výsledná data prezentujeme formou obrázků a tabulek, u vybraných uvádíme hladinu statistické významnosti. K ověření dat byl použit Pearsonův Chí-kvadrát test.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

kde  $n$  = četnost souboru,  $O_i$  = pozorovaná frekvence a  $E_i$  = předpokládaná frekvence

## 5 VYBRANÉ VÝSLEDKY

Data jsou v této kapitole prezentována v průměrných hodnotách  $\pm$ směrodatná odchylka /SD/ vždy v pořadí soubor předškolních dětí, mladších školních dětí, popř. srovnání obou souborů a dat vlastního šetření s dalšími studiemi, uvádíme za předpokladu dostupnosti, při použití identického postupu a principu přístrojové analýzy. Kapitola vystihuje pouze výběr nejvýznamnějších údajů.

### 5.1 Referenční údaje a základní antropometrie

Z referenčních údajů prezentujeme hodnotu BMI. Předškolní soubor / $n=141$ / dosahoval  $15,4 \pm 1,8$  a školní / $n=137$ /  $17,0 \pm 3,0$  kg/m<sup>2</sup>. Statistický významný rozdíl byl zjištěn mezi školními chlapci a dívkami ( $p < 0,001$ ). Dívky dosáhli hodnoty BMI  $17,3 \pm 3,3$  a chlapci  $16,7 \pm 2,8$  kg/m<sup>2</sup>. Tabulka 3 prezentuje výrazné zvýšení distribuce tuku u dětí mladšího školního věku vzhledem k vybraným standardům.

Tab. 3

Hodnoty BMI vlastního šetření ve srovnání s celostátním a světovým standardem

	Věk [roky]	Vlastní Šetření	Celostátní standard (SZÚ, 2008)	Světový standard (WHO, 2007)
<b>Chlapci</b>	5,0- 6,9	15,4	15,4	15,3
	8,0- 9,9	16,7	16,0	16,0
<b>Dívky</b>	5,0- 6,9	15,2	15,2	15,3
	8,0- 9,9	17,3	16,0	16,1

Dle BMI jsme zachytili zvýšenou distribuci tukové tkáně, charakterizovanou jako nadváhu a obezitu, u mladšího souboru ve 25,4 %, staršího ve 49,3 % případech.

## 5.2 Kaliperace

Kaliperací jsme zjistili u probandů předškolního věku tloušťku u suprailiacální řasy  $4,7 \pm 3,6$  mm, subscapulární  $5,7 \pm 4,2$  mm, tricipitální  $8,9 \pm 3,1$  mm. Na minimální hladině  $p < 0,05$  vykazují oba soubory statisticky významné rozdíly. Starší soubor charakterizuje tloušťka suprailiacy  $10,4 \pm 8,1$  mm, subscapuly rovněž  $10,4 \pm 7,7$  mm a tricepsu  $13,4 \pm 7,0$  mm. Celkově se dá popsat mladší soubor z hlediska distribuce tuku v oblasti trunkální méně tučný. Oproti tomu starší soubor je ve všech sledovaných parametrech adipóznější. Nejvýraznější difference detekujeme u suprailiacální a subscapulární kožní řasy. Rozdíl často nabývá až dvojnásobných hodnot.

## 5.3 Bioelektrická impedanční analýza

Vzhledem k dostupnosti predikční rovnice uvádíme data pouze subjektů od 6 let / $n=205$ /. Bioelektrickou impedanční analýzou bylo zjištěno celkové množství tuku u předškolního souboru  $22,0 \pm 6,4$  % / $n=68$ /. U chlapců / $n=36$ / jsme naměřili nižší hodnotu  $21,6 \pm 6,1$  % než u dívek / $n=32$ /  $22,5 \pm 6,6$  %. U starších probandů / $n=137$ / jsme naměřili  $21,4 \pm 8,4$  % celkového tělesného tuku. Genderově charakterizuje množství tukové tkáně u chlapců hodnota  $19,1 \pm 7,5$  % a u dívek  $24,1 \pm 8,6$  %. Oproti mladšímu souboru se tedy vytváří značný pohlavní rozdíl v celkové distribuci tuku. U chlapců se množství výrazněji snižuje a u dívek zvyšuje /tab. 4/.



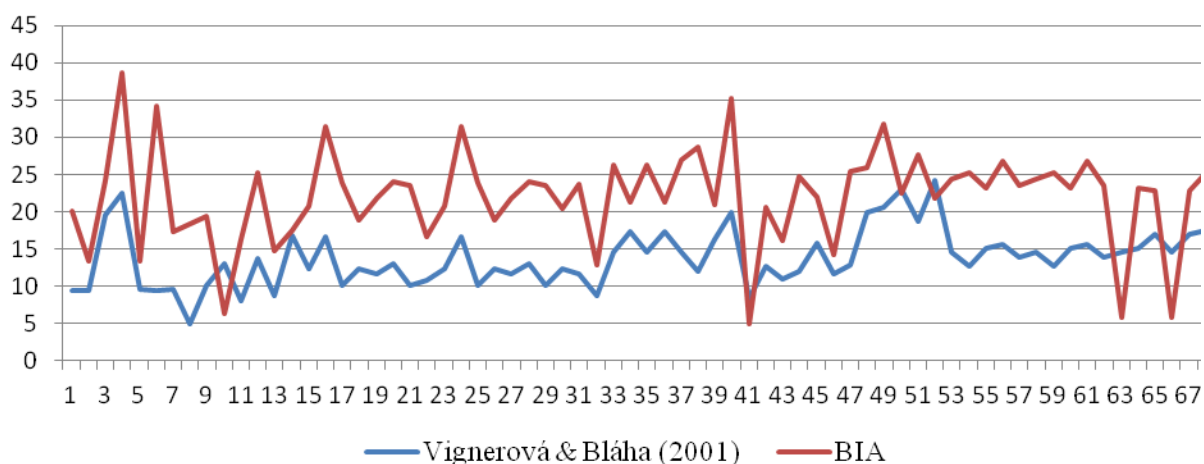
Tab. 4

Srovnání celkového množství tuku dle kaliperace a BIA

	<b>Věk</b> /roky/	<b>Kaliperace</b> množství tuku /%/	<b>BIA</b> množství tuku /%/
<b>Chlapci</b>	5,0- 5,9	12,4±3,5	—
	6,0- 6,9	12,3±3,6	21,6±6,2
<b>Celkem</b>	5,0- 6,9	12,4±3,5	—
<b>Dívky</b>	5,0- 5,9	17,6±5,3	—
	6,0- 6,9	15,4±3,4	22,5±6,7
<b>Celkem</b>	5,0- 6,9	16,5±4,5	—
<b>Předškolní soubor</b>	5,0- 5,9	14,8±5,1	—
	6,0- 6,9	13,8±3,8	22,0±6,4
	5,0- 6,9	14,3±4,5	—
<b>Chlapci</b>	8,0- 8,9	17,7±7,8	18,4±6,7
	9,0- 9,9	18,0±7,8	19,7±8,2
<b>Celkem</b>	8,0- 9,9	17,9±7,7	19,1±7,5**
<b>Dívky</b>	8,0- 8,9	21,0±11,0	21,1±9,2
	9,0- 9,9	24,9±9,1	26,3±7,5
<b>Celkem</b>	8,0- 9,9	23,2±10,0	24,1±8,6**
<b>Školní soubor</b>	8,0- 8,9	19,2±9,0	19,6±7,9
	9,0-9,9	21,4±9,3	23,0±8,5
	8,0- 9,9	20,4±9,3	21,4±8,4

Note. \*\*Pearsons Chi-square test (p<0,001).

Soubor dětí starších 6 let hodnocený kaliperací disponuje 17,3 % tukové tkáně a dle BIA 22,0 %. Studie Bugža et al. (2012, p. 107), která vztahovala BIA a kaliperaci k referenční metodě vychází výsledky kaliperace o 7,8 % nižší a BIA o 2,3 % nižší (p< 0,001). Průměrný rozdíl metod je tedy srovnatelný s vlastním výzkumem. Výsledky obou metod u souboru 6-letých vykazují značné rozdíly. Z obrázku 3 můžeme vysledovat výrazné podhodnocení množství tuku dle výpočtu kaliperanční rovnicí (Vignerová & Bláha, 2001) u převážné části předškolního souboru.



Obr. 3 Procentuální množství celkového tělesného tuku u předškolních dětí

Vlastní studie zaznamenala nárůst tukové tkáně ve školním období a také přibývajícím počtem adipózních jedinců, zejména prepubescentních děvčat dle tabulky 5.

Tab. 5

Srovnání celkového množství tuku hodnocené BIA

	Věk /roky/	Tuk	Nadváha	Obezita	Tuk Nadváha Obezita (Bunc, 2005)		
		/%/	/%/	/%/	/%/	/%/	/%/
<b>Chlapci</b>	6,0- 6,9	21,6	30,6	11,1	22,4	15,0	8,0
	8,0- 8,9	18,4	8,6	8,6	20,4	16,2	8,6
	9,0- 9,9	19,7	0	16,2	20,1	16,8	9,4
<b>Dívky</b>	6,0- 6,9	22,5	53,1	9,4	24,5	16,0	8,0
	8,0- 8,9	21,1	28,6	10,7	22,8	16,8	8,7
	9,0- 9,9	26,3	21,6	43,2	22,3	17,0	9,6

#### 5.4 Ultrasonografické šetření

##### *Experiment*

Vlastní experiment /n=7/ poskytl hodnoty charakterizující distanci epidermis- linea alba s určitým přítlakem [N] dle tabulky 6. Největší deformaci jsme zaznamenali při porovnání tloušťky subkutánního tuku s minimálním možným přítlakem a při silovém působení 3 Newtonů /300 g/. Rozdíl těchto průměrných hodnot činil 30,1 %. U probanda č. 3 s nejnižší distribucí tuku ve sledovaném segmentu, jsme zazna-

menali deformaci pouze o 20,7 %. U probanda č. 7, s nejvyšší tělesnou hmotností, jsme ve sledovaném segmentu zaznamenali hodnotu dokonce o 38,2 % nižší.

Tab. 6

Měření tloušťky subkutánního tuku v abdominální oblasti při tlakovém působení

<b>Proband č.</b>	<b>S min. přítlakem [mm]</b>	<b>3 N [mm]</b>	<b>4 N [mm]</b>	<b>5 N [mm]</b>	<b>6 N [mm]</b>
1	18,3	14,6	13,3	12,7	12,5
2	13,9	8,8	7,9	7,7	6,5
3	3,4	2,7	2,7	2,7	2,2
4	8,8	5,9	5,5	5,3	5,3
5	20,1	14,2	13,3	12,6	12,0
6	4,7	3,5	3,1	3,1	3,1
7	16,9	10,5	9,9	8,7	8,2

#### *Hodnocení distribuce tuku u selektivní skupiny*

Výsledky měření subkutánního tuku ultrasonografií u selektivního souboru /n=31/ tvořilo 15 dětí předškolního věku a 16 dětí mladšího školního věku. Jednostranné vyšetření subkutánní tukové vrstvy UZ zobrazením a oboustranné hodnocení řasy s konstantním přítlakem prokázalo distance, prezentované tabulkou 7. Můžeme konstatovat značné diference v hodnocení metodou BIA. Ta poukazuje na zvýšenou distribuci tuku u mladšího souboru, zatímco UZ vyšetření a kaliperační technika upozorňují na opačnou situaci.

Tab. 7

Přehled vybraných ukazatelů distribuce tuku u selektivního souboru

	<b>Kaliperace [mm]</b>			<b>UZ [mm]</b>			<b>BIA / % /</b>
	<b>Supr.</b>	<b>Subsc.</b>	<b>Triceps</b>	<b>Supr.</b>	<b>Subsc.</b>	<b>Triceps</b>	
<b>Předškolní soubor</b>	3,3±1,6	4,2±1,3	9,2±2,9	2,6±1,1	2,8±1,0	6,5±1,7	20,8±7,5
<b>Školní soubor</b>	4,8±4,7	5,3±5,0	8,8±3,3	3,9±3,3	4,6±4,1	7,6±2,7	19,4±7,0

*Note.* Supr.= suprailiacální řasa, subsc.= subscapulární řasa.

## 5.5 Reliabilita vybraných metod

### *Hodnocení reliability testem-retestem*

Koeficient stability testu souboru /n=10/ byl vyhodnocen s výsledkem  $r= 0,964$ . Tato hodnota značí dle škály Zaciorského (1981) vysokou spolehlivost testu, pohybující se v rozmezí 0,95- 0,99.

### *Hodnocení reliability ekvivalencí*

Z následujících přepočtených z-skór vyplývá, že hodnocení distribuce tuku kaliperací, i když může být zatíženo chybou testující osoby, je přesnější. Spolehlivost BIA dalece nedosahuje hodnocení kaliperační techniku, u které jsme vyhodnotili distribuci tukové tkáně u 83,9 % přesněji. Vybraný obrázek 4 poskytuje názornost reliability ekvivalencí u předškolního soubor.



Obr. 4 Z- transformace vybraných metodik u dětí předškolního věku

## 6 DISKUZE

Zvýšená distribuce tuku u dětí naznačuje vznik adipozity v dospělosti, která je příčinou řady degenerativních onemocnění. Adipozita snižuje kvalitu života dětí, dospělé populace a seniorů (Pyšná, Hajerová Müllerová, Pyšná, Pyšný, & Škoda, 2009).

Výsledná hodnota BMI je pro předškolní soubor srovnatelná s celostátním (SZÚ, 2008) a světovým standardem (WHO, 2007). U chlapců staršího souboru jsme zjistili BMI 16,7 a dívek dokonce 17,3 kg/m<sup>2</sup>, což výrazně převyšuje zmíněné standardy. Jedná se o výrazně zvýšenou hodnotu tohoto ukazatele distribuce tukové tkáně. Celostátní standard uvádí pro chlapce a dívky 16 kg/m<sup>2</sup>, světová obdobná data, pro chlapce 16 a pro dívky 16,1 kg/m<sup>2</sup> /tab. 21/. Ztotožňujeme se s tvrzením Freedmana & Sherry (2009), kteří BMI shledávají vhodným ukazatelem distribuce tuku u dětí, po porovnání vzájemných závislostí dalších zjišťovaných proměnných.

Pro hodnocení lokality abdominální jsme vybrali obvod břicha. U dívek mladšího školního věku ukazuje na význačné distribuce tuku. Převyšuje celostátní průměr (SZÚ, 2008) o více jak 3 cm.

Zjistili jsme například u 8-9 letých korelaci vybraných končetinových obvodů a tělesné hmotnosti, stejně jako prezetuje studie Cattermola, Leunga, Maka, Grahama & Rainera (2010). Popisuje střední obvod paže jako korelující ukazatel, který nabývá síly s věkem, ale je neadekvátní při použití u předškolních dětí, stejně jako u výsledků vlastního šetření /příloha F/.

Vývoj tloušťky kožních řas suprailiacy a subscapuly nás velice znepokojil. Výsledky vlastního šetření potvrzují v porovnání s celostátním standardem (SZÚ, 2008) prudký nárůst podkožního tuku u 8-9 letých probandů. Studie Kromeyer-Hauschilda, Glässera & Zellnera (2012) potvrzuje také vyšší distribuci tuku u dívek a zvyšující se adipozitu hodnocenou kaliperační technikou.

Při porovnání tělesného tuku odhadovou rovnicí ze dvou kožních řas a BIA jsme u 6-letých zjistili 13,8 % dle kaliperace a 22,0 % dle BIA. Uvedli jsme také, že podobné výsledky zaznamenal Bugža et al. (2012).

Studie Kutáče (2010) prezentuje také velmi „vysokou“ reliabilitu BIA. Koeficient stability  $r = 0,970$  se blíží výsledku vlastního šetření, kde jsme  $r$  vypočítali v hodnotě 0,964. Je tu však několik nejasností, které reliabilitu metody mohou zpochybnit. Prováděli jsme průběžné výpočty reliability, nejprve s 5 subjekty s výsledkem 0,94 a později jsme pro sporný vzorek naměřili data dodatková. Hodnota  $r = 0,94$  vypovídá dle limitů pouze o „dobré“ spolehlivosti (Zaciorskij, 1981). Pokud bychom sledovali menší vzorek, u kterého došlo k velmi rozdílnému výsledku 1. a 2. měření, mohli bychom interpretovat reliabilitu nižší. Při hodnocení vícečetného souboru tedy metoda vychází jako vysoce spolehlivá stejně jako ve studii Kafriho, Pottera & Myinta (2014). U dětí s překvapivým výsledkem jsme však provedli opětovné měření ihned po prvním s hodnocením mnohdy velice odlišným. Výsledky celkového množství tuku kolísaly až o 5,7 %. Studie Talmy, Chinapawa, Bakker, HiraSing, Terwee, & Altenburga (2013) uvádí dokonce individuální diference v rozmezí 7,5- 13,4 %. Můžeme konstatovat, že celkem 13 dětí /4 %/ jsme nemohli do výběrového souboru začlenit. 3- 5 % error uvádí také studie Ihmelse, Welka, McClaina, & Shabena (2006).

Výsledek hodnocení vnější konzistence testu nás přesvědčil o spolehlivosti metody z hlediska aspektu stability testu. Většina odborných studií se také zaměřuje na reliabilitu opakovaným měřením (Aantstad et al., 2014; Lubans et al., 2011, ad./). Nedochozí ke zpochybnění výsledků a metoda je považována za dostatečně vypovídající o podílu tukuprosté a tukové hmoty jedince, avšak interindividuální odchylky ve výsledcích distribuce tuku nás podnítili k širšímu oteřování reliability a validity. Zvolili jsme hodnocení vnitřní konzistence testu ekvivalencí (Zaciorskij, 1981. Vnitřní konzistence testu vzhledem ke zvolené referenční metodě /UZ/ se ukázala jako silně nespolehlivá u metody BIA dle obrázků 4 a 5. Ztotožňujeme se tedy s Petersonem et al. (2011). Tato studie považuje kaliperaci také za přesnější metodu hodnocení distribuce tuku než BIA. Faktorů, které mohou ovlivnit reliabilitu a validitu metody BIA, je velice mnoho a zaměřujeme se na ně v kapitole 5.2.2. Velikost a vodivá plocha použitých kontaktních elektrod také může mít souvislost s reliabilitou měření dle Huigena, Pepera, & Crimbergera (2002). Elektrolytické gely by měly být preferovány při analýze subjektů v delším časovém úseku. Běžné standardizované teplotní rozmezí, při kterém hodnotíme probanda, je 20- 25 °C.

Studie Buona et al. (2004) zkoumala výsledky analýzy při hraničních teplotách 20 a 25 °C a prezentuje pouze minimální vliv teploty na výsledky měření. Každý subjekt má individuální stav a charakteristiky, které nelze vnitřně standardizovat. Chudý nutriční stav či špatný zdravotní stav může také ovlivnit reliabilitu BIA (Kafri et al., 2014). Tato metoda tedy vyřazuje probandy s nadváhou a obezitou, kteří již mohou vykazovat jakékoliv patofyziologické charakteristiky /např. zvýšený krevní tlak, diabetes, apod./. Individuální podíl jednotlivých tkání je také velice výrazným faktorem. Vyšší podíl tukové tkáně značí vysokou celkovou impedanci. Vyšší hydratace /fyziologicky u předškolních/ a podíl vodivé tkáně poskytuje odlišné prostředí pro průchod elektrických signálů různé frekvence (Bodystat, 2001).

Experiment ultrasonografického vyšetření za použití odlišných hodnot přítlaku prokázal značné rozdíly právě v rozsahu běžně aplikovaného přítlaku o velikosti do 3 Newtonů. Naměřili jsme odchylku v rozmezí 20,7- 38,2 %, což považujeme za zásadní informaci, která by mohla ovlivnit reliabilitu a validitu UZ hodnocení tloušťky všech podkožních struktur. Doufáme, že toto zjištění poslouží ke standardizaci přítlaku při měření sub-kutánních vrstev.

## 7 ZÁVĚRY

Hlavní cíl jsme splnili prezentací všech výsledků v disertační práci a vybraných výsledků v autoreferátu práce. Souhrn dosažených poznatků a zodpovězení vědecké otázky poskytují následné odstavce.

Porovnávali jsme naměřená data mezisouborově, genderově a s celostátním (SZÚ, 2008) i světovým standardem (WHO, 2007). Zjistili jsme srovnatelné BMI předškolních probandů, nižší distribuci tuku u všech tří kožních řas chlapců. Dívky lehce překračovaly normu v oblasti suprailiacy a subscapuly. U dětí mladšího školního věku všechny hodnoty měřených řas překračovaly normu. U dívek, méně u chlapců, jsme zjistili nadměrnou distribuci tuku především v oblasti abdominální /více než dvojnásobně/ a trunkální, která může způsobit obecně zhoršení kvality života. Při lineárním růstu adipozitu a zmíněné zdravotní důsledky.

Dílními cíli disertační práce bylo ověření reliability BIA vzhledem k UZ šetření a analytický experiment vlivu přítlaku lineární sondy u UZ hodnocení na tloušťku subkutánního tuku.

Reliabilitu metody BIA jsme hodnotili na základě aspektu stability testu opakovaným měřením. Koeficient stability testu  $r = 0,964$  vypovídá o vysoké spolehlivosti dle limitů Zaciorského (1981). Aspekt ekvivalence však prokázal vyšší spolehlivost kaliperace dle  $z$ -skóre  $= 0,33$ , než BIA, která se hodnotou  $z$ -skóre  $= 0,87$  více vzdaluje reálnému množství tukové tkáně.

Experiment prokázal významný vliv silového působení sondy na měřenou distanci. Největší deformace nastala mezi zanedbatelným přítlakem a hodnotou 3 Newtonů, v rozmezí od 20,7 do 38,2 %.

H1: Potvrzujeme. Existuje statisticky významný rozdíl ( $p < 0,001$ ) mezi sledovanými soubory. Probandi předškolního věku disponují BMI v hodnotě 15,4 a probandi mladšího školního věku 17,0 kg/m<sup>2</sup>.

H2: Potvrzujeme. Existuje významná statistická závislost BMI a součtu kožních řas, BMI a celkovým množstvím tuku dle BIA.

H3: Potvrzujeme. Existuje statisticky významný mezisouborový rozdíl ( $p < 0,001$ ) v distribuci tuku. Předškolní děti vykazují nižší distribuci tukové tkáně než starší soubor.

H4: Zamítáme. Analýza prokázala vysokou reliabilitu na hodnotě  $r = 0,964$ , k dalšímu aspektu reliability se však vyjadřujeme.

Všechny stanovené cíle a úkoly práce jsme splnili. Zodpověděli jsme vědeckou otázku a stanovené hypotézy.

## REFERENCE

Aantstad, A., Holtberget, K., Hageberg, R., Holme, I., & Anderssen, S. A. (2014). Validity and reliability of bioelectrical impedance analysis and skinfold thickness in predicting body fat in military personnel. *Military Medicine*, 179(2), 208-217. doi: 10.7205/MILMED-D-12-00545



Allison, D. B., & Baskin, M. L. (2009). *Handbook of Assessment Methods for Eating Behaviors and Weight-Related Problems. Measures, theory and research*. London: SAGE Publications, Inc.

American Psychological Association (2010). *Manual of the American Psychological Association*. Washington: American Psychological Association.

Bodystat (2001). *Bioelektrická impedanční metoda. Průvodce uživatelem*. Bodystat LTD.

Bosy-Westphal, A., Schautz, B., Later, W., Kehayias, J. J., Gallagher D., & Müller, M. J. (2013). What makes a BIA equation unique? Validity of eight-electrode multifrequency BIA to estimate body composition in a healthy adult population. *European Journal of Clinical Nutrition*, 67(1), 14-21. doi: 10.1038/ejcn.2012.160

Brooks, B. S. J., & Perosio, P. M. (2007). Adipose tissue. In E. M. Stacey (Ed.), *Histology for pathologists* (179-210). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Bugža, M., Zavadilová, V., Vlčková, J., Oleksiaková, Z., Šmajstrla, J., Tomášková, H., . . . Kavková, J. (2012). Porovnání výsledků různých metod stanovení tělesného tuku. In J. Kříž (Ed.), *Hygiena*, 57(3), 105-109. Ostrava: Státní zdravotnický ústav.

Bunc, V. (2005). Aerobic fitness, body composition and physical performance in Czech children. In: S., Wuerth, S., Panzer, J., Krug, & D. Alfermann (Eds.), *Sport in Europa* (100-101). Hamburg: Czwalina Verlag.

Bunc, V., Keller, J., Zahálka, F., Dlouhá, R., & Moravcová, J. (1999). *Závěrečná zpráva grantu 316/1997/C/FTVS*. Praha: Fakulta tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy v Praze. Retrieved from [http://www1.cuni.cz/cuni/ruk/gauk/zz1999/316\\_97-c.htm](http://www1.cuni.cz/cuni/ruk/gauk/zz1999/316_97-c.htm)

Cattermole, G. N., Leung, P. Y., Mak, P. S., Graham, C. A., & Rainer, T. H. (2010). Mid-arm circumference can be used to estimate children's weight. *Resuscitation*, *81*(9), 1105-1110. doi: 10.1016/j.resuscitation.2010.05.015

Český normalizační institut (1996). *ČSN ISO 7144 Dokumentace- Formální úprava disertací a podobných dokumentů*. Retrieved from <http://www.knihovna.zcu.cz/publikace/dokumenty-publikacni-cinnost/formalni-uprava-disertaci-a-podobnych-dokumentu-CSN-ISO-7144.pdf>

Český normalizační institut (2007). *ČSN 01 6910 Úprava písemností zpracovaných textovými editory*. Retrieved from <http://www.severskelisty.cz/redakce/csn016910.pdf>

Downing, S. M., & Yudkowsky, R. (2009). *Assessment in Health Professions Education*. New York: Taylor and Francis.

Freedman, D. S. & Sherry, B. (2009). The Validity of BMI as an Indicator Body Fatness and Risk Among Children. *Pediatrics*, *124*(1),S23-S34. doi: 10.1542/peds.2008-3586E

Glaser, R. (2012). *Biophysics: An Introduction*. London: Springer. doi: 10.1007/978-3-642-25212-9.

Griffin, B. A. (2013). Lipid metabolism. *Surgery*, *31*(6), 267-272. doi: 10.1016/j.mpsur.2013.04.006

Grimnes, S., & Martinsen, Ø.G. (2008). *Bioimpedance & bioelectricity, basics*. Oxford: Academic Press.

Guo, X., Li, H., Xu, H., Woo, S., Dong, H. Lu, F., . . . Wu, Ch. (2012). Glycolysis in the control of blood glucose homeostasis. *Acta Pharmaceutica Sinica B*, *2*(4), 358-367. doi: 10.1016/j.apsb.2012.06.002

Hainer, V., Hainerová, A. I., Bendlová, B., Flachs, P., Fried, M., Haluzík, M., . . . Wagenknecht, M. (2011). *Základy klinické obezitologie*. Praha: Grada Publishing, a.s.

Huigen, E., Peper, A., & Grimbergen. (2002). Investigation into the origin of the noise of surface electrodes. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 40(3), 332-338. doi: 10.1007/BF02344216

Ihmels, M., Welk, G. J., McClain, J. J., & Schaben, J. (2006). The reliability and convergent validity of field test of body composition in young adolescents. *Journal of Physical Activity & Health*, 3(2), 67-77. doi: 10.1249/00005768-200405001-00347

Institute of Molecular Genetics. Academy of Science of Czech republic (n.d.). *Termodynamika*. Retrieved from [http://mci.img.cas.cz/pdf/Zakony\\_termodynamiky.pdf](http://mci.img.cas.cz/pdf/Zakony_termodynamiky.pdf)

Kafri, M. W., Potter, J. F., & Myint, P. K. (2014). Body composition, energy expenditure and physical activity. *European Journal of Clinical Nutrition*, 68, 677-682. doi: 10.1038/ejcn.2013.266

Kohlíková, E. (2006). *Vybraná témata praktických cvičení z fyziologie člověka*. Praha: Karolinum.

Krásničanová, H. (1998). *Kompendium pediatrické auxologie*. Retrieved from <http://www.ojrech.cz/lesny/kompendium/>

Kromeyer-Hauschild, K., Glässer, N., Zellner, K. (2012). Percentile curves for skinfold thickness in 7- to 14-year-old children and adolescents from Jena, Germany. *European Journal of Clinical Nutrition*, 66(5), 613-621. doi: 10.1038/ejcn.2011.216

Kytnarová, J. (2002). *Prostá obezita u dětí. Doporučené postupy pro praktické lékaře*. Interní grantová agentura Ministerstva zdravotnictví ČR 5390-3. Praha:

Česká lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně. Retrieved from <http://www.cls.cz/seznam-doporucenych-postupu>

Lubans, D. R., Morgan, P., Callister, R., Plotnikoff, R. C., Eather, N., Riley, N., & Smith, C. J. (2011). Test-retest reliability of a battery of field-based health-related fitness measures for adolescents. *Journal of Sport Science*, 29(7), 685-693. doi: 10.1080/02640414.2010.551215

Máček, M., & Radvanský, J. (2011). *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galén.

National Health and Nutrition Examination Survey (2007). *Anthropometry Procedures Manual*. Retrieved from [http://www.cdc.gov/nchs/data/nhanes/nhanes\\_03\\_04/BM.pdf](http://www.cdc.gov/nchs/data/nhanes/nhanes_03_04/BM.pdf)

Patel, P. N., Smith, C. K., & Patrick, C. W. (2005). Rheological and recovery properties of poly (ethylene glycol) diacrylate hydrogels and human adipose tissue. *Journal of Biomedical Materials Research, Part A*, 73(3), 313-319. doi: 10.1002/jbm.a.30291

Pedagogická fakulta Univerzity Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem. (2013). *Vyjádření Etické komise PF UJEP na zasedání č. 1 dne 11. 11. 2013*. Retrieved from [http://www.pf.ujep.cz/files/data/eticka\\_komise/EK\\_20131111.pdf](http://www.pf.ujep.cz/files/data/eticka_komise/EK_20131111.pdf)

Peterson, J. T., Repovich, W. E. S., & Parascand, C. R. (2011). Accuracy of consumer grade bioelectrical impedance analysis device compared to air displacement pletysmography. *International Journal of Exercise Science*, 4(3), 176- 184.

Prado, C. M., Vasconcelos, G. A., Godoi, E. T. A. M., Cavalcanti, E. N. B., Arruda, T. M., Diniz, E. T., . . . Bandeira, F. (2012). Evaluation of Visceral and Subcutaneous Fat by Ultrasound and Its Relationship with Clinical and Metabolic Parameters of Insulin Resistance and Subclinical Atherosclerosis.

*Open Journal of Endocrine and Metabolic Diseases*, 2(4), 63-9. doi: 10.4236/ojemd.2012.24010

Preedy, V. R. (2012). *Handbok of Anthropometry. Physical measures of human form in health*. New York: Springer.

Proença, A. R. G., Sertié, R. A. L., Oliveira, A. C., Campaã, A. B., Caminhotto, R. O., Chimin, P., & Lima, F. B. (2014). New concepts in white adipose tissue physiology. *Brasilian Journal of Medical and Biological Research*, 47(3), 192- 205. doi: 10.1590/1414-431X20132911

Pyšná, J., Hajerová Müllerová, L., Pyšná, D., Pyšný, L., & Škoda, J. (2009). *Kvalita života seniorů a pohyb*. Bratislava: Infopress.

Riegerová, J., & Ulbrichová, M. (1998). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu*. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého.

Rolfe, E. L., Modi, N., Uthaya, S., Hughes, I. A., Dunger, D. B., Acerini C., . . . Ong, K. K. (2013). Ultrasound estimates of visceral and subcutaneous abdominal adipose tissues in infancy. *Journal of Obesity*, 2013, 951- 954. doi:10.1155/2013/951954

Rúbal, R. (2012). *Měření elektrického signálu na biologických objektech* (Bakalářská práce). Brno: České vysoké učení technické v Praze.

Silbernagl, S., & Despopoulos, A. (2004). *Atlas fyziologie člověka*. Praha: Grada Publishing, a.s.

Státní zdravotnický ústav (2008). *Seznam růstových grafů ke stažení*. Retrieved from <http://www.szu.cz/publikace/data/seznam-rustovych-grafu-ke-stazeni>

Stejskal, V. (2009). *Tuková tkáň jako endokrinní orgán*. Retrieved from <http://www.cskb.cz/res/file/akce/sjezdy/2009-Pha/ppt/B4/Stejskal.pdf>

Talma, H., Chinapaw, M. J. M., Bakker, B., HiraSing, R. A., Terwee, C. B., & Altenburg, T. M. (2013). Bioelectrical impedance analysis to estimate body composition in children and adolescents: a systematic review and evidence appraisal of validity, responsiveness, reliability and measurement error. *Obesity reviews*, 14(11), 895- 905. doi: 10.1111/obr.12061

Vignerová, J., & Bláha, P. (2001). *Sledování růstu českých dětí a dospívajících. (Norma, vyhublost, obezita)*. Praha: SZÚ, Přírodovědecká fakulta UK v Praze.

Webster, J. G. (1998). *Medical Instrumentation: Application & Design*. New York: John Wiley.

WHO (2007). *BMI-for-age (5-19 years)*. Retrieved from [http://www.who.int/growthref/who2007\\_bmi\\_for\\_age/en/](http://www.who.int/growthref/who2007_bmi_for_age/en/)

Zaciorskij, V. M. (1981). *Základy teorie testování a hodnocení v tělesné výchově a sportu*. Praha: UK v Praze.

Žák, A., Macášek, J., Slabý, A., Staňková, B., Tvrzická, B., Vařeka, T., . . . Zeman, M. (2011). *Ateroskleróza. Nové pohledy*. Praha: Grada Publishing, a.s.