

Univerzita Palackého Olomouc  
Fakulta tělesné kultury

**Diplomová práce**  
(magisterská)

2009

Jan Navrátil

Univerzita Palackého Olomouc  
Fakulta tělesné kultury

**Sledování změn vybraných somatických  
parametrů a tělesného složení u adolescentních  
fotbalistů v závislosti na fázích mezocyklu**

Diplomová práce  
(magisterská)

Autor: Jan Navrátil, učitelství pro druhý stupeň ZŠ, kombinace tělesná  
výchova- přírodopis  
Vedoucí diplomové práce: Doc. RNDr. Miroslava Přidalová Ph.D.

Olomouc 2009

Jméno a příjmení autora: Jan Navrátil

Název diplomové práce : Sledování změn vybraných somatických parametrů a tělesného složení u adolescentních fotbalistů v závislosti na fázích mezocyklu

Pracoviště: Katedra funkční antropologie a fyziologie - KAF UP

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

Rok obhajoby diplomové práce: 2009

Abstrakt: Cílem práce je zjistit a porovnat změny tělesného složení a vybrané somatické parametry u adolescentních fotbalistů oddílu Sk Sigmy Olomouc v jednotlivých fázích tréninkového cyklu ve věkových kategoriích do 19, 18 a 17 let. Pro stanovení základních somatických rozměrů a indexů byly využity metody standardizované antropometrie. Odhad tělesného složení byl proveden na základě kaliperačních metod a metody bioelektrické impedance prostřednictvím QuadScanu 4000.

Klíčová slova: frakcionace tělesné hmotnosti, kaliperování, metoda bioelektrické impedance.

Souhlasím s půjčováním diplomové práce v rámci služeb knihovny Fakulty tělesné kultury.

Autor's name and surname: Jan Navrátil

Title of the master thesis: The observation of changes of chosen somatic parameters and body composition among adolescent football players as regards to the phases of midst cycle.

Department: Department of Functional Anthropology and Physiology

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

The year of presentation: 2009

Abstract: An objective of product as take and compare changes of body composition and choices somatic parameters at adolescents footballers club Sk Sigmy Olomouc in the singles phases training cycle in categories to 19, 18 and 17 years old. The methods of standardized anthropometry were employed for determination of basic somatic (physical) proportions and indices. Estimation (presumption) of body composition was performed on the basis of methods calliperation and bioelektric impedance by means of Quadscan 4000.

Keywords: frakcionalization body weight, calliperation, method of bioelektric impedance

I agree to be lent the this product within the library service Faculty of Physical culture.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval sám na základě vybrané literatury pod dohledem paní Doc. RNDr. Miroslavy Přidalové Ph.D.

V Olomouci dne 27.4.2009

.....

Tímto mi dovolu předat velké poděkování Doc. RNDr. Miroslavě Přidalové Ph.D., která mě vedla a svými odbornými radami se podílela na vzniku práce. Dále děkuji RNDr. Krškové za pomoc při statistickém zpracování naměřených výsledků.

## **Obsah:**

<b>1. Úvod</b>	<b>8</b>
<b>2. Syntéza poznatků</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Historie antropometrie</b>	<b>10</b>
<b>2.2 Frakcionace hmotnosti těla</b>	<b>11</b>
<b>2.3 Antropometrie standardizovaná</b>	<b>12</b>
<b>2.4 Stavba těla</b>	<b>12</b>
<b>2.4.1 Modely tělesného složení</b>	<b>13</b>
<b>2.4.2 Tukoprostá hmota (FFM = fatt free mass) a tuk</b>	<b>15</b>
<b>2.5 Metody odhadu tělesného složení</b>	<b>18</b>
<b>2.5.1 Antropometrické metody</b>	<b>19</b>
<b>2.5.2 Alternativní metody založené na množství podkožního tuku</b>	<b>20</b>
<b>2.5.3 Denzitometrie</b>	<b>21</b>
<b>2.5.4 Hydrometrie</b>	<b>22</b>
<b>2.5.5 Biofyzikální metody</b>	<b>27</b>
<b>2.5.6 Biochemické metody</b>	<b>29</b>
<b>3. Cíle</b>	<b>31</b>
<b>3.1 Dílčí cíle</b>	<b>31</b>
<b>4. Metodika</b>	<b>32</b>
<b>4.1 Soubor – charakteristika</b>	<b>32</b>
<b>4.2 Charakteristika tréninkových mezocyklů</b>	<b>33</b>
<b>4.3 Charakteristika zjišťovaných údajů</b>	<b>33</b>
<b>4.4 Antropometrická metoda a kaliperování</b>	<b>34</b>
<b>4.4.1 Základní antropometrické parametry</b>	<b>35</b>
<b>4.4.2 Tělesné složení</b>	<b>38</b>
<b>5. Výsledky a diskuse</b>	<b>44</b>
<b>5.1 Výsledky změn základních antropometrických charakteristik</b>	<b>44</b>
<b>5.2 Výsledky měření tukové složky</b>	<b>46</b>
<b>5.3 Výsledky metod pro odhad tělesného složení dle Pařízkové, Matiegky a bioelektrické impedance</b>	<b>48</b>
<b>6. Závěry</b>	<b>54</b>
<b>7. Souhrn</b>	<b>55</b>

<b>7. Summary</b>	<b>56</b>
<b>8. Referenční seznam</b>	<b>57</b>



## 1. Úvod

Člověk od začátku své existence pozoroval své projevy, vývojové změny a rozdíly mezi jednotlivci. Vědecký obor, který se zabývá člověkem a jeho vnějšími projevy se nazývá antropologie. Slovo antropologie je řeckého původu a jednoduše vyjadřuje „vědu o člověku“ (anthropos – člověk, logos – věda). První, kdo je spojován s prezentací tohoto termínu, je řecký idealistický filozof Aristoteles (384-322 př.n.l.), který pod pojmem antropologie viděl hlavně zkoumání člověka z duchovní stránky. „Pro označení fyzických vlastností člověka použil tento termín jako první zřejmě Hundt (1501), dále Capell (1533) a Kasmann (1594)“ (Riegrová, Přidalová & Ulbrichová, 2006, 24). Antropologie má své dva základní podobory. Fyzickou antropologii, zkoumající povahu a funkci lidského organismu, a antropologii kulturní, zabývající se pochopením povahy člověka a jeho tvůrčí činností. Úlohou antropologie je tedy zkoumat přechod od biologických zákonitostí k zákonitostem sociálním. Dnešní pojetí antropologie je jiné v Americe a jiné v Evropě. Podle Pospíšila (1992, 24) „antropologie v Americe kombinuje srovnávací vědecké studium biologie člověka a jeho kultury. Je proto opravdovým studiem člověka“. Evropané tuto celistvost antropologie nesdílejí. Obvykle ji dělí do čtyř podoblastí: archeologie, antropologie (fyzická), lingvistika a sociální antropologie. Všechny tyto podobory jsou v Americe integrálními částmi antropologie.

Antropologii můžeme rozdělit na další specializované disciplíny, které člověka zkoumají speciálními metodami a mají své přístupy vyhodnocení. Fyzická antropologie má podobor funkční antropologii, která zkoumá tělesnou stránku člověka. Studium vztahů mezi morfológickou a funkční variabilitou člověka je tedy předmětem zkoumání funkční antropologie.

Obsah funkční antropologie lze odvodit již z prací J. E. Purkyně (1787-1869), který kladl důraz na spojení morfologie a funkce organismu. Český lékař a pedagog je také považován za prvního vědce, který testoval funkční schopnosti jedince a přinesl důkazy o pozitivním vlivu pohybové aktivity na zdraví člověka. Jeho práci o rozvoji svalové hmoty a jejího měření bychom mohli považovat za předchůdce dnešní kinantropometrie.

Z důvodu komplikovaného studia pohybu a pohybových činností člověka vznikl samostatný obor nazývaný kinantropologie. Podle Hebbelincka a Rosse (1974, 537) k subdisciplínám kinantropologie patří: „anatomie, kinantropometrie, biomechanika,

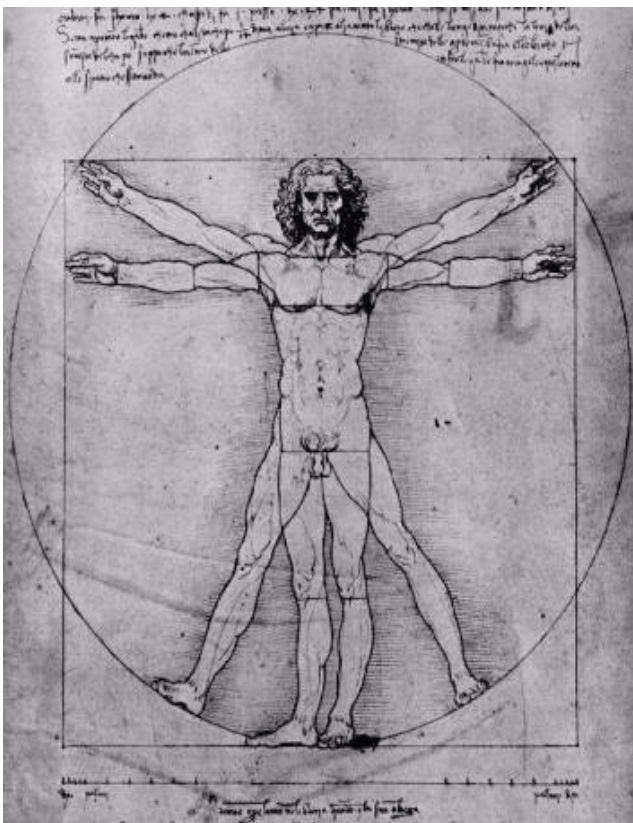
fyziologie, pedagogika a psychologie, sociologie i kulturní vědy“. Z těchto podoborů je pro nás klíčová kinantropometrie, která studuje vztah mezi strukturou těla člověka a jeho pohybem. Riegrová a Ulbrichová (1998, 6) uvádí, že je „kinantropometrie, oblast studia lidského pohybu vztahující se k rozměrům, tvaru, proporcím, složení těla, ale i některým funkčním parametrům, s ohledem na růstové zákonitosti, tempo dospívání, pohybovou aktivitu, výkonnost a výživu“. Ze základních metod fyzické antropologie vychází i kinantropometrie a její předmět studia je velmi úzce spjat s antropologií funkční. Je tedy zcela zřejmé, že funkční antropologie má blíž k oblasti přírodovědné, avšak je propojena i s obory společenskými díky tělesné výchově a sportu.

Pro rozvoj funkční antropologie je určující metodický rozvoj. Již v r. 1828 J. E. Purkyně popsal první dynamometr a zabýval se rozvojem svalové síly a jejím měřením. Výraznou postavou ve vývoji funkční antropologie byl J. Matiegka, který poukázal na význam pohybové aktivity v životě člověka. Metody funkční antropologie můžeme rozdělit na klasické standardizované metody, které jsou základem pro studium morfologicko-funkčních vztahů, a na metody speciální, které konkrétně mohou řešit problémy funkční antropologie. Dalšími důležitými metodami jsou metody pro odhad tělesného složení a s nimi příbuzné metody pro odhady parametrů tělesných segmentů. S těmito skupinami metodik úzce souvisí typologické systémy, kterým je věnována značná pozornost. Významnou skupinou metod v dnešní moderní funkční antropologii jsou metody převzaté z jiných oborů, které propojují oblast funkční antropologie se širokým spektrem věd o člověku.

## 2. Syntéza poznatků

### 2.1 Historie antropometrie

Když pomineme náznaky bádání starořeckých myslitelů nad tělesnem člověka a pohybem samotným, můžeme se v historii antropometrie přenést do 15. století, do doby Leonarda da Vinciho (1452-1519), mezi jehož nejznámější díla patří skica Vitruvian nesoucí jméno podle Vitruviuse. Právě Vitruvius, římský architekt, používal měrný systém založený na tělesných rozměrech.



**Obrázek 1.** Vitruvius studie proporcí lidského těla (upraveno dle [http://eamos.pf.jcu.cz/amos/kat\\_tv/externi/antropomotorik/uvod/stranky/historie.htm](http://eamos.pf.jcu.cz/amos/kat_tv/externi/antropomotorik/uvod/stranky/historie.htm))

Dalším významným krokem ve vývoji antropometrie bylo Elsholtovo dílo Antropometra ze 17. století. Jeden z prvních somatometrických údajů byl lící úhel k hodnocení tvaru obličeje, s kterým přišel v roce 1760 Camper.

Velkým přínosem v oblasti dané vědy byla také myšlenka udělat aritmetický průměr z většího počtu měřených jedinců, kterou zpracoval Quételet (1796-1874). Tento belgický matematik je i autorem indexu QI (dnes označován jako BMI) pro stanovení hranice obezity na základě poměru tělesné výšky a tělesné hmotnosti. S postupným vývojem antropometrie začali vznikat i jednotlivé typologie člověka založené na tělesné stavbě, psychickém stavu člověka a na jeho osobnostní charakteristice. Korelaci mezi těmito ukazateli potvrdil Kretschmer ve svém díle *Körperbau und charakter* v roce 1921. Pokračovatel Kretschmera byl Sheldon (1898-1977), americký psycholog, který opřel svoji typologii o rozřídění asi 4000 fotografií mužů (zepředu, z boku, zezadu).

Za novodobého zakladatele antropologie je považován Jindřich Matiegka (1862-1941). Jeho antropometrická metoda založená na stanovení podílu kosterního systému, svalového systému, tuku a podkoží a ostatních částí na celkové hmotnosti, je běžně využívána dodnes.

## 2.2 Frakcionace hmotnosti těla

Základním morfologickým parametrem pro zkoumání lidského pohybu je tělesná hmotnost. Vzhledem ke složitosti lidského pohybu je však nutné zkoumat i komponenty lidského těla (frakce nebo také segmenty). „Frakcionaci hmotnosti těla je možno chápat ze dvou aspektů – hodnocením podílu jednotlivých tkání na hmotnosti těla jako tzv. tělesné složení (body composition) a hodnocením hmotnosti jednotlivých tělesných segmentů jako článků kinematického řetězce (distribuce hmoty těla)“ (Riegrová & Ulbrichová, 1998, 23). Hmotnost jednotlivých tělesných segmentů, která je ovlivněna tkáňovým složením těla, má úzký vztah k parametrům určujícím pohyb těla pod vlivem vnějších a vnitřních sil. Vnitřními silami rozumíme svalovou sílu, která ovlivňuje rozvoj muskulatury, tedy komponentu tělesného složení.

Frakcionace tělesné hmotnosti je hlavní Matiegkovou myšlenkou. Jeho rovnice pro odhad rozvoje muskulatury je nezbytná pro studium pohybových činností. Ve funkční antropologii je upřednostňováno studium tělesného složení před výzkumem hmotnosti tělesných segmentů, přesto i tato problematika je předmětem prací již z 19. století – Harless (1860), Braune (1889).

## 2.3 Antropometrie standardizovaná

Hlavním úkolem antropometrie je zjišťovat a zkoumat tělesné rozměry, tělesné složení a tělesný typ člověka. Metody antropologie jsou unifikovány (standardizovány), aby se mohly srovnávat na celém světě. K měření jednotlivých parametrů se používá soubor měřidel, který se souhrnně nazývá antropometrický instrumentář. K základnímu vybavení takového instrumentáře patří: antropometr, přesná váha, pelvimetr, velké a malé dotykové měřidlo, posuvné měřítko originální a modifikované, pasová míra, různé typy kaliperů.

Antropometrickými metodami a technikami se zabývá řada autorů. Lohman, Roche a Martorell (1988) přesně popisují antropometrické standardní techniky a využití antropometrického instrumentáře. Při měření se vychází z přísně definovaných bodů, které uvádějí Fetter, Prokopec, Suchý a Titlbachová (1967), Riegrová, Přidalová a Ulbrichová (2006) a další.

## 2.4 Stavba těla

Někteří lidé dovedou rychleji běhat nebo výše skákat, jiní zase hlouběji přemýšlet, a i když olympijské vítěze a vědce dnešní společnost velmi obdivuje, ve své podstatě jsme všichni stejní. V detailech se lidské tělo zcela jistě liší, ale základní součásti tělesného mechanismu jsou totožné. Ve velmi zjednodušené podobě můžeme o lidském těle přemýšlet zcela jinak. „...lze sotva něco namítat proti strohému realismu Ludwiga Feuerbacha, německého materialisty 19. století: „Člověk je to, co jí“ (Hořejší & Prah, 1989, 143).

Lidské tělo můžeme přirovnat ke složitému organismu, ve kterém neustále probíhají metabolické procesy spojené s přeměnou látek a energie. Určujícím se stává metabolismus sacharidů, tuků, bílkovin, vody a ostatních anorganických látek, který se udržuje v neustálé rovnováze pomocí výměny s vnějším prostředím.

Heller, Nejedlá, Bunc a Tobolová (2001) označují tělesné složení jako ukazatel vývojového stupně v průběhu ontogeneze, úrovně zdraví, tělesné zdatnosti a stavu výživy.

## 2.4.1 Modely tělesného složení

Problematikou tělesného složení se v letech 1850–1950 zabývali významní anatomové a chemici, jako např. Schwann, Liebig, Fehling, Scholer a další. Heyward a Wagner (2004) uvádějí, že tělesné složení je klíčem ke zdravějšímu a delšímu životu. V současné době můžeme charakterizovat složení těla podle jednotlivých ukazatelů a stanovisek, které přispěli ke vzniku nových modelům.

Anatomický model vychází z hlediska jednotlivých prvků vyskytujících se v organismu, jak uvádí Pařízková (1998). Šest základních chemických prvků, tj. C, O, N, H, Ca, P, utváří devadesát osm procent tělesné hmotnosti. Na zbývající dvě procenta připadají další chemické prvky. Zmíněných 98% tělesné hmotnosti, představované výše uvedenými prvky, můžeme v dnešní době prozkoumávat pomocí techniky neutronové aktivační analýzy.

Molekulární model chápe lidské tělo jako soustavu molekul, které vytváří více než sto tisíc chemických sloučenin. Jednotlivé molekuly se liší ve své stavbě a složitosti. Základní molekulou je stavebně jednoduchá voda, ale i např. deoxyribonukleová kyselina, které je značně složitější. Mezi hlavní sledované komponenty hmotnosti těla patří: voda, lipidy, proteiny, glykogen a minerály. Chápání lidského těla na molekulární úrovni je velmi podstatné nejen pro další modely, ale také pro propojení studia tělesného složení s jinými výzkumnými oblastmi.

Buněčný model spojuje molekuly do uzavřených celků – do buněk. „Buňku definujeme jako nejmenší jednotku živého organismu schopnou samostatné existence“ (Rokyta, 2000, 17) Všechny buňky lidského těla se pak navzájem různě ovlivňují a spolupracují. Lidské buňky se stávají předmětem studia pro fyziologii i patologii včetně tělesného složení. Často sledovanou komponentou tělesného složení je extracelulární tekutina (ETC = plasma + intersticiální tekutina - IT), která je z 94 % tvořena vodou. Další komponentou jsou tzv. extracelulární pevné látky (ECPL), které mohou být jak organické, tak i anorganické. Jednoduchou rovnicí lze stanovit hmotnost těla na celulární úrovni.

Hmotnost těla = BM + ECT

BM – buňky svalové, pojivové, epiteliální a nervové

ECT – plasma +IT

ECPL – organické + anorganické pevné látky

Pro úplnost rovnice se musí doplnit buňky tukové tkáně, a tím dostane rovnice konečnou podobu.

**Hmotnost těla = buňky tukové tkáně + BM + ECT + ECPL**

Tkáňově – systémový model představuje lidské tělo jako soustavu tkání, orgánů a systémů, které jsou tvořeny komponenty celulárního modelu – buňkami. Tkáně a orgány studují specializované vědní obory jako např.: anatomie, fyziologie, histologie či histochemie. V lidském těle můžeme rozlišit tkáň epitelovou, pojivovou, svalovou a nervovou. Z hlediska systémového pojetí je hmotnost lidského těla definována: muskuloskeletální + kožní + oběhový + respirační + zaživací + vyměšovací + reprodukční systém.

Celotělový model vnímá člověka jako celek. Základ tohoto modelu vychází z antropometrických měření jednotlivých ukazatelů, které umožňují výpočet density těla. Měření zjišťuje parametry jako je výška, hmotnost, index tělesné hmotnosti (BMI). Kožní řasy, objem těla a rozměry obvodové, šířkové a délkové doplňují antropometrické měření, ze kterého lze vyhodnotit depotní tuk a aktivní hmotu.

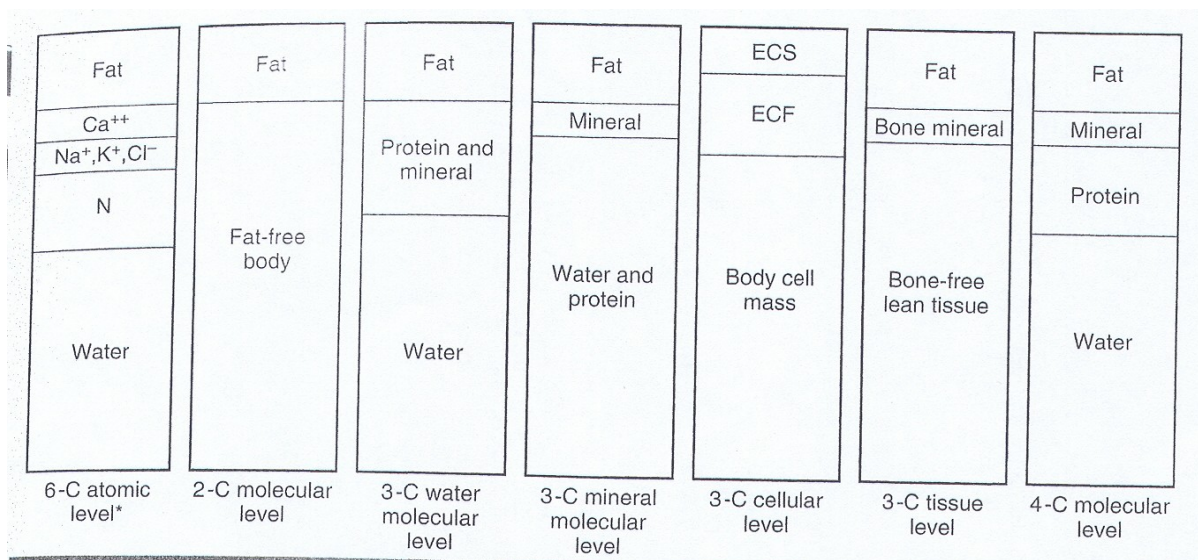
Lidské tělo je složeno z několika komponent. Odvozené modely tělesného složení rozdělují tělesnou hmotnost do dvou či více komponent.

Pro složitost měření jednotlivých komponent byl problém tělesného složení zjednodušen na dvě základní komponenty – tuk a tukuprostou hmotu (fat free mass–FFM). Takovýto model označujeme jako dvoukomponentový. V souvislosti s dvoukomponentovým modelem byl zaveden termín „lean body mass“ (Benke, 1963), který představoval tukuprostou hmotu s malým množstvím tzv. tuku esenciálního.

Vzhledem k nemožnosti odlišení esenciálních a neesenciálních lipidů se v dnešní době používá termín tukuprostá hmota, která definuje hmotnost všech tkání minus extrahovaný tuk.

Vícekomponentové modely rozdělují tělesné složení do tří a více frakcí. Tříkomponentový model zahrnuje tuk, vodu a sušinu (proteiny a minerály). Čtyřkomponentový model popisuje tělesné složení jako součet tuku, extracelulární tekutiny, buněk a minerálů.

Voda, tuk, dusík a ionty vápníku, sodíku, draslíku a chloridu jsou části tělesného složení modelu šestikomponentového.



**Obrázek 2.** Modely tělesného složení podle komponent (upraveno dle Heyward & Wagner, 2004)

#### 2.4.2 Tukuprostá hmota a tuk

Chemické složení tukuprosté hmoty je považováno za relativně konstantní s obsahem vody 72-74 % a obsahem draslíku 60-70 mmol/kg u mužů a 50-60 mmol/kg u žen. Densita tukuprosté hmoty je 1,1 g/cm<sup>3</sup> při 37 °C. Naproti tomu tuk neobsahuje vodu a draslík, jeho densita je 0,9 g/cm<sup>3</sup> při 37 °C. Tyto základní rozdíly se staly východiskem pro vývoj moderních metod odhadu tělesného složení in vivo /denziometrie, hydrometrie, stanovení tělesného draslíku/, které slouží jako standardy pro hodnocení validity metod založených na jiných principech (Riegrová & Ulbrichová, 1998, 24).

Adaptace na různou úroveň pohybové aktivity vytváří důsledky změn v tělesném složení. S ohledem na tuto skutečnost Pařízková (1973) mluví o tělesném složení jako o posuzování relativního a absolutního zastoupení tukuprosté hmoty (FFM) zahrnující veškeré tkáně kromě depotního tuku.

„V důsledku různorodých vlivů působících v průběhu ontogeneze na rozvoj tělesného složení dochází ke značně individuálnímu odlišení z tohoto hlediska i u jedinců stejného věku, výšky a váhy“ (Pařízková, 1973, 10).



Problematika tělesného složení je svázána především se změnami v ontogenezi, které jsou odlišné u mužů a žen a jsou charakteristické v jednotlivých fázích lidského života.

Samotná FFM má velmi úzký vztah k řadě fyziologických veličin, které jsou pro každého člověka charakteristické. Jde zejména o spotřebu kyslíku za bazálních podmínek i při různém stupni zatížení, minutový srdeční objem, vitální kapacitu, respirační objem atd. Pařízková zmiňuje (1973), že samotné složení FFM se v průběhu ontogeneze mění. Podíl vnitřních orgánů, kostry a svalstva v FFM je odlišný v období růstu a ve stáří.

Chytráčková (2001) upozorňuje na skutečnost, že se značně komplikuje interpretace získaných údajů z měření pomocí metod, kdy bývají chybně alternativně používány pojmy jako hubená hmota (LBM), tukuprostá hmota (FFM), tělesný tuk, tuková frakce, tuková tkáň. Tato komplikace vychází z používaných metod u živého člověka, které jsou podle měření dostupných hodnot kombinací dat z různých úrovní struktury otevřeného systému (subbuněčné, buněčné, orgánové i celého organismu). Z uvedeného problému je nutné přesnější definování pojmů jednotlivých komponent.

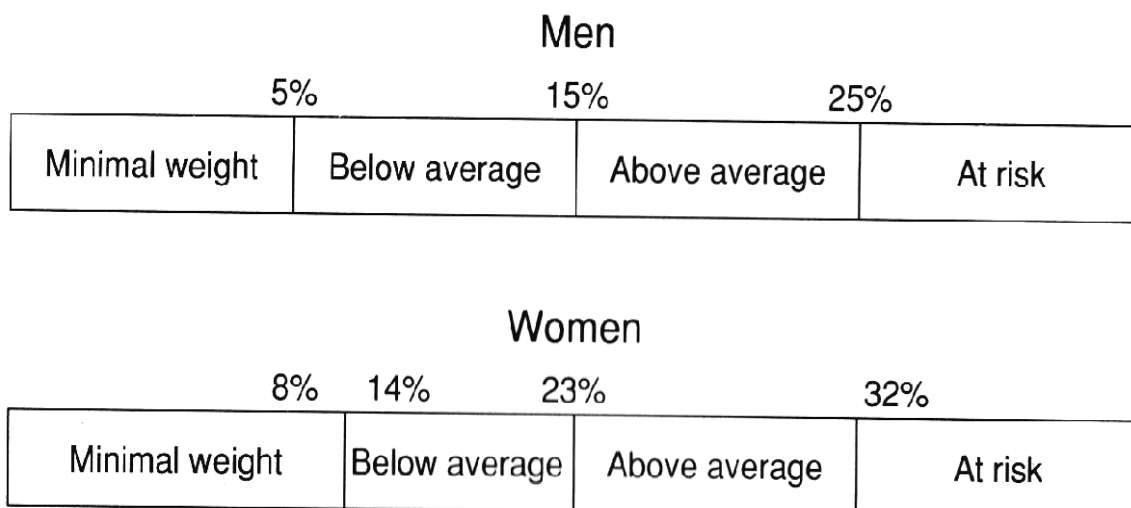
Tuková tkáň – je tukem tvořena z 83 % a zbytek tvoří podpůrné struktury (2 % proteiny, 15 % voda ).

Hubená hmota (LBM) – tukuprostá hmota + esenciální lipidy (esenciální lipidy – součást lipidového spektra (fosfolipidy) – nutné pro stavbu buněčných membrán).

Tuková hmota (FM) – všechny extrahované (vyloučitelné) lipidy z tukové tkáně a ostatních tkání těla.

Tukuprostá hmota (FFM) – chemicky lipidů prosté tkáně včetně vody, svalové, kostní, spojovací tkáně a vnitřních orgánů (Chytráčková, 2001, 125).

Lohman (1992) se zabývá vztahem mezi procentem tělesného tuku a zdravím. Na obrázku 3 popisuje jednotlivé procentuální části slovním hodnocením.



**Obrázek 3.** Standardní procentuální zastoupení tuku pro muže a ženy ve vztahu ke zdraví (upraveno dle Lohman 1992)

Tuk v lidském těle vytváří speciální vazivo, které s kolagenním vazivem, chrupavkou a kostí nazýváme pojivovou tkání. Samotné tukové vazivo (texas adiposus) plní v těle funkci tepelného izolátoru, mechanické obrany a je významným energetickým rezervoárem. Základní složkou tukového vaziva jsou tukové buňky - adipocyty.

Podle stavby a funkce rozlišujeme bílé (žluté) a hnědé vazivo. Bílé tukové vazivo tvoří především většinu tzv. podkožního tuku, tukové obaly některých orgánů, a vmezeřenou tkáň orgánů. Hnědé tukové vazivo patří k termoregulačnímu systému organismu a v dospělém věku je omezeno na tkáň rozptýlené v tukovém vazivu mezihrudí (Dylevský, Druga & Mrázková, 2000, 47).

Bílé tukové vazivo představuje energetickou zásobu přibližně na čtyřicet dní hladovění u průměrně živeného člověka. Vazivo tvoří poměrně velké kulovité tukové buňky, v jejichž cytoplazmě se obvykle nachází jedna velká a několik malých tukových kapének. Hnědé tukové vazivo je složeno z drobnějších buněk, ve kterých se tuk vyskytuje ve formě kapek. V dětském věku, asi do stáří jednoho roku, hraje velmi významnou termoregulační roli. Představuje zásobu energie pro udržení labilní tělesné teploty. Pro svou funkci a stavbu připomíná tukové vazivo zimních dlouho spících zvířat, proto nese označení „hibernační tuk“. Vznik tukových buněk je časově omezen. Podstatná část tukové tkáně je dotvořena po dosažení několikaměsíčního postnatálního vývoje.

Změny hmotnosti, „naplněním“ tukových buněk, potom určují hormony a autonomní nervy v korelaci s množstvím přijímané potravy.

## 2.5 Metody odhadu tělesného složení

Zkoumání tělesného složení má historickou tradici, o tělesných komponentách uvažoval již Hippokrates.

Obecně lze parametry tělesného složení stanovovat množstvím metod, které se odlišují personální a přístrojovou náročností a v neposlední řadě také přesností stanovení sledovaných dat, jak uvádí Roche, Heymsfield a Lohman (1996).

Pojem tělesné složení zahrnuje nejen stanovení tělesné hmotnosti, ale i stanovení množství tělesného tuku a v mnoha případech je nezbytné stanovit další proměnné. „Aktuální tělesné složení je důsledkem genetických dispozic a dietního a pohybového režimu hodnoceného jedince“ (Bunc, Cimbálek, Moravcová & Kalous, 2001, 103).

Některé používané metody představují problém pro svou omezenou dostupnost a nepoužitelnost pro terénní studie - např.: duální rentgenová spektroskopie. Proto se využívají metody, které mají sice sníženou přesnost, ale zároveň disponují použitelností v terénu.

K nejrozšířenějším terénním metodám patří stanovení tělesného složení pomocí měření tloušťky kožních řas a metody využívající celotělové bioimpedance. Bunc et al. (2001) upozorňují, že obě tyto metody ovlivňuje použitý hardware (použitý přístroj), zručnost a zkušenost obsluhujícího personálu a především predikční rovnice, které stanovují z fyzikální veličiny potřebné složky tělesného složení.

Predikční rovnice jsou závislé na pohlaví, věku, ale i na množství a distribuci tělesného tuku. V praxi je nutné rozlišovat minimálně tři různé oblasti množství tělesného tuku, pro které je nezbytné konstruovat odlišné predikční rovnice, jak ukazují na základě svých měření Bunc, Dlouhá, Heller, Zahálka a Moravcová (1997) a také Bunc, Dlouhá, Moravcová, Novák, Hošková a Čermáková (2000). „Jiné rovnice platí pro množství tělesného tuku nižší než 15 %, jiné pro 15,1-30 % a jiné pro hodnoty tuku vyšší než 30,1 %“ (Bunc et al., 2001, 103).

V posledních letech je předmětem studia srovnávání výsledků tělesného složení pomocí různých metod. Srovnáváním jednotlivých metod a jejich výhodností se zabývala celá řada autorů: Riegrová (1995), Riegrová a Přidalová (1996), Bunc et al. (1997), Heller et al. (2001), Chytráčková (2001) a další.

### 2.5.1 Antropometrické metody

Jak bylo uvedeno výše, s pojmem tělesného složení se setkáváme u J. Matiegky (1921), který se pokusil o kvantifikaci tělesných komponent na základě zevních (antropometrických) rozměrů těla. Navrhl rozdělení hmotnosti těla na 4 složky: O – hmotnost skeletu (ossa), D – kůže (derma) a podkožní tukové tkáně, M – kosterní svalstvo (musculi) a R – zbytek (reziduum) (Riegrová & Ulbrichová, 1998, 24).

Podle Bláhy et al. (1986) je Matiegkova metoda vhodná pro běžnou praxi a jsou s ní dosahovány dobré výsledky. Vychází z metrických údajů standardizované antropometrie, které je možno určit i v terénní praxi.

Od stanovení Matiegkovy metody byla vypracována řada dalších postupů pro odhad tělesného složení z antropometrických rozměrů. Původní Matiegkovu metodu modifikovali Drinkwater a Ross (1980). Postup výpočtu jejich metody je založen výlučně na antropometrických rozměrech a nepoužívá ke korekci hmotnosti jednotlivých komponent uměle konstruované konstanty, jak uvádí Bláha et al. (1986).

Metoda kaliperace určuje tukovou frakci tělesného složení a vychází z faktu, že podkožní tukovou tkáň lze na vybraných místech těla zřasit a pomocí kaliperu změřit. Heller et al. (2001) poukazuje na množství autorů, kteří se zabývají metodou kaliperace, např: Durnin a Womersley pracují se čtyřmi kožními řasami, Dlouhá zohledňuje jedenáct kožních řas, atd. U nás nejpoužívanější metodou pro odhad tělesného složení se stala metoda podle Pařízkové (1962), která pracuje se součtem deseti kožních řas.

Odhad podílu tuku na základě tloušťky kožních řas (podkožního tuku) je založen na dvou základních předpokladech:

1. tloušťka podkožní tukové tkáně je v konstantním poměru k celkovému množství tuku,
2. místa, zvolená pro měření tloušťky kožních řas, reprezentují tukovou tloušťku podkožní tukové vrstvy ( Riegrová & Ulbrichová, 1998, 25).

Distribuce tuku se jistě mění s věkem, v závislosti na pohlaví, pohybové aktivitě, atd. Měření kožních řas vyžaduje zácvik. Zkušeni antropologové můžou dosáhnout chyby měření až 5 %.

Podle Chytráčkové (2001) se získané údaje dále zpracovávají dvojím způsobem:

1. Na základě regresních rovnic (nomogram nebo tabulka) převést naměřené hodnoty na % tělesného tuku. Rovnice přitom respektují rasové, věkové, pohlavní i zdravotní hledisko, a dokonce druh pohybové aktivity (pro sportující, nespportující, různý druh sportovních odvětví).
2. Hodnocení přímo získaných údajů bez následného převodu, které popisují distribuci tukové tkáně na jednotlivých částech těla. Výsledky vyjadřujeme součtem hodnot naměřených na vybraných místech těla. Použití tohoto historického postupu paradoxně přináší nejmenší nepřesnosti při stanovení tělesného složení v terénních podmínkách.

Měření kožních řas neovlivňuje denní doba ani předchozí denní pohybová aktivita.

### 2.5.2 Alternativní metody založené na množství podkožního tuku

Tyto přístupy se snaží odstranit technické chyby při měření kaliperem.

#### **Radiografie**

Radiografické metody proměřují průřez svalstva a kosti. Využití metod omezuje především nežádoucí rtg expozice, jejich cena a obtížná dostupnost. Mezi metody radiografie patří např. počítačová tomografie.

#### **Ultrazvuk**

Používané přístroje využívají přeměny elektrické energie ve vysokofrekvenční ultrazvukovou energii. Ultrazvukové vlny se odrážejí na hranicích mezi tkáněmi (odlišné akustické vlastnosti). Část ultrazvukové energie se v přijímači přeměňuje na elektrickou energii. Echo je zobrazováno na osciloskopu. Metoda kaliperování se ukázala jako validnější.

### **Infračervená interakce**

Metoda je založená na absorpci a odrazu světla s použitím vlnových délek v oblasti infračerveného světla. Spektrofotometr, jenž metoda využívá, pracuje ve vlnové délce 700 – 1100 nanometrů.

### **2.5.3 Denzitometrie**

Denzitometrie pracuje s dvoukomponentovým modelem lidského těla, jehož složky mají rozdílnou denzitu (hustotu) těla. Její princip vychází ze tří základních předpokladů. Denzita obou komponent, úroveň hydratace FFM a poměr kostních minerálů ve vztahu ke svalovým proteinům je relativně konstantní.

Podle Riegrové a Ulbrichové (1998) je variabilita v denzitě FFM způsobena rozdíly v její hydrataci, což může vést k chybě v odhadu tuku asi 2,7 %, a variabilita poměru minerálů a proteinů může vést k chybě kolem 2,1 %. Hlavní nedostatek této metody spočívá v přepočtu tělesné denzity na podíl tukové tkáně. Předpokládaná denzita tukuprosté hmoty  $1,1 \text{ g/cm}^3$  se dnes liší u dětí, žen, starších lidí či černé rasy. Pro přepočet denzity na podíl tuku v organismu se uplatňují různé populačně – specifické rovnice. Celková chyba denzitometrie při odhadu podílu tuku se odhaduje na 3-4 %. Denzitometrie vychází ze vztahu:  $\text{hmotnost} = \text{denzita} \times \text{objem}$ .

Objem těla je zjišťován pomocí principu Archimedova zákona.

### **Hydrostatické vážení**

Objem těla je určen na základě zvážení hmotnosti těla na suchu a pod vodou s korekcí na denzitu a teplotu vody. Vážení se provádí v maximálním exspiriu a z výsledku ještě odečítáme tzv. reziduální objem.

### **Voluminometrie**

Měří se skutečný objem vody, který je vytlačen ponořeným subjektem. Rovněž ale musíme zohlednit reziduální vzduch.

## **Pletysmografie**

Metoda eliminuje ponoření probanda pod vodu. Objem těla je stanoven na základě tlakových změn vyvolaných pumpou o známém zdvihu, což ani nevyžaduje měření reziduálního objemu.

### **2.5.4 Hydrometrie**

Základem pro stanovení tělesného složení z tzv. celkové tělesné vody (total body water TBW) je poznatek, že se nevyskytuje v tuku, ale relativně je voda fixní součástí tukuprosté hmoty. Předpoklad normální hydratace (73 %) určuje výpočet FFM z celkového objemu vody.

## **Izotopy vodíku**

Metoda využívá izotopy vodíku – tritium a deuterium jako testovací substance. Vychází z předpokladu, že testovací substance je rozpustná ve všech vodních prostorech, rychle dosáhne rovnováhy a je kompletně zaměnitelná za tělesnou vodu. Více využívané deuterium je rozpustné ve všech vodních prostorech (za dvě hodiny) a v konstantní rovnoměrné koncentraci vydrží po dobu tří hodin. Pro jeho stanovení využíváme hmotové spektrometrie či plynové chromatografie.

## **Bioelektrická impedance (BIA)**

Bunc, Dlouhá a Pařízková (1993) uvádějí, že jednou z bioelektrických vlastností organismu je jeho impedance. Měřením impedance pomocí elektrod lze získat informace o nervovém systému, respiraci, kontrakci kosterního svalstva, činnosti srdce a stanovení tělesné hmotnosti, jak dále zmiňuje Bunc et al. (1993).

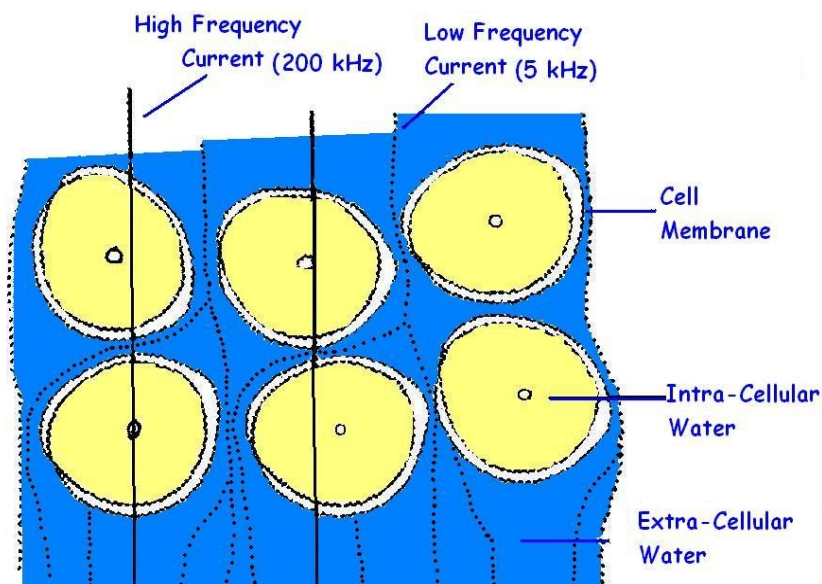
„Princip této metody spočívá na rozdílech v šíření elektrického proudu nízké intenzity v různých biologických strukturách. FFM, obsahující vysoký podíl vody a elektrolytů, je dobrým vodičem, zatímco tuková tkáň se chová jako izolátor“ (Riegrová & Ulbrichová, 1998, 27). BIA využívá excitační proud o intenzitě 400 či 800  $\mu\text{A}$  s frekvencí normálně 50 kHz. Modernější přístroje pracují s frekvencí proměnlivou.

Jak uvádí Bunc et al. (2001), základní proměnnou, kterou BIA zjišťuje, je celková tělesná voda (TBW). Tukuprostá hmota (FFM) je určena rozdílem mezi celkovou hmotností a hmotností tělesného tuku a pomocí TBW je určena ze vztahu:

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

Hodnota 0,732 (73 %), jak bylo uvedeno výše, představuje průměrnou hydrataci tukuprosté hmoty.

## Bio Electrical Properties



**Obrázek 5.** Princip měření BIA zjišťující celkovou tělesnou vodu (upraveno dle [http://www.bodystat.com/impedance\\_index.htm](http://www.bodystat.com/impedance_index.htm))

„Jakmile je frekvence vyšší než 200 kHz, proud je dostatečný na to, aby pronikal cytoplazmatickou membránou buňky; impedance je potom nižší a měřením uvnitř a vně buněk zjistíme – celkovou tělesnou vodu (TBW)“.

([http://www.bodystat.com/impedance\\_index.htm](http://www.bodystat.com/impedance_index.htm)).



Podle Heyward a Stolarczyk v Chytráčkové (2001) je nutné při měření zajistit podmínku „přiměřeného zavodnění“ organismu. Proto doporučuje provádět měření ráno po vymočení a opětném doplnění vody nesladkou tekutinou. Při použití metody BIA jsou dodržovány a zohledňovány další faktory.

Faktor	Změny odporu ( $\Omega$ )	Změny hmot. FFM (kg)
Dehydratace	↑ 40	↓ 5,0
Aerobní cvičení (střední-vysoká intenzita)	↓ 50-70	↑ 12,0
Jídlo nebo pití do 4 hodin	↑ 13-17	↓ 1,5
Umístění elektrod	↑ 70	↓ 11
Pravá x levá strana těla	0	0
Teplota místnosti (14°C x 35°C)	↑ 35	↓ 2,2

**Obrázek 6.** Přehled faktorů ovlivňující měření bioimpedance (upraveno dle Heyward, Stolarczyk in Chytráčková, 2001)

BIA přináší výhodu časové nenáročnosti a nezatíženosti pacienta. Nevýhoda je ale v závislosti na hydrataci a na anatomických poměrech (vliv lokalizace tukové tkáně u žen při umístění elektrod pouze na částech těla – jen horní či dolní polovina).

Podle Bunce et al. (2001) má bioimpedanční metoda své zdroje chyb. Chyby způsobené „obslouhou“ zařízení jsou relativně nízké a jsou spojené s umístěním a typem použitých elektrod, uvádí dále Bunc et al. (2001).

Nepřesnosti spojené s použitým hardwarem lze shrnout následovně:

- chyba vlastního měřícího zařízení (1,5 %)
- použití a typ elektrod (3 %)
- strana těla, rozdíly mezi pravou a levou stranou (1-2 %)
- stav hydratace (2-4 %)
- svod mezi měřeným subjektem a zemí (1-2 %)
- měřicí frekvence (1-3 %),

podle Bunce et al. (2001).

Při konkrétním měření je třeba brát v úvahu denní biologickou variabilitu, která se pohybuje v rozmezí cca 2 % z naměřené hodnoty, uvádí Lohman (1992).

Pro stanovení tělesného složení pomocí BIA byly vyrobeny různé modely přístrojů. V dnešní době se přístroje odlišují lokalizací elektrod. Ty mohou být umístěny po dvou na horní a dolní končetině (přístroj Bodystat), na ploskách nohou (nášlapné váhy) nebo na madlech pro uchopení rukama (přístroj Omron), či kombinací pro umístění na ruce i nohy (Tanita, Inbody). Pro odborné práce však přístroje, které stanovují tělesné složení jen z horní či dolní části těla, nelze považovat za dostačující.

BODYSTAT 1500



TANITA BC 545



OMRON BF400



INBODY 720



**Obrázek 7.** Příklady přístrojů pro stanovení tělesného složení pomocí BIA (upraveno dle [http://www.bodystat.com/1500\\_medical.htm](http://www.bodystat.com/1500_medical.htm), <http://www.vahy-eshop.cz/prodej/Meric-telesneho-tuku-s-vahou-OMRON-BF400>, <http://www.vitalshop.cz/osobni-digitalni-vaha-tanita-bc-545-top-model/d-69487>, <http://www.biospace.cz/inbody-720-pb4.php>)

Bioimpedanční měřicí metody jsou technicky a finančně náročné, proto bylo jejich využívání v první polovině minulém století omezené. V dnešní době lze rozdělit metody BIA na monofrekvenční a multifrekvenční. Podle Bunce et al. (2001) monofrekvenční využívá elektrický proud o frekvenci 50 kHz (např. přístroj Bodystat 500) a multifrekvenční měří impedanci na frekvencích 1-5-50-100 kHz (např. přístroj Datainput B.I.A. 2000-M). Mezi moderní přístroje patří InBody 720, který měří impedanci při použití šesti různých frekvencí na pěti různých segmentech těla, a také digitální váha Tanita BC 545, která kromě základní funkce měření hmotnosti nabízí další funkce, např.: měření procentuálního podílu tuku, svalové hmoty a vody, hmotnost kostí, hmotnost svalů pro jednotlivé končetiny a trup.

### 2.5.5 Biofyzikální metody

Základem pro tyto metody jsou poznatky z chemických analýz tkání lidského těla. Jejich hodnocení vychází z odhadu obsahu jednotlivých prvků pomocí biofyzikálních metod. Metody jsou velmi nákladné, ale zároveň nejlepší pro hodnocení validity ostatních metod, jak uvádí Riegrová, Přidalová a Ulbrichová (2006).

#### **Celkový tělesný draslík**

Metoda vychází z poznatku, že je draslík uložen intracelulárně a jeho obsah v tukuprosté hmotě je konstantní. S pomocí celotělových počítačů, které využívají  $^{40}\text{K}$ , se stanoví celková buněčná masa a tukuprostá hmota.

#### **Celkový tělesný vápník**

Základem metody je 38-39% zastoupení celkového tělesného vápníku v kostních minerálech. U zdravého jedince se však může vápník vyskytovat i mimo kostní tkáň, což vede ke kritice této metody.

#### **Celkový tělesný dusík**

Odhad svalové hmoty umožňuje dusík na základě proteinů. Ze svalové a nesvalové hmoty, kostních minerálů a hmotnosti těla je možno odvodit podíl tuku. Riegrová, Přidalová a Ulbrichová (2006) zmiňují, že metoda má velký význam pro hodnocení rozdílů mezi zdravou populací a nemocnými jedinci.

#### **Netronová aktivační analýza**

Umožňuje hodnocení mnohoprvkového složení lidského těla – vápníku, sodíku, fosforu, chloridů s použitím gama-spektrografické metody.

#### **Absorpciometrie**

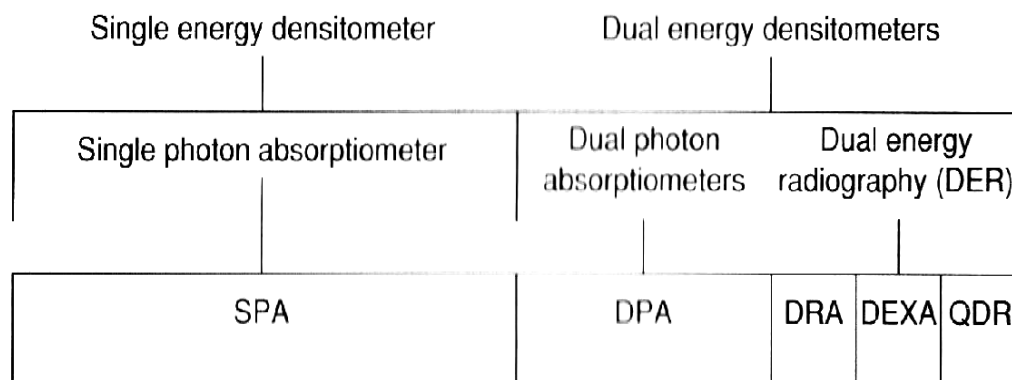
Princip metody vychází z předpokladu, že obsah kostních minerálů je přímo úměrný množství fotonové energie absorbované kostní tkání. Metoda sloužila především pro výzkum kostních minerálů v jednotlivých kostech, ale po zdokonalení přináší velmi dobré výsledky v odhadu podílu tuku.

Lohman (1992) upozorňuje na důležitost rozvoje DPA (dual photon absorptiometry) používající  $^{153}\text{Gd}$  (Gadolinium, měkký stříbřitě bílý, přechodný kovový ferromagnetický prvek), která umožňuje měření obsahu kostních minerálů (páteře a stehenní kosti).

Podle Lohmana tak vznikla technologie, která se mohla porovnávat s již známou SPA (single photon absorptiometry), která byla limitována v odhadu kostních minerálů jen na kost vřetenní a loketní.

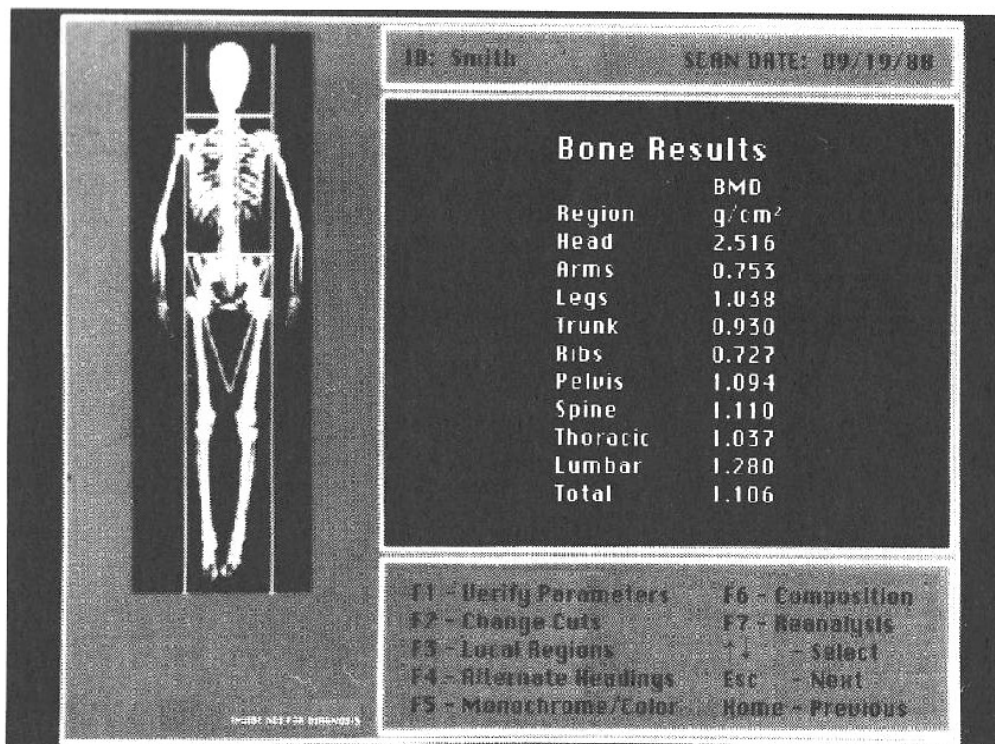
The dual photon absorptiometer ( $^{153}\text{Gd}$ ) enabled estimates of spine and femur and, in time, total body bone mineral. With the development of dual energy X-ray sources of radiation, new technologies were developed, and several acronyms appeared, including DEXA (dual energy radiography), DRA (dual energy radiographic absorptiometry), DER (dual energy radiography), and QDR (quantitative digital radiography) (Lohman, 1992, 26).

Vztahy mezi těmito technologiemi znázornil Lohman takto:



**Obrázek 8.** Technologie měření kostní hustoty (upraveno dle Lohman, 1992)

Z obchodního hlediska byl první dostupný absorpciometr (DEXA) navržen v roce 1987 tak, aby umožnil přesnější hodnocení kostních minerálů a aby vystavoval objekty menšímu záření než DPA.



**Obrázek 9.** Celková a částečná hustota tělních minerálů stanovených pomocí technologie DEXA (upraveno dle Lohman, 1992)

Pro své finanční a technické náklady tyto metody nelze realizovat v terénu, ale jejich přesnost ve výsledcích odhadu podílu tuku je nejlepší.

### 2.5.6 Biochemické metody

Skupina těchto metod je založena na stanovení svalových metabolitů. Zkoumají tedy především odhad rozvoje svalstva. Pro intraindividuální variabilitu metabolitů nejsou biochemické metody využívány v praxi a slouží převážně k experimentálním účelům.

#### **Kreatininurie**

Kreatin, který je obsažen ve svalech (98 %), je prekursorem kreatininu. Ledviny vylučují kreatinin jako odpadní produkt metabolismu v množství 1,2–1,7 g/24h.

Využití metody vychází z předpokladu, že vylučovaný kreatinin je produktem metabolismu v kosterním svalstvu, je endogenního původu a jeho množství odpovídá množství svalové tkáně.

Tyto předpoklady se stávají předmětem kritiky pro vysokou variabilitu kreatininurie (11-12%) v důsledku příjmu potravy (exogenní kreatinin) a úrovně pohybové aktivity. Metoda klade tedy podmínku několikadenní bezmasé diety a klidového režimu před vyšetřením.

### **Celkový plasmatický kreatin**

Vychází ze stejných předpokladů jako předchozí metoda, ale zjišťujeme kreatinin v krevní plasmě, kdy 1 mg celkového plasmatického kreatininu odpovídá 0,88–0,98kg svalové hmoty.

### 3. Cíle

Zjistit a porovnat změny tělesného složení a vybrané somatické parametry u adolescentních fotbalistů oddílu Sk Sigmy Olomouc v jednotlivých fázích tréninkového cyklu.

#### 3.1 Dílčí cíle

- Zjistit a porovnat změny ve vybraných somatických parametrech a u jednotlivých tělesných frakcí na základě různých metod v rámci věkových kategorií při prvním měření.
- Zjistit a porovnat změny ve vybraných somatických parametrech a u jednotlivých tělesných frakcí na základě různých metod v rámci věkových kategorií při druhém měření.
- Zhodnotit difference jednotlivých tělesných frakcí stanovených různými metodami mezi prvním a druhým měřením.



## 4. Metodika

### 4.1 Charakteristika souboru

Předmětem sledování byl soubor třiceti pěti adolescentních fotbalistů Sk Sigmy Olomouc. Hráči byli z kategorií U “17“, U “18“, U “19“ – zkratky z anglického under 17, 18, 19, nebo-li ročníky narození 1989, 1990 a 1991, podle platných dorosteneckých soutěží, které organizuje Českomoravský fotbalový svaz. Soubor byl podroben dvojímu měření. Ta proběhla v listopadu 2006 a v dubnu 2007 a stanovené změny byly předmětem srovnávání a vyhodnocování. Sloučený soubor byl diferencován na tři skupiny podle ročníku narození 1989 (dále R1), 1990 (dále R2) a 1991 (dále R3).

U každého jedince bylo provedeno antropometrické vyšetření. Somatické parametry u každého probanda byly zjišťovány dle standardizované antropometrie (Riegrová, Přidalová & Ulbrichová, 2006), která splňuje podmínky celosvětového srovnávání. Pro zjištění tělesného složení jednotlivých probandů byly použity metody Pařízkové, Matiegky a BIA.

### 4.2 Charakteristika tréninkových mezocyklů

Obě měření proběhla v rámci tréninkového makrocyklu v sezoně 2006/2007. První měření bylo provedeno po podzimní části mistrovských utkání, v přechodném zimním období, kdy tréninkové mezocykly byly zaměřeny na regeneraci.

Druhé měření proběhlo před zahájením jarní sezony mistrovských utkání, po přípravném období v tréninkovém mezocyklu psychologické a taktické přípravy.

Mezi jednotlivými měřeními hráči absolvovali tréninkové mezocykly zaměřené na rozvoj kondičních faktorů, osvojování individuální techniky, herní činnosti jednotlivce, týmový herní výkon, regeneraci a obnovu energetických zdrojů.

### 4.3 Charakteristika zjišťovaných údajů

Zjišťované údaje můžeme rozdělit na osobní a somatické. Mezi osobní údaje u testovaných osob patří – příjmení, jméno, rodné číslo, datum vyšetření. Jako somatické údaje lze označit – tělesnou výšku, hmotnost těla, kožní řasy, obvodové rozměry a množství tukové frakce stanovené podle zvolených metod.

U celkového souboru byl při prvním měření průměrný věk 16,6 roků a při druhém měření 16,9 roků (Tabulka 18 v příloze). Průměrný věk při prvním měření byl u jednotlivých skupin 17,4 let (R1), 16,7 let (R2) a 15,6 let (R3) a při druhém měření 17,8 let (R1), 17,0 let (R2) a 15,9 let (R3) (Tabulka 19, 20, 21 v příloze).

### 4.4 Standardizovaná antropometrie

Při měření se vycházelo z antropometerických bodů, které stanovuje standardizovaná antropometrie. Pomocí těchto bodů jsme stanovili somatické rozměry výškové, šířkové a obvodové. U každého probanda byly při měření dodrženy standardní podmínky (měření ve spodním prádle, měřena pravá strana těla, dobré osvětlení místnosti, předepsaný způsob měření).

Pro zjišťování somatických parametrů bylo využito standardizovaného antropometrického instrumentáře.

Instrumentář byl zapůjčen z katedry funkční antropologie a fyziologie. K měření byla použita základní antropometrická měřidla:

Antropometr – dvoumetrová kovová tyč s milimetrovou škálou a posuvným jezdcem, na kterém je jehla k měření výškových rozměrů. Tyč je složena ze čtyř dílů.

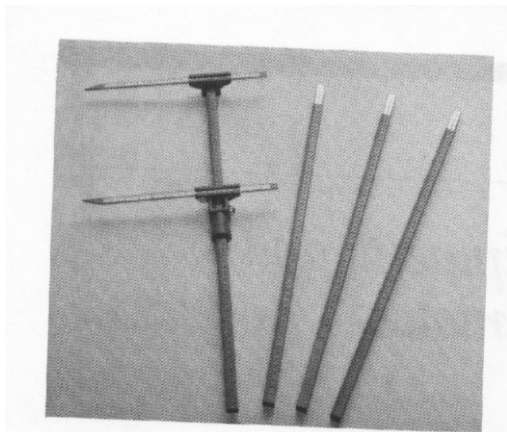
Pelvimetr – měřidlo s velkými rozvíracími rameny. Používá se ke zjišťování hloubkových parametrů těla.

Posuvné měřítko – nakalibrované měřidlo opatřené jezdcem s jehlou. Používá se k měření šířkových rozměrů.

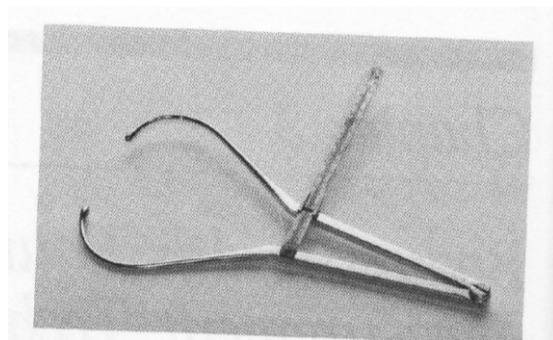
Pásová míra – samonavíjecí, stupnice je dělena po jednom milimetru. Slouží pro měření obvodových parametrů těla.

Kaliper – měřidlo pro stanovení kožních řas, stupnice po jednom milimetru. Využit byl kaliper typu Best podle metody Pařízkové (1962).

Antropometr



Pelvimetr



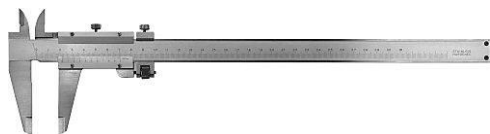
Pásová míra



Kaliper Best



Posuvné měřítko modifikované



**Obrázek 10.** Grafické znázornění základních měřidel (upraveno dle Lohman, Roche & Martorell, 1988, dle [www.eamos.cz/amos/kat\\_tv/externi/antropomotorik/morfologicka\\_stav](http://www.eamos.cz/amos/kat_tv/externi/antropomotorik/morfologicka_stav) a dle [www.optingservis.cz/index.php?option=com\\_content&task=view&id=69&Itemid=9](http://www.optingservis.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=69&Itemid=9) [www.whp.cz/indexdivize.php?p=stranka&id=107&sitename=Analogova](http://www.whp.cz/indexdivize.php?p=stranka&id=107&sitename=Analogova))

Všechny zjištěné hodnoty pro výpočet tělesného složení byly zpracovávány programem ANTROPO na katedře funkční antropologie a fyziologie. Pro vyhodnocování byl využit software Bodystat a statistické testy (ANOVA, t-test), jejichž výsledky byly zpracovány do popisných statistik v programu Excel.

#### 4.4.1 Základní antropometrické parametry

Měřené parametry:

##### Základní výškové a šířkové rozměry

(M1) Tělesná výška je vertikální vzdálenost vertexu (v) od země. Pata antropometru musí být umístěna před špičkami chodidel probanda a jehlu antropometru lehce umístíme na temeno jeho hlavy.

(M4) Výška horního okraje sternu – suprasternale (sst) od země.

(M6) Výška horního okraje symfýzy - symphysis (sy) od země.

(M8) Výška nadpažku – akromiale (a) od země.

(M9) Výška štěrbiny loketního kloubu – radiale (r) od země.

(M10) Výška processus styloideus radii – stylium (sty) od země.

(M11) Výška hrotu středního prstu – dyktilion (da) od země.

(M12) Výška horního okraje kosti kyčelní – iliocristale (ic) od země.

(M13) Výška předního kyčelního trnu – iliospinale (is) od země.

(M14) Výška velkého chocholíku – trochanterion (tro) od země.

(M15) Výška štěrbiny kolenního kloubu – tibiale (ti) od země.

(M16) Výška hrotu vnitřního kotníku (malleolus medialis) – sphyrion (sph) od země.

(M17) Rozpětí paží – přímá vzdálenost hrotů středních prstů obou bodů daktylion (da), při maximálním aktivním upažení, zády ke stěně.

(M23) Výška v sedě – vertikální vzdálenost bodu vertex (v) od plochy, na které proband sedí.

(M45) Délky horní končetiny – přímá vzdálenost bodu akromiale od bodu daktylion na natažené pravé ruce (a-da).

(M47) Délka paže – přímá vzdálenost bodu akromiale od bodu radiale (a-r).

(M48) Délka předloktí – přímá vzdálenost bodu radiale od bodu stylium (r-sty).

(M49) Délka ruky – přímá vzdálenost bodu ležícího uprostřed na spojnici bodů stylium (sty) a daktylion (da) na konci prostředního prstu.

(M55/1) Délka stehna –přímá vzdálenost bodu trochanterion (tro) od bodu tibiale (ti) na zevní straně kolenního kloubu.

(M56a) Délka bérce – přímá vzdálenost bodu tibiale (ti) od bodu sphyrion (sph).

(M58) Délka nohy – přímá vzdálenost bodu pterion (pte) od bodu akropodion (ap). Osa měřidla je při měření rovnoběžná s vnitřním okrajem chodidla.

#### Základní šířkové rozměry

(M35) Šířka ramen (biakromiální) – přímá vzdálenost mezi body akromiale (a-a).

(M36) Transverzální průměr hrudníku – ve výši středu sternu (mst-mst).

(M37) Sagitální (předozadní) průměr hrudníku – přímá vzdálenost mesosternale (mst) od trnového výběžku obratle ležícího v téže vodorovné poloze.

(M40) Šířka pánve (bikristální) – přímá vzdálenost mezi pravým a levým bodem iliocristale (ic-ic).

(M41) Šířka pánve (bispinální) – přímá vzdálenost mezi pravým a levým bodem iliospinale (as-as).

(M42) Šířka bitrochaterická – přímá vzdálenost mezi pravým a levým bodem trochanterion (tro-tro).

(M52/3) Šířka dolní epifyzy humeru (biepikondiární) – přímá vzdálenost bodů nejvíce od sebe vzdálených na epicondylus medialis a lateralis humeru. Předloktí a paže svírá při měření pravý úhel.

(M52/2) Šířka zápěstí (bistyloidální) – přímá vzdálenost mezi bodem styliion radiale a styliion ulnare.

(M52) Šířka ruky – přímá vzdálenost mezi bodem metacarpale radiale (mr) a bodem metacarpale ulnare na natažené ruce.

(M59) Šířka nohy – přímá vzdálenost bodu metatarsale tibiale od bodu metatarsale fibulare na zatížené noze.

--- Šířka dolní epifyzy femuru (biepikondiární) – přímá vzdálenost bodů nejvíce od sebe vzdálených na epikondylus medialis a epikondylus lateralis femuru. Dolní končetina je při měření v kolenu ohnutá do pravého úhlu.

--- Šířka kotníků (bimalleolární) – přímá vzdálenost bodů nejvíce od sebe vzdálených na malleolus medialis a lateralis.

### Obvodové rozměry

(M61) Obvod hrudníku přes mesosternale v normální poloze – míra probíhá vzadu těsně pod dolními úhly lopatek, vpředu u mužů těsně nad prsními bradavkami u žen přes mesosternale.

(M61a) Obvod hrudníku při maximálním inspiriu.

(M61b) Obvod hrudníku při maximálním expiriu.

(M62/1) Obvod břicha – měříme ve výši pupku (omhalion).

--- Obvod pasu – horizontální obvod břicha v nejužším místě nad kyčlemi.

(M64/1) Obvod gluteální – měříme v horizontální rovině nejmohutněji vyvinutého gluteálního svalstva.

(M65) Obvod paže – měříme v poloviční vzdálenosti mezi bodem akromiale a hrotem lokte (olecranon ulnae) na paži volně visící podle těla.

(M65/1) Obvod paže ve flexi – největší obvod paže při maximální kontrakci flexorů a extenzorů.

(M66) Obvod předloktí maximální - měříme v nejsilnějším místě.

(M67) Obvod předloktí minimální (obvod zápěstí) – měření v nejužším místě.

(M68) Obvod stehna gluteální – měříme za mírného rozkročení probanda těsně pod příčnou hýžďní rýhou. Váha těla je rovnoměrně rozložena na obě dolní končetiny.

--- Obvod stehna střední – měříme v poloviční vzdálenosti mezi trochanterem a laterálním epikondylem femuru.

(M69) Obvod lýtky maximální – měříme v místě největšího vytvoření lýtkového svalu (m. gastrocnemius)

(M70) Obvod bérce minimální – měříme v nejužším místě nad kotníky.

### Hmotnost těla

(M71) Tělesná hmotnost – vážíme s přesností na 0.5 kg.

hmotnost = H (kg)

výška těla = V (cm)

obvod hrudníku = OH (cm)

BMI (body mass index)  $H/V^2$  v m

#### 4.4.2 Tělesné složení

- Matiegkova metoda

Matiegka pro stanovení tělesného složení vypracoval metodu, která pracuje s tělesnými komponenty na základě zevních antropometrických rozměrů těla. „Navrhl rozdělení hmotnosti těla na 4 složky : O – hmotnost skeletu (ossa), D – kůže (derma) a podkožní tukové tkáň, M – kosterní svalstvo (musculi) a R – zbytek (reziduum) (Riegrová & Ulbrichová, 1998, 24).

Výpočet tělesného složení vychází z následujících rovnice:

$$\mathbf{H = O + D + M + R}$$

H = tělesná hmotnost

O = hmotnost kostry

D = hmotnost kůže a podkožní tkáň

M = hmotnost svalstva

R = hmotnost zbytku tělesné hmoty

Hmotnost kostry je odvozována z výšky těla, šířky epikondylu humeru, šířky zápěstí, šířky dolní epifýzy femuru, šířky kotníků a Matiegkova koeficientu  $k_1$ .

Hmotnost kůže a podkožní tkáň se stanovuje pomocí povrchu těla v  $\text{cm}^2$ , pomocí šesti kožních řas a koeficientu  $k_2$ . Kožní řasy pro odvození hmotnosti kůže jsou lokalizovány nad m.biceps brachii, na volární straně předloktí, nad m. quadriceps femoris, na zadní straně lýtky, na hrudníku ve výši 10. žebra a na bříše.

Hmotnost svalstva určují korigované průměry končetin, výška těla a koeficient  $k_3$ .

Hmotnost zbytku  $\mathbf{R = hmotnost\ těla - (O + D + M)}$

Koeficienty  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$  byly Matiegkou zavedeny jako eliminace chyb vzniklých při měření.

- Metoda dle Drinkwater–Ross

Drinkwater a Ross modifikovali původní Matiegkovu metodu. Při výpočtech metoda pracuje s tzv. fantomovými antropometrickými rozměry.

Podíl kostry – je vypočítán z rozměrů biepikondylární šířky femuru a humeru, obvodů zápěstí a lýtka.

Podíl svalstva – se propočítává z obvodu paže, maximálního obvodu předloktí, gluteálního obvodu stehna, dále maximálního lýtka a obvodu hrudníku přes mezosternale.

Podíl tukové tkáně – se stanovuje z naměřených kožních řas nad tricepsem, pod dolním úhlem lopatky, nad crista iliaca, na bříše, na stehně a na lýtku mediálně.

Podíl zbytku – vychází ze zbytku vypočítaného.

- Metoda Pařízkové

Základem metody je chápání lidského těla z hlediska dvoukomponentového modelu tělesného složení. Model lidské tělo rozděluje na tukuprostou hmotu a tuk. Podle Pařízkové (1962) je podíl tuku vypočítán z regresních rovnic na základě sumace deseti kožních řas. Měření kožních řas jsme prováděli kaliperem typu Best.

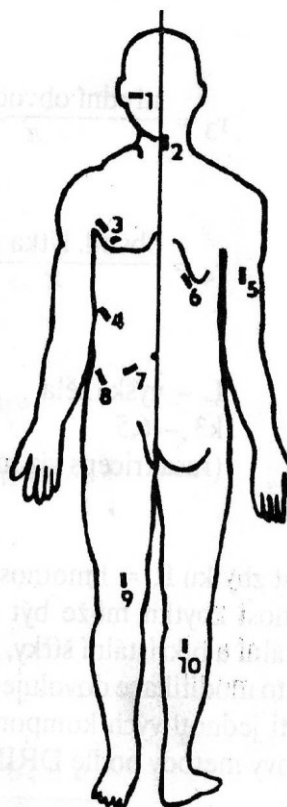
Lokalizace kožních řas pro stanovení procenta tělesného tuku, jak uvádí Pařízková (1962):

1. Na tváři – řasa probíhá horizontálně pod spánkem na spojnici tragion – alare.
2. Na krku – řasa probíhá sagitálně pod bradou a nad jazylkou, při měření hlava mírně zvednutá.
3. Na hrudníku I. – měříme na předním ohraničení axilární jámy nad okrajem m. pectoralis major.
4. Na hrudníku II. – řasa probíhá šikmo, měříme ji v přední axilární čáře ve výši 10. žebra.
5. Na paži – měříme nad m. triceps brachii v polovině vzdálenosti mezi acromiale a radiale.



6. Na zádech – řasa probíhá mírně šikmo a měříme ji pod dolním úhlem lopatky.
7. Na břicho – řasa probíhá vodorovně v mediální třetině vzdálenosti mezi omphalion a iliospinale anterior, blíže k bodu omphalion.
8. Na boku – měříme nad hřebenem kosti kyčelní v průsečíku s přední axilární čarou.
9. Na stehně – řasa nad patellou probíhá sagitálně, dolní končetina je při měření mírně pokrčená.
10. Na lýtku – měříme pod fossa poplitea (asi 5 cm), řasa probíhá svisle na lýtku těsně pod kolenní jamkou, končetina je uvolněná, mírně pokrčená a opřená o špičku.

1. TVÁŘ - POD SPÁNKEM, VE VÝŠI TRAGU
2. KRK - POD BRADOU, NAD JAZYKOU
3. HRUDNÍK I - V PŘEDNÍ AXIL. ČÁŘE,  
NAD M. PECTORALIS MAJOR
4. HRUDNÍK II - VE VÝŠI X. ŽEBRA, V PŘEDNÍ  
AXIL. ČÁŘE
5. PAŽE - NAD TRICEPSEM, V  $\frac{1}{2}$  VZDÁL.  
ACROMION - OLECRANON
6. ZÁDA - POD DOLNÍM ÚHLEM LOPATKY
7. BŘICHO - V MEDIÁLNÍ  $\frac{1}{3}$  SPOJNICE  
DUPEK - PŘ. TRN KYČELNÍ
8. BOK - NAD HŘEBENEM KOSTI KYČELNÍ  
V PRODLOUŽENÍ PŘ. AXIL. ČÁRY
9. STEHNO - NAD PATELLOU
10. LÝTKO - 5cm POD FOSSA POPLITEA



**Obrázek 11.** Lokalizace a průběh kožních řas (upraveno dle Riegrová & Ulbrichová, 1998)

Postup při výpočtech v metodě Pařízkové:

<u>Věk</u>	<u>Pohlaví</u>	<u>Rovnice</u>
9 – 12	chlapci	$y = 1.180 - 0.069 \cdot \log x$
	dívky	$y = 1.160 - 0.061 \cdot \log x$
13 – 16	chlapci	$y = 1.205 - 0.78 \cdot \log x$
	dívky	$y = 1.205 - 0.78 \cdot \log x$
17 – 45	muži	$\%T = 28.96 \cdot \log x - 41.27$
	ženy	$\%T = 35.572 \cdot \log x - 61.25$

% T – procento tuku tělesné hmotnosti

x – součet deseti kožních řas

y – denzita

Výpočet % tuku z denzity :

$$\% T = \left( \frac{4.201}{y} - 3.813 \right)$$

následně stanovíme procento ATH       $\% ATH = 100 - \% tuk$

Pomocí zjištěných hodnot lze stanovit tuk a ATH v kilogramech:

$$tuk \text{ kg} = \frac{\text{hmotnost} \cdot \% tuk}{100}$$

$$ATH \text{ kg} = \text{hmotnost} - tuk \text{ kg}$$

- BIA

Frakcionace tělesné hmotnosti byla realizována také přístrojem QuadScan 4000. Proband při měření ležel na zádech ve spodním prádle na nevodivé podložce. Nohy a ruce se nesměly dotýkat těla. Proband musel odložit všechny kovové předměty a nesměl být po tělesné zátěži.

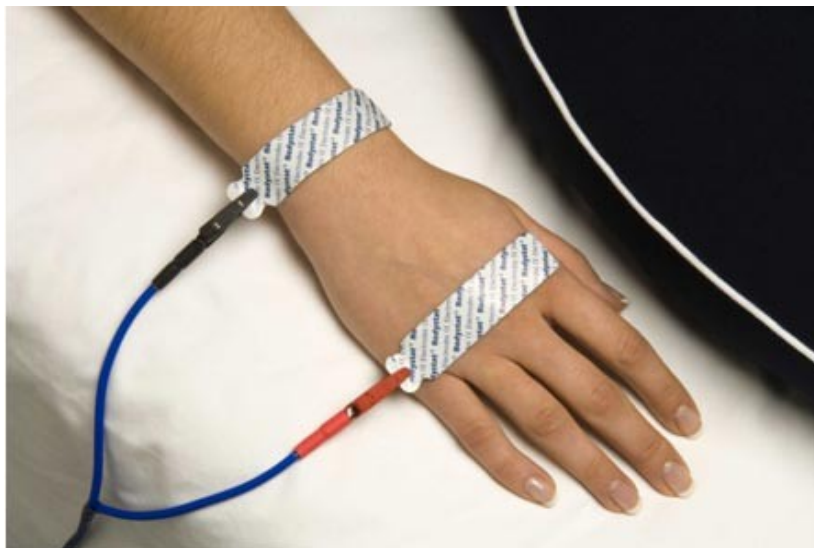
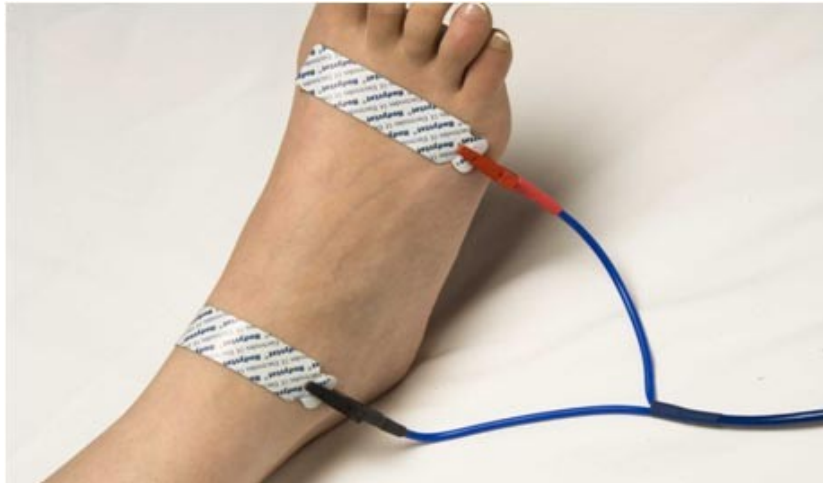
Podle firmy Bodystat je QuadScan 4000 z nabídky přístrojů rychlý, lehký a neinvazivní.



**Obrázek 12.** QuadScan 4000  
(upraveno dle [http://www.bodystat.com/quadscan\\_4000.htm](http://www.bodystat.com/quadscan_4000.htm))

Součástí přístroje jsou čtyři elektrody, které jsme umístily na pravou stranu těla probanda. Distální elektrody byly umístěny na pravou ruku a nohu, proximální elektrody byly nalepeny na pravé zápěstí a kotník

Distální elektrody přivádějí elektrický proud do těla a proximální pár elektrod měří odpor.



**Obrázek 13.** Umístění elektrod na končetinách  
(upraveno dle <http://www.bodystat.com/segmental.html>)

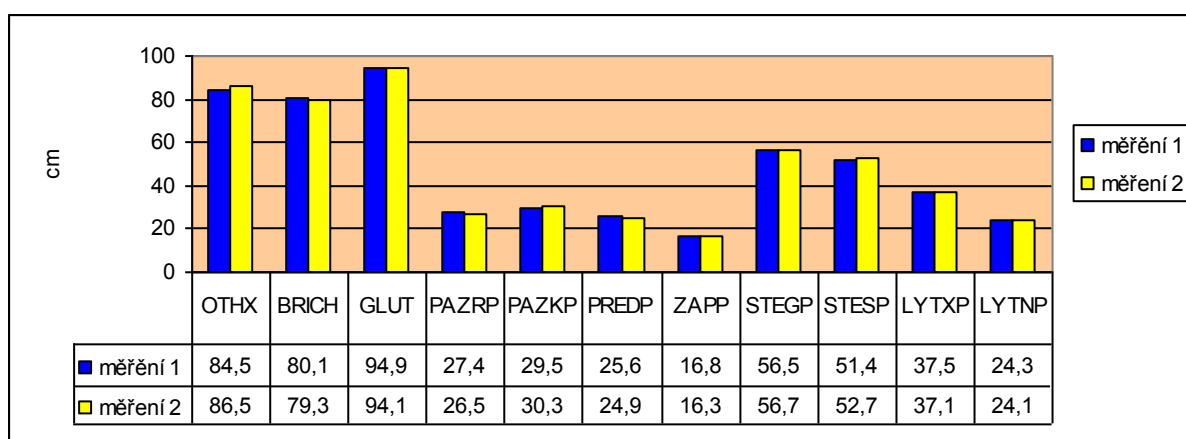
## 5. Výsledky a diskuse

### 5.1 Výsledky změn základních antropometrických charakteristik

V tabulkách 2, 3, 4, 5 v příloze je možno sledovat popis základních statistických somatických parametrů.

Při prvním měření byla u celkového souboru průměrná tělesná výška 177,4 cm a hmotnost 69,7 kg. Při druhém měření se změnila průměrná tělesná výška na 180,2 cm a hmotnost 70,6 kg (Tabulka 18 v příloze). V tabulce 15 v příloze lze u sloučeného souboru pozorovat signifikantní změny v parametrech: obvod paže volně visící podél těla (-2,7 cm), maximální (-2,1 cm) a minimální (-3,0 cm) obvod předloktí a v obvodu středního stehna (-4.0 cm) .

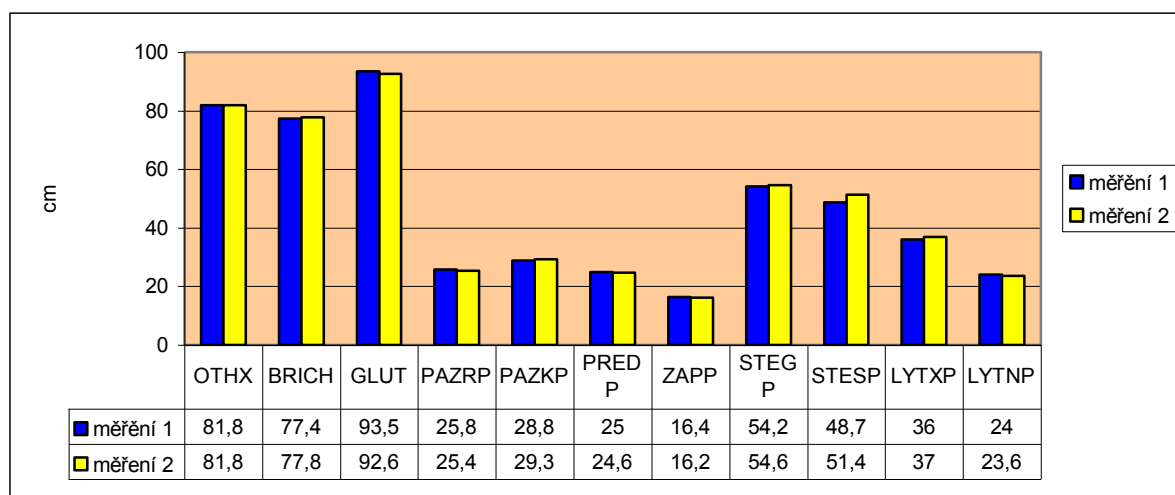
Průměrná tělesná výška u skupiny R1 se změnila v rámci měření ze 179,4 cm na 181,8 cm a průměrná tělesná hmotnost ze 72,3 kg na 72 kg, změny lze pozorovat v tabulce 19 v příloze. Signifikantní změny parametrů u skupiny R1 se projeví u obvodů paže volně visící podél těla (-2,0 cm), minimálního obvodu předloktí (-2,3 cm) a středního stehna (-2.0 cm) (Tabulka 15 v příloze).



**Obrázek 14.** Srovnání vybraných antropometrických charakteristik u R1

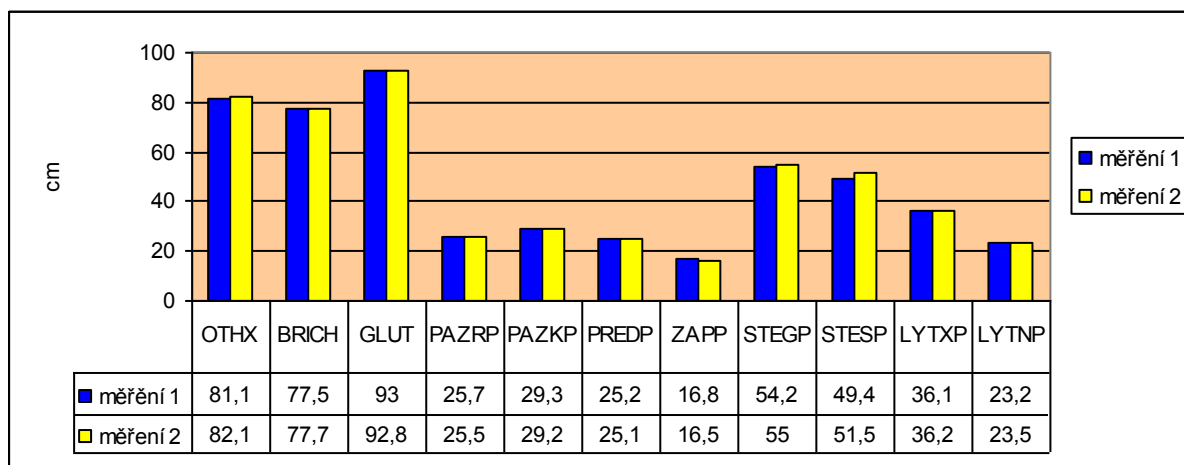
V tabulce 20 v příloze jsou stanoveny změny mezi prvním a druhým měření u skupiny R2 v průměrné tělesné výšce ze 178 cm na 180,2 cm a v průměrné tělesné hmotnosti ze 70,4 kg na 71,0 kg .

V tabulce 16 v příloze jsou zaneseny statisticky významné změny parametrů u skupiny R2, které se projeví u obvodů paže ve flexi (-2,0 cm), středního stehna (-2,8 cm) a maximálního obvodu lýtky (-2,4 cm).



**Obrázek 15.** Srovnání vybraných antropometrických charakteristik u R2

Průměrná tělesná výška u skupiny R3 se změnila v rámci měření ze 174,7 cm na 178,5 cm a průměrná tělesná hmotnost z 66,0 kg na 68,7 kg, změny lze pozorovat v tabulce 21. Signifikantní změny se u skupiny R3 projeví u obvodu středního stehna (-2,2 cm) (Tabulka 17 v příloze).



**Obrázek 16.** Srovnání vybraných antropometrických charakteristik u R3

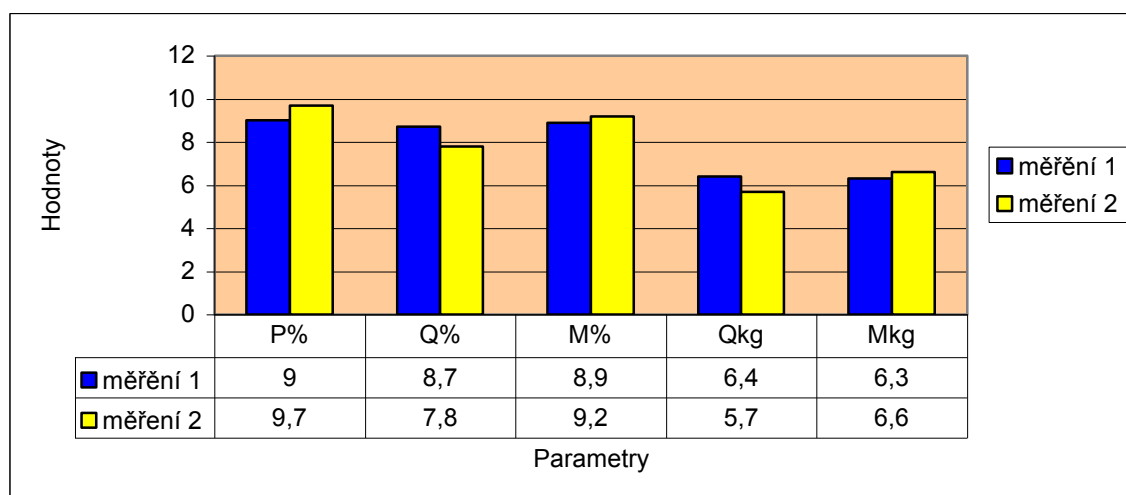
## 5.2 Výsledky měření tukové složky

Zastoupení tukové složky u sloučeného souboru podle jednotlivých metod je možno sledovat v tabulkách 2, 6 a 10 v příloze.

Signifikantní změnu v zastoupení tukové složky (-4,1 %) vykazala metoda Pařízkové u sloučeného souboru (Tabulka 14 v příloze).

Výsledky zastoupení tukové složky podle jednotlivých metod a skupin je možné sledovat v příloze v tabulkách 3, 4, 5, 7, 8, 9, 11, 12, 13.

U skupiny R1 došlo k signifikantní změně v procentuálním zastoupení tukové složky zjišťované pomocí přístroje Quadscan (-2,0 %) (Tabulka 15 v příloze).



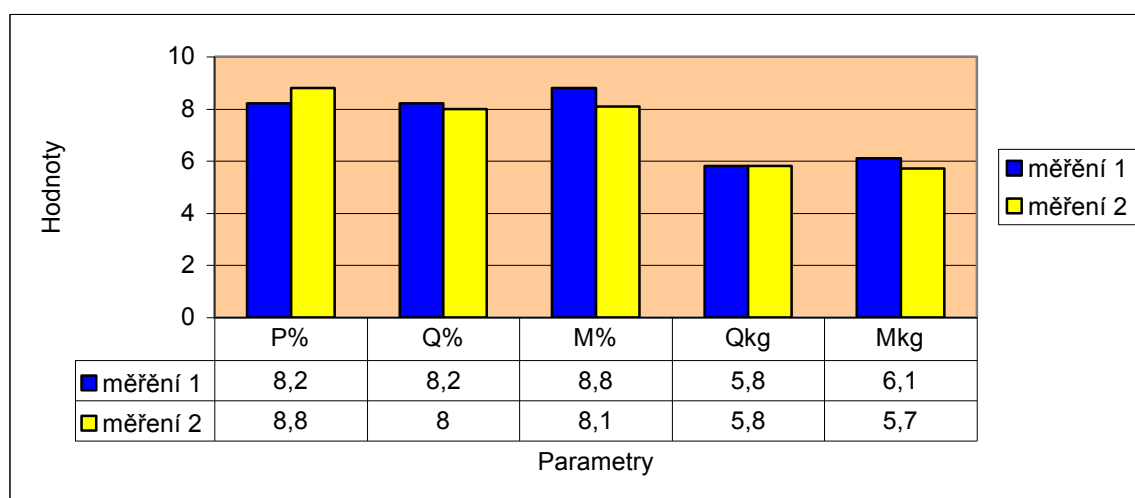
**Obrázek 17.** Zastoupení tukové složky u skupiny R1

Obrázky 17, 18 a 19 popisují hodnoty procentuálního zastoupení tukové složky stanovené metodou Pařízkové (P %), metodou BIA, která využívá přístroj Quadscan (Q %) a metodou Matiegky (M %).

Absolutní hodnoty tukové frakce dle metodiky Matiegky (M kg) a BIA (Q kg) jsou uvedeny také na obrázcích 17, 18 a 19.

V prvním měření jsou hodnoty procentuálního zastoupení tukové složky téměř shodné. Výrazný rozdíl je patrný z výsledků druhého měření, kdy přístroj Quadscan stanovil procento tuku 7,8 %, zatímco hodnoty naměřené podle metody Pařízkové a Matiegky byly 9,7 % a 9,2 %.

V tabulce 17 v příloze v rámci srovnání metod mezi měřeními u R2 se tuková frakce v procentech signifikantně změnila u Pařízkové (-2,1 %) i u Matiegky (-2,0 %).

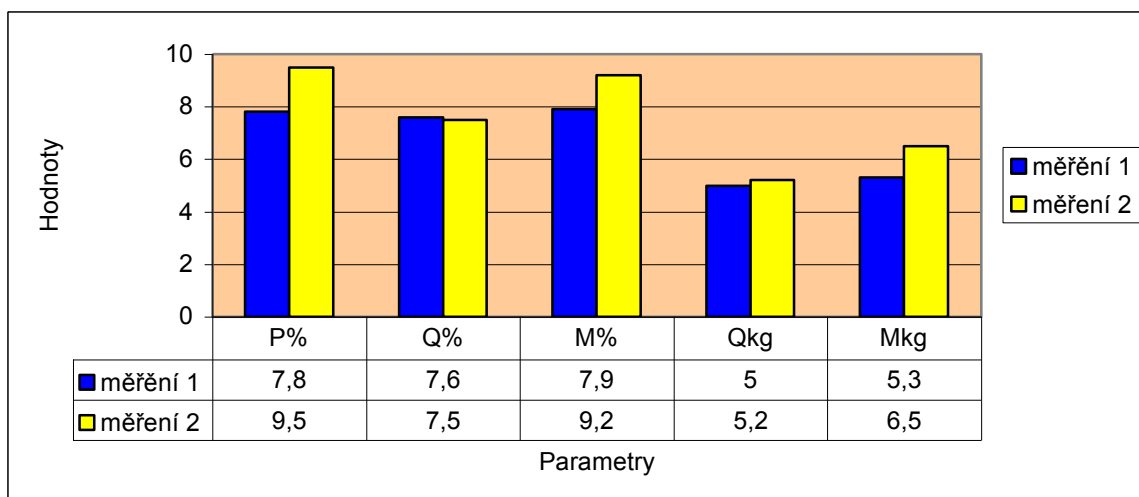


**Obrázek 18.** Zastoupení tukové složky u skupiny R2

V prvním měření se shodují výsledné hodnoty procentuálního zastoupení tukové složky dle metody Pařízkové a podle přístroje Quadscanu. Metoda Matiegky stanovila v prvním měření hodnotu 8,8 % tukové složky. Metoda Pařízkové stanovila procentuální zastoupení tukové složky při druhém měření hodnotu 8,8 %, přístroj Quadscan a metoda Matiegky stanovily téměř shodné hodnoty 8,0 % a 8,1 % tukové složky.

Statisticky významné změny u R3 lze sledovat v tabulce 18. Metoda Pařízkové a Matiegky v procentuálním zastoupením tukové frakce mezi měřeními vykazuje signifikantní změny (-2,9 %) a (-2,5 %). Navíc statisticky významná byla změna v hmotnosti tukové složky dle Matiegky (-2,5 kg).





**Obrázek 19.** Zastoupení tukové složky u skupiny R3

Zastoupené množství tukové frakce v získaných hodnotách vykazuje minimální rozdíly v rámci použitých metod do 0,3 %. Největší rozdíl (2 %) byl zjištěn u druhého měření při srovnávání množství tuku dle metody Pařízkové a Quadscanem. Mezi měřeními došlo ke zvýšení množství tukové frakce dle metody Pařízkové (1,7 %) a Matiegky (1,3 %).

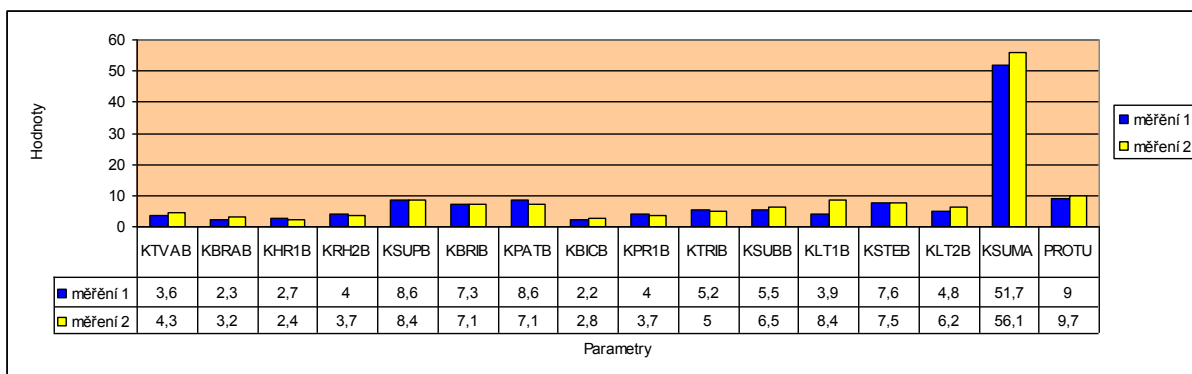
### 5.3 Zhodnocení výsledků tělesného složení dle jednotlivých metod

V tabulkách 2, 6, a 10 v příloze je možno sledovat charakteristiky tělesného složení u sloučeného souboru.

K významným změnám tělesného složení u sloučeného souboru došlo při měření pomocí Quadscanu v parametru tukuprosté hmoty uváděné v kilogramech (-3,5 kg) (Tabulka 14 v příloze).

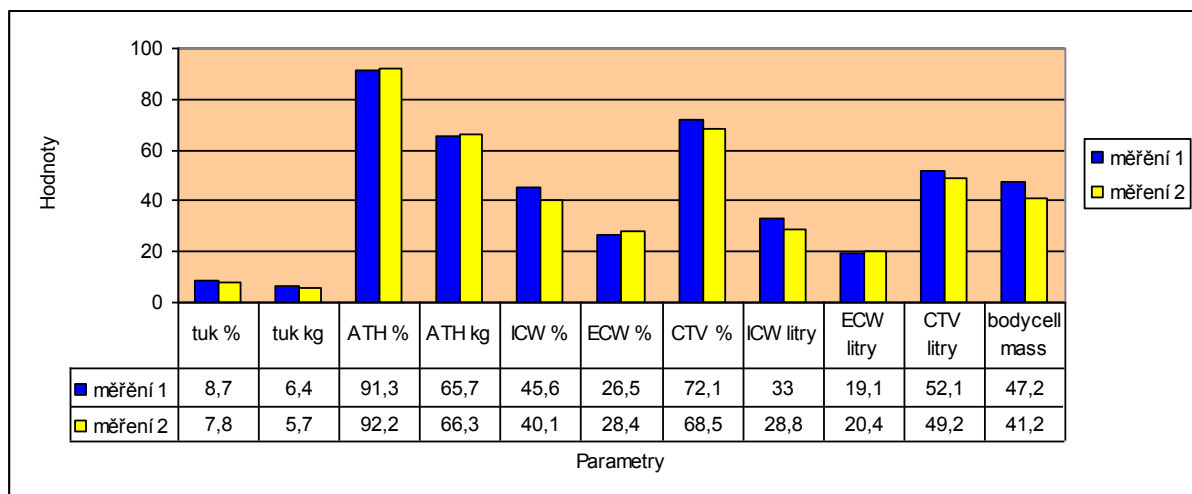
Charakteristiky tělesného složení u skupiny R1 jsou uvedeny v tabulkách 3 (metoda Pařízkové), 7 (Quadscan) a 11 (metoda Matiegky) v příloze.

Srovnání změn v tělesném složení u skupiny R1 je možné sledovat v tabulce 15 v příloze.



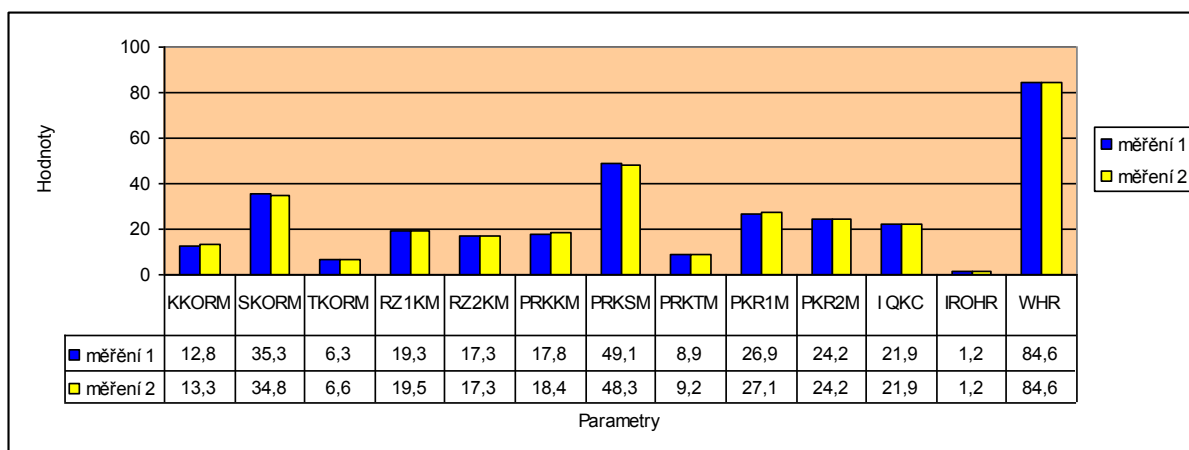
**Obrázek 20.** Průměrné hodnoty kožních řas a procenta tukové složky, metoda podle Pařízkové u R1

Výsledný součet kožních řas u skupiny R1 byl u prvního měření 51,7 mm a u druhého měření 56,1 mm. Tento rozdíl se projevil i v procentuálním zastoupení tuku. Nárůst tukové složky při druhém měření byl 0,7 %. U metody Pařízkové se mezi měřeními signifikantně změnila parametry: kožní řasa na tváři (-2,3 mm), bradě (-2,1 mm) a lýtku (-2,7 mm).



**Obrázek 21.** Průměrné naměřené parametry tělesného složení pomocí Quadscanu u R1

Přístroj Quadscan stanovil mezi měřeními významné změny v procentuálním zastoupení tukové složky (-2,0 %), tukuprosté hmoty (-2,0 %), v indexu BMI (-2,6 %) a obsahu extracelulární vody v litrech (-2,8 l).

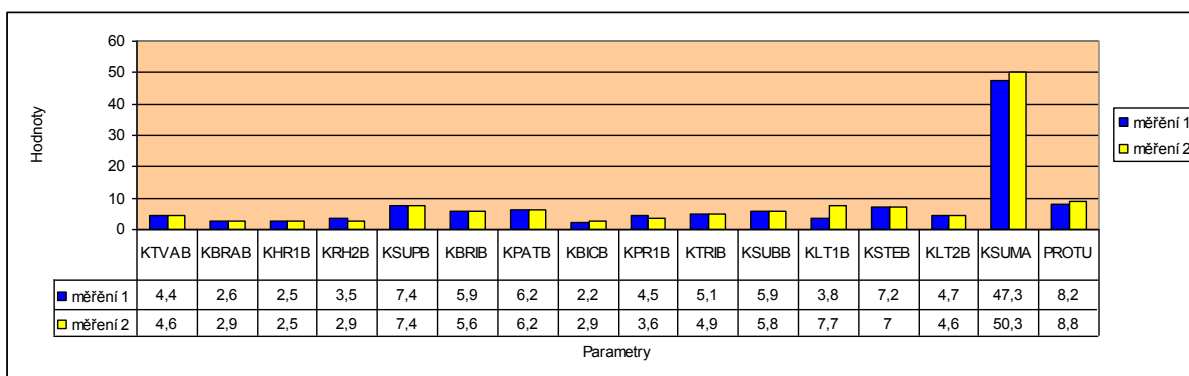


**Obrázek 22.** Složky tělesné hmotnosti podle Matiegky u R1

U skupiny R1 nebyly determinovány žádné signifikantní změny v zastoupení jednotlivých frakcí tělesného složení.

Charakteristiky tělesného složení u skupiny R2 popisují tabulky 4 (metoda Pařízkové), 8 (Quadscan) a 12 (metoda Matiegky) v příloze.

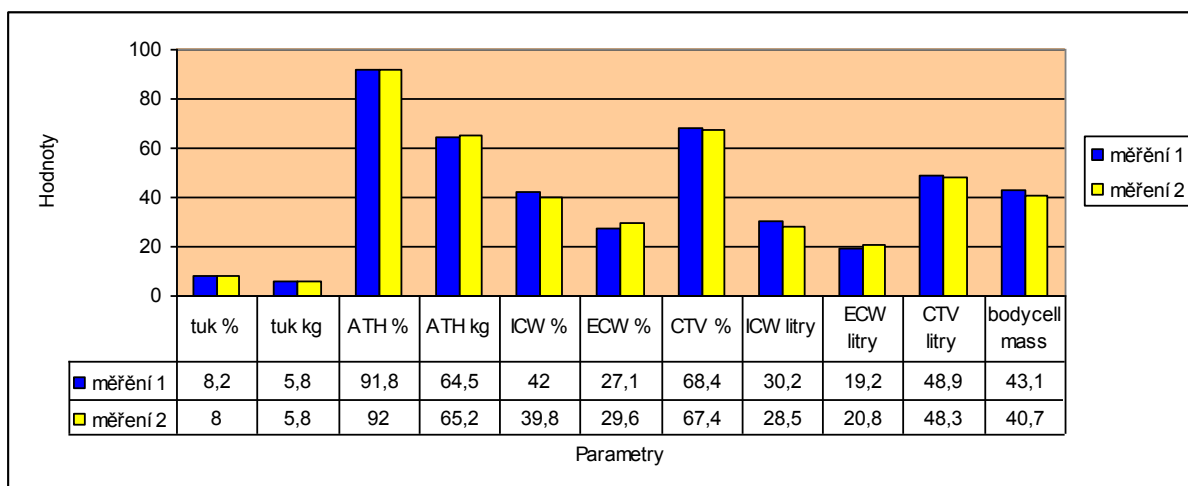
Srovnání změn v tělesném složení u skupiny R2 je možné sledovat v tabulce 16 v příloze.



**Obrázek 23.** Průměrné hodnoty kožních řas a procenta tukové složky, metoda podle Pařízkové u R2

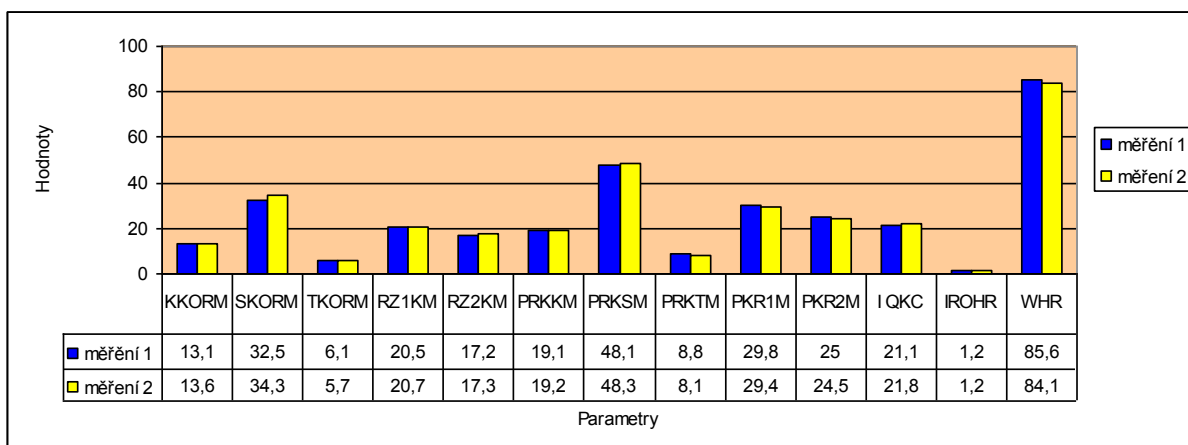
Při prvním měření byl stanoven součet kožních řas 47,3 mm a při druhém měření 50,3 mm, což je statisticky významná diference. Procentuální zastoupení tuku podle metody Pařízkové narostlo z 8,2 % na 8,8 %, a tato změna se projevila jako signifikantní.

K významným změnám mezi měřeními došlo u parametrů: kožní řasa na hrudníku 2 (-2,0 mm) a na lýtku (-3,3 mm).



**Obrázek 24.** Průměrné naměřené parametry tělesného složení pomocí Quadscanu u R2

U metodiky bioelektrické impedance jsme nezaznamenali žádné signifikantní změny v jednotlivých parametrech tělesného složení.

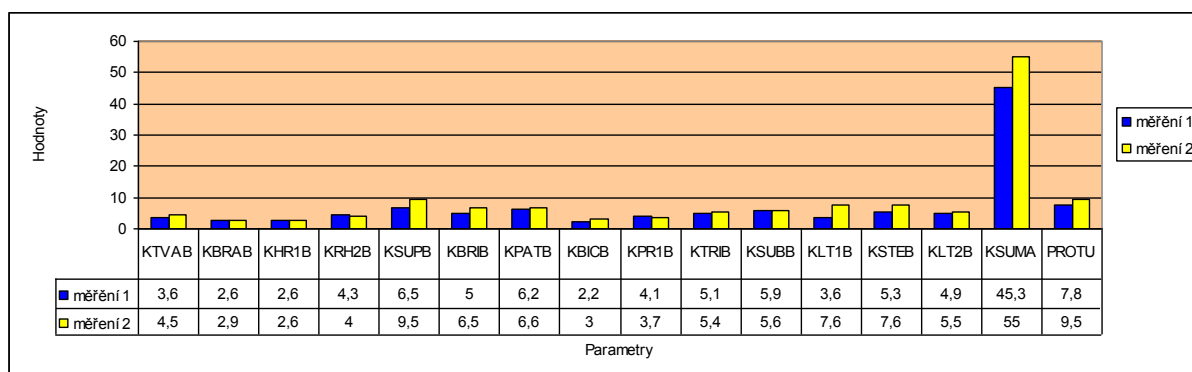


**Obrázek 25.** Složky tělesné hmotnosti podle Matiegky u R2

Statisticky významné diference mezi měřeními podle metodiky Matiegky byly nalezeny u kosterní (-2,3 kg), svalové (-2,9 kg) a u tukové složky v relativních hodnotách (-2,0 %).

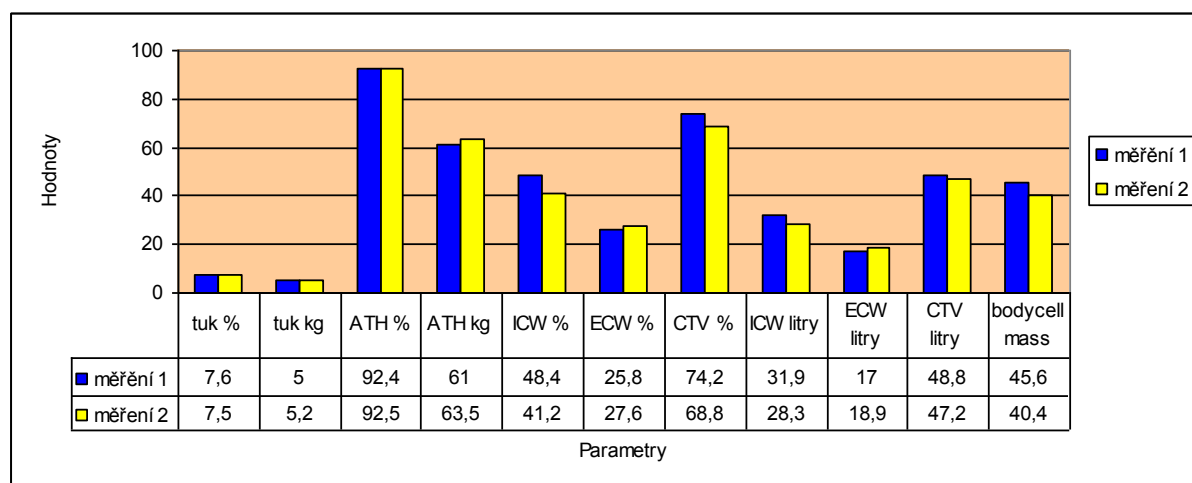
Charakteristiky tělesného složení u skupiny R3 popisují tabulky 5 (metoda Pařízkové), 9 (Quadscan) a 13 (metoda Matiegky) v příloze.

Srovnání změn v tělesném složení u skupiny R3 je možné sledovat v příloze v tabulce 17.



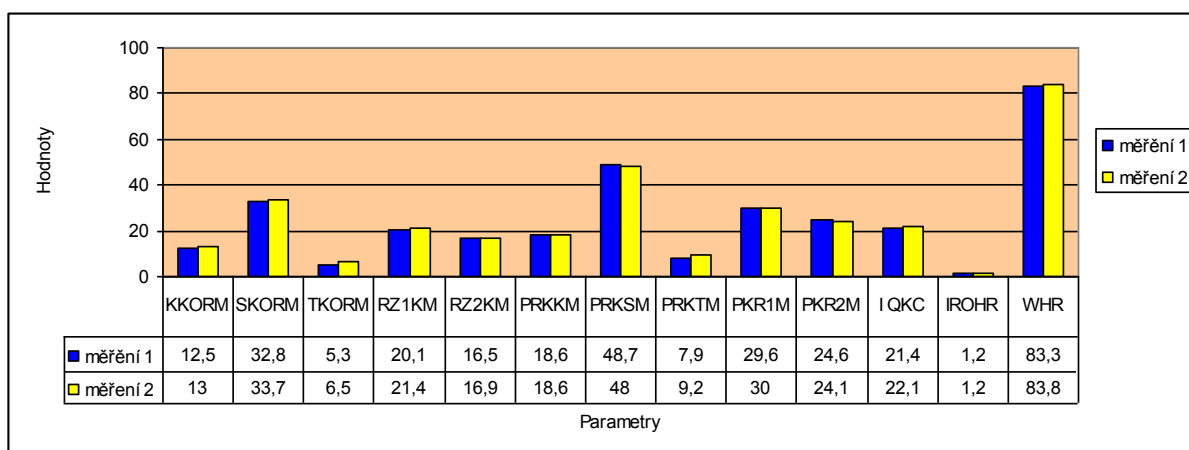
**Obrázek 26.** Průměrné hodnoty kožních řas a procenta tukové složky, metoda podle Pařízkové u R3

U skupiny R3 se v průběhu měření navýšilo množství tukové složky dle metody Pařízkové ze 7,8 % na 9,5 %, což je statisticky významná změna, která je způsobena značným rozdílem v součtu kožních řas mezi měřeními. Mezi měřeními došlo k signifikantním změnám u kožní řasy na lýtku (-2,8 mm) a na boku (-3,0 mm).



**Obrázek 27.** Průměrné naměřené parametry tělesného složení pomocí Quadscanu u R3

Přístroj Quadscan stanovil významné změny mezi měřeními u tukuprosté hmoty v kilogramech (-2,8 kg) a u množství extracelulární vody v litrech (-2,1 l).



**Obrázek 28.** Složky tělesné hmotnosti podle Matiegky u R3

Dle metodiky Matiegky se tuková frakce u R3 signifikantně změnila v kilogramech (-2,5 kg) a v procentech (-2,4 %).

Srovnání v rámci věkových skupin, které vypovídá o určitých ontogenetických trendech v oblasti tělesného složení dle různých metod, je uvedeno na obrázcích 27–34 v příloze.

## 6. Závěry

U sloučeného souboru byly zjištěny signifikantní změny v parametrech: obvod paže, maximální a minimální obvod předloktí a v obvodu středního stehna. U sloučeného souboru byly vykázány signifikantní změny v navýšení tukové složky dle metody Pařízkové a v navýšení tukuprosté hmoty v kg dle metody BIA. U metody Matiegky byly nalezeny změny v navýšení hmotnosti svalstva a kostry v kilogramech.

U R1 se projevíly signifikantní změny parametrů u obvodu paže, středního stehna a minimálního obvodu předloktí. Změny v tělesném složení se projevíly ve snížení procentuálního zastoupení tukové složky a v navýšení tukuprosté hmoty zjišťované pomocí přístroje Quadscan. Metody Matiegky a Pařízkové stanovily statisticky nevýznamné změny.

U skupiny R2 byly stanoveny signifikantní změny u obvodu paže ve flexi, středního stehna a u maximálního obvodu lýtka. Tělesné složení u R2 se významně změnilo u metod Pařízkové a Matiegky, ale nezměnilo se u metody BIA. Podle metodiky Pařízkové i Matiegky došlo ke snížení procentuálního zastoupení tukové složky. Významné změny v navýšení hmotnosti svalstva a kostry v kilogramech byly nalezeny u metody Matiegky.

Signifikantní změny u skupiny R3 se projevíly u obvodu středního stehna. Metody Pařízkové a Matiegky stanovily navýšení v procentuálním zastoupením tukové frakce. V tělesném složení byla stanovena statisticky významná změna v navýšení hmotnosti tukové složky v kilogramech dle Matiegky a tukuprosté hmoty v kilogramech stanovené pomocí BIA.

## 7. Souhrn

Podstatou a cílem práce bylo sledování změn vybraných somatických parametrů a tělesného složení u adolescentních fotbalistů Sk Sigmy Olomouc v závislosti na fázích tréninkového mezocyklu. Měření sledovaných fotbalistů proběhlo ve dvou fázích. Z naměřených hodnot a statisticky stanovených výsledků jsem srovnal změny tukové složky, ostatních frakcí tělesného složení a vybrané somatické parametry u tří fotbalových dorosteneckých kategorií U “17“(R3), U “18“(R2), U “19“(R1) SK Sigma Olomouc. Pro zjištění tělesného složení a somatických parametrů byly použity tři různé metody – Pařízkové, Matiegky a BIA. Metody Pařízkové a Matiegky využívají ke stanovení tělesného složení kaliperaci a somatické parametry získané naměřením pomocí antropometrického instrumentáře. Přístroj Quadscan využívá ke stanovení tělesného složení bioelektrickou impedanční analýzu, která pracuje na základě šíření elektrického proudu nízké intenzity v různých biologických strukturách.

U skupiny R1 se projevíly statisticky významné změny v tělesném složení měřené Quadscanem, snížení tukové složky a navýšení tukuprosté hmoty, a neprojevíly se stanovením metod Pařízkové a Matiegky.

Signifikantní změny v tělesném složení byly stanoveny u skupiny R2 dle metody Pařízkové a Matiegky, a neprojevíly se při stanovení pomocí přístroje Quadscan. Dle Pařízkové a Matiegky došlo ke snížení v procentuálním zastoupení tukové frakce.

U skupiny R3 se změnilo tělesné složení mezi měřeními u všech tří metod (Matiegka, Pařízková, BIA). Změny v navýšení procentuálního zastoupení tukové složky byly stanoveny metodami Pařízkové a Matiegky. Metoda BIA stanovila významné navýšení tukuprosté hmoty v kilogramech.



## 7. Summary

The essence and objective of this work was monitoring changes of selected somatic parameters and a body composition of adolescent footballers of SK Sigma Olomouc in dependence on stages of training mezzo-cycles. The measurement of monitored footballers ran in two stages. I compared changes of fat component, others fractions of body composition and choices somatic parameters at three adolescents footballers categories Sk Sigmy Olomouc to 17 (R3), 18 (R2) and 19 (R3) years old of measured values and statistic determined results. In order to find out the body composition and somatic parameters, three different methods have been used – according to Pařízková, Matiegka and bio-electric impedanc. Pařízková's and Matiegka's methods use skin cilium to determine the body composition and somatic parameters obtained through the measurement with the help of an anthropometric armamentarium. The Quadscan diagnostic tool uses a bio-electric impedance analysis for the determination of the body composition, which works on the basis of spreading low-level electric power in different biological structures.

The statistic important changes proved in the body composition obtained through the Quadscan diagnostic tool at group R1, decrease fat component and increase fat free mass, and didn't proved in the methods according to Pařízková and Matiegka.

The significant changes in the body composition were determined at group R2 in the methods according to Pařízková and Matiegka and didn't proved obtained through the Quadscan diagnostic tool. According to Pařízková and Matiegka came to decrease in a percentage substitute fat fraction.

The body composition was changed at group R3 between measurements at all of three methods ((Matiegka, Pařízková, BIA). The Changes of increase percentage substitute fat fraction were determined in the methods according to Pařízková and Matiegka. The method BIA determined important increase of fat free mass.

## Referenční seznam :

Benke, A. R. (1963). Antropometric evaluation of body composition through live. *Ann. N. J. Acad. Sci.* 110, 450-464.

Bláha, P et al. (1986). *Antropometrie československé populace od 6 do 55 let. Československá spartakiáda 1985*, díl I., část 1. Praha: ÚV ČSTV, ÚNZ pro vrcholový sport.

Bunc, V., Cingálek, R., Moravcová, J. & Kalous, J. (2001). Možnosti stanovení tělesného složení u dětí bioimpedanční metodou. In H. Válková, Z. Hanelová (Eds.), *Sborník 2. mezinárodní konference Pohyb a zdraví* (pp. 102-106). Olomouc: UP FTK.

Bunc, V., Dlouhá, R., Heller, J., Zahálka, F. & Moravcová, J. (1997). Inovace predikčních rovnic pro stanovení tělesného složení těla bioimpedanční metodou a měřením tloušťky kožních řas. *Dílčí zpráva GAUK 316/97/C*. Praha: UK FTVS.

Bunc, V., Dlouhá, R., Moravcová, J., Novák, I., Hošková, Z. & Čermáková M. (2000). Estimation of body composition by multifrequency bioimpedance measurement in children. *Ann. N. Y. ACAD. SCI.*, 881, 203-204.

Bunc, V., Dlouhá, R. & Pařízková, J. (1993). Rovnice pro stanovení složení těla bioimpedanční metodou u tělesné aktivních jedinců. *Sborník referátů z 19. kongresu českých a slovenských antropologů* (pp. 97-99). Praha: Karolinum.

Drinkwater, D. T. & Ross, W. D. (1980). Antropometric fractionation of body mass, *Kinantropometry II. Univ. Park Press*, 9, 178.

Dylevský, I., Druga, R. & Mrázková, O. (2000). *Funkční anatomie člověka*. Praha: Grada publishing.

Fetter, V., Prokopec, M., Suchý, J. & Titlbachová, S. (1967). *Antropologie*. Praha: Academia.

Hebbelinck, M., & Ross, W. D. (1974). Kinantropology a biomechanics. In R. C. Nelson, C. A. Morehouse. (Eds.), *Biomechanics IV*. Univ. Park Press, Baltimore.

Heller, J., Nejedlá, G., Bunc, V., & Tobolová, I. (2001). Srovnávání různých metod pro stanovení tělesného složení. In H. Válková, Z. Hanelová (Eds.), *Sborník 2. mezinárodní konference Pohyb a zdraví* (pp. 102-106). Olomouc: UP FTK.

Heyward, V. H., & Wagner, D. R., (2004) *Applied body composition assessment – Second .editional*. New Mexico: Human Kinetic.

Hořejší, J., & Prahel, R. (1989). *Lidské tělo*. Praha: Cesty.

Chytráčková, J. (2001). Metody vyšetření tukové komponenty tělesného složení ve sportovní praxi. In P. Tilinger, A. Rychtecký, T. Perič (Eds.), *Sborník příspěvků národní konference díl 2 Sport v České republice na začátku nového tisíciletí* (pp. 125-127). Praha: UK FTVS.

Lohman, T. G., Roche, A. F. & Martorell, R. (1988). *Antropometric standardization reference manual*. Champaign, Il: Human kinetic.

Lohman, T. G. (1992). *Advances in body composition assessment*. Champaign, Il: Human kinetic.

Martin, R. & Saller, K. (1959). *Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung*. Stuttgart: G. Fisher Verlag.

Matigka, J. (1921). The testing of physical efficiency. *Amer. J. Antropol.*, 5, 223.

Pařízková, J. (1973). *Složení těla a lipidový metabolismus za různého pohybového systému*. Praha: Avicenum.

Pařízková, J. (1998) Složení těla, metody měření a využití ve výzkumné a lékařské praxi. *Med. Sport Boh.Slov.*, 7(1), 1-6.

Pařízková, J. (1962). *Rozvoj aktivní hmoty a tuku u dětí a mládeže*. Praha: SZN.

Pospíšil, L. (1992). *Anthropologie a věda*. Olomouc: UP FTK.

Riegrová, J., & Ulbrichová, M. (1998). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu*. Olomouc: UP FTK.

Riegrová, J., & Přidalová, M. (1996). Evaluation of the body fat in the view of anthropometrical methodologies and Bodystat 500. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis gymnica*, 26, 31-34.

Riegrová, J. (1995). Confrontation of the results of the body fat evaluation using three somatometrical methodologies. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis gymnica*, 26, 15-23.

Riegerová, J., Přidalová, M., & Ulbrichová, M. (2006) *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a spor*. Olomouc: Hanex.

Rokyta, R. a kol. (2000) *Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných věd a tělovýchovných oborech*. Praha: ISV nakladatelství.

Roche, A. F., Heymsfield, S. B., & Lohman, T. G. (1996). *Human body composition*. Champaign, Il: Human kinetic.

Štěpnička, J. (1972). *Typologická a motorická charakteristika sportovců a studentů vysokých škol*. Praha: UK FTVS

Wilmore, J. H. (1992). Body composition and body energy stores. In R. J. Shepard, P. O. Astrand, (Eds.), *Endurance in sport*. (244), Oxford Blackwell Scientific Publ.

## Příloha

Tabulka 1. Vysvětlivky k používaným parametrickým zkratkám

OTHX	obvod hrudníku přes mesosternale v normální poloze
BRICH	obvod břicha – měříme ve výši pupku
GLUT	obvod gluteální – měříme v horizontální rovině nejmohutněji vyvinutého gluteálního svalstva.
PAZRP	obvod paže volně visící podle těla
PAZKP	obvod paže ve flexi při maximální kontrakci flexorů a extenzorů
PREDP	obvod předloktí maximální
ZAPP	obvod předloktí minimální - zápěstí
STEGP	obvod stehna gluteální
STESP	obvod stehna střední
LYTXP	obvod lýtky maximální
LYTNP	obvod bérce minimální
KTVAB	kožní řasy na tváři
KBRAB	kožní řasy na bradě
KHR1B	kožní řasy na hrudníku nad m. pectoralis major
KHR2B	kožní řasy ve výši 10. žebra
KSUPB	kožní řasy na boku nad hřebenem kosti kyčelní
KBRIB	kožní řasy na bříše
KPATB	kožní řasy na stehně nad patellou sagitálně
KBICB	kožní řasy na paži - biceps
KPR1B	kožní řasy na předloktí
KTRIB	kožní řasy na paži - triceps
KSUBB	kožní řasy na zádech pod lopatkou
KL1TB	kožní řasy na lýtku pod kolenní jamkou
KSTEB	kožní řasy na stehnu
KL2TB	kožní řasy na lýku z boku m. triceps surae
KSUMA	součet kožních řas
PROTU – P%	procento tuku metoda Pářízkové
Tuk % – Q %	procento tuku určené Quadscanem
Tuk kg – Q kg	tuková složka v kilogramech
ATH	aktivní tělesná hmota nyní nazývaná FFM
FFM	tukuprostá hmota (fat free maas)
ATH kg	aktivní tělesná hmota v kilogramech
Voda %	Voda v procentech
BMI	body mass index, indx tělesné hmotnosti
ICW %	intracelulární voda v procentech
ECW %	extracelulární voda v procentech
CTV %	celková tělesná voda v procentech
ICW litry	intracelulární voda v litrech
ECW litry	extracelulární voda v litrech
CTV litry	celková tělesná voda v litrech
Nutrice	výživa
Bodycell mass	buněčná hmota
KENDO	somatotyp endomorfní složka
KMEZO	somatotyp mezomorfní složka
KEKTO	somatotyp ektomorfní složka
KKORM	hmotnost kostry v kg podle Matiegky
SKORM	hmotnost svalstva v kg podle Matiegky
TKORM –Mkg	hmotnost tuku v kg podle Matiegky
RZ1KM	hmotnost reziduální 1 v kg podle Matiegky
RZ2KM	hmotnost reziduální 2 v kg podle Matiegky
PRKKM	hmotnost kostry v procentech podle Matiegky
PRKSM	hmotnost svalstva v procentech podle Matiegky
PRKTM – M%	hmotnost tuku v procentech podle Matiegky
PKR1M	hmotnost reziduální 1 v procentech podle Matiegky
PKR2M	hmotnost reziduální 2 v procentech podle Matiegky
KKORD	hmotnost kostry v kg podle Drinkwatera a Rosse
SKORD	hmotnost svalstva v kg podle Drinkwatera a Rosse
TKORD	hmotnost tuku v kg podle Drinkwatera a Rosse
RZ2KD	hmotnost reziduální 2 v kg podle Drinkwatera a Rosse
PRKKD	hmotnost kostry v procentech podle Drinkwatera a Rosse
PRKSD	hmotnost svalstva v procentech podle Drinkwatera a Rosse
PRKTD	hmotnost tuku v procentech podle Drinkwatera a Rosse
PKR2D	hmotnost reziduální 2 v procentech podle Drinkwatera a Rosse
I QKC	Index tělesné hmotnosti
IROHR	Index tělesné plnosti- (hmotnost v gramech * 100): výška v cm3
WHR	index whist hip ratio, index centrální obezity, poměr objemu boků a pasu
Měření 1	vstupní měření
Měření 2	výstupní měření

Tabulka 2. Základní statistické charakteristiky somatických parametrů u sloučeného souboru

	Měření	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
OTHX	1.	82,5	83,0	73,0	89,0	4,13
	2.	81,9	83,0	53,0	90,0	6,26
BRICH	1.	78,2	78,0	71,5	85,0	3,45
	2.	78,2	78,5	70,0	84,0	3,26
GLUT	1.	93,6	93,5	86,0	105,5	4,05
	2.	93,0	93,0	83,0	103,0	3,93
PAZRP	1.	26,2	26,0	23,0	30,0	1,78
	2.	25,7	25,0	23,0	30,0	1,67
PAZKP	1.	29,2	29,0	23,0	34,0	2,36
	2.	29,6	29,0	26,0	34,0	1,92
PREDP	1.	25,2	25,0	22,0	29,0	1,57
	2.	24,9	25,0	22,0	29,0	1,72
ZAPP	1.	16,6	16,5	14,7	18,5	0,81
	2.	16,3	16,0	15,0	18,0	0,81
STEGP	1.	55,0	55,0	48,5	61,0	2,97
	2.	55,3	55,0	49,0	61,0	2,80
STESP	1.	49,7	50,0	41,0	55,0	3,08
	2.	51,7	52,0	45,0	56,0	2,54
LYTXP	1.	36,5	36,0	33,0	41,0	2,05
	2.	36,8	37,0	33,0	41,0	2,25
LYTNP	1.	23,8	23,8	22,0	27,0	1,38
	2.	23,6	24,0	22,0	26,0	1,27
KTVAB	1.	3,9	4,0	2,0	6,0	1,05
	2.	4,5	4,0	3,0	8,0	1,21
KBRAB	1.	2,5	2,0	2,0	4,0	0,61
	2.	3,0	3,0	2,0	5,0	0,65
KHR1B	1.	2,6	2,0	2,0	5,0	0,81
	2.	2,5	2,0	1,0	4,0	0,65
KRH2B	1.	3,8	4,0	2,0	7,0	1,23
	2.	3,4	3,0	2,0	7,0	1,27
KSUPB	1.	7,4	7,0	1,4	15,0	2,57
	2.	8,2	8,5	3,0	13,0	2,43
KBRIB	1.	6,0	6,0	1,2	12,0	1,97
	2.	6,2	6,0	3,0	12,0	2,10
KPATB	1.	6,8	7,0	1,1	12,0	2,30
	2.	6,6	6,0	3,0	14,0	2,10
KBICB	1.	2,2	2,0	1,0	4,0	0,62
	2.	2,9	3,0	2,0	4,0	0,76
KPR1B	1.	4,2	4,0	2,0	8,0	1,32
	2.	3,7	4,0	2,0	6,0	0,89
KTRIB	1.	5,1	5,0	2,0	10,0	1,72
	2.	5,0	4,5	3,0	9,0	1,53
KSUBB	1.	5,8	6,0	4,0	10,0	1,21
	2.	5,9	6,0	3,0	9,0	1,33
KLT1B	1.	3,8	3,0	2,0	8,0	1,27
	2.	7,8	8,0	3,0	14,0	2,38
KSTEB	1.	6,6	6,0	1,0	13,0	2,62
	2.	7,3	7,0	3,0	14,0	2,59
KLT2B	1.	4,7	5,0	0,0	9,0	1,68
	2.	5,3	5,0	3,0	12,0	2,12
KSUMA	1.	47,6	47,5	32,0	69,0	7,81
	2.	53,1	53,1	36,0	80,0	9,93
PROTU	1.	8,2	8,3	4,6	11,9	1,58
	2.	9,2	9,3	5,7	13,3	1,78

Tabulka 3. Základní statistické charakteristiky somatických parametrů u R1

	Měření	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
OTHX	1.	84,5	84,0	81,0	88,5	3,2
	2.	86,5	83,8	83,0	90,0	10,46
BRICH	1.	80,1	80,5	75,0	84,0	2,56
	2.	79,3	79,5	75,0	84,0	3,43
GLUT	1.	94,9	95,5	87,0	105,5	5,10
	2.	94,1	95,5	83,0	103,0	5,32
PAZRP	1.	27,4	27,5	25,0	30,0	1,90
	2.	26,5	26,0	24,5	30,0	1,83
PAZKP	1.	29,5	29,8	23,0	34,0	3,01
	2.	30,3	29,8	28,5	34,0	1,84
PREDP	1.	25,6	26,0	23,0	28,0	1,71
	2.	24,9	24,8	22,0	29,0	2,06
ZAPP	1.	16,8	16,5	16,0	18,5	0,89
	2.	16,3	16,0	15,0	18,0	0,95
STEGP	1.	56,5	57,0	51,0	61,0	2,64
	2.	56,7	57,0	53,0	59,0	2,16
STESP	1.	51,4	51,5	47,0	55,0	2,54
	2.	52,7	52,5	49,0	56,0	2,00
LYTXP	1.	37,5	37,5	34,0	41,0	1,96
	2.	37,1	38,0	34,0	41,0	2,28
LYTNP	1.	24,3	25,0	22,0	26,0	1,51
	2.	24,1	24,6	22,0	26,0	1,50
KTVAB	1.	3,6	4,0	2,0	5,0	0,84
	2.	4,3	4,0	3,0	6,0	0,82
KBRAB	1.	2,3	2,0	2,0	3,0	0,48
	2.	3,2	3,0	2,0	5,0	0,79
KHR1B	1.	2,7	2,5	2,0	4,0	0,82
	2.	2,4	2,5	1,0	3,0	0,70
KRH2B	1.	4,0	4,0	2,0	6,0	1,15
	2.	3,7	3,5	2,0	7,0	1,70
KSUPB	1.	8,6	7,0	5,0	15,0	2,99
	2.	8,4	9,5	3,0	11,0	2,91
KBRIB	1.	7,3	7,0	5,0	12,0	2,00
	2.	7,1	7,0	4,0	12,0	2,18
KPATB	1.	8,6	8,5	6,0	12,0	1,90
	2.	7,1	6,0	5,0	14,0	2,56
KBICB	1.	2,2	2,0	1,0	3,0	0,79
	2.	2,8	3,0	2,0	4,0	0,79
KPR1B	1.	4,0	4,0	3,0	5,0	0,94
	2.	3,7	3,5	2,0	6,0	1,34
KTRIB	1.	5,2	5,0	3,0	9,0	1,87
	2.	5,0	5,0	3,0	8,0	1,76
KSUBB	1.	5,5	6,0	4,0	7,0	1,18
	2.	6,5	6,0	5,0	9,0	1,35
KLT1B	1.	3,9	3,5	3,0	8,0	1,52
	2.	8,4	8,5	3,0	14,0	2,99
KSTEB	1.	7,6	7,5	3,0	12,0	2,59
	2.	7,5	6,5	3,0	14,0	3,31
KLT2B	1.	4,8	5,0	4,0	6,0	0,79
	2.	6,2	5,5	3,0	12,0	2,86
KSUMA	1.	51,7	51,7	42,0	69,0	8,17
	2.	56,1	56,1	43,0	80,0	11,40
PROTU	1.	9,0	8,5	7,1	11,9	1,43
	2.	9,7	9,8	7,4	13,3	1,88

Tabulka 4. Základní statistické charakteristiky somatických parametrů u R2

	Měření	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
OTHX	1.	81,8	83,0	73,0	89,0	5,06
	2.	81,8	83,5	74,0	88,0	4,56
BRICH	1.	77,4	76,5	71,5	85,0	3,63
	2.	77,8	78,5	70,0	84,0	3,78
GLUT	1.	93,5	93,0	86,0	99,0	3,48
	2.	92,6	92,5	85,0	99,0	4,16
PAZRP	1.	25,8	25,0	23,0	29,0	1,83
	2.	25,4	25,0	23,0	29,0	2,03
PAZKP	1.	28,8	28,0	25,5	34,0	2,61
	2.	29,3	29,0	26,0	34,0	2,55
PREDP	1.	25,0	25	22,0	29,0	1,71
	2.	24,6	24,5	22,0	29,0	1,98
ZAPP	1.	16,4	16,5	14,7	17,5	6,80
	2.	16,2	16,0	15,0	18,0	0,80
STEGP	1.	54,2	53,5	48,5	61,0	3,72
	2.	54,6	54,0	49,0	61,0	3,30
STESP	1.	48,7	49,0	41,0	55,0	3,87
	2.	51,4	52,3	45,0	56,0	3,21
LYTXP	1.	36,0	36,0	33,0	39,0	2,15
	2.	37,0	37,5	34,0	41,0	2,35
LYTNP	1.	24,0	24,0	22,0	27,0	1,41
	2.	23,6	23,5	22,0	25,0	1,14
KTVAB	1.	4,4	4,5	2,0	6,0	1,69
	2.	4,6	4,0	3,0	7,0	1,34
KBRAB	1.	2,6	3,0	2,0	4,0	0,63
	2.	2,9	3,0	2,0	3,0	0,36
KHR1B	1.	2,5	2,0	2,0	4,0	0,65
	2.	2,5	2,0	2,0	4,0	0,65
KRH2B	1.	3,5	4,0	2,0	5,0	1,02
	2.	2,9	3,0	2,0	4,0	0,77
KSUPB	1.	7,4	7,0	4,0	10,0	2,10
	2.	7,4	7,0	4,0	10,0	2,02
KBRIB	1.	5,9	5,5	4,0	9,0	1,59
	2.	5,6	5,0	3,0	10,0	1,99
KPATB	1.	6,2	6,0	4,0	10,0	1,76
	2.	6,2	6,0	3,0	11,0	1,81
KBICB	1.	2,2	2,0	2,0	4,0	0,58
	2.	2,9	3,0	2,0	4,0	0,86
KPR1B	1.	4,5	4,0	3,0	8,0	1,40
	2.	3,6	4,0	3,0	5,0	0,63
KTRIB	1.	5,1	6,0	3,0	7,0	1,54
	2.	4,9	4,5	3,0	6,0	1,05
KSUBB	1.	5,9	6,0	5,0	7,0	0,73
	2.	5,8	6,0	3,0	8,0	1,31
KLT1B	1.	3,8	3,0	3,0	8,0	1,37
	2.	7,7	7,5	6,0	11,0	1,44
KSTEB	1.	7,2	6,5	5,0	13,0	2,67
	2.	7,0	6,5	4,0	11,0	2,00
KLT2B	1.	4,7	4,5	0,0	9,0	2,20
	2.	4,6	5,0	3,0	7,0	1,08
KSUMA	1.	47,3	48,0	38,0	59,0	6,50
	2.	50,3	51,0	37,0	64,0	7,32
PROTU	1.	8,2	8,4	6,2	10,4	1,31
	2.	8,8	9,0	5,9	11,2	1,43

Tabulka 5. Základní statistické charakteristiky somatických parametrů u R3

	Měření	Průměr	Medián	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
OTHX	1.	81,1	81,0	77,0	85,5	2,95
	2.	82,1	83,0	78,0	87,5	2,95
BRICH	1.	77,5	77,0	72,0	82,5	3,68
	2.	77,7	78,0	73,0	81,0	2,41
GLUT	1.	93,0	93,0	88,0	98,0	3,75
	2.	92,8	92,0	90,0	96,0	1,99
PAZRP	1.	25,7	26,0	23,0	27,0	1,19
	2.	25,5	25,0	24,0	27,0	0,82
PAZKP	1.	29,3	29,0	27,0	31,0	1,34
	2.	29,2	29,0	28,0	30,0	0,75
PREDP	1.	25,2	25,0	23,0	27,0	1,38
	2.	25,1	25,0	23,0	27,0	1,14
ZAPP	1.	16,8	17,0	15,5	18,0	0,75
	2.	16,5	16,0	16,0	18,0	0,65
STEGP	1.	54,2	55,0	52,0	58,0	1,83
	2.	55,0	56,0	50,0	59,0	2,32
STESP	1.	49,4	49,5	45,5	52,0	1,88
	2.	51,5	52,0	48,0	55,0	2,01
LYTXP	1.	36,1	36,0	33,0	40,5	1,92
	2.	36,2	37,0	33,0	41,0	2,27
LYTNP	1.	23,2	23,0	22,0	25,5	1,03
	2.	23,5	24,0	22,0	26,0	1,21
KTVAB	1.	3,6	4,0	2,0	5,0	1,04
	2.	4,5	4,0	3,0	8,0	1,44
KBRAB	1.	2,6	2,0	2,0	4,0	0,69
	2.	2,9	3,0	2,0	4,0	0,83
KHR1B	1.	2,6	2,0	2,0	5,0	1,03
	2.	2,6	3,0	2,0	4,0	0,67
KRH2B	1.	4,3	4,0	2,0	7,0	1,42
	2.	4,0	4,0	2,0	6,0	1,18
KSUPB	1.	6,5	6,0	1,4	10,0	2,54
	2.	9,5	9,0	7,0	13,0	1,97
KBRIB	1.	5,0	5,0	1,2	8,0	1,74
	2.	6,5	6,0	3,0	9,0	2,02
KPATB	1.	6,2	7,0	1,1	10,0	2,38
	2.	6,6	6,0	4,0	10,0	2,38
KBICB	1.	2,2	2,0	1,0	3,0	0,60
	2.	3,0	3,0	2,0	4,0	0,63
KPR1B	1.	4,1	4,0	2,0	7,0	1,45
	2.	3,7	4,0	3,0	5,0	0,79
KTRIB	1.	5,1	5,0	2,0	10,0	1,92
	2.	5,4	4,0	3,0	9,0	1,91
KSUBB	1.	5,9	6,0	4,0	10,0	1,76
	2.	5,6	6,0	3,0	7,0	1,36
KLT1B	1.	3,6	3,0	2,0	5,0	1,03
	2.	7,6	8,0	4,0	14,0	2,88
KSTEB	1.	5,3	5,0	1,0	10,0	2,15
	2.	7,6	7,0	4,0	14,0	2,84
KLT2B	1.	4,9	5,0	2,0	7,0	1,51
	2.	5,5	5,0	3,0	10,0	2,07
KSUMA	1.	45,3	45,0	32,0	56,0	7,41
	2.	55,0	57,0	36,0	74,0	11,14
PROTU	1.	7,8	7,8	4,6	9,9	1,65
	2.	9,5	10,0	5,7	12,5	2,05



Tabulka 6. Základní statistické charakteristiky tělesného složení (QuadScan 4000) u sloučeného souboru

	Měření	Průměr	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
Tuk %	1.	8,1	4,0	12,4	1,92
	2.	7,7	4,7	10,7	1,51
Tuk kg	1.	5,7	2,5	9,5	1,75
	2.	5,5	2,8	9,2	1,45
ATH %	1.	91,9	87,6	96,0	1,92
	2.	92,3	89,3	95,3	1,51
ATH kg	1.	63,9	50,0	75,8	5,67
	2.	65,1	55,6	76,8	5,32
Voda %	1.	71,5	63,2	83,5	5,45
	2.	70,7	64,3	94,1	5,25
ICW %	1.	45,8	37,0	69,2	11,00
	2.	41,0	37,0	64,5	4,85
ECW %	1.	26,4	18,4	42,2	4,13
	2.	28,7	21,3	56,8	5,09
CTV %	1.	71,9	62,7	93,0	8,75
	2.	68,9	63,0	94,1	5,52
ICW litry	1.	32,0	22,2	50,5	8,29
	2.	29,1	23,5	47,1	4,02
ECW litry	1.	18,4	10,5	32,1	3,48
	2.	20,1	14,1	34,1	2,98
CTV litry	1.	50,2	38,5	67,2	7,46
	2.	48,8	40,1	68,7	5,21
Nutrice	1.	0,4	0,2	0,4	0,07
	2.	0,4	0,3	0,4	0,03
Bodycell mass	1.	45,8	31,7	72,1	11,85
	2.	41,5	33,6	67,3	5,74

Tabulka 7. Základní statistické charakteristiky tělesného složení (QuadScan 4000) u R1

	Měření	Průměr	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
Tuk %	1.	8,7	5,6	12,4	2,09
	2.	7,8	5,7	9,2	1,28
Tuk kg	1.	6,4	3,5	9,5	1,96
	2.	5,7	3,6	7,2	1,33
ATH %	1.	91,3	87,6	94,4	2,69
	2.	92,2	90,8	94,3	1,28
ATH kg	1.	65,7	58,1	74,9	5,11
	2.	66,3	58,7	76,8	5,33
Voda %	1.	70,3	66,4	79,4	4,39
	2.	70,9	66,6	73,8	2,15
ICW %	1.	45,6	37,3	65,6	10,97
	2.	40,1	38,1	42,1	1,34
ECW %	1.	26,5	21,7	28,6	2,47
	2.	28,4	27,0	29,3	0,70
CTV %	1.	72,1	64,6	87,3	8,75
	2.	68,5	65,1	70,8	1,84
ICW litry	1.	33,0	24,4	50,5	9,02
	2.	28,8	24,9	32,5	2,57
ECW litry	1.	19,1	15,6	22,6	2,18
	2.	20,4	18,1	23,5	1,82
CTV litry	1.	52,1	42,3	67,2	8,44
	2.	49,2	43,1	56,0	4,33
Nutrice	1.	0,4	0,3	0,4	0,07
	2.	0,4	0,4	0,4	0,01
Bodycell mass	1.	47,2	34,9	72,1	12,88
	2.	41,2	35,6	46,4	3,66

Tabulka 8. Základní statistické charakteristiky tělesného složení (QuadScan 4000) u R2

	Měření	Průměr	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
Tuk %	1.	8,2	4,0	11,4	2,15
	2.	8,0	4,7	10,7	1,87
Tuk kg	1.	5,8	2,5	8,2	1,90
	2.	5,8	2,8	9,2	1,80
ATH %	1.	91,8	88,6	96,0	2,15
	2.	92,0	89,3	95,5	1,87
ATH kg	1.	64,5	53,3	75,8	5,74
	2.	65,2	55,8	76,8	5,90
Voda %	1.	70,6	63,2	82,3	6,52
	2.	68,9	64,3	79,3	4,06
ICW %	1.	42,0	37,0	60,1	8,28
	2.	39,8	37,0	51,8	3,84
ECW %	1.	27,1	18,4	42,2	5,53
	2.	29,6	26,0	56,8	7,88
CTV %	1.	68,4	62,7	81,9	6,38
	2.	67,4	63,0	80,6	4,55
ICW litry	1.	30,2	2,2	45,1	6,89
	2.	28,5	23,5	34,7	3,16
ECW litry	1.	19,2	10,5	32,1	4,73
	2.	20,8	16,6	34,1	4,17
CTV litry	1.	48,9	38,6	61,4	6,36
	2.	48,3	40,1	54,2	4,57
Nutrice	1.	0,4	0,3	0,4	0,06
	2.	0,4	0,4	0,4	0,02
Bodycell mass	1.	43,1	31,7	64,4	9,84
	2.	40,7	33,6	49,6	4,51

Tabulka 9. Základní statistické charakteristiky tělesného složení (QuadScan 4000) u R3

	Měření	Průměr	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
Tuk %	1.	7,6	4,9	9,4	1,48
	2.	7,5	5,0	9,0	1,26
Tuk kg	1.	5,0	2,9	6,9	1,30
	2.	5,2	3,2	6,5	1,11
ATH %	1.	92,4	90,6	95,1	1,48
	2.	92,5	91,0	95,0	1,26
ATH kg	1.	61,0	50,0	69,7	5,52
	2.	63,5	55,6	71,5	4,79
Voda %	1.	71,8	65,8	83,5	5,40
	2.	70,6	67,2	77,5	3,43
ICW %	1.	48,4	38,1	69,2	12,92
	2.	41,2	38,8	44,3	1,72
ECW %	1.	25,8	19,9	30,8	3,41
	2.	27,6	21,3	31,2	2,59
CTV %	1.	74,2	64,5	93,0	10,23
	2.	68,8	65,6	74,7	2,96
ICW litry	1.	31,9	22,2	48,1	8,88
	2.	28,3	25,7	31,3	1,80
ECW litry	1.	17,0	14,2	20,5	2,24
	2.	18,9	14,1	20,5	1,71
CTV litry	1.	48,8	38,5	62,4	7,37
	2.	47,2	43,4	51,4	2,67
Nutrice	1.	0,4	0,2	0,4	0,08
	2.	0,4	0,3	0,4	0,03
Bodycell mass	1.	45,6	31,7	68,7	12,69
	2.	40,4	36,7	44,7	2,57

Tabulka 10. Základní statistické charakteristiky jednotlivých tělesných frakcí stanovených metodou Matiegky, komponent somatotypu a somatických indexů u sloučeného souboru

	Měření	Průměr	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
KENDO	1.	2,0	1,2	3,4	0,43
	2.	2,0	1,2	3,1	0,46
KMEZO	1.	4,3	2,4	6,6	0,97
	2.	4,5	3,0	5,8	0,80
KEKTO	1.	3,5	1,5	5,3	0,85
	2.	3,3	1,4	4,5	0,79
KKORM	1.	12,8	10,5	15,5	1,24
	2.	13,4	11,0	16,5	1,47
SKORM	1.	33,4	25,8	42,2	4,08
	2.	34,3	27,3	41,4	3,80
TKORM	1.	5,9	3,3	10,0	1,44
	2.	6,2	3,5	10,3	1,60
RZ1KM	1.	20,1	11,1	33,0	4,38
	2.	20,7	11,2	31,5	4,12
RZ2KM	1.	17,0	13,9	19,6	1,31
	2.	17,2	15,0	19,8	1,20
PRKKM	1.	18,6	16,5	22,4	1,28
	2.	18,8	16,5	22,4	1,24
PRKSM	1.	48,3	43,5	52,2	2,29
	2.	48,2	43,4	53,5	1,95
PRKTM	1.	8,5	4,8	13,6	1,73
	2.	8,7	5,9	15,8	2,01
PKR1M	1.	29,1	19,8	44,7	5,37
	2.	29,1	17,8	40,9	4,96
PKR2M	1.	24,7	22,4	27,9	1,20
	2.	24,3	22,1	26,9	1,15
KKORD	1.	12,8	10,6	15,4	1,42
	2.	13,2	10,6	16,2	1,52
SKORD	1.	31,2	24,6	38,3	3,31
	2.	31,6	25,5	38,9	3,28
TKORD	1.	6,0	4,4	7,6	0,72
	2.	6,8	4,6	8,5	0,91
RZ2KD	1.	19,2	15,0	23,3	2,00
	2.	19,5	16,5	23,3	1,87
PRKKD	1.	18,6	16,5	20,9	1,21
	2.	18,6	16,2	21,0	1,17
PRKSD	1.	45,1	43,1	48,0	1,22
	2.	44,4	41,9	46,9	1,35
PRKTD	1.	8,7	7,4	11,2	0,80
	2.	9,6	7,8	13,0	1,08
PKR2D	1.	27,7	25,6	29,7	1,13
	2.	27,5	24,9	29,8	1,12
IQKC	1.	21,5	18,5	25,1	1,57
	2.	21,9	19,4	25,6	1,56
IROHR	1.	1,2	1,0	1,5	0,10
	2.	1,2	1,1	1,5	0,10
WHR	1.	84,7	76,8	117,2	6,30
	2.	84,1	76,8	91,6	3,15

Tabulka 11. Základní statistické charakteristiky jednotlivých tělesných frakcí stanovených metodou Matiegky, komponent somatotypu a somatických indexů u R1

	Měření	Průměr	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
KENDO	1.	2,1	1,5	3,4	0,54
	2.	2,2	1,2	3,1	0,59
KMEZO	1.	4,3	2,4	6,6	1,22
	2.	4,5	3,0	5,8	0,85
KEKTO	1.	3,4	1,6	4,7	0,88
	2.	3,4	2,1	4,4	0,68
KKORM	1.	12,8	10,6	14,6	1,32
	2.	13,3	11,0	16,3	1,89
SKORM	1.	35,3	29,1	42,2	4,31
	2.	34,8	28,2	41,9	3,89
TKORM	1.	6,3	5,1	7,8	1,03
	2.	6,6	4,0	10,3	1,86
RZ1KM	1.	19,3	13,2	23,5	2,85
	2.	19,5	12,9	23,5	2,85
RZ2KM	1.	17,3	15,3	19,0	1,12
	2.	17,3	15,3	19,1	1,13
PRKKM	1.	17,8	16,5	18,7	0,72
	2.	18,4	16,7	20,7	1,35
PRKSM	1.	49,1	45,7	51,5	2,17
	2.	48,3	43,4	51,3	2,37
PRKTM	1.	8,9	6,7	12,0	1,54
	2.	9,2	6,3	15,8	2,70
PKR1M	1.	26,9	20,3	30,9	3,03
	2.	27,1	19,9	31,8	3,94
PKR2M	1.	24,2	22,9	26,4	1,11
	2.	24,2	22,4	26,3	1,09
KKORD	1.	13,0	10,7	15,4	1,66
	2.	13,1	10,6	16,2	1,88
SKORD	1.	32,5	28,3	38,3	3,14
	2.	31,8	27,5	37,9	2,97
TKORD	1.	6,2	5,4	7,4	0,69
	2.	7,0	5,2	8,4	1,12
RZ2KD	1.	20,0	16,9	22,7	1,91
	2.	20,1	17,1	23,0	1,88
PRKKD	1.	18,1	16,7	19,7	0,99
	2.	18,1	16,6	20,2	1,28
PRKSD	1.	45,4	44,1	48,0	1,12
	2.	44,2	42,2	46,7	1,48
PRKTD	1.	8,7	7,5	11,2	1,06
	2.	9,7	8,3	13,0	1,50
PKR2D	1.	27,9	26,1	29,7	1,18
	2.	28,0	26,2	29,8	0,99
IQKC	1.	21,9	19,2	25,1	1,67
	2.	21,9	19,8	24,0	1,39
IROHR	1.	1,2	1,1	1,4	0,11
	2.	1,2	1,1	1,3	0,08
WHR	1.	84,6	79,6	90,0	3,08
	2.	84,4	80,2	91,6	3,75

Tabulka 12. Základní statistické charakteristiky jednotlivých tělesných frakcí stanovených metodou Matiegky, komponent somatotypu a somatických indexů u R2

	Měření	Průměr	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
KENDO	1.	2,0	1,4	2,6	0,36
	2.	1,9	1,4	2,4	0,31
KMEZO	1.	4,1	2,7	5,5	0,90
	2.	4,6	3,4	5,7	0,87
KEKTO	1.	3,7	2,7	5,3	0,83
	2.	3,4	2,5	4,5	0,71
KKORM	1.	13,1	10,5	15,5	1,43
	2.	13,6	11,2	16,5	1,46
SKORM	1.	32,5	26,1	39,5	4,36
	2.	34,3	27,3	41,8	4,59
TKORM	1.	6,1	4,5	10,0	1,73
	2.	5,7	4,5	8,7	1,26
RZ1KM	1.	20,5	13,4	28,6	3,58
	2.	20,7	16,2	25,8	2,73
RZ2KM	1.	17,2	14,7	19,1	1,24
	2.	17,3	15,8	19,8	1,12
PRKKM	1.	19,1	16,7	21,3	1,19
	2.	19,2	16,5	22,4	1,39
PRKSM	1.	48,1	43,5	52,2	2,52
	2.	48,3	44,5	53,5	2,13
PRKTM	1.	8,8	7,3	13,6	1,82
	2.	8,1	6,6	11,5	1,24
PKR1M	1.	29,8	21,7	38,9	4,64
	2.	29,4	21,3	37,4	4,00
PKR2M	1.	25,0	23,0	27,9	1,40
	2.	24,5	22,1	26,9	1,37
KKORD	1.	12,9	11,0	15,2	1,54
	2.	13,4	10,9	15,9	1,50
SKORD	1.	30,7	24,8	37,0	3,84
	2.	31,4	25,5	38,9	3,91
TKORD	1.	6,1	4,9	7,6	0,81
	2.	6,7	5,8	8,0	0,66
RZ2KD	1.	19,2	15,0	23,3	2,13
	2.	19,5	16,5	23,3	1,87
PRKKD	1.	18,7	16,5	20,9	1,36
	2.	18,8	17,5	21,0	1,02
PRKSD	1.	44,6	43,1	47,6	1,39
	2.	44,2	41,9	46,9	1,42
PRKTD	1.	8,9	7,6	10,2	0,79
	2.	9,4	8,5	11,2	0,69
PKR2D	1.	27,9	25,7	29,2	1,00
	2.	27,6	25,2	28,8	0,95
IQKC	1.	21,1	18,5	23,3	1,58
	2.	21,8	19,4	23,8	1,45
IROHR	1.	1,2	1,0	1,3	0,09
	2.	1,2	1,1	1,3	0,08
WHR	1.	85,6	76,8	117,2	9,72
	2.	84,1	76,8	88,4	3,50

Tabulka 13. Základní statistické charakteristiky jednotlivých tělesných frakcí stanovených metodou Matiegky, komponent somatotypu a somatických indexů u R3

	Měření	Průměr	Minimum	Maximum	Směrodatná odchylka
KENDO	1.	1,9	1,2	2,4	0,42
	2.	2,2	1,5	2,9	0,45
KMEZO	1.	4,5	3,0	6,1	0,89
	2.	4,5	3,5	5,6	0,69
KEKTO	1.	3,4	1,5	4,6	0,91
	2.	3,2	1,4	4,5	1,03
KKORM	1.	12,5	10,5	13,8	0,90
	2.	13,0	11,3	14,5	1,20
SKORM	1.	32,8	25,8	38,5	3,36
	2.	33,7	29,3	37,8	2,94
TKORM	1.	5,3	3,7	7,7	1,11
	2.	6,5	3,5	9,1	1,72
RZ1KM	1.	20,1	11,1	33,0	6,37
	2.	21,4	11,2	31,5	6,21
RZ2KM	1.	16,5	13,9	19,6	1,55
	2.	16,9	15,0	19,6	1,42
PRKKM	1.	18,7	16,9	22,4	1,58
	2.	18,6	17,4	20,3	0,85
PRKSM	1.	48,7	46,1	50,8	1,56
	2.	48,0	45,6	50,5	1,47
PRKTM	1.	7,9	5,4	10,9	1,42
	2.	9,2	5,9	11,8	1,97
PKR1M	1.	29,6	19,8	44,7	7,47
	2.	30,0	17,8	40,9	6,60
PKR2M	1.	24,6	22,4	25,8	0,91
	2.	24,1	22,7	25,5	0,98
KKORD	1.	12,7	11,1	14,6	1,18
	2.	13,2	11,6	15,1	1,31
SKORD	1.	30,5	24,6	34,9	2,74
	2.	31,3	26,2	34,9	3,01
TKORD	1.	5,6	4,4	6,3	0,52
	2.	6,8	4,6	8,5	1,05
RZ2KD	1.	18,3	15,8	22,3	1,79
	2.	19,0	16,6	22,4	1,93
PRKKD	1.	19,0	17,3	20,8	1,09
	2.	18,8	17,3	20,9	1,01
PRKSD	1.	45,3	43,8	46,5	0,97
	2.	44,5	42,3	45,9	1,09
PRKTD	1.	8,4	7,4	8,9	0,44
	2.	9,6	7,8	11,9	1,18
PKR2D	1.	27,3	25,6	29,4	1,21
	2.	27,0	24,9	29,1	1,34
IQKC	1.	21,4	19,7	25,0	1,58
	2.	22,1	19,6	25,6	1,97
IROHR	1.	1,2	1,1	1,5	0,11
	2.	1,2	1,1	1,5	0,13
WHR	1.	83,3	79,8	85,3	1,64
	2.	83,8	79,4	87,0	2,43



Tabulka 14. Srovnání rozdílů jednotlivých parametrů mezi 1. a 2. měřením u sloučeného souboru

Statistiky - parametry	Rozdíl	Směrodatná odchylna
OTHX 2 – OTHX 1	- 1,075	0,282
BRICH 2 – BRICH 1	- 0,394	0,694
GLUT 2 – GLUT 1	- 1,331	0,183
PAZRP 2 – PAZRP 1	- 2,690	0,007
PAZKP 2 – PAZKP 1	- 1,415	0,157
PREDP 2 – PREDP 1	- 2,127	0,033
ZAPP 2 – ZAPP 1	- 3,042	0,002
STEGP 2 – STEGP 1	- 1,025	0,305
STESP 2 – STESP 1	- 4,083	0,000
LYTXP 2 – LYTXP 1	- 1,223	0,221
LYTNP 2 – LYTNP 1	- 0,882	0,378
KTVAB 2 – KTVAB 1	- 2,440	0,015
KBRAB 2 – KBRAB 1	- 2,827	0,005
KHR1B 2 – KHR1B 1	- 0,617	0,537
KHR2B 2 – KHR2B 1	- 1,847	0,065
KSUPB 2 – KSUPB 1	- 1,738	0,082
KLT2B 2 – KLT1B 1	- 5,133	0,000
KSUMA 2 – KSUMA 1	- 4,123	0,000
PROTU 2 – PROTU 1	- 4,118	0,000
Tuk % 2 – tuk % 1	- 1,886	0,059
Tuk kg 2 – tuk kg 1	- 1,305	0,192
ATH % 2 – ATH % 1	- 1,894	0,058
ATH kg 2 – ATH kg 1	- 3,454	0,001
Voda % 2 – voda % 1	- 0,156	0,876
BMI 2 – BMI 1	- 2,495	0,013
ICW % 2 – ICW % 1	- 0,392	0,695
ECW % 2 – ECW % 1	- 3,027	0,002
CTV % 2 – CTV % 1	- 0,626	0,531
ICW litry 2 – ICW litry 1	- 0,049	0,961
ECW litry 2 – ECW litry 1	- 3,637	0,000
CTV litry 2 – CTV litry 1	- 0,037	0,970
Nutrice 2 – nutrice 1	- 2,352	0,019
Bodycell mass 2 – bodycell mass 1	- 0,049	0,961
KENDO 2 – KENDO 1	- 1,730	0,084
KMEZO 2 – KMEZO 1	- 2,524	0,012
KEKTO 2 – KEKTO 1	- 2,005	0,045
KKORM 2 – KKORM 1	- 3,166	0,002
SKORM 2 – SKORM 1	- 2,192	0,028
TKORM 2 – TKORM 1	- 1,081	0,280
RZ1KM 2 – RZ1KM 1	- 0,864	0,388
RZ2KM 2 – RZ2KM 1	- 1,681	0,093
PRKKM 2 – PRKKM 1	- 1,359	0,174
PRKSM 2 – PRKSM 1	- 0,487	0,626
PRKTM 2 – PRKTM 1	- 0,503	0,615
PKR1M 2 – PKR1M 1	- 0,251	0,802
PKR2M 2 – PKR2M 1	- 3,056	0,002
KKORD 2 – KKORD 1	- 2,349	0,019
SKORD 2 – SKORD 1	- 1,186	0,236
TKORD 2 – TKORD 1	- 5,169	0,000
RZ2KD 2 – RZ2KD 1	- 2,867	0,004
PRKKD 2 – PRKKD 1	- 0,181	0,857
PRKSD 2 – PRKSD 1	- 3,291	0,001
PRKTD 2 – PRKTD 1	- 4,918	0,000
PKR2D 2 – PKR2D 1	- 2,176	0,030
I QKC 2 – I QKC 1	- 2,872	0,004
IROHR 2 – IROHR 1	- 2,268	0,023
WHR 2 – WHR 1	- 0,573	0,566

Tabulka 15. Srovnání rozdílů jednotlivých parametrů mezi 1. a 2. měřením u R1

Statistiky - parametry	Rozdíl	Směrodatná odchylka
OTHX 2 – OTHX 1	- 0,479	0,632
BRICH 2 – BRICH 1	- 1,079	0,280
GLUT 2 – GLUT 1	- 0,772	0,440
PAZRP 2 – PAZRP 1	- 2,013	0,044
PAZKP 2 – PAZKP 1	- 1,219	0,223
PREDP 2 – PREDP 1	- 1,930	0,054
ZAPP 2 – ZAPP 1	- 2,251	0,024
STEGP 2 – STEGP 1	- 0,356	0,722
STESP 2 – STESP 1	- 2,003	0,045
LYTXP 2 – LYTXP 1	- 1,265	0,206
LYTNP 2 – LYTNP 1	- 0,604	0,546
KTVAB 2 – KTVAB1	- 2,333	0,020
KBRAB 2 – KBRAB 1	- 2,124	0,034
KHR1B 2 – KHR1B 1	- 0,905	0,366
KHR2B 2 – KHR2B 1	- 0,543	0,587
KSUPB 2 – KSUPB 1	- 0,362	0,717
KLT2B 2 – KLT1B 1	- 2,706	0,007
KSUMA 2 – KSUMA 1	- 1,688	0,091
PROTU 2 – PROTU 1	- 1,735	0,083
Tuk % 2 – tuk % 1	- 2,016	0,044
Tuk kg 2 – tuk kg 1	- 1,893	0,058
ATH % 2 – ATH % 1	- 2,016	0,044
ATH kg 2 – ATH kg 1	- 1,482	0,138
Voda % 2 – voda % 1	- 0,866	0,386
BMI 2 – BMI 1	- 2,552	0,011
ICW % 2 – ICW % 1	- 0,255	0,799
ECW % 2 – ECW % 1	- 2,524	0,012
CTV % 2 – CTV % 1	- 0,153	0,878
ICW litry 2 – ICW litry 1	- 0,178	0,859
ECW litry 2 – ECW litry 1	- 2,807	0,005
CTV litry 2 – CTV litry 1	- 0,051	0,959
Nutrice 2 – nutrice 1	- 1,802	0,072
Bodycell mass 2 – bodycell mass 1	- 0,178	0,859
KENDO 2 – KENDO 1	- 0,359	0,720
KMEZO 2 – KMEZO 1	- 0,712	0,476
KEKTO 2 – KEKTO 1	- 0,509	0,611
KKORM 2 – KKORM 1	- 0,968	0,333
SKORM 2 – SKORM 1	- 0,764	0,445
TKORM 2 – TKORM 1	- 0,255	0,799
RZ1KM 2 – RZ1KM 1	- 0,051	0,959
RZ2KM 2 – RZ2KM 1	- 0,714	0,475
PRKKM 2 – PRKKM 1	- 1,172	0,241
PRKSM 2 – PRKSM 1	- 0,968	0,333
PRKTM 2 – PRKTM 1	- 0,153	0,878
PKR1M 2 – PKR1M 1	- 0,255	0,799
PKR2M 2 – PKR2M 1	- 0,051	0,959
KKORD 2 – KKORD 1	- 0,051	0,959
SKORD 2 – SKORD 1	- 1,682	0,093
TKORD 2 – TKORD 1	- 2,599	0,009
RZ2KD 2 – RZ2KD 1	- 1,784	0,074
PRKKD 2 – PRKKD 1	- 0,255	0,799
PRKSD 2 – PRKSD 1	- 2,395	0,017
PRKTD 2 – PRKTD 1	- 2,701	0,007
PKR2D 2 – PKR2D 1	- 0,663	0,507
I QKC 2 – I QKC 1	- 0,178	0,859
IROHR 2 – IROHR 1	- 0,238	0,812
WHR 2 – WHR 1	- 0,255	0,799

Tabulka 16. Srovnání rozdílů jednotlivých parametrů mezi 1. a 2. měřením u R2

Statistiky - parametry	Rozdíl	Směrodatná odchylka
OTHX 2 – OTHX 1	- 1,096	0,273
BRICH 2 – BRICH 1	- 0,538	0,590
GLUT 2 – GLUT 1	- 1,338	0,181
PAZRP 2 – PAZRP 1	- 1,435	0,151
PAZKP 2 – PAZKP 1	- 2,019	0,043
PREDP 2 – PREDP 1	- 1,271	0,204
ZAPP 2 – ZAPP 1	- 1,628	0,103
STEGP 2 – STEGP 1	- 1,364	0,173
STESP 2 – STESP 1	- 2,788	0,005
LYTXP 2 – LYTXP 1	- 2,239	0,025
LYTNP 2- LYTNP 1	- 1,317	0,188
KTVAB 2 – KTVAB1	- 0,690	0,490
KBRAB 2 – KBRAB 1	- 1,134	0,257
KHR1B 2 – KHR1B 1	- 0,000	1,000
KHR2B 2 – KHR2B 1	- 2,008	0,045
KSUPB 2 – KSUPB 1	- 0,000	1,000
KLT2B 2 – KLT1B 1	- 3,313	0,001
KSUMA 2 – KSUMA 1	- 2,173	0,030
PROTU 2 – PROTU 1	- 2,140	0,032
Tuk % 2 – tuk % 1	- 0,489	0,625
Tuk kg 2 – tuk kg 1	- 0,070	0,944
ATH % 2 – ATH % 1	- 0,489	0,625
ATH kg 2 – ATH kg 1	- 1,287	0,198
Voda % 2 – voda % 1	- 0,664	0,506
BMI 2 – BMI 1	- 1,195	0,232
ICW % 2 – ICW % 1	- 0,533	0,594
ECW % 2 – ECW % 1	- 1,130	0,258
CTV % 2 – CTV % 1	- 0,357	0,721
ICW litry 2 – ICW litry 1	- 0,255	0,799
ECW litry 2 – ECW litry 1	- 1,476	0,140
CTV litry 2 – CTV litry 1	- 0,561	0,575
Nutrice 2 – nutrice 1	- 0,954	0,340
Bodycell mass 2 – bodycell mass 1	- 0,255	0,799
KENDO 2 – KENDO 1	- 0,557	0,557
KMEZO 2 – KMEZO 1	- 3,141	0,002
KEKTO 2 – KEKTO 1	- 2,950	0,003
KKORM 2 – KKORM 1	- 2,355	0,019
SKORM 2 – SKORM 1	- 2,856	0,004
TKORM 2 – TKORM 1	- 1,293	0,196
RZ1KM 2 – RZ1KM 1	- 0,220	0,826
RZ2KM 2 – RZ2KM 1	- 0,785	0,433
PRKKM 2 – PRKKM 1	- 0,659	0,510
PRKSM 2 – PRKSM 1	- 1,884	0,060
PRKTM 2 – PRKTM 1	- 2,040	0,041
PKR1M 2 – PKR1M 1	- 0,471	0,638
PKR2M 2 – PKR2M 1	- 2,606	0,009
KKORD 2 – KKORD 1	- 2,166	0,030
SKORD 2 – SKORD 1	- 1,476	0,140
TKORD 2 – TKORD 1	- 3,237	0,001
RZ2KD 2 – RZ2KD 1	- 1,664	0,096
PRKKD 2 – PRKKD 1	- 0,471	0,638
PRKSD 2 – PRKSD 1	- 1,036	0,300
PRKTD 2 – PRKTD 1	- 2,669	0,008
PKR2D 2 – PKR2D 1	- 1,978	0,048
I QKC 2 – I QKC 1	- 3,180	0,001
IROHR 2 – IROHR 1	- 2,950	0,003
WHR 2 – WHR 1	- 0,734	0,463

Tabulka 17. Srovnání rozdílů jednotlivých parametrů mezi 1. a 2. měřením u R3

Statistiky - parametry	Rozdíl	Směrodatná odchylka
OTHX 2 – OTHX 1	- 1,510	0,131
BRICH 2 – BRICH 1	- 0,511	0,609
GLUT 2 – GLUT 1	- 0,310	0,757
PAZRP 2 – PAZRP 1	- 1,134	0,257
PAZKP 2 – PAZKP 1	- 0,257	0,797
PREDP 2 – PREDP 1	- 0,141	0,888
ZAPP 2 – ZAPP 1	- 1,496	0,135
STEGP 2 – STEGP 1	- 0,503	0,615
STESP 2 – STESP 1	- 2,155	<b>0,031</b>
LYTXP 2 – LYTXP 1	- 0,478	0,633
LYTNP 2 – LYTNP 1	- 0,855	0,393
KTVAB 2 – KTVAB1	-1,628	0,103
KBRAB 2 – KBRAB 1	- 1,256	0,206
KHR1B 2 – KHR1B 1	- 0,000	1,000
KHR2B 2 – KHR2B 1	- 1,000	0,317
KSUPB 2 – KSUPB 1	- 3,019	<b>0,003</b>
KLT2B 2 – KLT1B 1	- 2,810	<b>0,005</b>
KSUMA 2 – KSUMA 1	- 2,936	<b>0,003</b>
PROTU 2 – PROTU 1	- 2,936	<b>0,003</b>
Tuk % 2 – tuk % 1	- 0,766	0,443
Tuk kg 2 – tuk kg 1	- 0,359	0,719
ATH % 2 – ATH % 1	- 0,765	0,444
ATH kg 2 – ATH kg 1	- 2,847	<b>0,004</b>
Voda % 2 – voda % 1	- 0,400	0,689
BMI 2 – BMI 1	- 0,652	0,515
ICW % 2 – ICW % 1	- 0,445	0,656
ECW % 2 – ECW % 1	- 1,604	0,109
CTV % 2 – CTV % 1	- 0,978	0,328
ICW litry 2 – ICW litry 1	- 0,445	0,657
ECW litry 2 – ECW litry 1	- 2,090	<b>0,037</b>
CTV litry 2 – CTV litry 1	- 0,534	0,594
Nutrice 2 – nutrice 1	- 1,127	0,260
Bodycell mass 2 – bodycell mass 1	- 0,445	0,657
KENDO 2 – KENDO 1	- 2,565	<b>0,010</b>
KMEZO 2 – KMEZO 1	- 0,239	0,811
KEKTO 2 – KEKTO 1	- 1,126	0,260
KKORM 2 – KKORM 1	- 1,423	0,155
SKORM 2 – SKORM 1	- 0,445	0,656
TKORM 2 – TKORM 1	- 2,536	<b>0,011</b>
RZ1KM 2 – RZ1KM 1	- 0,889	0,374
RZ2KM 2 – RZ2KM 1	- 1,334	0,182
PRKKM 2 – PRKKM 1	- 0,356	0,722
PRKSM 2 – PRKSM 1	- 1,867	0,062
PRKTM 2 – PRKTM 1	- 2,401	<b>0,016</b>
PKR1M 2 – PKR1M 1	- 0,445	0,657
PKR2M 2 – PKR2M 1	- 1,778	0,075
KKORD 2 – KKORD 1	- 1,956	<b>0,050</b>
SKORD 2 – SKORD 1	- 1,067	0,286
TKORD 2 – TKORD 1	- 2,934	<b>0,003</b>
RZ2KD 2 – RZ2KD 1	- 1,778	0,075
PRKKD 2 – PRKKD 1	- 0,756	0,450
PRKSD 2 – PRKSD 1	- 2,578	<b>0,010</b>
PRKTD 2 – PRKTD 1	- 2,845	<b>0,004</b>
PKR2D 2 – PKR2D 1	- 2,001	<b>0,045</b>
I QKC 2 – I QKC 1	- 1,423	0,155
IROHR 2 – IROHR 1	- 1,277	0,201
WHR 2 – WHR 1	- 0,800	0,424

Tabulka 18. Základní statistické charakteristiky u sloučeného souboru

	Měření	Průměr
VĚK (roky)	1.	16,6
	2.	16,9
HMOTNOST (kg)	1.	69,7
	2.	70,6
VÝŠKA (cm)	1.	177,4
	2.	180,2

Tabulka 19. Základní statistické charakteristiky u R1

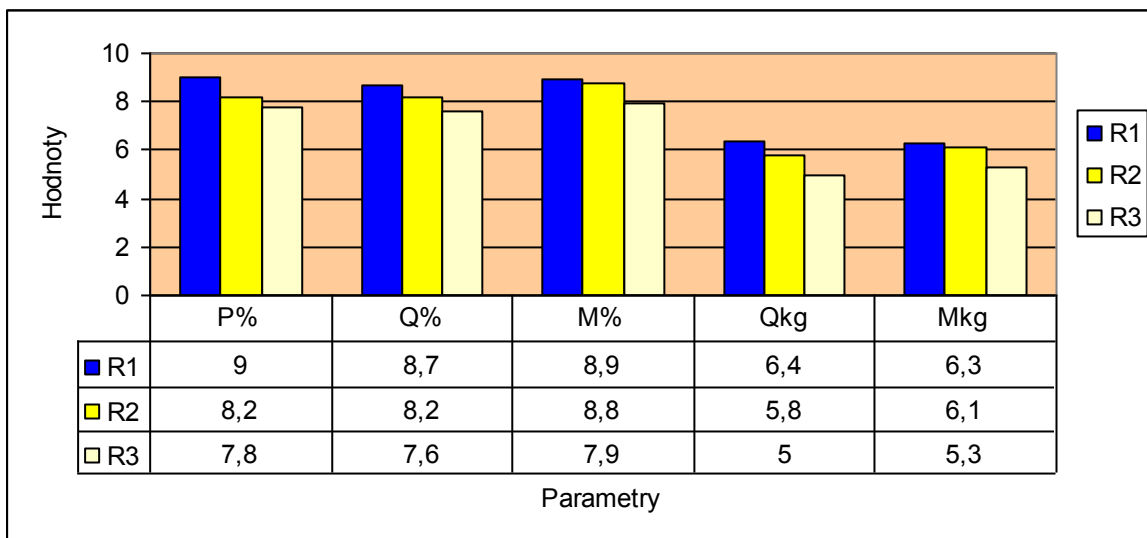
	Měření	Průměr
VĚK (roky)	1.	17,4
	2.	17,8
HMOTNOST (kg)	1.	72,3
	2.	72,0
VÝŠKA (cm)	1.	179,4
	2.	181,8

Tabulka 20. Základní statistické charakteristiky u R2

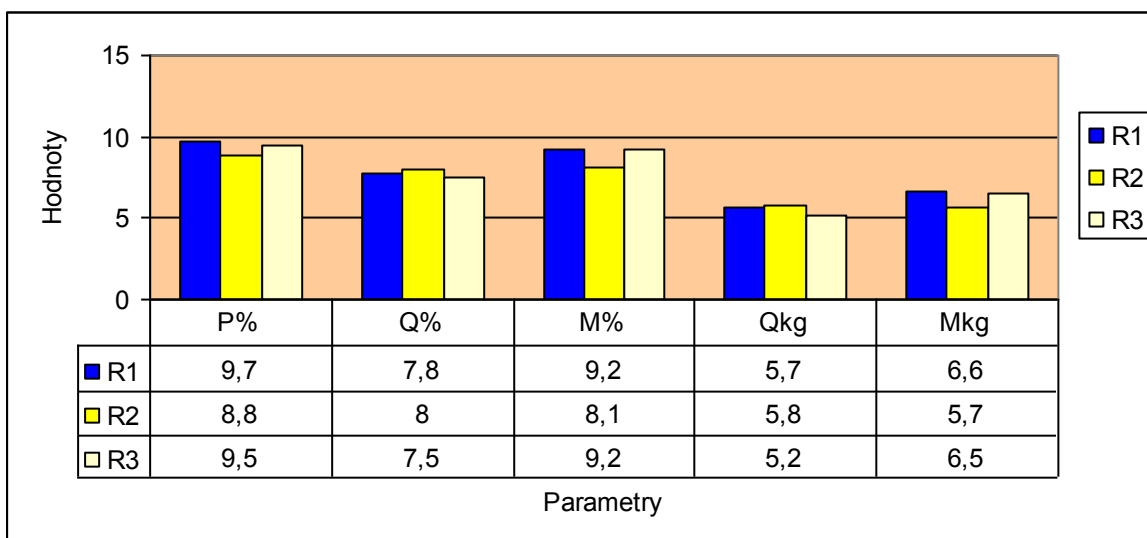
	Měření	Průměr
VĚK (roky)	1.	16,7
	2.	17,0
HMOTNOST (kg)	1.	70,4
	2.	71,0
VÝŠKA (cm)	1.	178,0
	2.	180,2

Tabulka 21. Základní statistické charakteristiky u R3

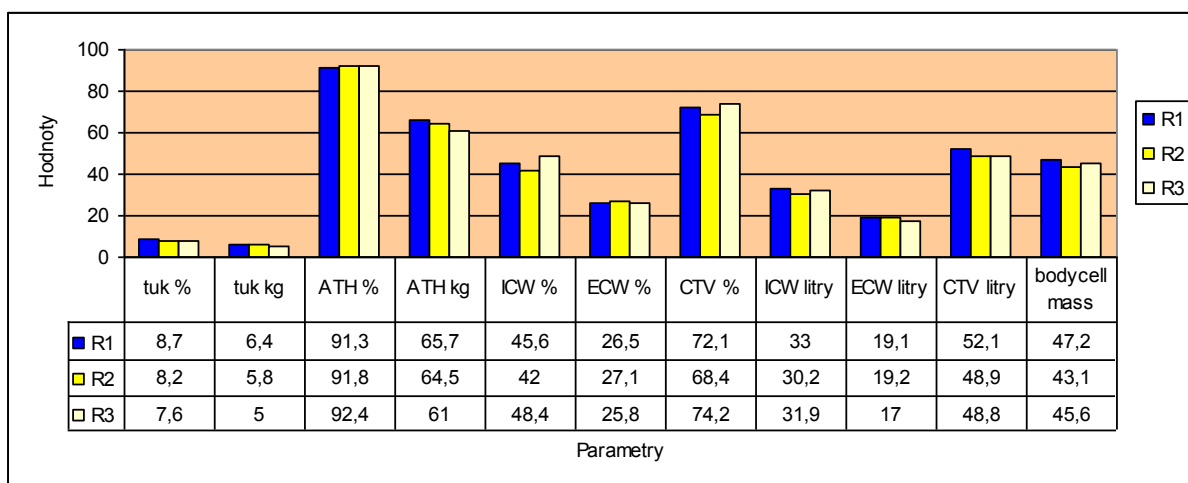
	Měření	Průměr
VĚK (roky)	1.	15,6
	2.	15,9
HMOTNOST (kg)	1.	66,0
	2.	68,7
VÝŠKA (cm)	1.	174,7
	2.	178,5



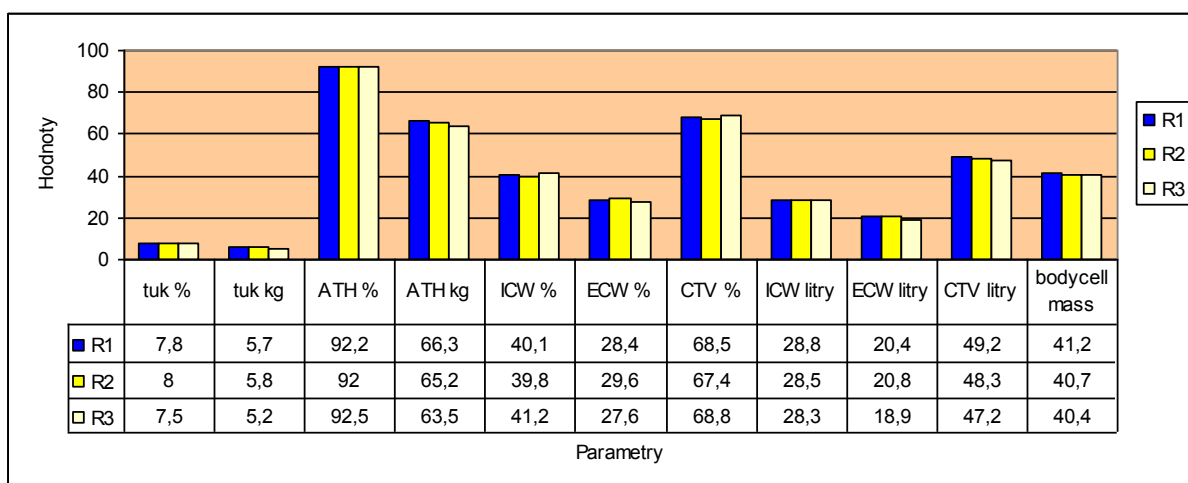
**Obrázek 29.** Srovnání zastoupení tukové složky dle metod v I. měření



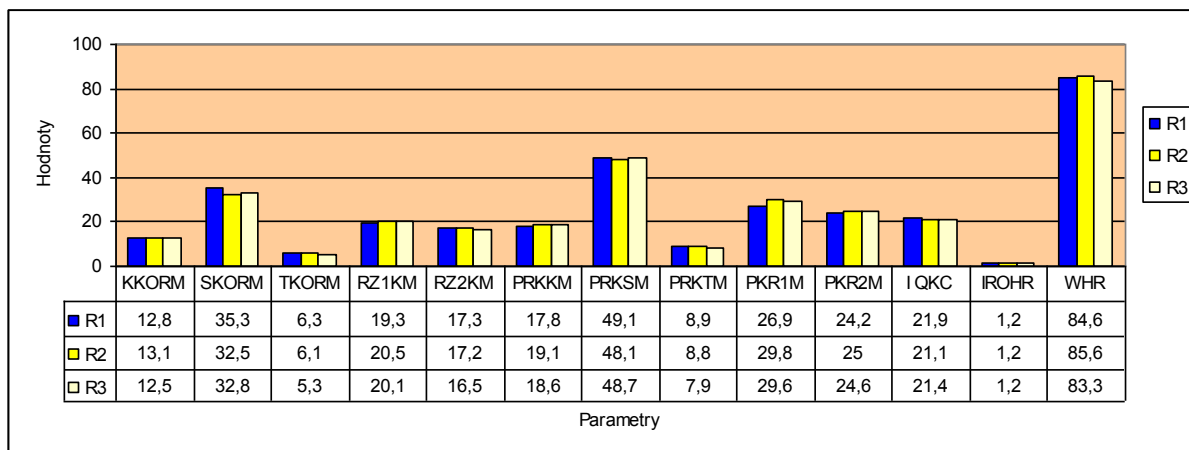
**Obrázek 30.** Srovnání zastoupení tukové složky dle metod ve II. měření



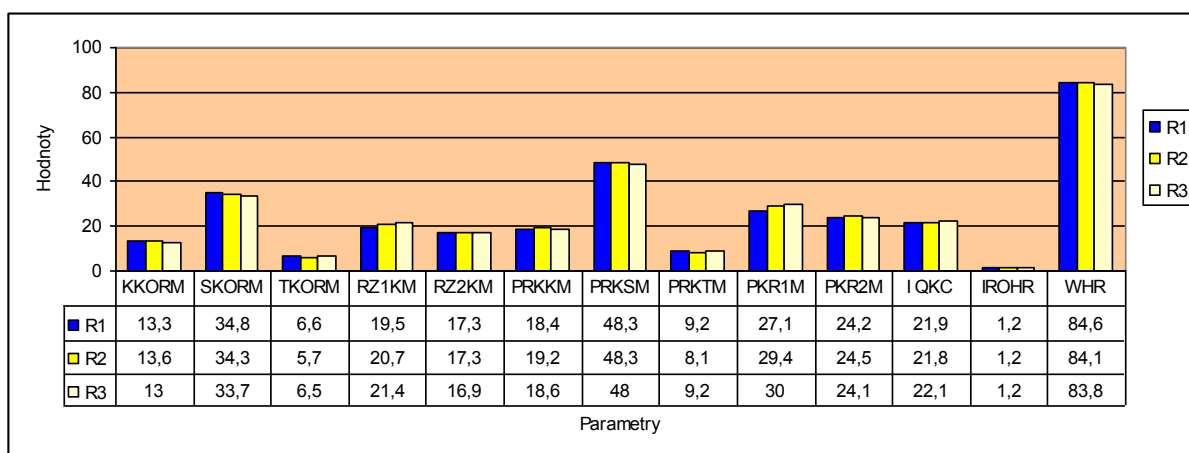
**Obrázek 31.** Srovnání tělesného složení stanovené přístrojem Quadscan v I. měření



**Obrázek 32.** Srovnání tělesného složení stanovené přístrojem Quadscan v II. měření



**Obrázek 33.** Srovnání tělesného složení stanovené metodou Matiegky v I. měření



**Obrázek 34.** Srovnání tělesného složení stanovené metodou Matiegky v II. měření