

**UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU**

**Rozdíl tělesného složení u sportovců a běžné populace**  
Differences of the body composition between sport active and general population

Bakalářská práce

**Vedoucí bakalářské práce:**  
PeaDr. Lucia Malá, Ph.D.

**Zpracovala:**  
Lucie Knošková

**PRAHA, ZÁŘÍ 2009**

## **Abstrakt**

Název bakalářské práce: Rozdíl tělesného složení u sportovců a běžné populace

Zpracovala: Lucie Knošková

Vedoucí bakalářské práce: PaedDr. Lucia Malá, Ph.D.

Cíle práce: zjistit a navzájem komparovat tělesné složení u sportovců a běžné populace

Souhrn: bakalářská práce pojednává o rozdílech v tělesném složení sportovců a běžné populace. Při identifikaci kvality tělesného složení byl použit multifrekvenční bioimpedanční analyzátor In Body. Zastoupení aktivní hmoty jsme zaznamenali hodnotu LBM u sportovců o 8,31 % vyšší než u nesportovců. Hodnota buněčné hmoty u sportovců je o 4,48 % vyšší jako u nesportovců a z toho sportující a nesportující ženy měli hodnoty téměř identické. Průměrná hodnota bazálního metabolismu u nesportující populace byla o 6,26% nižší než u sportující. Průměrné množství svalové hmoty pro soubor nesportovců bylo naměřeno 53,36 kg a u sportovců 55,96 kg. U sportující populace jsme zaznamenali srovnatelnou průměrnou hodnotu TBW jako u nesportující populace. Největší procentuální rozdíl jsme zaznamenali u hodnoty WHR. Hodnoty BMI a WHR zaznamenali v námi sledovaném souboru zvýšené riziko ohrožení zdraví u nesportující populace, především z důvodu obezity a nadváhy. Nesportující muži i ženy vykazovali vyšší zastoupení tukové hmoty než sportující populace (zvolený rozdíl dvounásobku směrodatných odchylek).

Klíčová slova: tělesné složení, ovlivňující faktory, bioimpedance, probandi, sportující populace, běžná populace

## **Abstract**

Title: Differences of the body composition between sport active and general population.

Author: Lucie Knošková

Supervisor: PeadDr. Lucia Malá, Ph.D.

Goal of the work: to find out and comparing body composition between sport active and general population

Summary: the bachelor work deals with differences of the body composition between sport active and common population. Body composition was observed by means of multifrequency bioimpedance analysis In Body. Lean body mass was higher in athletes up to 8.31 % than common population. Also, they had higher values body cell mass (up to 4.48 %) than sport inactive peoples. However, female athletes and sport inactive females had this parameter almost identical. The mean value of the basal metabolic rate was lower in common population compare with athletes (up to 6.26 %). Also we found, that mean value of the muscle mass was 53.36 kg in common population and 55.96 kg in athletes. Total body water was almost same for both groups. The highest differences was observed for waist hip ratio (WHR). Body mass index (BMI) and WHR represented increased risk of the health in general population, by reason of obesity and overweight. Common population had higher values of the fat mass (FM) than athletes.

Keywords: body composition, affecting factors, bioimpedance, athletes, general population

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je mým původním autorským dílem, kterou jsem vypracovala samostatně. Veškerou literaturu a další zdroje, z nichž jsem při zpracování čerpala, v práci řádně cituji a jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v univerzitní knihovně.

## **Poděkování**

Chtěla bych poděkovat paní PeadDr.Lucii Malé Ph.D za odborné vedení, za pomoc a rady při zpracování této práce.

# Obsah

|  |    |
|--|----|
| <b>Úvod</b> .....  | 1  |
| <b>Teoretický rozbor zkoumané problematiky</b> .....           | 3  |
| 1.1 Složení těla – základní parametry (pojmy) .....            | 3  |
| 1.2 Modely tělesného složení .....                             | 4  |
| 1.3 Faktory ovlivňující tělesné složení .....                  | 9  |
| 1.3.1 Faktory ovlivňující tělesné složení .....                | 9  |
| 1.3.2 Tělesné složení v závislosti na pohybové aktivitě.....   | 9  |
| 1.4 Metody hodnocení tělesného složení .....                   | 10 |
| 1.4.1 Antropometrie .....                                      | 10 |
| 1.4.2 Kaliperace – odhad tělesného složení z kožních řas ..... | 11 |
| 1.4.3 Denzitometrie .....                                      | 12 |
| 1.4.4 Hydrometrie a bioimpedance .....                         | 13 |
| 1.4.5 Biofyzikální metody .....                                | 15 |
| 1.4.6 Biochemické metody .....                                 | 16 |
| <b>2 Cíl, hypotézy a úkoly práce</b> .....                     | 19 |
| 2.1 Cíle práce .....   | 19 |
| 2.2 Hypotézy práce .....                                       | 19 |
| 2.3 Úkoly práce .....  | 19 |
| <b>3 Metodika</b> .....  | 20 |
| 3.1 Charakteristika výzkumného souboru .....                   | 20 |
| 3.2 Způsob získávání výzkumných údajů .....                    | 20 |
| 3.3 Způsob zpracování výzkumných údajů .....                   | 21 |
| <b>4 Výsledky</b> .....  | 22 |
| <b>5 Diskuze</b> .....   | 26 |
| 5.1 Shrnutí .....  | 30 |
| <b>6 Závěr</b> .....   | 32 |
| <b>7 Seznam použité literatury</b> .....                       | 34 |

## Seznam obrázků a tabulek

|   |    |
|---|----|
| Obrazek 1 – modely hodnocení tělesného složení .....                                | 4  |
| Obrazek 2 – pětistupňový model složení lidského těla .....                          | 8  |
| Tabulka 1 – předpokládané hodnoty pro tuk a FFM komponenty tělesného složení .      | 5  |
| Tabulka 2 – klady a zápory nejčastěji používaných metod pro měření složení těla ... | 18 |
| Tabulka 3 – tělesné složení sportující a nesportující populace .....                | 25 |

## Úvod

Existence člověka je vázána na životní podmínky, které se neustále mění. Správné fungování lidského organismu je charakterizováno trvalou tendencí udržet dynamickou rovnováhu s vnějším prostředím. Organismus se mu přizpůsobuje a podle potřeby si vypěstovává odolnost vůči účinkům trvale změněných podmínek. Pokud se člověk nedokáže adaptovat, dochází k selhání organismu s rozmanitých negativními důsledky.

Současný životní styl je provázen řadou civilizačních chorob, které jsou důsledkem nedostatečného anebo naprostého nepřizpůsobení se novým podmínkám. Snížení pohybové aktivity spojené s konzumací nadměrného množství stravy a její nevhodné složení je jedním z faktorů, které rozhodujícím způsobem ovlivňují fungování organismu spolu se zvýšeným psychickým zatížením v souvislosti s dynamickým vývojem naší společnosti. Důsledek nesprávného životního stylu se zcela logicky projeví.

Dnes nikdo nepochybuje o tom, že pohyb je významným faktorem, který zásadním způsobem ovlivňuje stav organismu v mnoho směrech. Je výborným prostředkem preventivní péče o zdraví. Bohužel stále větší část naší populace žije sedavým způsobem života, který má katastrofální vliv na její zdraví. Se stejným problémem se potýkají ve všech západních kulturách. Poslední výzkumy ukazují, že 25% našich spoluobčanů nevykazuje žádnou pohybovou aktivitu a dalších 30% absolvuje jen jakési malé množství. Toto množství je však nedostatečné. Následky dlouhodobé absence pohybu vedou k mnoha závažným změnám v organismu. Naštěstí je možné většinu těchto nežádoucích změn správným životním stylem zvrátit zpět k lepšímu. Mezi nejčastěji se

vyskytující zdravotní problémy spojené s nedostatečnou pohybovou aktivitou patří obezita, srdečně-cévní onemocnění, vysoký krevní tlak a cukrovka. V konečném důsledku vedou tyto problémy ke zvyšování rizika arteriosklerózy a s tím spojených infarktů a mozkových mrtvicí. Alarmující skutečností je počet úmrtí na srdečně-cévní onemocnění, který u naší populace přesahuje 50% všech úmrtí. Připočteme-li k tomu číslu dalších 25% úmrtí na nádorové onemocnění, zjistíme, že tři osoby ze čtyř umírají v důsledku civilizačních chorob, a tedy předčasně. (Soumar, Bolek, 1997)

Naopak pohybová aktivita, je-li prováděna správně, má pozitivní efekt na řadu tělesných funkcí. Mezi ty nejdůležitější patří: zlepšení účinnosti srdečního svalu, pozitivní změny ve výměně látkové, zvýšení energetického výdeje, snížení míry obezity, zvýšení pracovní výkonnosti, zlepšení odolnosti vůči psychickému stresu, ochrana proti stavům úzkosti a depresím, potlačení osteoporózy, odolnost vůči banálním onemocněním ( nachlazení, chřipka apod.) (Soumar, Bolek, 1997)

Určení tělesného složení se stalo neoddelitelnou součástí vyšetření zdatnosti a výkonnosti organismu. Je směrodatný nejen při vyšetření běžné populace ve vztahu k výživě a ontogenezi, ale i při vyšetření různých nemocí (obezita, kardiovaskulární nemoci), dále u osob s podvýživou a v nepodstatné řadě sportovců různých sportovních odvětví. Tělesné složení, v nejčastějším pojetí jako velikost podílu aktivní hmoty a depotního tuku, vytváří výrazný somatický znak, který se charakteristicky rozvíjí v závislosti na věku, pohlaví a stupni tělesného rozvoje. Stanovení podílu aktivní hmoty a depotního tuku v organismu není tedy jen zjišťováním určité morfologické vlastnosti, ale dává podklad i pro posouzení organismu z hlediska jeho funkcí (Pařízková, 1962)



## **Teoretický rozbor zkoumané problematiky**

### **1.1 Složení těla – základní parametry (pojmy)**

I v současné době existují stále určité terminologické nejasnosti, např. definice a náplň různých běžně používaných názvů a pojmů, proto na úvod pro lepší pochopení uvádíme vysvětlení některých z nich:

**BCM** (*body cell mass*) – množství aerobních, vápník obsahujících a glukózu oxidujících buněk v lidském organismu, jedná se o buňky kostní tkáně, svalové buňky, buňky srdeční svaloviny, vnitřních orgánů (včetně GIT), dále sem patří krev, mízní řečiště a nervový systém

**BMI** (*body mass index*) – ukazatel obezity resp. rizika ohrožení zdraví v závislosti od zastoupení

a rozložení tuku v organismu, poměr tělesné hmotnosti a druhé mocniny tělesné výšky

**celková tělesná voda** – *total body water (TBW)*, *intracelulární (ICT)* + *extracelulární voda*

(*ECT*)

**ECM** (*extracellular mass*) – kapalná a pevná část mimobuněčné hmoty těla, k pevné části se

řadí kolagen a elastin šlach, kůže a kostí, ke kapalné patří plazma

**extracelulární tekutina, voda (ECT)** – cirkulující, mimobuněčná tekutina, 45 % z celkové

tělesné vody (TBW)

**fat – free mass (FFM)** – beztuková hmota, všechny residuální beztukové = zůstatkové sloučeniny a tkáně, včetně vody, svalů, pojivové tkáně a vnitřních orgánů

**intracelulární tekutina, voda (ICT)** – buněčná tekutina, 55 % z celkové tělesné vody (TBW)

**lean body mass (LBM)** – FFM (beztuková hmota) + esenciální tuk, někdy také ATH (aktivní tělesná hmota)

$$LBM = BCM + ECM$$

**tuková tkáň** - tuk (~ 83 %) + jeho podpůrné struktury (~ 2 % bílkoviny a ~ 15 % voda)

**WHR (waist-to-hip ratio)** – obvod pasu dělený obvodem boků, používá se k posouzení androidní nebo gynoidní obezity a distribuci tělesného tuku

(Heyward, 1996; Bunc, 1998, 2001; Pařízková, 1998)

## 1.2 Modely tělesného složení

Jestliže mluvíme o složení těla, musíme vnímat tělo jako model. Model se skládá z jednotlivých komponentů, které můžeme charakterizovat z hlediska chemického či anatomického. Chemicky je tělo tvořeno *tukem, bílkovinami, uhlovodany, minerály a vodou (Obrázek 1A)*. Anatomicky je tělo tvořeno *tukovou tkání, svalstvem, kostmi, vnitřními orgány a ostatními tkáněmi (Obrázek 1B)*.

|            |                |
|------------|----------------|
| A) tuk     | B) tuková tkáň |
| bílkoviny  | svalstvo       |
| uhlovodany | vnitřní orgány |
| voda       | ostatní tkáň   |
| minerály   | kosti          |

**Obrázek 1. Modely hodnocení tělesného složení (převzato od Maud et al., 1995)**

Od těchto systémů byl odvozen tzv. čtyřkomponentový model lidského těla

$$hmotnost = tuk + extracelulární tekutina + buňky + minerály$$

či model tříkomponentový

$$\text{hmotnost} = \text{tuk} + \text{voda} + \text{sušina (proteiny, minerály)}$$

V praxi byl zjednodušen na *podíl tuku, svalstva a kostní tkáň*.

Protože je metodicky velmi obtížné změřit in vivo každou z těchto komponent, byl problém tělesného složení zjednodušen na model dvoukomponentový

$$\text{hmotnost} = \text{tuk (FM)} + \text{tukuprostá hmota (FFM)}$$

Toto zjednodušení však má i svoje negativní stránky a to jsou předpoklady, které musí být dodrženy. Podle Brožka (1963) a Siriho (1961) jsou to následující:

1. denzita tuku je 0,901 g/cm<sup>3</sup>
2. denzita tukuprosté hmoty (FFM) je 1,10 g/cm<sup>3</sup>
3. denzity tuku a komponent FFM (voda, proteiny, minerály) jsou pro všechny jedince stejné
4. denzity tkání tvořících FFM jsou u jedince konstantní a jejich poměrný příspěvek k aktivní komponentě těla zůstává konstantní
5. měření jedinci se od sebe liší pouze v množství tuku, FFM tvoří z 73,8 % voda, z 19,4 % bílkovinná složka a z 6,8 % minerálová složka (Heyward, 1996). Předpokládané hodnoty pro tuk a tukuprostá hmotu uvádí tab. 1.

Tabulka 1 Předpokládané hodnoty pro tuk a FFM komponenty tělesného složení (Heyward, 1996)

| Komponenta | Denzita (g/cm <sup>3</sup> ) | Poměr (%) |
|------------|------------------------------|-----------|
| TUK        | 0,9007                       | 15,3      |
| FFM        | 1,1                          | 84,7      |
| voda       | 0,9937                       | 73,8      |
| bílkoviny  | 1,34                         | 19,4      |
| minerály   | 3,038                        | 6,8       |

*Legenda:*

FFM: tuková a netuková hmota

Podle Behnkeho byl zaveden termín „lean body mass“ – LBM (aktivní tělesná hmota). Termín „lean body mass“ původně představoval tukuprostou hmotu + malé množství tzv. esenciálního tuku (2 – 3 % u mužů, 5 – 8 % u žen (Heyward, 1996); 3 - 5 % tělesného tuku pro muže a 8 - 12 % pro ženy (Chytráčková, 2002).

Vzhledem k nemožnosti odlišení esenciálních a neesenciálních lipidů je v současné době doporučováno používat koncepci tukuprosté hmoty, která je definována jako hmotnost všech tkání minus extrahovaný odstraněný tuk (Riegerová, 1998).

Všechny zmíněné teoretické modely jsou používány pro vytváření antropometrických, kaliperačních a bioimpedančních metod a rovnic odhadujících složení těla. Obecně se chemický a celotělový model používají více ve výzkumu (Heyward, 1996).

Lidské tělo lze chápat z hlediska pětistupňového modelu (Wang et al., 1992). Současné modely tělesného složení a přehled používaných metod pro měření jednotlivých komponent shrnula Pařízková (1998).

**I. Atomický model** vychází z hlediska jednotlivých prvků vyskytujících se v organismu. 98 % tělesné hmotnosti je kryto šesti prvky, tj. C, H, N, O, P, Ca. Zbývající 2 % jsou představovány dalšími 44 prvky. K rekonstrukci více než 98 % hmotnosti představované různými prvky lze použít např. technik neutronové aktivační analýzy (Heymsfield et al., 1991).

**II. Molekulární model** 11 hlavních prvků tvoří molekuly, které představují více než 100 000 chemických sloučenin tvořících lidské tělo. Hlavní sledované komponenty lze vyjádřit takto:

$$\text{hmotnost těla} = \text{lipidy} + \text{voda} + \text{proteiny} + \text{minerály} + \text{glykogen}$$

Na molekulární úrovni lze měřit např. celkovou tělesnou vodu (TBW) pomocí isotopových dilučních metod nebo minerály skeletu duální pohotonovou absorpcí (Forbes, 1987; Heymsfield et al., 1991).

**III. Buněčný model** Spojení molekulárních komponent v buňky je dalším stupněm v tvorbě lidského organismu. Buněčná masa (BM) je aktivní, energii metabolizující částí lidského těla ve vztahu k jeho podpůrným strukturám. Extracelulární tekutina (ECT)

tvořená z 94 % vodou je často sledovanou komponentou tělesného složení. Další komponentou jsou extracelulární pevné látky (ECTL) organické i neorganické. Celulární úroveň lze popsat rovnicí:

$$\text{hmotnost těla} = BM + ECT + ECPL$$

*BM (Buněčná masa) = svalové + pojivové + epiteliální + nervové buňky*

*ECT = plazma + intersticiální tekutina*

*ECTL = organické + anorganické pevné látky*

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

Z těchto popisů vychází řada metodických přístupů. Např. extracelulární a plazmatickou tekutinu je možné měřit pomocí izotopových dilučních metod (Pařízková, 1962), extracelulární pevné látky (ECTL) pak pomocí neutronové aktivační analýzy (Heymsfield et al., 1991).

**IV. Tkáňově - systémový model.** Komponenty celulárního modelu jsou dále organizovány do různých tkání, orgánů a systémů. 75 % hmotnosti je představováno třemi tkáněmi, tj. kostní, svalovou a tukovou tkání.

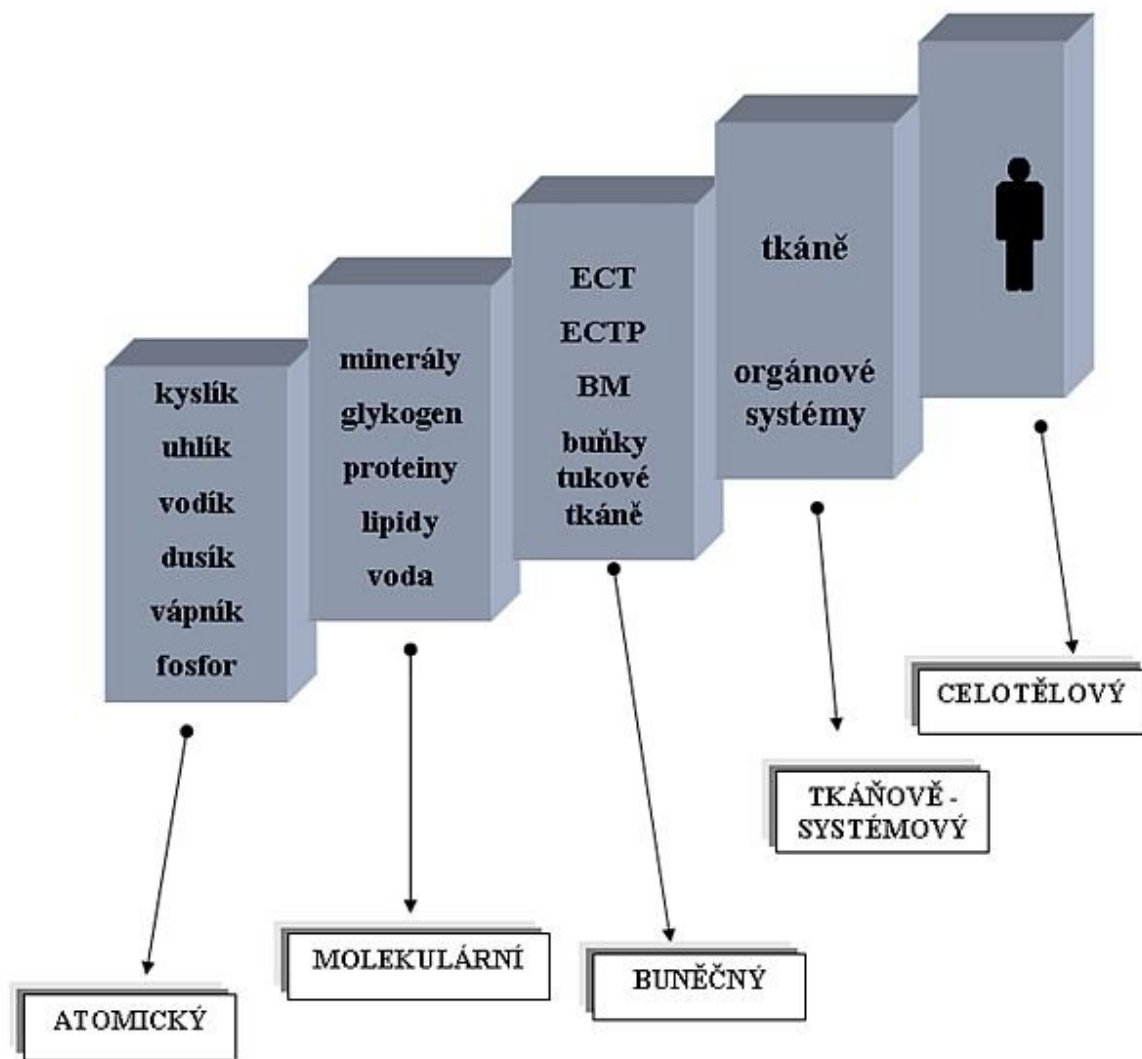
Z hlediska systémů je lidský organismus definován:

$$\begin{aligned} \text{Hmotnost těla} &= \text{muskuloskeletární} + \text{kožní} + \text{nervový} + \text{oběhový} \\ &+ \text{respirační} + \text{zažívací} + \text{vyměšovací} + \text{reprodukční systém} \end{aligned}$$

Ke sledování komponent na této úrovni existuje prozatím málo in-vivo metod, např. počítačová tomografie (Kvist et al., 1988), magnetická resonance či stanovení svalové masy pomocí měření 24 hodinového vylučování kreatininu (Wang, 1997).

**V. Celotělový model.** Ke sledování v rámci celotělového modelu se používá antropometrických měření jednotlivých ukazatelů jako je tělesná výška, hmotnost, index tělesné hmotnosti (BMI), obvodové, délkové, šířkové rozměry, kožní řasy, a objem těla, který umožňuje výpočet denzity těla a dále pak nepřímo odhadnout depotní tuk a tukuprostou hmotu (Forbes, 1987; Wang, 1997).





Obrázek 2. Pětistupňový model složení lidského těla (Heymsfield et al., 1991; Jebb et al., 1993)

### 1.3 Faktory ovlivňující tělesné složení

Změny v jednotlivých komponentách, které se podílí na tělesném složení, se individuálně liší na základě řady faktorů, jako jsou věk, pohlaví, styl a aktivita života, atd. Můžeme pozorovat sexuální rozdíly nejen v celkovém množství tuku v těle, ale i v jeho distribuci. V průběhu života dochází u většiny lidí k přibývání hmotnosti a zvyšuje se procento tělesného tuku. Vlivem stárnutí dochází také ke změnám v jednotlivých komponentách tukoprosté hmoty, přičemž stupeň a rychlost změn se u mužů a žen liší (Bláha, 1986; Heyward, 1996). My jsme se rozhodli blíže charakterizovat dva faktory – věk a pohybovou aktivitu.

### **1.3.1 Tělesné složení v závislosti na věku**

Nejen optimální tělesná hmotnost, ale i tělesné složení dané podílem jednotlivých komponent, je určeno individuálně a je ovlivněna věkem, pohlavím, tělesnou aktivitou či sportem, somatotypem, dědičností a individuální variabilitou (Dlouhá, 1999). Např. podíl celkové vody v těle na tělesném složení se pohybuje v závislosti na věku a pohlaví od 75% u kojence do 46% ve stáří. Ženy mají obecně nižší podíl celkové vody v těle než muži, tyto rozdíly mezi pohlavími jsou zřetelné již v dětství. Individuální rozdíly jsou pak způsobeny hlavně různým podílem tuku na tělesné hmotnosti (Chumlea et al., 2005). Bunc et al. (2000) ve studii nachází více TBW v relativním vyjádření u dětí než dospělých a stejně tak vyšší poměr ECW/TBW u dětí a vyšší poměr ICW/TBW u dospělých. Taky poměr mimobuněční a vnitrobuněční hmoty je u dospělých jedinců nižší jak u dětí. Taky u pravidelně sportujících dětí nacházíme nižší hodnoty mimobuněční a vnitrobuněční hmoty než u dětí nespportujících (Bunc et al., 2000; Bunc, 2004). Postupujícím věkem u starých lidí můžeme nacházet značné individuální rozdíly v tělesném složení, na kterých se kromě již zmiňovaných faktorů (pohlaví, absolvovaná pohybová aktivita) podílí i samotný proces stárnutí (Malina, 1991).

### **1.3.2 Tělesné složení v závislosti na pohybové aktivitě**

Je typické, že vrcholoví sportovci a fyzicky aktivní jedinci mají jiný vzájemný poměr tukové a tukoprosté hmoty než jedinci se sedavým způsobem života. Stupeň změn ve složení těla je mimo jiné závislý na charakteru pohybové aktivity, a to především typu – silový či vytrvalostní, na frekvenci, intenzitě a trvání tréninku. Sportující ženy mají



relativně vyšší množství tělesného tuku než sportující muži v daném sportovním odvětví. Údaje v literatuře jasně ukazují, že FFM je v lepším vztahu s úspěšností ve sportu (maximální aerobní výkon, čas běhu apod.) než procento tělesného tuku (Heyward, 1996; Dlouhá, 1999).

## 1.4 Metody hodnocení tělesného složení

Metody pro zjišťování tělesného složení můžeme rozdělit do tří základních skupin:

### **a) přímé metody (I. úroveň)**

- procento tělesného tuku je za života jedince nerealizovatelné
- toto měření by umožňovala pouze pitva

### **b) nepřímé standardní laboratorní (referenční) metody (II. úroveň)**

- používány k určení procentuálního zastoupení tělesného tuku a tukoprosté hmoty

- metody jednou nepřímé měří jinou veličinu než tuk např. tělesnou densitu, celkovou

tělesnou vodu (TBW) apod., s použitím jednoho či více kvalitativních předpokladů

(o vztahu mezi měřenou veličinou a množstvím tuku) vypočteme výslednou hodnotu. Příkladem jsou např. hydrodenzitometrie, DEXA.

### **c) nepřímé terénní metody (III. úroveň)**

- používány k určení procentuálního zastoupení tělesného tuku a tukoprosté hmoty, avšak méně přesné jak metody laboratorní

- metody dvakrát nepřímé používají přepočtové rovnice pocházející z některé metodiky

ve II. úrovni (Bunc, 1998; Pařízková, 1998). Příkladem je bioimpedančné měření.

### 1.4.1 Antropometrie

Antropometrická měření slouží jako podklad pro morfologickou charakteristiku těla a tělesného složení (tukové složky a tukoprosté složky). V současné době se

nejčastěji používají hodnoty tělesné hmotnosti (kg), tělesné výšky (cm), BMI (Body mass index,  $\text{kg}/\text{m}^2$ ), WHR (Waist to hip ratio). Hodnocení tělesné hmotnosti, výšky, BMI je možné posoudit z celé řady percentilových grafů, které byly vytvořeny na základě Celostátního antropologického výzkumu (Bláha, 2001).

Od dob Matiegkových byla vypracována řada dalších postupů pro odhad tělesného složení z antropometrických rozměrů, s použitím kosterních a obvodových rozměrů a nejčastěji z tloušťky kožních řas měřené různými typy kaliperů (Pařízková, 1977, 1998).

#### **1.4.2 Kaliperace - odhad tělesného složení z kožních řas**

Jedná se o neinvazivní laboratorní i terénní metodu k posuzování „tukové“ frakce tělesného složení. Na mnoha místech je možné kůži zřasit a takto nadzvednutou kožní řasu změřit. Přibližně na 15 místech lidského těla jsou mezinárodní metodou určeny standardizované body, přesně definované, kde se měření provádí.

Odhad podílu tuku na základě tloušťky kožních řas (podkožního tuku) je založen na dvou základních předpokladech: Pařízkové (1962, 1977).

- 1. tloušťka podkožní tukové tkáně je v konstantním poměru k celkovému množství tuku*
- 2. místa, zvolená pro měření tloušťky kožních řas, reprezentují průměrnou tloušťku podkožní tukové vrstvy*

U nás je obvykle měřeno 10 kožních řas podle Pařízkové (1962, 1977).

K měření tloušťky kožních řas se používají speciální měřidla – kaliperky, jichž existuje celá řada (Pařízková, 1962, 1977, 1998).

Kromě kaliperu byly pro měření tloušťky kožních řas vyvinuty i další metody. Tyto alternativní přístupy se snaží odstranit technické chyby při měření kaliperem – především různou stlačitelnost tkání, zvláště u osob s extrémními variantami tělesného složení. Metody, které uvádíme jako příklad, jsou založeny na podobných principech jako kaliperace a v důsledku toho je omezení jejich přesnosti stejné jako při použití kaliperu.

#### **Radiografie**

Radiografické metody jsou pro sledovaný účel považovány za nejpřesnější. Umožňují i proměření průřezu svalstva a kosti ve snímkaném místě. Jejich využití je však omezeno z důvodu nežádoucí rtg expozice. Nejmodernější metodou je počítačová tomografie, avšak její cena a obtížná dostupnost neslibuje širší využití.

## **Ultrazvuk**

Ultrazvukové přístroje využívají přeměny elektrické energie ve vysokofrekvenční ultrazvukovou energii, vysílanou v krátkých impulzech. Ultrazvukové vlny se odrážejí na hranicích mezi tkáněmi, které se liší svými akustickými vlastnostmi. Část ultrazvukové energie se v přijímači sondy přeměňuje na elektrickou energii. Toto echo je vizualizováno na osciloskopu. Ve srovnání se standardními metodami se kaliperace ukázala jako validnější metoda.

## **Infračervená interakce**

Tato metoda je založena na absorpci a odrazu světla s použitím vlnových délek v oblasti infračerveného světla. Pro tyto účely se používá spektrofotometr pracující ve vlnové délce 700 - 1100 nanometrů. Tato metoda je v dobré shodě s hydrometrií (shrnuła Riegerová, 1998).

### **1.4.3 Denzitometrie**

Denzitometrie je založena na dvoukomponentovém modelu lidského těla, jehož složky mají odlišnou denzitu. Zdrojem variability v denzitě tukoprosté hmoty mohou být především rozdíly v její hydrataci, poměr minerálů a proteinů, ale i variabilita denzity kostní tkáně. Hlavní nedostatek denzitometrické techniky spočívá v přepočtu tělesné denzity na podíl tukové tkáně. Problémem není denzita tukové tkáně, protože její hustota je poměrně konzistentní na různých místech těla jednotlivce i mezi jednotlivci.

Objem těla je zjišťován různými způsoby, přičemž nejrozšířenější je využití principu Archimédova zákona. Z toho vychází metody jako např. hydrostatické vážení (Lohman, 1992), voluminometrie a pletysmografie (Wang, 1997).

Při hydrostatickém vážení je objem těla zjišťován z rozdílu hmotnosti těla změřené „na suchu“, a pod vodou s korekcí na denzitu a teplotu vody v okamžiku vážení. Vážení pod vodou se provádí na tzv. hydrostatické váze (závěsné zařízení s vahou, které dokáže zaznamenat čistou hmotnost člověka pod vodou). Při vážení pod vodou je tělo nadlehčováno vzduchem, který se nachází v dýchacích cestách a plicích. Vážení je prováděno v maximálním expiriu a výsledek je korigován o objem reziduálního vzduchu. Ten je možné zjistit různými metodami (odhadem v vitální kapacity plic, dilučnou

metodou dusíkovou a jiné) Výpočet podílu tuku vychází z regresních rovnic zakladatelů této metody (Siri, 1961; Brožek et al., 1963). Mnoho autorů hydrodenzitometrii považují za metodu velmi přesnou a referenční (Heymsfiel, Wang, 1993; Dempster, 1995; Fogelholm, Lichtenbelt, 1997; Ellis, 2000). Limity hydrodenzitometrie spočívají v individuálním výkyvu stupně hydratace netukové hmoty a hustoty jednotlivých komponentů v závislosti do věku, pohlaví a množství tuku. Limitují je také maximální výdech probanda a zvolený postup určení reziduálního objemu. Za předpokladu minimalizace možných zdrojů chyb můžeme hydrodenzitometrii považovat za jednu z nejvhodnějších laboratorních metod pro určení složení těla.

Metoda podobná hydrostatickému vážení je voluminometrie, měřen je však skutečný objem vody vytlačené ponořeným subjektem. Vyžaduje taky měření reziduálního vzduchu v plicích.

Další metoda – pletysmografie - eliminuje potřebu ponoření probanda pod vodu, které vyžaduje spolupráci probanda a působí problémy u neplavců, dětí, starších či nemocných osob. Je vlastně pokračováním hydrodenzitometrie. Pletysmograf je tvořen uzavřenou nádobou a objem těla je stanoven na základě tlakových změn vyvolaných pumpou o známém zdvihu. Tato metoda vyžaduje měření reziduálního objemu – RV se měří souběžně s měřením tělesného složení.

#### **1.4.4 Hydrometrie a bioimpedance**

Poznatek, že voda není obsažena v rezervním tuku, ale tvoří relativně fixní frakci tukuprosté hmoty, se stal základem pro stanovení tělesného složení z tzv. celkové tělesné vody (TBW). Výpočet aktivní tělesné hmoty z celkového objemu vody vychází z předpokladů normální hydratace (73 %). Množství tuku je pak vypočítáno jako rozdíl hmotnosti a aktivní tělesné hmoty.

Velmi často se používají diluční izotopové metody pomocí různých tracerů, které se rozptýlí rovnoměrně v obsahu vody organismu, a jsou měřitelné. Pro stanovení celkové tělesné vody jsou používány izotopy vodíku - deuterium a tritium. Deuterium je používáno častěji, protože je lacinější, a může být analyzováno řadou postupů jako např. plynová chromatografie nebo infračervená absorpce (jsou však potřebné podstatně vyšší

dávky). Analýza s použitím tritia za pomoci scintilačního počítače je rychlá a jednoduchá, avšak je kontraindikována u dětí, gravidních žen, a při opakovaných vyšetřeních v krátkých časových intervalech (Wang, 1997; Pařízková, 1998). Princip této metody spočívá v tom, že:

1. *testovaná substance je rozpustná ve všech vodních prostorech těla během krátké doby*
2. *testovaná substance dosáhne relativně rychle stabilní rovnováhy*
3. *testovaná substance není selektivně ukládána, vylučována nebo metabolizována*
4. *testovaná substance je kompletně zaměnitelná za tělesnou vodu*

V praxi musí vyšetřovaný subjekt požit přesně známé množství použitého traceru orálně nebo intravenózně. Po ekvilibraci je podaná látka analyzována ve vzorku (moč, sliny, plasma) jednorázově nebo opakovaně. Výhodou těchto měření je možnost změření objemu tělesných tekutin a značný výběr testovacích látek. Nevýhodou je eventuelní expozice radiaci (tritium), resp. invazivní postup při odběru krve (Pařízková, 1998).

K určování tělesného tuku se v poslední době používá **bioelektrická impedance (BIA)**. Princip této metody spočívá na rozdílech v šíření elektrického proudu nízké intenzity v různých biologických strukturách. Tukoprostá hmota, obsahující vysoký podíl vody a elektrolytů, je dobrým vodičem, zatímco tuková tkáň se chová jako izolátor. V biologických systémech je elektrická vodivost závislá na distribuci iontů a vody. BIA je schopna rozlišit celkovou tělesnou vodu (vysoké frekvence 50 či 100 kHz) a extracelulární (mimobuněčnou) vodu (nízké frekvence 1 či 5 kHz). Aplikace konstantního střídavého proudu vyvolává impedanci vůči šíření proudu, závislou na frekvenci, délce vodiče, jeho konfiguraci a průřezu. Metoda je bezpečná, vyžaduje relativně nízké náklady a malou technickou náročnost. Všeobecně se uvádí, že BIA nadhodnocuje procento tělesného tuku asi o 4 % ve srovnání s jinými běžně používanými terénními metodami určení procentuálního zastoupení tělesného tuku (Lukaski et al., 1985).

V současnosti se používá monofrekvenční a multifrekvenční bioimpedance. Při multifrekvenční BIA dostáváme množství parametrů, které identifikují kvalitu vnitra, teda tělesné složení (celková tělesná voda s jejími složkami, vnitrobuněčná hmota, mimobuněčná hmota a jejich poměr, tukoprostá hmota, procentuální zastoupení vnitrobuněčné hmoty v aktivní hmotě, segmentální rozložení indikující svalovou dysbalanci atd.).

U další metody – celkové tělesné vodivosti (TOBEC) zisťujem rozdíly elektrické vodivosti a dielektrických vlastností tukoprosté a tukové hmoty. Při srovnání jejich výsledků s denzitometrií se ukázala relativně nízká chyba odhadu touto metodou (3,7 %), avšak cena tohoto zařízení limituje možnost jeho širšího použití.

Na principu chování atomových jader jako magnetů je založená velmi rozšířená metoda - magnetická rezonance (**magnetic resonance imaging – MRI**). Určitá jádra se řadí při průchodu radiofrekvenční vlny v určitém směru magnetického pole. Při přerušení průchodu této vlny se jádra vracejí do své původní polohy, přičemž vysílají absorbovanou energii, kterou lze měřit a odvodit z ní obraz zkoumané tkáně. Nedochází k ozáření subjektu a měření nevyžaduje zvláštní spolupráci subjektu. Tato technika se používá např. k stanovení viscerálního tuku (Sohlstrom et al., 1993).

#### **1.4.5 Biofyzikální metody**

Skupina těchto metod je založena na poznatcích z chemických analýz různých tkání lidského těla, využívajících pro hodnocení biofyzikální metody odhadu jednotlivých prvků v organismu. Všechny tyto metody jsou velmi nákladné, slibují však být jedněmi z nejlepších „standard“ pro hodnocení validity metod ostatních.

Příkladem biofyzikálních metod je měření celkového tělesného draslíka. V lidském organismu se přirozeně vyskytuje radioaktivní izotop  $^{40}\text{K}$ , který lze změřit izotopovými dilučními metodami s pomocí celotělového počítače cloněním od externího záření. Vzhledem k tomu, že se draslík vyskytuje pouze v aktivní, tukoprosté hmotě v konstantní koncentraci, lze z výsledků měření draslíku vypočítat jeho množství v těle. Pro muže se předpokládá koncentrace 66 mmol/kg, u žen 60 mmol/kg hmotnosti. Stanovení celkové buněčné masy a aktivní tělesné hmoty z celkového tělesného draslíku vychází z poznatku, že draslík je uložen především intracelulárně. Výpočet aktivní tělesné hmoty vychází z předpokladu, že obsah draslíku v aktivní tělesné hmotě je konstantní veličinou. Chemické analýzy lidského těla udávají 2,66 g/kg aktivní tělesné hmoty u mužů, 2,5 g/kg aktivní tělesné hmoty u žen. Další sada konstant vychází z poměru draslíku k celkové tělesné vodě, a to 3,41, resp. 3,16 g/l tělesné vody u mužů, resp. u žen. Při konstantní

hydrataci (73,2 %) to představuje 2,5 resp. 2,31 g/kg aktivní tělesné hmoty. Nejnovější údaje jsou 2,46, resp. 2,5 g/kg aktivní tělesné hmoty u mužů, resp. u žen (Forbes, 1987; Pařízková, 1998). Nevýhodou této metody je především vysoká cena, ale i již zmíněná odlišná koncentrace draslíku v tkáních u různých jedinců (Wang, 1997).

Dalším příkladem je neutronová aktivační analýza umožňuje hodnocení mnohoprvkového složení lidského těla - vápníku, sodíku, chloridů, fosforu a dusíku, s použitím gama-spektrografické metody. Vzhledem k radiaci a ceně přístroje má tato metoda omezené využití (Heymsfield et al., 1991, Wang, 1997).

Měření celkového tělesného vápníku je využíváno pro kvantitativní hodnocení celkových kostních minerálů. Je založen na předpokladu, že vápník je konstantní frakcí jejich celkového obsahu (38 - 39 %). Je ovšem známo, že vápník může být i u zdravého jedince ukládán mimo kostní tkáň, což je hlavní kritikou této metody.

Taky měření celkového tělesného dusíku umožňuje odhad svalové hmoty a to na základě obsahu proteinů. Z odhadu svalové a nesvalové hmoty, kostních minerálů a hmotnosti těla je možno odvodit podíl tuku. Tento čtyřkomponentový model má velký význam pro hodnocení rozdílů mezi zdravou populací a nemocnými jedinci (shrnuje Riegerová, 1998).

### **Absorpciometrie**

Velmi rozšířená, mnohými autory považována za referenční metodu, je **duální roentgenová absorpciometrie (DEXA)**. Měří diferenciální ztenčení dvou spekter rentgenového záření, které procházejí organismem. Princip této metody je založen na předpokladu, že obsah kostních minerálů je přímo úměrný množství fotonové energie absorbované kostní tkání. Tato metoda se uplatnila především při zkoumání kostních minerálů v jednotlivých kostech. Zdokonalení této metody umožnilo odhad podílu tuku. Je schopna rozlišit kostní minerály od měkkých tkání, které dále rozděljuje na tuk a tukuprostou hmotu. Výsledky měření stanoví tělesné složení jak celého těla, tak jeho jednotlivých segmentů (Pařízková, 1998). Metoda DEXA je uznávána jako dostatečně přesná technika pro stanovení tělesného složení a je vhodná především jako metoda referenční (Mazess et al., 1990).

### 1.4.6 Biochemické metody

Biochemické metody odhadu tělesného složení jsou založeny na stanovení svalových metabolitů a jsou tedy zaměřeny především na odhad rozvoje svalstva. Vzhledem k vysoké intraindividuální variabilitě těchto metabolitů ve zkoumaném biologickém materiálu a z toho vyplývajícím striktním podmínkám pro sběr tohoto materiálu, nejsou tyto metody příliš využívány v praxi a slouží převážně experimentálním účelům.

Příkladem biochemických metod je kreatininurie. Prekurzorem kreatininu je kreatin, který je obsažen především ve svalech (98 %). Kreatinin vzniká hydrolyzou kreatinu a je ledvinami vylučován jako odpadní produkt v množství 1,2 - 1,7 g/24 hod.

Využití kreatininurie pro odhad rozvoje svalstva vychází z předpokladu, že:

- 1. vylučovaný kreatinin je produktem metabolických pochodů v kosterním svalstvu a je endogenního původu*
- 2. jeho množství odpovídá množství svalové tkáně*

Tyto předpoklady jsou velmi často kriticky diskutovány především pro vysokou intraindividuální variabilitu kreatininurie (11 – 12 %) v důsledku příjmu exogenního kreatininu v potravě a ovlivnění úrovně pohybové aktivity. Vyšetření tedy předpokládá několikadenní bezmasou dietu a klidové podmínky před vlastním vyšetřením (Waterlow, 1986). Celá řada prací naznačila, že vyloučený kreatinin není konstantní veličinou vzhledem ke svalstvu a FFM a je výrazně závislý na věku, pohlaví, stupni dospělosti, tělesné aktivitě a metabolickém stavu probanda.

#### **Celkový plasmatický kreatinin**

Další metoda, zjišťování celkového plasmatického kreatininu využívá zjištění, že existuje velmi těsný vztah mezi celkovým plasmatickým kreatininem a kreatininurií, podle kterého 1 mg celkového plasmatického kreatininu odpovídá 0,88 - 0,98 kg svalové hmoty.

Výběr metody a konkrétního sledovaného komponentu závisí od konkrétního cíle měření a ledování souboru resp. dostupnosti metody. Každá z využívaných metod má svoje klady ale i zápory. Např. přesnost a reprodukovatelnost DEXY neguje limitaci



opakovaných měření rentgenových záření, např. u dětí, přesnost hydrodenzitometrie a její korelaci s referenční metodou DEXA i terénní metodou kaliperace nejuje limitaci faktorů maximálního vydýchnutí a reziduálního objemu (problematické nejen obézních jedinců a serniorů), nenáročnost a transportnost bioimpedační metody nejuje variabilitu výsledků a v závislosti od regresních rovnic a předpokladů hydrataci. Výsledek jednotlivých metod spolu významně korelují, ale nedávají identické výsledky.

V shrnutí téhle kapitoly teoretického rozboru uvádíme klady a zápory nejčastěji používaných metod pro určení tělesného složení

Tabulka 2 Klady a zápory nejčastěji používaných metod pro měření složení těla

| Metody | Klady  | Zápory  |
|--------|--|---|
| DEXA   | přesná, reprodukovatelná, referenční metoda, stanoví složení jednotlivých segmentů, vyžaduje minimální spolupráci jedince  | rentgenové záření – limitování opakovaných měření, předpoklad konstantní hydratace netukové hmoty, podmínka nehybného snímání, drahá, nemožné vyšetření dětí, obézních a vysokých jedinců   |
| HD     | přesná reprodukovatelná relativně levná, zlatý standard nepředstavuje žádné zdravotní riziko, koreluje s referenční metodou DXA a s terénní metodou měření tloušťky podkožních řas - využití v praxi | maximální vydýchnutí jako limitující faktor, pomoření pod vodu a v uzavřeném prostoru, relativně dlouhé měření, předpoklad konstantní hydratace netukové hmoty a hustoty tukové a netukové hmoty, náročná na vybavení, nepřenosná, nevyužitelná u dětí, starších, adipózních, jedincích se změněnou hydratací |
| ADP    | přesná, reprodukovatelná, krátce trvající - nezatěžuje "probandy" využitelná při dětech, obézních i nemocných  | citlivá na teplotu a tlak vzduchu, drahá  |
| BIA    | transportu schopná, nenáročná na obsluhu, nenákladná neinvazivní, možnost segmentálního srovnání   | variabilita výsledků v závislosti od regresních rovnic, předpoklad konstantní hydratace netukové hmoty, předpoklad modelu těla, kterým proudí proud ve  |

|                    |  |  |
|--------------------|--|--|
|                    |  | stejném množství všemi segmenty  |
| Měření kožních řas | transportu schopná, nenáročná na obsluhu, nenákladná, nenáročná na čas | variabilita výsledků v závislosti od regresních rovnic, intra- a interindividuální variabilita examinátora |

Legenda:

DXA – Dual- Energy- X-ray Absorptiometrie

HD – hydrodenzitometria

ADP – Air Displacement Plethysmography

BIA – bioelektrická impedancia

Podle: Malá L., Zahálka, F. & Malý, T. (2008)

## Cíle, hypotézy a úkoly práce

### 2.1 Cíl práce

Cílem závěrečné práce bylo zjistit a navzájem komparovat tělesné složení u sportovců a běžné populace.

### 2.2 Hypotézy práce

1. Předpokládáme vyšší zastoupení tukové hmoty u běžné populace než u sportující populace.
2. Předpokládáme nižší zastoupení aktivní hmoty u běžné populace než u sportující populace.
3. Předpokládáme vyšší laterální asymetrii u sportující populace než u běžné populace.

### 2.3 Úkoly práce

1. studium dostupné literatury k vybrané problematice
2. výběr probandů
3. výběr vhodné metody k identifikaci tělesného složení

4. sběr dat, realizace měření
5. zpracování dat a jejich interpretace
6. srovnávání dat s dostupnou literaturou
7. závěry pro praxi

## Metodika

### 3.1 Charakteristika výzkumného souboru

Sledovaný soubor tvořilo 80 probandů, z toho 40 zástupců běžné populace (20 žen a 20 mužů) a 40 zástupců pravidelně sportující populace (20 žen a 20 mužů). Výběr probandů byl záměrný, založený na dobrovolnosti účasti na testování. Kritériem pro výběr bylo věkové rozmezí 20 – 30 roků a kritériem pro zařazení probanda do sportovní populace bylo aktivní vykonávání, organizované pohybové aktivity v trvání 120 min. 3 – krát týdně dlouhodobě min. 5 let zpětně i v současném období. Zástupce nesportovní populace nikdy nevykonávali pravidelnou, řízenou pohybovou aktivitu. Průměrný věk nesportovní populace byl  $24,65 \pm 3,64$  roků (z toho průměrný věk žen byl  $24,05 \pm 3,26$  roků, průměrný věk mužů byl  $25,25 \pm 3,88$  roků), průměrná tělesná výška nesportovní populace činila  $171,18 \pm 10,45$  cm (z toho průměrná tělesná výška u žen byla  $165,31 \pm 9,76$  cm, průměrná tělesná výška u mužů byla  $177,05 \pm 7,39$  cm) a průměrná tělesná hmotnost byla  $75,40 \pm 12,14$  kg (z toho průměrná tělesná hmotnost u žen byla  $67,45 \pm 10,20$  kg a průměrná tělesná hmotnost u mužů byla  $83,36 \pm 8,01$  kg). Průměrný věk sportovní populace byl  $24,65 \pm 3,64$  roků (z toho průměrný věk žen byl  $24,05 \pm 3,26$  roků, průměrný věk mužů byl  $25,25 \pm 3,88$  roků), průměrná tělesná výška nesportující populace činila  $171,18 \pm 10,45$  cm, (z toho průměrná tělesná výška u žen byla  $165,31 \pm 9,76$  cm, průměrná tělesná výška u mužů byla  $177,05 \pm 7,39$  cm) a průměrná tělesná hmotnost byla  $75,40 \pm 12,14$  kg (z toho průměrná tělesná hmotnost u žen byla  $67,45 \pm 10,20$  kg a průměrná tělesná hmotnost u mužů byla  $83,36 \pm 8,01$  kg).

### 3.2 Způsob získávání výzkumných údajů

Data identifikace tělesného složení zástupců výzkumného týmu jsme zaznamenali za stejných podmínek, v dopoledních hodinách, probandi neužili žádné medikamenty, organizmus byl v relativní homeostáze (ne po zátěži ve formě tréninku u sportovní populace). Probandi byli poučeni o standardních podmínkách bioimpedančního měření. Před samotným měřením jsme zjistili aktuální tělesnou výšku probandů ve stoji s přesností na 1 mm. Pro stanovení celotělové bioimpedance jsme použili multifrekvenční bioimpedanční analyzátor In Body 3.0, který pracuje na čtyřech frekvencích (1,5,50, a

100 kHz) a funguje na principu osmibodových tetrapolárních dotykových bodů. Vlastní měření trvalo přibližně 120 s, aktuální tělesnou hmotnost zaznamenal samotný analyzátor s přesností na 1 g.

Na základě získaných hodnot jsme zjistili aktuální složení těla zástupcům týmu. Sledovali jsme množství aktivní hmoty (LBM), hodnotu buněčné hmoty (BCM) a její procentuální zastoupení v LBM (CQ), zastoupení svalové hmoty (MM), procentuální zastoupení tuku u probandů (% BF), celkovou tělesnou vodu (TBW) s rozlišením extracelulární (ECW) a intracelulární (ICW) vody, distribuce tuku (WHR), Body Mass Index (BMI), Waist to Hip Ratio (WHR), bazální metabolismus probandů (BMR), segmentální distribuci tekutin v těle probandů. Při přepočtu jednotlivých nepřímo měřených parametrů identifikujících kvalitu tělesného složení jsme vycházeli z predikčních rovnic softwaru.

Metodou řízeného rozhovoru jsem zjistili druh, délku a pravidelnost vykonání pohybové aktivity u jednotlivých probandů a jejich vztah k pohybu v minulosti.

### **3.3 Způsob zpracování výzkumných údajů**

Zhodnocení jsme vykonali v absolutních hodnotách a procentuálním vyjádřením. Pro vyjádření míry polohy jsme použili aritmetický průměr a z míry variability jsme použili směrodatnou odchylku (SD) a variační rozpětí. Pro zpracování jsme použili statistický program SPSS v Laboratoři sportovní motoriky Jako kritérium pro zhodnocení rozdílu jsme si zvolili dvounásobek směrodatné odchylky.

## Výsledky

Průměrná hodnota BMI u nespportovní populace byla  $25,58 \pm 3,27 \text{ kg/m}^2$ , z toho  $26,66 \pm 2,81 \text{ kg/m}^2$  u nespportujících mužů a  $24,5 \pm 3,34 \text{ kg/m}^2$  u nespportujících žen. Průměrná hodnota BMI u sportující populace byla  $22,85 \pm 2,49 \text{ kg/m}^2$ , z toho  $23,61 \pm 2,02 \text{ kg/m}^2$  u sportujících mužů a  $22,10 \pm 2,68 \text{ kg/m}^2$  u sportujících žen. Průměrná hodnota WHR byla u nespportující populace  $0,86 \pm 0,08$ , z toho  $0,88 \pm 0,07$  u nespportujících mužů a  $0,84 \pm 0,07$  u nespportujících žen. Průměrná hodnota WHR u sportující populace byla  $0,79 \pm 0,03$ , z toho  $0,8 \pm 0,03$  u sportujících mužů a  $0,77 \pm 0,03$  u sportujících žen.

Zastoupení aktivní hmoty (LBM) u nespportovní populace činilo  $57,19 \pm 11,36 \text{ kg}$ , z toho  $66,16 \pm 6,99 \text{ kg}$  u nespportujících mužů a  $48,22 \pm 6,96 \text{ kg}$  u nespportujících žen. Při porovnání se sportující populací jsem v sledovaném souboru sportovců zaznamenali hodnotu LBM o 8,34 % vyšší než v souboru nespportovců ( $60,07 \pm 13,82 \text{ kg}$ ). Při porovnání sportujících a nespportujících mužů a žen jsem zaznamenali vyšší hodnoty LBM u sportujících mužů (hodnota vyšší o 8,32 %), při porovnání sportujících a nespportujících žen jsem zaznamenali téměř identické průměrné zastoupení LBM (tabulka 3). Relativní hodnoty aktivní hmoty (LBM/kg) rovněž neprokázali rozdíl v zastoupení LBM u sportovní a nespportovní populace (u nespportujících mužů hodnota o  $0,1 \pm 0,03$  vyšší u sportujících, u žen hodnota o  $0,06 \pm 0,01$  vyšší u sportujících). Nespportující muži vykazovali vyšší hodnoty LBM/kg jak sportující ženy.

Průměrné množství svalové hmoty (MM) pro sledovaný soubor nespportovců bylo  $53,36 \pm 10,68 \text{ kg}$ , z toho  $61,66 \pm 6,86 \text{ kg}$  u nespportujících mužů a  $45,06 \pm 6,59 \text{ kg}$  u nespportujících žen. Průměrné množství MM pro sledovaný soubor sportovců bylo  $55,96 \pm 13,30 \text{ kg}$ , z toho  $67,71 \pm 8,13 \text{ kg}$  u sportujících mužů a  $44,21 \pm 3,37$  u sportujících žen.

Průměrná hodnota bazálního metabolismu (BMR) byla u nespportující populace  $1730,4 \pm 321,93 \text{ kcal}$ , z toho  $1920,85 \pm 265,86 \text{ kcal}$  u nespportujících mužů a  $1539,95 \pm 253,10 \text{ kcal}$  u nespportujících žen. U sportující populace byl odhad bazálního metabolismu průměrně

1846,04 ± 384,89 kcal, z toho 2026,98 ± 469,98 kcal u sportujících mužů a 1665,09 ± 99,56 kcal u sportujících žen.

Hodnota vnitrobuněčné hmoty (BCM) v souboru běžné populace činila 39,98 ± 7,96 kg, z toho 46,32 ± 4,86 kg u nespportujících mužů a 33,63 ± 4,76 kg u nespportujících žen. V procentuálním vyjádření má BCM zastoupení v LBM (CQ) u nespportující populace 69,93 ± 1,17 %, z toho 70,03 ± 1,22 % u nespportujících mužů a 69,78 ± 1,14 % u nespportujících žen. Při porovnání zastoupení BCM s hodnotami zaznamenanými u sportující populace jsem zjistili průměrnou hodnotu souboru sportovců 41,77 ± 9,76 kg (hodnota o 4,48 % vyšší než u nespportující populace), z toho 50,43 ± 5,88 kg u sportujících mužů (hodnota o 8,87 % vyšší než u nespportujících mužů) a 33,11 ± 2,46 kg u sportujících žen (hodnoty sportujících a nespportujících žen téměř identické). BCM činilo u sportující populace 69,83 ± 0,92 % LBM, z toho 69,91 ± 0,87 % LBM u sportujících mužů ± 3,27 % LBM u sportujících žen.

Průměrná hodnota celkové vody v těle (TBW) u nespportující populace byla 42,12 ± 8,50 l (55,86 % průměrné tělesné hmotnosti sledovaného souboru), z toho byla TBW 48,81 ± 5,25 l u mužů (58,55 % průměrné tělesné hmotnosti nespportujících mužů) a 35,44 ± 5,25 l u žen (52,54 % průměrné tělesné hmotnosti nespportujících žen). Zastoupení intracelulární tekutiny (ICW) u nespportující populace bylo 28,57 ± 5,68 l (67,83 % z TBW) u žen, z toho 33,10 ± 3,47 l (68,87 % z TBW) u mužů a 24,04 ± 3,40 l (67,83 % z TBW) u žen. Zastoupení extracelulární tekutiny (ECW) u nespportující populace bylo 13,56 ± 2,91 l, z toho 15,72 ± 1,99 l u mužů a 11,39 ± 1,91 l u žen.

U sportující populace jsem zaznamenali srovnatelnou průměrnou hodnotu TBW jako u nespportující populace – 43,53 ± 10,68 l (57,73 % průměrné tělesné hmotnosti sledovaného souboru). Srovnatelné bylo i zastoupení TBW při porovnání sportujících a nespportujících mužů a žen (52,48 ± 7,53 l u sportujících mužů a 34,58 ± 3,35 l u sportujících žen).

Zastoupení ICW u sportující populace bylo 29,34 ± 7,22 l (67,40 % z TBW). Při porovnání ICW u sportující a nespportující populace jsme zaznamenali téměř identické hodnoty v sledovaných skupinách sportujících a nespportujících žena a mužů (hodnota o 5,62 % vyšší u sportujících mužů a porovnání s mužskými zástupci všeobecné populace a hodnota o 1,75 vyšší u nespportujících žen jako u žen sportujících) – tabulka 3.

Průměrná hodnota tukového tkaniva v souboru běžné populace činila 24,07 ± 6,65 %, z toho 20,42 ± 5,98 % u nespportujících mužů a 27,73 ± 5,09 u nespportujících žen. Průměrná

hodnota tukového tkaniva v souboru pravidelně sportující populace byla  $15,35 \pm 4,51$  %, z toho  $11,36 \pm 2,08$  % u sportujících mužů a  $19,35 \pm 2,08$  u sportujících žen.

Při sledování rozložení tekutin na horních končetinách jsme zaznamenali při jejich laterálním rozlišení téměř stejné průměrné hodnoty (u nesportujících mužů  $2,97 \pm 0,33$  l na pravé straně a  $2,94 \pm 0,35$  l na levé straně; u sportujících mužů  $3,29 \pm 0,49$  l na pravé straně a  $3,23 \pm 0,48$  l na levé straně; u sportujících žen  $1,83 \pm 0,20$  l na pravé straně a  $1,81 \pm 0,18$  l na levé straně) s výjimkou nesportujících žen, kde byla asymetrie na horních končetinách vyšší ( $2,02 \pm 0,76$  l na pravé straně a  $1,84 \pm 0,32$  l na levé straně).

Na dolních končetinách jsme zjistili také rovnoměrné zastoupení objemu tekutin, když průměrné hodnoty představovali u nesportujících mužů  $7,92 \pm 0,95$  l na pravé straně a  $7,90 \pm 0,96$  l na levé straně; u nesportujících žen  $5,94 \pm 1,14$  l na pravé straně a  $5,95 \pm 1,13$  l na levé straně; u sportujících mužů  $9,22 \pm 1,03$  l na pravé straně a  $9,15 \pm 1,01$  l na levé straně; u sportujících žen  $5,83 \pm 0,62$  l na pravé straně a  $5,92 \pm 0,59$  l na levé straně. Na trupu jsme zaznamenali při sledování průměrného rozložení tekutin objem  $22,9 \pm 2,23$  l u nesportujících mužů,  $15,49 \pm 1,76$  l u nesportujících žen,  $24,44 \pm 2,73$  l u sportujících mužů a  $16,07 \pm 1,19$  l u sportujících žen (tabulka 3).



Tabulka 3 – Tělesné složení sportující a nespportující populace

|                     |                       |                      |            |       |   |
|---------------------|-----------------------|----------------------|------------|-------|---|
| BMR                 | sportovci<br>1846,04  | Ženy                 | 1665,09    |       |   |
|                     |                       | Muži                 | 2026,98    |       |   |
|                     | nesportovci<br>1730,4 | Ženy                 | 1539,95    |       |   |
|                     |                       | Muži                 | 1920,85    |       |   |
| BCM                 | sportovci<br>41,77    | Ženy                 | 33,11      |       |   |
|                     |                       | Muži                 | 50,43      |       |   |
|                     | nesportovci<br>39,98  | Ženy                 | 33,63      |       |   |
|                     |                       | Muži                 | 46,32      |       |   |
| TBW                 | sportovci<br>43,53    | Ženy 34,58           | ICW        | 23,62 |   |
|                     |                       |                      | ECW        | 11,52 |   |
|                     |                       | Muži 52,48           | ICW        | 35,06 |   |
|                     |                       |                      | ECW        | 19,78 |   |
|                     | nesportovci<br>42,125 | Ženy 48,81           | ICW        | 24,04 |   |
|                     |                       |                      | ECW        | 11,4  |   |
|                     |                       | Muži 35,44           | ICW        | 33,1  |   |
|                     |                       |                      | ECW        | 15,72 |   |
| Laterální asymetrie | Horní končetiny       | nesportovci<br>2,44  | Ženy 1,93  | 2,02  | P |
|                     |                       |                      |            | 1,84  | L |
|                     |                       |                      | Muži 2,95  | 2,97  | P |
|                     |                       |                      |            | 2,94  | L |
|                     |                       | sportovci 2,54       | Ženy 1,825 | 1,84  | P |
|                     |                       |                      |            | 1,81  | L |
|                     |                       |                      | Muži 3,26  | 3,29  | P |
|                     |                       |                      |            | 3,23  | L |
|                     | Dolní končetiny       | nesportovci<br>6,92  | Ženy 5,94  | 5,94  | P |
|                     |                       |                      |            | 5,95  | L |
|                     |                       |                      | Muži 7,91  | 7,92  | P |
|                     |                       |                      |            | 7,9   | L |
|                     |                       | sportovci 7,53       | Ženy 5,87  | 5,83  | P |
|                     |                       |                      |            | 5,92  | L |
|                     |                       |                      | Muži 9,18  | 9,22  | P |
|                     |                       |                      |            | 9,15  | L |
|                     | Trup                  | nesportovci<br>19,19 | Ženy       | 15,49 |   |
|                     |                       |                      | Muži       | 22,9  |   |
|                     |                       | sportovci<br>20,25   | Ženy       | 16,07 |   |
|                     |                       |                      | Muži       | 24,44 |   |

Legenda:

BMI - ukazatel obezity

WHR - obvod pasu dělený obvodem boků  
LMB - aktivní hmota  
MM - svalová hmota  
BMR - bazální metabolismus  
TBW - celková voda  
ICW - intracelulární  
ECW - extracelulární  
P - pravá strana  
L - levá strana

## Diskuze

Při nejjednodušší interpretaci kvality života by nám stačila informace o tělesné hmotnosti probandou rep. hodnota Waist to Hip Ratio (WHR) a nebo hodnota Body Mass Index (BMI). WHR vypočítaný jako poměr obvodu pasu a obvodu boků se v minulosti považoval za spolehlivý indikátor množství tzv. viscerálního tuku, zásobárny, která je nejčastěji spojená se změnami metabolismu a glukózy. BMI udává ideální rozmezí tělesné hmotnosti, určuje případnou nadváhu nebo obezitu a riziko ohrožení zdraví (Malá et al., 2008). Hodnoty WHR (u nespportovní populace  $0,86 \pm 0,07$ , z toho  $0,88 \pm 0,07$  u nespportujících mužů a  $0,84 \pm 0,07$  u nespportujících žen; u sportující populace byla  $0,79 \pm 0,03$ , z toho  $0,8 \pm 0,03$ ; z toho  $0,8 \pm 0,03$  u sportujících mužů a  $0,77 \pm 0,03$  u sportujících žen) a hodnoty BMI (u nespportující populace byla  $25,58 \pm 3,27 \text{ kg/m}^2$ , z toho  $26,66 \pm 2,81 \text{ kg/m}^2$  u nespportujících mužů a  $24,5 \pm 3,34 \text{ kg/m}^2$  u nespportujících žen; u sportující populace byla  $22,85 \pm 2,49 \text{ kg/m}^2$ , z toho  $23,61 \pm 2,02 \text{ kg/m}^2$  u sportujících mužů a  $22,10 \pm 2,68 \text{ kg/m}^2$  u sportujících žen) zaznamenává v námi sledovaném souboru prokazují zvýšené riziko ohrožení zdraví u nespportující populace.

Samotná tělesná hmotnost, WHR anebo BMI nám však nepodávají přesnou informaci o tělesném složení. Složení těla nám blíže identifikují jednotlivé parametry získané pomocí bioimpedančního měření. Jedním z nich je aktivní hmota (LBM). Zastoupení aktivní složky LBM, definované denzitou menší jak  $1,100 \text{ g/cm}^3$  a obsahem malého množství esenciálního tuku (Lohman, 1993), činilo u nespportující populace  $57,19 \pm 11,36 \text{ kg}$ , z toho  $66,16 \pm 6,99 \text{ kg}$  u nespportujících mužů a  $48,22 \pm 6,96 \text{ kg}$  u nespportujících žen. Hodnoty zaznamenané u sportující populace byli o 8,31 % vyšší. Při porovnání sportujících a nespportujících mužů a žen jsem zaznamenali vyšší hodnoty LBM u sportujících mužů (hodnota vyšší o 8,32 %) a téměř identické průměrné zastoupení u sportujících a nespportujících žen. Absolutní hodnota LBM však dává nepřesnou

informaci, nakolik jedinec s vyšší tělesnou hmotností a vyšší tělesnou výškou má možnost vázat vyšší množství LBM jako jedinec nižší a lehčí. Proto jsme hodnotu LBM přepočítali na kg tělesné hmotnosti (LBM/kg). Relativní hodnoty LBM také neprokázali rozdíl v zastoupení LBM jen u sportovní a nespportovní populace ( u mužů hodnota  $0,1 \pm 0,03$  vyšší u sportujících, u žen hodnota  $0,7 \pm 0,01$  vyšší u sportujících).

Nespportující muži vykazovali vyšší hodnoty LBM/kg jako sportující ženy, což odpovídá intersexuálním rozdílům dle dostupné literatury.

LBM považujeme za důležitý předpoklad pro svalovou práci, nakolik zahrnuje všechny tkaniva těla kromě depotního tuku a má v porovnání s celkovou tělesnou hmotností užší vztah k množství fyziologických parametrů jako je spotřeba kyslíku, minutový srdeční objem, vitální kapacita a pdo. (Pařízková, 1973). Podíl LBM je závislý na genetice, ale je možné ho rozvíjet pohybovou aktivitou a ovlivnit i výživou.

Podle Bláhy (1986) je rozvoj aktivní složky resp. svalstva mužů mezi 17. a 40. rokem a u žen mezi 15. a 60. rokem relativně stabilní ( námi zaznamenaná hodnota je  $61,66 \pm 6,86$  kg u nespportujících mužů,  $45,06 \pm 6,59$  kg u nespportujících žen,  $67,71 \pm 8,13$  kg u sportujících mužů a  $44,21 \pm 3,37$  kg u sportujících žen). Pak následuje postupný pokles. Podle Heywarda (1996) k pozvolnému zbytku LBM začíná docházet u obou pohlaví již ve středním věku, a to o cca 3 kg během každých deseti let u zdravích fyzicky neaktivních osob. Tento pokles je 1,5 - krát větší u mužů než u žen, jelikož bylo zjištěno, že muži ztrácí cca 0,34 kg tukoprosté hmoty / rok, zatímco ženy 0,22 kg tukoprosté hmoty / rok. Shrnutím teda můžeme konstatovat dostatečné množství LBM v námi sledovaném souboru i u nespportující populace s předpokladem změn v průběhu ontogenezí, kde se věkem bude množství LBM snižovat. Samozřejmě je možné jeho udržení vlivem pohybové aktivity. Bylo zjištěno, že pravidelné cvičení střední a vyšší intenzity může omezit ztráty LBM způsobené stárnutím až o 25 % a že ke ztrátám LBM dochází taky rychleji u fyzicky neaktivních jedinců (Heyward,1996).

Vnitrobuněčná hmota (BCM) jako součást LBM je součtem metabolicky aktivní aerobních buněk kosterních svalů a svalina srdce, vnitřních orgánů, kosterních tkání, buňky krve a CNS. Sportovci vykazují vyšší zastoupení BCM jako běžná populace. Andreoli et al. (2003) uvádí signifikantní rozdíl zastoupení BCM u profesionálních sportovců v porovnání s běžnou populací. Podle autora úroveň BCM patří mezi nejlepší predikátory svalové účinnosti, která může predikovat sportovní výkon. Proto zvýšení LBM a BCM jsou vztáhnuté ke zvýšenému výkonu svalů a nižší úroveň BCM např. u nespportovců znamená snížení výkonu. Při případné redukci tělesné hmotnosti, či u

všeobecné populace nebo u sportovců by BCM nemělo být sníženo víc než o 20%, spíše by měla být redukována tuková hmota (Malá et al., 2008). Pirlich et al., (2002) uvádějí, že redukce BCM indikuje skutečnou ztrátu proteinové hmoty.

Jako kritérium pro svalovou práci uvádí odborná literatura taky poměr vnitrobuněčné hmoty (BCM) a hmoty mimobuněčné (ECM), které se u běžné populace pohybují pod 1,0, ve vrcholovém sportu pod 0,7 (Bunc, 2007). Určení tohoto parametru však není součástí výstupu námi použité bioimpedanční metody.

BCM má vysokou afinitu k bazálnímu metabolickému výdaji (Malá et al., 2008). Bazální metabolismus, který dosáhl průměrnou hodnotu u nesportující populace  $1730,4 \pm 321,93$  kcal a u sportující populace  $1846,04 \pm 384,89$  kcal tak bude při BCM a dalších parametrech identifikujících tělesné složení sledovaných probandů parametrem pro optimálně řízení a regulaci pohybové aktivity u sportující populace i u běžné populace při realizaci případných doporučených redukčních cvičení. Množství buněčné hmoty je podmíněné jednak geneticky (konstituční typ) a věkem, jednak zaměřením tréninku (také typem aktivity z pohledu jejího energetického krytí), který sportovci absolvují (Malá et al., 2008). Je zřejmé, že pravidelně sportující populace by měla disponovat vysokou hodnotu BCM v porovnání s běžnou populací. Výkonnostní sportovci by neměli mít zastoupení BCM méně než 60 % LBM resp. FFM (Datainput,2004). V sledovaném souboru činila průměrná hodnota BCM 69,94 % průměrné hodnoty LBM, přičemž pod hodnotu 69% LBM se nedostal ani jeden ze sledovaných probandů. Tyto hodnoty jsou v porovnání s dostupnou literaturou vysoké, kde doporučené hodnoty CQ pro všeobecnou populaci jsou 50 -59 % LBM a doporučená minimální hranice jako předpoklad pro vrcholový sport je 60 % LBM a víc (Datainput,2004). Při komparaci našich dat s doporučeným rozmezím procentuálního zastoupení BCM v LBM však nesmíme opomenout na rozdíly, které může způsobit použití jiné bioimpedanční metody a použitých predikčních rovnic pro přepočet nepřímo měřených parametrů (pro Datainput konkrétně multifrekvenční BIA 200M).

Nejvariabilnější komponent hmotností těla je tuk, který je hlavním faktorem inter – intraindividuální variability tělesného složení v průběhu celého vývoje. Je snadno ovlivnitelný výživou a pohybovou aktivitou, je však významným faktorem vzniku a průběhu řady onemocnění ( Pařízková,1998).

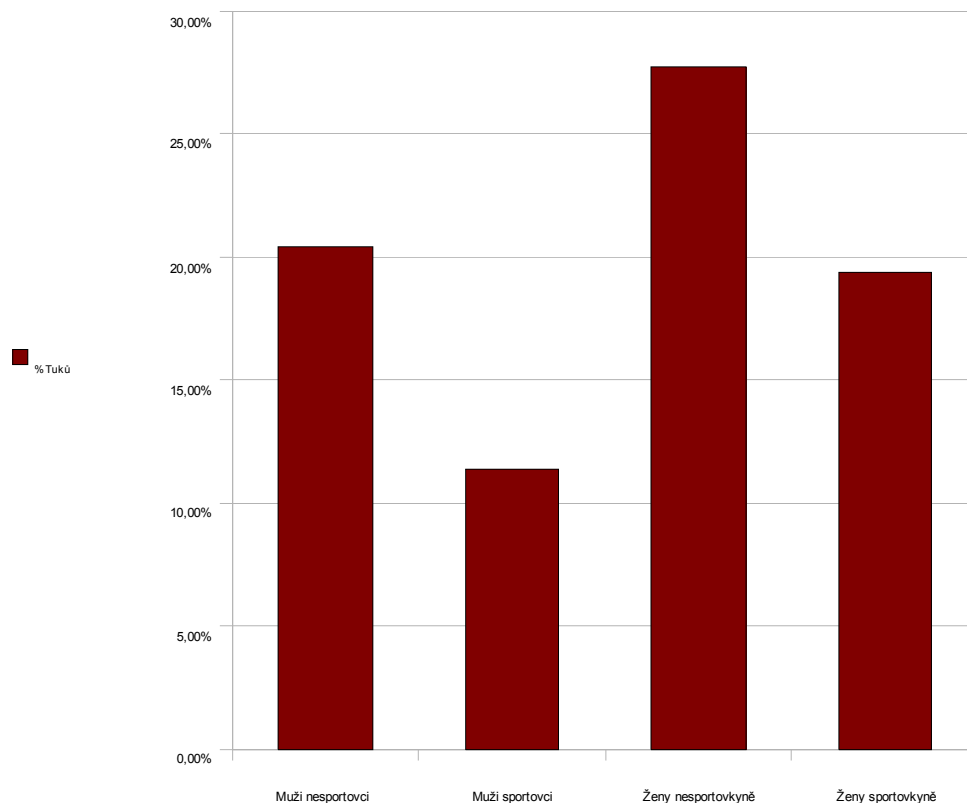
I z hlediska estetického resp. i sportovního výkonu je tuk nežádoucím a snažíme se ho minimalizovat. Procento tělesného tuku je často uváděno jako limitující faktor  $VO_2$  max vyjádřené na kg tělesné hmotnosti, uváděno v některých studiích u dětí (Goran et al., 2000; Maffei et al., 1994) či u netréovaných žen s normální hmotností (Bunc, 2000).

Avšak tuk základní (esenciální), který je součástí orgánů (kostní dřen, srdce, plíce, mozek) je nevyhnutný pro správnou funkci organismu a tuk zásobní (podkožní) má svoji úlohu v ochraně orgánů a izolace tělesného tepla.

Vycházející z dvojkomponentového modelu těla tuková hmota, kterou jsme zaznamenali bioimpedanční metodou, zahrnuje všechny extrahované tuky z tukových a jiných tkání v těle (Heyward, 1996).

Obecně lze říci, že odpovídající rozsah pro normální populaci je 15 – 18 % pro muže a 20 – 25 % pro ženy. Hodnoty vyšší než 25 % pro muže a 29 % pro ženy jsou považovány za riziko ohrožení na zdraví (Spiriduso, 1995). U sportovců je zastoupení tuku nižší v závislosti od typu sportu (úpolové sporty, vytrvalostní běžci vykazují nižší procentuální zastoupení tuku) a od pohlaví (ženy mají více tuku jak muži). Námi zaznamenaná hodnota procentuálního zastoupení tuku je nižší u sportujících mužů v porovnání s nespportujícími a nižší u sportujících žen a v porovnání s nespportujícími. Zároveň vidíme intersexuální rozdíly u sportujících i nespportujících jedinců (tabulka 3). Hodnota zaznamenaná u nespportujících mužů a nespportujících žen je vyšší jak doporučená, představuje tedy riziko ohrožení zdraví a vzniku víceroch nemocí s nadváhou a obezitou navazující.

U mužů dochází k růstu množství podkožního tuku v průběhu stárnutí mezi 30. a 50. rokem života v průměru o 11 %, u žen je obdobný přírůstek průměrně 10 % (Bouchard, 2000). Můžeme teda konstatovat, že v případě, že nespportující populace nebude nadále vykonávat pravidelně nějakou řízenou pohybovou aktivitu, bude podíl tukového tkaniva narůstat. Pravidelný pohyb dokáže omezit vytváření tukové tkáně a přispívá k redukci již vytvořených tukových zásob. Její charakter, intenzitu a dobu trvání je třeba volit s ohledem na věk jedince, stupeň obezity a přítomnost komplikace (Hainer, 2004).



**Obrázek 3 Procentuální zastoupení tukového tkaniva u vybraných skupin**

Na množství zastoupení aktivní hmoty a svalové hmoty se váže obsah celkové vody v těle (TBW). Průměrná hodnota TBW u nesportující a sportující populace byla v požadovaném rozmezí 60 % tělesné hmotnosti u dospělých mužů a 50 % tělesné hmotnosti u dospělých žen. Zastoupení intracelulární tekutiny (ICW) poukazuje na kvalitnější tělesné složení z hlediska distribuce vody u sportující populace. V průběhu ontogenezi resp. stárnutí se bude množství TBW měnit. Změna v množství celkové tělesné vody (TBW) bude odrážet ztrátu intercelulární tekutiny, což bude odpovídat nežádoucímu poklesu hmoty kosterního svalstva.

Při sledování rozložení tekutin na horních končetinách jsem zaznamenali při jejich laterálním rozlišení téměř stejné průměrné hodnoty s dominancí jedné strany. Asymetrii na horních a dolních končetinách jsme nezaznamenali u sportující ani u nesportující populace (nezaznamenali jsme hodnotu vyšší jak stanovený dvounásobek směrodatné odchylky). Předpoklad, že LBM a BCM budou vázat více TBW v jednotlivých segmentech u sportující populace, tedy předpoklad o zastoupení vyšších asymetrií u

sportovců vlivem jednostranného zatížení resp. preferování pravé nebo levé strany při konkrétním sportu se tedy v sledovaných skupinách nepotvrdil. Distribuce tekutin v jednotlivých segmentech ukázala téměř identické zastoupení tekutin v jednotlivých segmentech. Příčinou může být typ vykonávané pohybové aktivity (více laterálních asymetrií by se vyskytlo u šermíře jako v sportovních hrách, které probandi při řízeném rozhovoru uvedli). Vzhledem na častý výskyt svalových dysbalancí u sportovců předpokládáme, že svalová dysfunkce by se projevila při podrobnějším vyšetření, např. při vyšetření funkčnosti svalů zkrácených a oslabených určitě ve vyšší míře u sportující jako u nespoutující populace.

Můžeme konstatovat dostatečně vyvinutý svalový korzet trupu ( $22,9 \pm 2,23$  l u nespoutujících mužů,  $15,49 \pm 1,76$  l u nespoutujících žen,  $24,44 \pm 2,73$  l u sportujících mužů a  $16,07 \pm 1,19$  l u sportujících žen) při porovnání s normami pro běžnou populaci a převahu aktivní hmoty na dolních končetinách při porovnání s běžnou populací, co si opět vysvětlujeme typem vykonávané pohybové aktivity u sportující populaci. Můžeme teda konstatovat, že pravidelné vykonávání pohybové aktivity je vhodným prostředkem pro všeobecně silový rozvoj organismu a v případě bilaterálního vykonávání pohybových úkonů rozvíjí symetricky obě poloviny těla.

## 5.1 Shrnutí

Existuje množství metod pro určení tělesného složení. Výběr konkrétní metody závisí od toho, co vlastně sledujeme, jestli nás zajímá tuková složka a její rozložení v organismu obézních jedinců nebo distribuce tekutin v jednotlivých segmentech těla indikující dysbalanci u obecné i sportující populace.

Na základě získaných hodnot jsme zjistili aktuálně složení těla zástupců obecné i sportující populace. Sledovali jsme množství aktivní hmoty, hodnotu vnitrobuněčné hmoty, zastoupení svalové hmoty, tukové hmoty, celkovou tělesnou vodu a její složky, Body Mass Index, Waist to Hip Ratio, bazální metabolismus a segmentální rozložení tekutin v těle probandů.

Zastoupení aktivní hmoty jsme zaznamenali hodnotu LBM u sportovců o 8,31 % vyšší než u nespoutovců. Hodnota buněčné hmoty u sportovců je o 4,48 % vyšší jako u nespoutovců a z toho sportující a nespoutující ženy měli hodnoty téměř identické. Průměrné množství svalové hmoty pro soubor nespoutovců bylo naměřeno 53,36 kg a u

sportovců 55,96 kg. U sportující populace jsme zaznamenali srovnatelnou průměrnou hodnotu TBW jako u nesportující populace. Srovnatelné bylo i zastoupení TBW při porovnání sportujících a nesportujících mužů a žen. Průměrná hodnota bazálního metabolismu u nesportující populace byla 1730,4 kcal a u sportující populace byla 1846,93 kcal. Tedy u sportující populace o 6,26 % vyšší. BMI u nesportovců byla o 10,68 % vyšší než u sportující populace. Průměrně u nesportující byla  $25,58 \pm 3,27$  kg/m<sup>2</sup> a u sportující byla  $22,10 \pm 2,49$  kg/m<sup>2</sup>. Největší procentuální rozdíl jsem zaznamenali u hodnoty WHR. U nesportující populace byla  $0,86 \pm 0,07$  a u sportující populace byla  $0,79 \pm 0,03$ , tedy o 11,62 %. Hodnoty BMI a WHR zaznamenali v námi sledovaném souboru zvýšené riziko ohrožení zdraví u nesportující populace, především z důvodu obezity a nadváhy.

Obezita resp. její předchůdce nadváha jsou závažné chronické metabolické onemocnění vznikající v důsledku pozitivní energetické bilance. Výrazně se na jejich vzniku podílí nedostatečná pohybová aktivita a zvýšený příjem energeticky bohaté potravy.