

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2014

Ing. Daniela Gerčáková

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

**Komparace vybraných antropometrických parametrů
závodníků kvadriatlonu a rychlostní kanoistiky**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

PhDr. Milan Bílý, Ph.D.

Vypracovala:

Ing. Daniela Gerčáková

Praha 2014

Prohlašuji, že jsem závěrečnou diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne

.....

Podpis diplomanta

Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením své diplomové práce ke studijním účelům. Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto diplomovou práci použil ke studiu a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno a příjmení: Fakulta / katedra: Datum vypůjčení: Podpis:

Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce PhDr. Milanovi Bílému, Ph.D. za jeho odborné konzultace, cenné rady, připomínky a čas, který věnoval k vedení této práce. Dále bych chtěla poděkovat všem zúčastněným osobám za jejich čas a asistenci při měření a především probandům, bez kterých by nebylo možné výzkum realizovat.

Abstrakt

Název: Komparace vybraných antropometrických parametrů závodníků kvadriatlonu a rychlostní kanoistiky.

Cíle: Cílem práce je posouzení somatotypu a antropometrických charakteristik u elitních závodníků v kvadriatlonu a maratonských rychlostních kajakářů.

Metody: V této práci je použita metoda analýzy a komparace. K výpočtu somatotypu využívá autorka metodu Heath - Carter. Údaje měření jsou zpracovány s využitím počítačového programu Somatotype – Calculation and Analysis. K zjištění tělesného složení je užita metoda měření kožních řas kaliperem SK a také neinvazivní metoda bioelektrické impedanční analýzy (BIA) přístroji Tanita MS 980 a BIA 2000.

Výsledky: Byly použity dva výzkumné soubory (soubor rychlostních kajakářů, soubor kvadriatlonistů), jejichž výsledky (průměry hodnot souboru) byly vzájemně porovnány. Na základě získaných antropometrických dat a výpočtů bylo zjištěno, že somatotyp průměrného kvadriatlonisty se svými hodnotami podobá somatotypu rychlostních kajakářů se zaměřením na maratonskou závodní vzdálenost. Tyto dva soubory jsou si vztahově blízké a oba odpovídají somatotypu kategorie ektomorfní mezomorf. Dále lze konstatovat, že rychlostní kajakáři jsou, v porovnání se souborem kvadriatlonistů, vyššího tělesného vzrůstu, mají větší hmotnost a menší procentuální zastoupení tuku v těle.

Klíčová slova: Somatotypologie, somatotyp, tělesné složení, bioimpedanční metoda, kožní řasy, kvadriatlon, rychlostní kanoistika

Abstract

Title: Comparison of selected anthropometric parameters of competitive quadrathletes and racing kayakers.

Objectives: The aim of this work is to assess the somatotype and anthropometric characteristics in elite athletes in marathon kayakers and quadrathletes.

Methods: This research included the analysis and comparison of two groups of athletes. Using the Heath-Carter system of measurement, somatotypes were calculated using the computer formula, 'Somatotype – Calculation and Analysis'. Body composition was determined through the use of skinfold calipers SK in conjunction with noninvasive bioelectrical impedance analysis (BIA). Specifically, the Tanita 980 MS and BIA 2000 measurement units.

Results: Two research samples were developed (speed kayakers as one, quadrathletes as the other), whose results (set average) were compared. On the basis of anthropometric data and calculations, it was found that both research samples corresponded in their somatotype category, ectomorphic mesomorph. According to this research, the speed kayakers (with a focus on marathon distances), are generally taller and heavier than the quadrathlete sample, yet had relatively less body fat.

Keywords: Somatotype, body composition, BIA, skinfold, quadrathlon, flatwater kayaking

Zkratky

BC – tělesné složení

BCM – vnitrobuněčná svalová hmota

BF – množství tělesného tuku

BIA – celotělová bioimpedance

BMI – body mass index

DEXA – duální rentgenová spektroskopie

ECF – extracelulární tekutina

ECM – extracelulární hmota

ECM/BCM – poměr mimobuněčné a vnitrobuněčné svalové hmoty

ECS – extracelulární pevné látky

ECW – extracelulární voda

FFM – tukuprostá hmota

ICW – intracelulární voda

TBW – celková tělesná voda

Obsah:

1 ÚVOD	3
2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE	5
2.1 Charakteristika vybraného sportovního odvětví	5
2.1.1 Rychlostní kanoistika.....	5
2.1.2 Kvadriatlon	5
2.2 Sportovní výkon	7
2.2.1 Faktory ovlivňující sportovní výkon	8
2.2.2 Struktura sportovního výkonu v rychlostní kanoistice	8
2.2.3 Struktura sportovního výkonu v kvadriatlonu	9
2.3 Tělesné složení	11
2.3.1 Historie a současnost měření tělesného složení.....	11
2.3.2 Základní komponenty tělesného složení.....	13
2.3.2.1 Tělesný tuk BFM.....	13
2.3.2.2 Tukuprostá hmota FFM.....	15
2.3.2.3 Celková tělesná voda TBW	16
2.3.3 Modely tělesného složení	17
2.3.3.1 Základní modely tělesného složení	17
2.3.3.2 Pětistupňový model tělesného složení	18
2.3.4 Metody určování tělesného složení	21
2.3.4.1 Vyšetření tělesné stavby.....	21
2.3.4.2 Vyšetření tělesného složení.....	22
2.3.4.3 Další metody odhadu tělesného složení	23
2.4 Bioelektrická impedance	25
2.4.1 Princip bioelektrické impedance.....	25
2.4.2 Monofrekvenční metoda	26
2.4.3 Multifrekvenční metoda.....	27
2.4.4 Tanita MC 980	27

2.4.5 BIA 2000	28
2.5 Somatotypologie	28
2.5.1 Somatotyp	29
2.5.2 Historie somatotypologie	29
2.5.3 Typologie sportovců	30
2.5.3.1 Typologie rychlostních kajakářů	33
2.5.3.2 Typologie kvadriatlonistů	35
2.5.4 Měření somatotypu	36
3 CÍLE A ÚKOLY PRÁCE	37
3.1 Cíl práce	37
3.2 Úkoly práce	37
4 METODIKA PRÁCE	38
4.1 Popis výzkumného vzorku.....	38
4.2 Použité metody	38
4.2.1 Zjištění somatotypu	39
4.2.2 Výpočet tělesného složení	40
4.3 Sběr dat	41
4.4 Analýza dat- statistické zpracování.....	42
5 Výsledky	43
6 Diskuse	48
7 Závěr	53
SEZNAM LITERATURY.....	55
Internetové zdroje	62
Přílohy	63

1 ÚVOD

Tělesná stavba sportovců je v dnešní době jedním z klíčových témat tělesné výchovy a sportovních věd. Zjišťování tělesných znaků je především pro sportovce velmi důležité. Určité tělesné znaky dávají dobrý předpoklad k tělesným výkonům. Na základě profilu stavby těla sportovců, somatotypu, je možné zjistit nejžádanější tělesné parametry pro konkrétní sport, které umožňují dosažení nejvyšších sportovních výsledků.

Složení těla, a tedy i tělesná stavba, jsou z větší míry ovlivněny geneticky a dále formovány vnějšími faktory, mezi které patří sportovní činnost. Problematika tělesného složení je orientována především na otázku množství tělesného tuku. Tělesný tuk patří mezi nejvýznamnější a nejvariabilnější komponentu lidského těla. Vrcholový sport vyžaduje k dosahování maximálních výsledků optimální poměr tělesného tuku a tělesné hmoty bez tuku. Existuje vztah mezi podkožním, útrobním a celkovým tělesným tukem, a proto je jednou z možných metod zjišťování tělesného složení měření kožních řas.

Předmětem zájmu práce je vytrvalostní víceboj, kvadriatlon, který také patří ke sportům, kde somatický faktor a tělesné složení hraje významnou roli, v komparaci s rychlostními kajakáři specializující se na maratonskou trať.

Úkolem této práce je posouzení somatotypu a antropometrických charakteristik u elitních závodníků v kvadriatlonu a maratonských rychlostních kajakářů. Záměrně byla zvolena vytrvalostní trať rychlostní kanoistiky, maraton (muži 30km). Čas realizace vytrvalostního víceboje, jímž kvadriatlon je, totiž představuje přibližně stejnou časovou náročnost jako zvládnutí maratonské trati pro rychlostního kajakáře, jedná se přibližně o 2:30 hodiny.

Není známo, že by se problematikou somatotypu, potažmo tělesného složení, u kvadriatlonistů, ať už české či světové výkonnostní úrovně, někdo zabýval. V současné době tedy nejsou známy ideální proporce vyhovujícím všem čtyřem disciplínám.

Pro stanovení somatotypu byla zvolena metoda Health – Carter, na jejímž principu je založen počítačový program Somatotype – Calculation and Analysis. Vyžaduje somatometrické údaje, jako tělesná výška, tělesná hmotnost, obvod

kontraované paže, obvod lýtka. Dále metoda počítá s hodnotami dvou kostních rozměrů: epikondyl humeru, epikondyl femuru a s hodnotami čtyř kožních řas. Právě metoda měření kožních řas byla hlavní metodou k získání informace o tělesném složení závodníků výzkumného souboru. Metodou doplňkovou je bioelektrická impedanční analýza měřící kompozici těla šířením vysokofrekvenčního střídavého elektrického proudu nízké intenzity (frekvence 1-1000 kHz, 800 mikroampérů) v různých biologických strukturách.

Jakmile jsou tyto významné vlastnosti identifikovány, mohou být dále použity a usnadnit tak proces výběru talentů. Zároveň tak mohou být velmi přínosné pro trenéry a odborníky v oblasti sportu, kteří tak lépe mohou připravit vzdělávací program zaměřený právě na rozvoj charakteristických vlastností pro daný sport a přispět ke zlepšení úspěšnosti závodníků.

Touto prací chce autorka rozšířit poznatky o kvadriatlonu a pomoci při výběru vhodných talentů pro daný sport.

2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE

2.1 Charakteristika vybraného sportovního odvětví

2.1.1 Rychlostní kanoistika

Rychlostní kanoistika je jedním z nejznámějších soutěžních vodáckých disciplín napříč téměř všemi evropskými zeměmi. Je prováděna na stojatých nebo mírně tekoucích vodách, řekách nebo na uměle vytvořených vodních plochách. Cílem sportovního výkonu je ujet na kajaku či kánoi stanovenou trať v co nejkratším možném čase v souladu s pravidly RK (www.kanoe.cz).

Nejtypičtějším soutěžními disciplínami jsou vzdálenosti 500 a 1000 metrů. Na olympijské úrovni se pravidelně od roku 1936 závodí na vzdálenosti 200, 500 a 1000 m, (Michael, 2008) zatímco na mistrovství světa jsou to navíc tratě 10 000 m a maraton, tedy 42 000 m. Doba výkonu na jednotlivých tratích se tak pohybuje v rozmezí 1min 45s až po 3 hod (Tesch , 1976; Hatch 1981; Fry, Morton, 1991).

2.1.2 Kvadriatlon

Kvadriatlon je individuální sport, který zahrnuje čtyři na sebe v těsném sledunavazující sportovní disciplíny v pořadí plavání, kajak, cyklistika a běh. Kvadriatlon je vytrvalostním vícebojem, multisportem, kombinujícím čtyři sporty v jejich vytrvalostní podobě s mimořádnými požadavky na vytrvalostní schopnosti sportovce. Kvadriatlon má charakter homogenního sportu, ve kterém výkon začíná okamžikem startu a končí okamžikem cíle, pouze se v jeho průběhu mění charakter zatížení (www.quadrathlon.com).

Dle délky zatížení a především dle délky jednotlivých úseků trati závodu jej dělíme na tzv. sprint kvadriatlon, střední kvadriatlon, dlouhý kvadriatlon (viz. Tabulka1: Délky tratí, typy závodů). Kvadriatlon stejně jako triatlon podléhá pravidlům ČSTT a následně ITU/ETU. Kajakářská část kvadriatlonu se pak řídí pravidly rychlostní kanoistiky na dlouhých tratích (TK ČSTT, Pravidla, 2009).

Kvadriatlon	Plavání	Kajak	Kolo	Běh	Čas(hod)
SKT	1	5	25	5	cca 1:40
KKT	2,5	10	50	10	cca 2:40
DKT	5	20	100	21	cca: 8:20

Tabulka 1: Délky tratí, typy závodů (TK ČSTT, Pravidla, 2009)

Legenda: SKT Sprint kvadriatlon, KKT Krátký kvadriatlon, DKT dlouhý kvadriatlon.

2.2 Sportovní výkon

Podle empirických i teoretických poznatků je sportovní výkon možné chápat jako psychosomatickou integraci různých pohybových, vegetativních i psychických faktorů adekvátních programu dané činnosti. Poznat strukturu daného sportovního výkonu tedy znamená kvalifikovat a také kvantifikovat tento komplex, tj. konkretizovat, které faktory vytvářejí a podmiňují sportovní výkon, jak jsou jednotlivé činitele pro výkon důležité, zjistit jejich vzájemné vztahy, event. kompenzaci atd. (Choutka a kol., 1981).

Výkony v jednotlivých druzích sportu představují jedinečné projevy schopností, jimiž sportovci realizují úkol přesně vymezený pravidly daného sportu. Předpokládá se, že požadavky jednotlivých sportovních odvětví na lidský organismus mají charakteristickou strukturu a míra jejího respektování se odráží na úrovni dosahovaného výkonu (Dovalil, 2009).

Sportovní výkonnost jedince je podmíněna řadou faktorů, jejichž skladba a úroveň je výsledkem dlouhodobého působení různých podnětů (Horčic, Formánek, 2003). Jedná se především o tělesnou zátěž kladenou na organismus sportovce prostřednictvím sportovního tréninku (Pavlík, 1999). Na základě biologických, genetických předpokladů jedinců se vlivem sportovního tréninku vyvíjí určitý morfofenotyp jako výsledek účelově specifické adaptace morfologické struktury člověka k provádění určitých motorických činností (daného sportovního odvětví). Vzniká tak oboustranná vazba, dlouhodobé specifické tělesné zátěže vedou k postupným adaptačním proměnám, jejichž výsledkem je tělesná stavba, jako „nástroj“ k provádění motorického (sportovního) výkonu, která svými vlastnostmi (tělesnými rozměry, složením, funkčními parametry) značně ovlivňuje úroveň sportovního výkonu (Pavlík, 1999).

Mezi funkční parametry hodnocené z hlediska sportovního výkonu patří obecně například hodnocení aerobní/anaerobní kapacity, plicní ventilace a svalový metabolismus (Choutka a kol., 1981). Funkční stav organismu je zpravidla posuzován komplexním hodnocením funkcí organismu v klidu, při zatížení a po jeho ukončení, v zotavení a diagnostikou trénovanosti či speciální výkonnosti (zatížení svalových skupin charakteristických pro danou sportovní disciplínu) (Dovalil, 2009). Pro sportovní výkon je neméně důležitá kvalita řízení pohybu na úrovni centrální nervové

soustavy, periferie a především souhra svalových skupin. Poměr zastoupení druhů svalových vláken u sportovců je rozdílný a charakteristický pro dané sportovní odvětví (Mareš, 2003).

2.2.1 Faktory ovlivňující sportovní výkon

Sportovní výkon je výsledkem multifaktoriálních vlivů, z nichž každý má svoji neopomenutelnou váhu. Má tedy praktický vždy multifaktoriální charakter přičemž skladba a hierarchie těchto faktorů je pro různá sportovní odvětví rozdílná (Zvonař, Duvač, 2011).

Růst výkonnosti v každém sportovním odvětví je podmíněn řadou faktorů, úrovní předpokladů, ale také metodikou a intenzitou tréninkového procesu (Dovalil, 2009). Ideální výkon vyžaduje komplexní soubor antropometrických, biologických, fyziologických, biomechanických a psychologických faktorů (Bishop, 2000). Jedním ze základních biologických předpokladů je tělesná stavba sportovce. Zvláště v některých sportech je významným faktorem podmiňující sportovní výkon (Zvonař, Duvač, 2011).

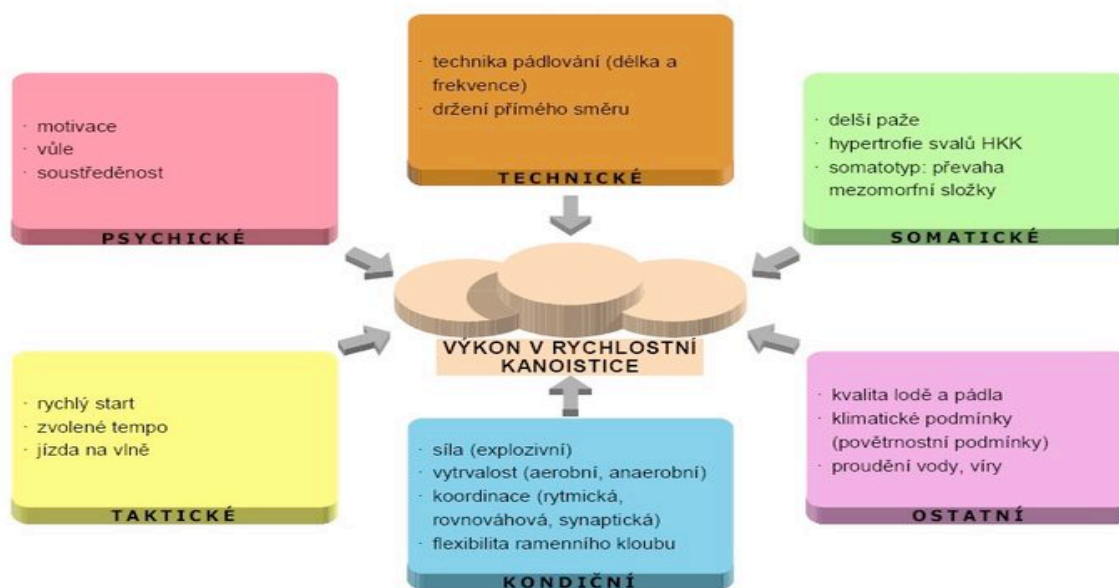
Tělesné stavbě a somatotypu sportovců je právě v této práci věnována největší pozornost (viz. Kapitola „Tělesné složení“ a „Somatotypologie“).

2.2.2 Struktura sportovního výkonu v rychlostní kanoistice

Optimální výkon v rychlostní kanoistice je ovlivňován mnoha skutečnostmi. Je výsledkem složitého prolínání antropometrických, fyziologických, biomechanických a psychologických faktorů (Akca, Muniroglu, 2008). Výzkumu fyziologie sportovních disciplín se věnovali autoři Bernaciková Martina, Kapounková Kateřina, Novotný Jan a kolektiv z Fakulty sportovních studií Masarykovy univerzity v Brně. Za podpory FR-VŠ (č. projektu 1825/2010) vznikla multimediální internetová učebnice výše uvedeného kolektivu autorů, ze které jsou tyto informace čerpány. Struktura sportovního výkonu v rychlostní kanoistice (viz. Obrázek 1) vychází z modelu podle Dovalila (2009).

Výše zmíněný kolektiv autorů došel na základě testů do maxima k závěru, že maximální využití kyslíku (VO₂max) kajakářů mužů je mezi 70 až 80 ml/kg/min. Měření funkčních parametrů výkonu u rychlostních kanoistů i kajakářů se po dobu deseti let (2001-2010) věnoval Heller (2012) za účelem hlubšího porozumění vztahů mezi jednotlivými předpoklady sportovní výkonnosti a konkrétní výkonnosti sportovců. Jako hodnotu VO₂max u rychlostních kajakářů uvádí hodnotu 55 ml/kg/min. Uvádí také, že je patrný vzestupný trend u kajakářů mužů od žákovských do seniorských kategorií, a to zejména v ukazatelích anaerobní výkonnosti, tukuprosté hmoty a BMI. Vzestup je způsoben nejen ontogenetických vývojem, ale také tréninkovými adaptačními procesy.

Z hlediska metabolické charakteristiky je výkon v kanoistice na 500 m v délce trvání cca 1:30 – 1:50 min charakterizován větším poměrem anaerobního krytí, výkon na 1000 m (3:25 – 3:55min) a vzdálenosti delší jsou kryty z větší míry aerobně (Mareš, 2003).



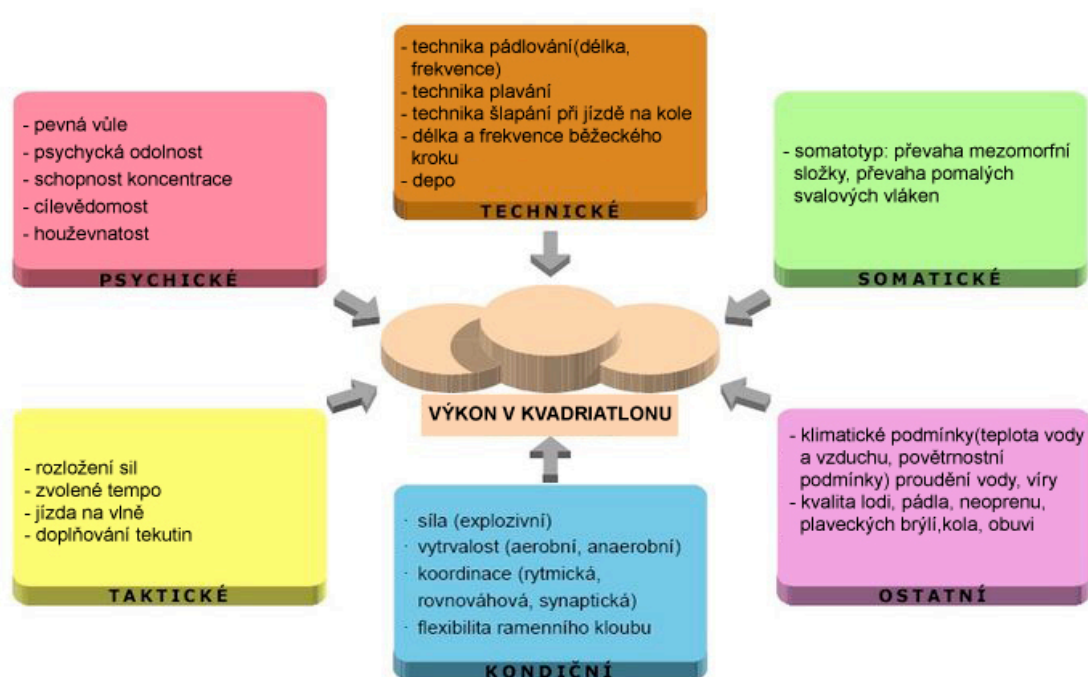
Obrázek 1: Faktory sportovního výkonu – rychlostní kanoistika (Bernaciková, Kapounková, Novotný, 2010)

2.2.3 Struktura sportovního výkonu v kvadriatlonu

Na základě zkušeností a poznatků o kvadriatlonu jsme se pokusili nastínit strukturu sportovního výkonu tohoto sportovního odvětví (viz. Obrázek 2). Výkon

v kvadriatlonu je stejně jako u jiných sportů ovlivněn mnoha faktory. Struktura členění faktorů ovlivňující výkon v kvadriatlonu vychází z členění podle Dovalila (2009).

Není známo, že by se touto problematikou struktury sportovního výkonu v kvadriatlonu zabýval někdo další (Gerčáková, 2011). Vzhledem k dominanci rychlostních kajakářů v kvadriatlonu můžeme předpokládat podobné hodnoty jako u rychlostních kajakářů.



Obrázek 2: Faktory sportovního výkonu – rychlostní kanoistika (Bernaciková, Kapounková, Novotný, 2010)

2.3 Tělesné složení

Dle Kutáče (2009) je složení těla ovlivněno geneticky a formují jej vnější faktory, mezi které patří zejména pohybová aktivita a výživové faktory. Tělesné složení znamená podíl aktivní tělesné hmoty a tělesného tuku v organismu a bývá považováno za jednu z nejdůležitějších morfologických charakteristik člověka, za ukazatele jeho zdravotního stavu a také tělesné zdatnosti.

Tělo každého jedince tvoří jeden celek, který se skládá z několika složek, které poté utváří celkovou hmotnost těla. Mezi tyto složky patří voda, minerální látky, proteiny a tuk (Vilikus, 2004) a můžeme jej rozdělit do několika komponentů, které mezi sebou vytváří vzájemné vztahy. Mezi nejvýznamnější komponenty tělesného složení řadíme tělesný tuk (FM), tukuprostou hmotu (FFM) a celkovou tělesnou vodu (TBW) (Kittnar, 2011).¹

Podle Kingorové a kol. (2009) bývá problematika tělesného složení v běžné praxi zúžena především na otázku množství tělesného tuku a to jak u sportovců, tak u běžné populace. Vrcholový sport vyžaduje s ohledem na sportovní odvětví, optimální poměr tělesného tuku a tukuprosté tělesné hmoty. Tělesná hmotnost je základním morfologickým parametrem, se kterým pracujeme při sledování tělesného složení a z něhož je nutné vycházet (Hainer, 2003).

Roche a kol. (1996) tvrdí, že v praxi si nevystačíme s pouhým stanovením tělesné hmotnosti, ale je třeba stanovit množství tělesného tuku (BF) a další proměnné, které jsou shrnuty pod pojem tělesné složení (BC), jež je důsledkem genetických dispozic, dietního a pohybového režimu jedince. Pro praktické potřeby hodnocení předpokladů pro svalovou práci lze využít poměru mimobuněčné svalové hmoty – ECM a BCM (Bunc, 2007).

2.3.1 Historie a současnost měření tělesného složení

Měření tělesného složení má dlouhou historii. První zmínky o záznamech týkajících se tělesného složení nacházíme již v antickém Řecku. V tomto období se

¹ Tělesné složení a stavba atletů je jedním z klíčových předmětů tělesné výchovy a sportovních věd. Na základě determinace vhodné tělesné stavby a správných tělesných parametrů sportovce dochází k dosažení nejvyšších sportovních výsledků (Rynkiewicz, 2010).

jednalo především o frakcionaci tělesné hmotnosti sportovců. Komponenty lidského těla se v tomto období zabýval lékař antického Řecka Hippokrates (Pařízková, 1998).

V novodobých dějinách rozvoj diagnózy tělesného složení i nadále pokračoval a to zejména díky rozvoji nových sportovních odvětví. Například dosud působící Krupička se na konci 19. století zabýval vlivem sokolské tělesné výchovy na složení těla. Významný pokrok pro tuto oblast znamenala 20. a 30. léta 20. století (Pavlík, 1999), kdy základním morfologickým parametrem pro zkoumání lidského pohybu byla tělesná hmotnost. Vzhledem ke složitosti lidského pohybu je však nutné zkoumat i komponenty lidského těla (frakce nebo také segmenty). Frakcionalizací těla se jako první zabýval Matiegka v roce 1985 v rámci rozsáhlého výzkumu.²

V roce 1921 se pokusil o kvantifikaci tělesných komponent na základě zevních (antropometrických) rozměrů těla. Navrhl rozdělení hmotnosti těla na 4 složky: O – hmotnost skeletu (ossa), D – hmotnost kůže (derma) a hmotnost podkožní tukové tkáně, M – hmotnost kosterního svalstva (muskuli) a R – hmotnost zbytku (rezidua) (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

Od dob Matiegkových byla vypracována řada dalších postupů pro odhad tělesného složení z antropometrických rozměrů (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006). Měření tělesného složení, zejména podkožního tuku, se začalo dále zdokonalovat v návaznosti na klinická a výzkumná pracoviště a jejich potřeby (Přidalová, 1998).

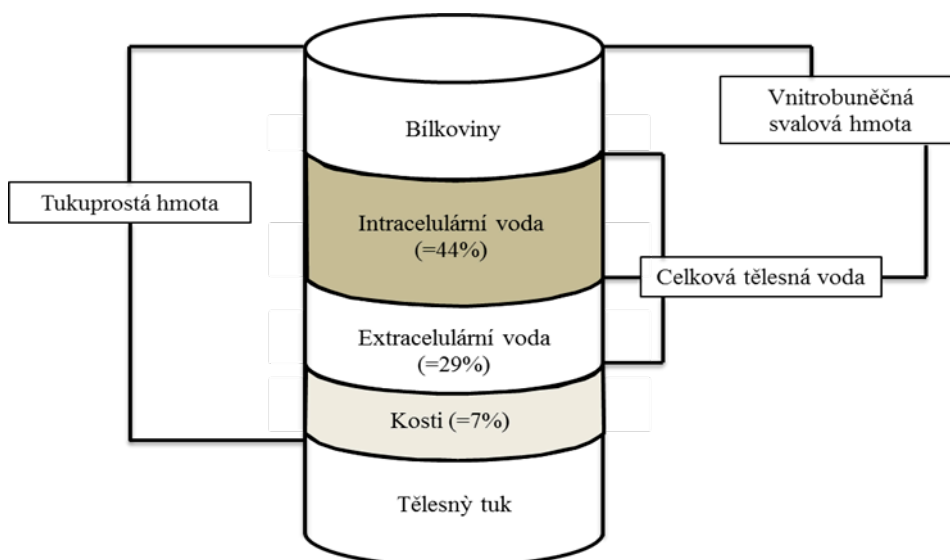
U nás je nejčastěji používanou metodou odhad tělesného složení ze součtu deseti kožní řas podle Pařízkové (1962). Odhad podílu tuku na základě tloušťky kožních řas (podkožního tuku) je založen na dvou základních předpokladech: 1. tloušťka podkožní tukové tkáně je v konstantním poměru k celkovému množství tuku, 2. místa zvolená pro měření tloušťky kožních řas reprezentují průměrnou tloušťku podkožní tukové vrstvy (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

² Frakcionaci hmotnosti těla je možno chápat ze dvou aspektů – hodnocením podílu jednotlivých tkání na hmotnosti těla jako tzv. tělesné složení (body composition) a hodnocení hmotnosti jednotlivých tělesných segmentů jako článků kinematického řetězce (distribuce hmoty těla) (Riegrová, Ulbrichová, 1998).

2.3.2 Základní komponenty tělesného složení

Mezi základní komponenty, ze kterých se lidské tělo skládá, řadíme tělesný tuk, který dále dělíme na základní a zásobní, tukuprostou hmotu, jež představuje tělesnou hmotnost po odečtení tuku, je tedy tvořena svalstvem, opěrnou a pojivovou tkání a vnitřními orgány a v neposlední řadě je to také celková tělesná voda, která je základní složkou každého živého organismu, a také bílkoviny a kosti (viz. Obrázek 3 – Komponenty tělesného složení).

Model tělesného složení na obrázku 3 schematicky popisuje kromě jednotlivých komponentů také obsah tukuprosté hmoty, vnitrobuněčné svalové hmoty a celkové tělesné vody. Vodu můžeme dělit na intracelulární a extracelulární vodu. Jednotlivé komponenty jsou detailněji popsány v následujícím textu.



Obrázek 3: Komponenty tělesného složení upraveno podle (Kyle et. al., 2004)

2.3.2.1 Tělesný tuk BFM

Tuk plní řadu důležitých funkcí (ochrana kloubů, ukládání vitamínů, regulace tělesné teploty). Má zásadní metabolický význam jako rezervoár energie. Riegerová (2006) charakterizuje BFM jako nejvariabilnější komponent hmotnosti těla. Celkové množství BFM je snadno ovlivnitelné výživovými aspekty a pohybovou aktivitou. Určité množství BFM je pro zdraví člověka nepostradatelné, protože se stará o zachování základních fyziologických funkcí. Esenciální tuky jsou využívány ke

stavbě buněčných membrán, zatímco lipoproteiny slouží k transportu lipidů a cholesterolu, lipidy pak zajišťují transport a využití vitamínů.

Dle Havlíčkové (1999) je možné celkový objem BFM rozdělit na dvě hlavní složky a to na tuk zásobní a základní. Tuk zásobní, jež je uložen převážně v podkoží, je vhodný jako zásobárna energie a tepelná izolace. Tuk základní má funkce mechanické, jako je obal ledvin, tukové těleso v kostní dřeni, mozku, svalech atd.

Hodnoty procenta tuku		
Klasifikace	% tuku	
	Ženy	Muži
Doporučené normy	14-18	6-8
Základní tuk	10-12	2-4
Vytrvalci	14-16	6-8
Vrcholový sportovci	17-20	10-13
Trénovaní jedinci	21-24	14-17
Universitní student	20-27	12-17
Sportující osoby středního věku	20-25	15-20
Nesportující osoby středního věku	25-35	20-25
Hraniční hodnoty tuku	25-29	18-22
Obézní jedinci	Více jak 30	Více jak 23

Tabulka 2: Hodnoty procenta tělesného tuku (podle Havlíčková, 2004)

Můžeme říci, že nejčastěji sledovaným parametrem ve sportovním tréninku je právě hodnota tuku v těle. Je totiž všeobecně známo, že jeho mimořádně vysoké hodnoty vedou ke snížení sportovní výkonnosti v mnoha disciplínách (Kutáč, Gajda, 2011).

Tabulka 2 popisuje procentuální zastoupení tuku v lidském těle nejen vrcholových sportovců, ale i běžné populace středního věku a umožňuje tak porovnání mezi těmito hodnotami. Následující tabulka 3 uvádí optimální zastoupení tělesného tuku u různých sportovních odvětví. Záměrně byla z výčtu několika mnoha sportovních odvětví vybrána ta, která jsou tematicky vázána k obsahu práce a mohou tak být zohledněna v praktické části práce.

Optimální zastoupení tělesného tuku u různých sportovních odvětví		
Sportovní disciplína	%	
Klasifikace	ženy	muži
Maraton	6-12	5-8
Cyklistika, triatlon	8-15	5-12
Rychlostní kanoistika, kanoistika	10-16	6-13
Plavání	10-20	6-13
Atletické běžecké soutěže	8-15	5-12

Tabulka 3: Optimální zastoupení tělesného tuku u různých sportovních odvětví (podle Havlíčková, 2004)

2.3.2.2 Tukuprostá hmota FFM

FFM (*Fat Free Mass*) je tukuprostá hmota, která je dána rozdílem mezi celkovou hmotností a hmotností tělesného tuku (Riegrová, Přidalová, Ulbrichová, 2006). Tukuprostá hmota (FFM) je heterogenní komponentou a bývá často definována jako hmotnost všech tkání lidského organismu minus extrahovatelný tuk (Bláha et al., 1986a). Skládá z nejrůznějších orgánů a tkání, jejichž vlastnosti se velmi liší. Je tvořena z 60 % svalstvem, z 25 % opěrnou a pojivovou tkání a z 15 % hmotností vnitřních orgánů (Bunc, 1998). Velikost a kvalita tukuprosté hmoty nezůstává během života neměnná. Proporce jejich součástí se neustále mění (Bartošová, 2013).

Určována je na základě rovnice:

$$„ FFM = TBW \cdot 0,732^1$$

Hodnota 0,732 (73,2 %) představuje průměrnou hydrataci tukuprosté hmoty u dospělých. Výstup v kilogramech je pro lepší přehlednost přepočítán do procent vzhledem k tělesné hmotnosti“ (Riegrová, Přidalová, Ulbrichová, 2006, s. 38).

FFM může být v odborných publikacích dále prezentována jako ECM a BCM, tedy: „ $FFM=ECM+BCM$ “ (Wang et. Al., 1992, s.835). ECM je pak součtem extracelulárních tekutin (ECF) a extracelulárních pevných látek (ECS) (Bedogni et. Al., 2002). Protože FFM je ve vztahu s celkovou hmotností jedince, je pro potřeby srovnání a normování využíváno poměru ECM/BCM. Obecně platí, že čím větší je množství BCM, a tedy čím menší je hodnota poměru ECM/BCM, tím lepší jsou předpoklady pro svalovou práci a tím „kvalitnější“ je svalová hmota sledovaného jedince (Bunc, 1993, 1998, 2007).

2.3.2.3 Celková tělesná voda TBW

Voda představuje základní složku živého organismu. Její množství v těle závisí na věku (s věkem se snižuje), pohlaví a hmotnosti. Nejvíce vody je obsaženo v krvi, ve svalové tkáni a v kůži (Bunc, 2000). Podstatně méně vody pak obsahují kosti (22 %) a tuková tkáň (10 %). Vodu dělíme podle místa funkce na intracelulární (je uložena přímo v buňkách) a extracelulární (obsažena v krvi, lymfě a tkáňovém moku) (Bedogni et.al., 2002).

Intracelulární tekutina tvoří u dospělých lidí přibližně 40% celkové tělesné hmotnosti (tj. asi 2/3 celkové tělesné vody). Extracelulární tekutinu tvoří u dospělých lidí přibližně 20 % celkové tělesné hmotnosti (Kittnar, 2011). Intracelulární tekutina (ICT) tvoří 40 % celkové tělesné hmotnosti dospělého muže, neboli 66 % veškeré tělesné vody a extracelulární (ECT) pak 20 %. Ženy mají jinou distribuci než muži (Heymsfield et. Al., 2005). Voda u nich tvoří pouze 53 % tělesné hmotnosti (ICT-32 %, ECT-21 %) (Rokyta, 2008).

2.3.3 Modely tělesného složení

Tělo člověka je různorodé a představuje tak mozaiku různých buněk. Tělesná hmotnost je veličina, na jejíž tvorbě se podílejí veškeré tkáně lidského těla (Bláha et. Al., 1986b). Je tedy součtem řady komponent – komponent tělesného složení (viz. Kapitola Komponenty tělesného složení). Tyto komponenty byly uspořádány do tzv. modelů tělesného složení (Wang et. al., 1992). Jednotlivé modely se liší podle počtu a typů uvedených komponent. Nejprve byly definovány dva základní modely – anatomický a chemický (Kutáč, 2009).

2.3.3.1 Základní modely tělesného složení

Pokud studujeme otázky vlastního tělesného složení, preferujeme anatomický klasifikační systém, a pokud se jedná o otázky ke vztahu k tělesným energetickým zásobám, používáme chemický klasifikační systém (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

Anatomický model

Anatomicky je tělo tvořeno tkání tukovou, svalovou a kosterní, vnitřními orgány a ostatními tkáněmi. Tento model je podkladem pro stanovení dvoukomponentového modelu tělesného složení.

Chemický model

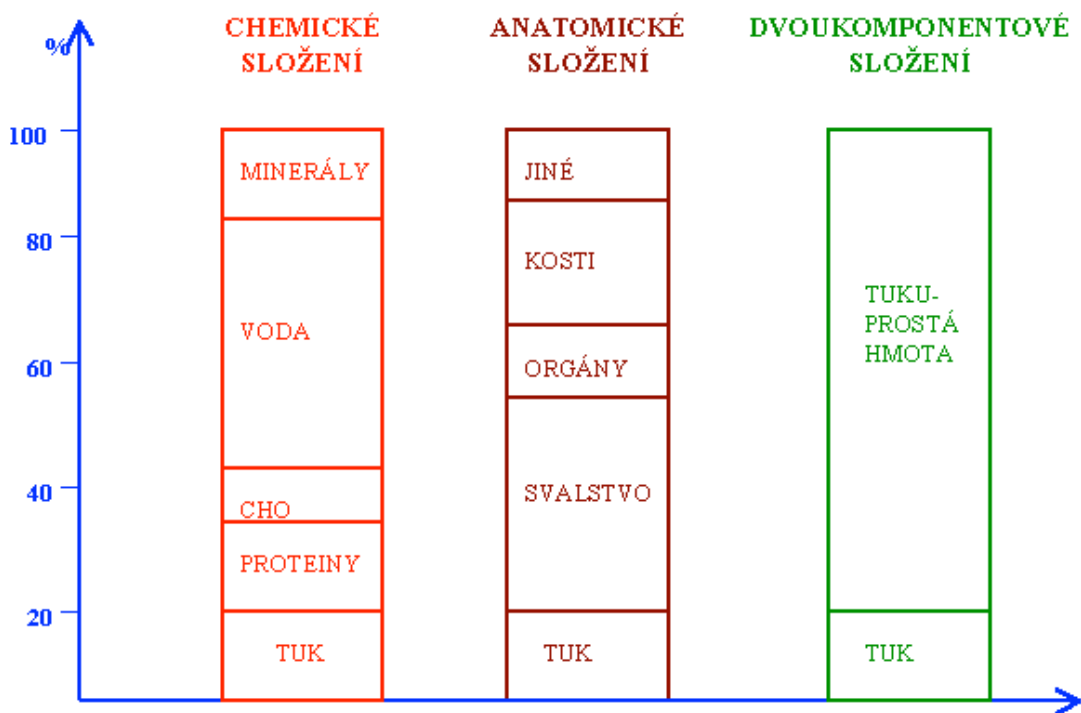
Po chemické stránce je tělo tvořeno tukem, bílkovinami, sacharidy, minerály a vodou. Tento model je užíván, zejména pokud se sleduje problematika energetických zásob. S možností využití nových moderních metod pro odhad tělesného složení, byly definovány nové modely tělesného složení s novými sledovanými komponenty (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006) .

Vzhledem k tomu jak obtížné je změřit každou z těchto komponent zvlášť, byly předchozí dva systémy, tedy anatomický klasifikační systém a chemický klasifikační systém, zjednodušeny a to pouze na dvoukomponentový model, podle kterého je lidské

tělo tvořeno tukovou hmotou a tukuprostou hmotou (fat free mass – FFM) (Bláha et. Al. 1986a).

Dvoukomponentový model

Podle dvoukomponentového modelu je tedy základní dělení tělesné kompozice na tělesný tuk a beztukovou (tukuprostou) hmotu (Heymsfield, 2005). Tělesný tuk se dělí na podkožní, útrobní a nitrosvalový v poměru 80:15:5. Beztuková hmota je složena z minerálů a svalů a přibližně 40 % tohoto svalstva je umístěno v končetinách (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

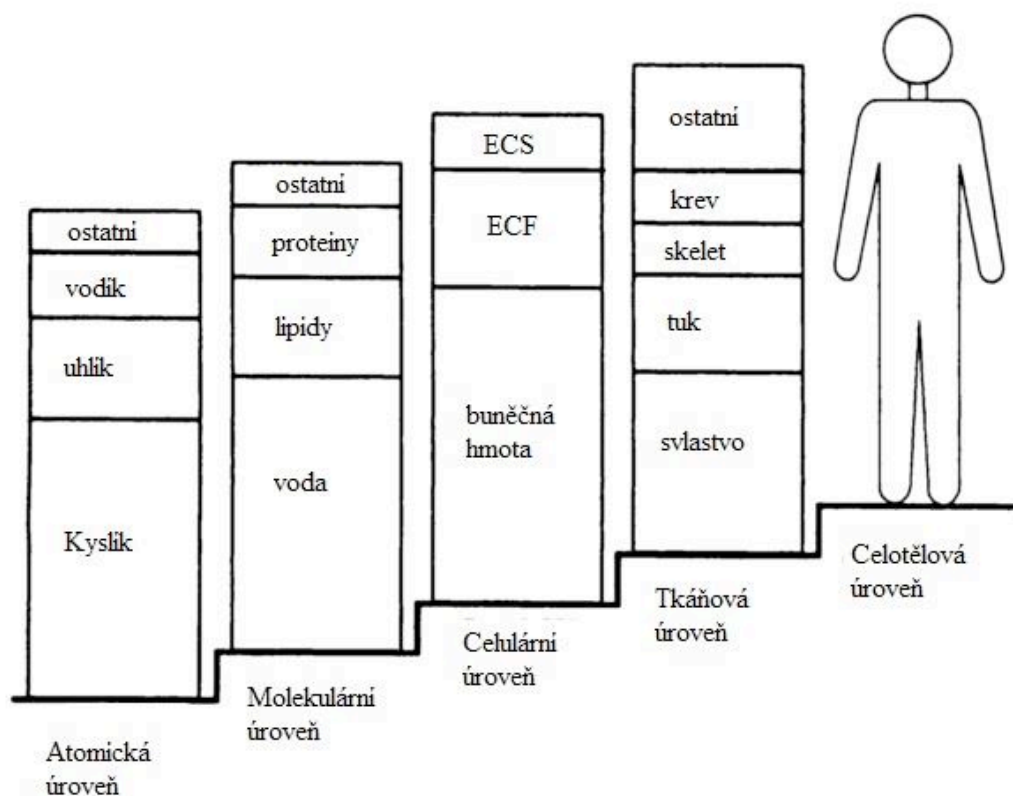


Obrázek 4: Chemický, anatomický a dvoukomponentový model tělesného složení (upraveno podle Wilmora 1992) z knihy (Riegerová, Přidalová & Ulbrichová, 2006).

2.3.3.2 Pětistupňový model tělesného složení

Wang et al. (1992) představili kompletní model tělesného složení, který je tvořen pěti úrovněmi. Tento tzv. „Pětistupňový model tělesného složení“ rozděluje lidské tělo na úroveň atomickou, molekulární, celulární, tkáňovou a celotělovou (viz. Obrázek 5). Ačkoliv má každá úroveň přesně definované odlišné komponenty, funguje

model jako konzistentní celek a poskytuje matice pro vytváření explicitních rovnic tělesného složení. Dále pak odhaluje nedostatky ve studiích týkajících se složení lidského těla, ta v neposlední řadě navrhuje i nové důležité oblasti hodné výzkumu.



Obrázek 5: Pětistupňový model tělesného složení člověka (ECS – extracelulární tekutiny, ECF – extracelulární pevné látky) (upraveno dle Wang et al., 1992).

Anatomický model

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

Molekulární model

Lidský organismus je složen z 11 základních prvků tvořících molekuly. Tyto molekuly v lidském těle vytváří více než 100 000 chemických sloučenin.

Hlavními komponentami tvořící celkovou tělesnou váhu jsou voda, minerály, bílkoviny, lipidy a glykogen (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

Buněčný model

Lidské tělo tvoří buňky, které se od sebe navzájem liší velikostí složením, tvarem, metabolismem a také distribucí. Každá z buněk v organismu zastává svou funkci. Velice významnou roli má extracelulární tekutina (ECW). Tato tekutina obklopuje jednotlivé buňky v organismu a je tvořena plazmou a intersticiální tekutinou.

Celkovou tělesnou hmotnost tvoří svalové buňky, pojivové, epitelální, nervové, dále pak tuková tkáň, extracelulární tekutina a také organické a anorganické sloučeniny (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

Tkáňově-systémový model

Tkáňově-systémový model vychází z organizace jednotlivých molekul do tkání. Jde o tkáň svalové, kostní a tukové. Celkovou tělesnou hmotnost pak určuje součet hodnot muskuloskeletárního, kožního, respiračního, nervového, oběhového, živacího, reprodukčního, vyměšovacího a endokrinního systému (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

Celotělový model – antropometrická měření

Celotělový model vychází z antropometrických měření, jimiž se zjišťuje tělesná výška, hmotnost, hmotnostně-výškové indexy, délkové, šířkové, obvodové rozměry, kožní řasy, objem těla a z něho zjišťovaná denzita těla, která vypovídá o aktivní tělesné hmotě a depotním tuku (Riegerová et al., 2006; Wang et al., 1992).

V klinické a antropologické praxi je využíván podle možností a použití různých

přístrojů a technik dvou, tří, případně čtyřkomponentový model, přičemž z praktického hlediska je dvoukomponentový model nejpoužívanější (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006; Kutáč, 2010).

2.3.4 Metody určování tělesného složení

Obecně lze parametry tělesného složení stanovovat množstvím metod, které se liší jak přístrojovou a personální náročností, tak i přesností stanovení sledovaných dat (Kinkorová a kol., 2009). Za největší průlom v oblasti metod určování tělesného složení je považován jistě nástup bioelektrické impedanční analýzy (Heymsfield et. Al., 2005). Právě tato metoda patří, spolu s metodou antropometrie a metodou měření kožních řas, v současné době k nejvíce využívaným (Heyward, 2001). Bioimpedanční analýza, BIA, je oblíbená především v komerční sféře, ale i při odborných studiích (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

2.3.4.1 Vyšetření tělesné stavby

Body Mass index

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

BMI (*Body Mass Index*) – vyjadřuje vztah výšky a hmotnosti jedince dle výše zmíněného vzorce. Interpretace je určena především pro normální populaci, nikoliv pro sportovce, kde může dojít ke zkresleným údajům vzhledem k většímu podílu svalové hmoty a tím i vyšší hmotnosti. Jako norma se pro běžnou populaci uvádí rozsah BMI v rozmezí 18,5–24,9 (Havličková, 2004 ;Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

Somatotypologie

Somatotypologie je jednou z hlavní náplní této diplomové práce a proto je této problematice věnována samostatně oddělená podkapitola.

2.3.4.2 Vyšetření tělesného složení

Bioelektrická impedance

Metoda BIA je moderní, neinvazivní, rychlá a relativně levná. Používá se pro určení tělesného složení jak v laboratoři, tak v terénních podmínkách (Lukaski, 1987). Měří kompozici těla šířením vysokofrekvenčního střídavého elektrického proudu nízké intenzity (frekvence 1-1000 kHz, 800 mikroampérů) v různých biologických strukturách (Gába, 2011). Tato metoda byla použita v rámci našeho výzkumu (doplňková metoda), proto je podrobně popsána v samostatné kapitole (viz. Kapitola Bioelektrická impedance).

Měření kožních řas

Tato metoda vychází z předpokladu, že existuje tělesný vztah mezi podkožním, útrobním a celkovým tělesným tukem. Podle Lukaskiho (1987) je přístup měření kožních řas založen na dvou předpokladech, tloušťka podkožní tukové tkáně odráží konstantní podíl celkového tělesného tuku, a lokality vybrané pro měření představují průměrnou tloušťku podkožní tukové tkáně, s čímž se ztotožňuje také Pischon (2008).

Podle Chytráčkové (2001, s. 68) se získané údaje dále zpracovávají dvojím způsobem:

„1. Na základě regresních rovnic (nomogram nebo tabulka) převést naměřené hodnoty na procenta tělesného tuku. Rovnice přitom respektují rasové, věkové, pohlavní i zdravotní hledisko, a dokonce druh pohybové aktivity (pro sportující, nesportující, 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“.

Nejpoužívanější metodou měření kožních řas je bez pochyb kaliperace podle Pařízkové. Pařízková počítá s hodnotami deseti kožních řas (tvář, brada, hrudník I, II, paže, záda, břicho, bok, stehno, lýtko) (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

Mezi další méně používané metody měření kožních řas patří:

- a) *Metoda podle Durniho a Womersleyho (1970)*, kdy procento je odvozeno ze součtu čtyř kožních řas a to kožní řasy nad bicepsem, nad tricepsem, nad crista iliaca a pod scapulou.
- b) *Metoda podle Sloana a Weira (1970)* je odvozena ze součtu dvou kožních řas – řasa nad tricepsem a pod lopatkou
- c) *Metoda podle Lohmana (1992)* odvozuje procento tělesného tuku taktéž ze součtu dvou kožních řas, konkrétně se jedná o kožní řasy nad tricepsem a na lýtku (Hojgr, 2010).
- d) *Metoda podle Witherse (1987)* využívá k výpočtu denzity čtyř kožních řas, kožní řasy nad tricepsem, subscapulární kožní řasy, supraspinální kožní řasy a také řasy na lýtku (Romero et., al., 2009).³

Pro účely této diplomové práce byla vybrána metoda určující tělesné složení pomocí součtu čtyř kožních řas Withera (1987). Na základě výpočtu tělesné hustoty byla pomocí Siriho (1961) rovnice⁴ vyjádřena i procentní hodnota tělesného tuku.

2.3.4.3 Další metody odhadu tělesného složení

Mezi další metody odhadu je v tomto případě zahrnuto 5 skupin, měření podkožního tuku, denzometrie, celková tělesná vodivost, biofyzikální metody, biochemické metody.

a) *Měření tloušťky podkožního tuku*

Radiografie: Na rentgenovém snímku je možné změřit průřez svalstva a kosti.
Ultrazvuk: Vysokofrekvenční ultrazvuk se odráží na hranicích mezi tkáněmi (odlišné akustické vlastnosti).

³ Withers (1987) – výpočet tělesné hustoty; BD (body denzity) = $1,17484 - 0,07229 (\log_{10} \text{SUM}4j)$.

⁴ Siri (1961) – výpočet tělesného tuku v %; $\%BF$ (percent body fat) = $((4,95/BD) - 4,5) \times 100$.

Infračervená interakce: Metoda je založena na absorpci a odrazu infračerveného světla.

Magnetická rezonance: Metoda je založena na principu chování atomových jader jako magnetů. (Hojgr, 2010).

b) Denzitometrie (vychází ze vztahu $H = \text{denzita}^5 \times \text{objem}$)

Hydrostatické vážení: Obsah tukové tkáně se počítá z hustoty (denzity) těla.

Voluminometrie: Objem těla zjišťujeme za pomoci Archimedova zákona (objemem vody, která je tělem vytlačena). (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006) .

Hydrometrie: Výpočet tukuprosté hmoty z celkového objemu vody vychází z předpokladu normální hydratace (73 %). Poté je pomocí rovnic množství tuku dopočítáno (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

c) Celková tělesná vodivost (Total body electrical conductivity - TOBEC)

Stejně jako v případě metody impedanční se tato technika opírá o rozdíly v elektrické vodivosti a dielektrických vlastností tukové a tukuprosté tkáně (Lukaski, 1987). Jednou z užívaných metod je metoda izotopy vodíku a metodou populárnější je Princip DEXA (Dual Energy X-ray Absorptiometry - dualní emisní rentgenová absorpcimetrie), která je jednou z nejčastěji používaných metod, a to především díky vysoké kvalitě zobrazení a zároveň velmi nízké radiační zátěži. (Hojgr, 2010).

d) Biofyzikální metody (nutné využití celotělových počítačů)

Celkový tělesný draslík: draslík je uložen především intracelulárně.

⁵ Denzita je hustota., užívá se zejm. v radiologii, d. kostní hmoty.

Celkový tělesný vápník: vápník je konstantní součástí kostních minerálů (38 - 39 %).

Celkový tělesný dusík: tato metoda umožňuje odhad svalové hmoty na základě obsahu proteinů (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

e) Biochemické metody

Mezi tzv. biochemické metody patří především kreatininurie a celkový plasmatický keratin.

2.4 Bioelektrická impedance

Bunc, Dlouhá a Pařízková (1993) uvádějí, že jednou z bioelektrických vlastností organismu je jeho impedance. Metoda BIA je moderní, neinvazivní, rychlá a relativně levná. Používá se pro určení tělesného složení jak v laboratoři, tak v terénních podmínkách (Lukaski, 1987). Měří kompozici těla šířením vysokofrekvenčního střídavého elektrického proudu nízké intenzity (frekvence 1-1000 kHz, 800 mikroampérů) v různých biologických strukturách (Gába, 2011). Umožňuje diagnostikovat zastoupení tělesných frakcí u různých populačních skupin (Kelly, Metcalfe, 2012).

2.4.1 Princip bioelektrické impedance

Princip BIA spočívá v rozdílném šíření elektrického proudu nízké intenzity v různých biologických strukturách (Lukaski, 1987; Jackson et. Al., 1988; Bunc, 1998, 2007; Kyle, 2001, 2004; Heyward 2001,2004; Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006). Proud volně prochází tekutinami ve svalových tkáních, kostech, vnitřnostech (celkový obsah vody v organismu až 74%), ale při průchodu tukovými tkáněmi se setkává s odporem (Kyle et. Al., 2004). Jinak řečeno tukuprostá hmota, která obsahuje velký podíl vody a elektrolytů, je dobrým vodičem, zatímco tuková tkáň se chová jako izolátor (Thomas et. Al., 1992). Proud o nízké frekvenci zhruba 1 a 5 kHz neproniká do intracelulárního prostoru, lze jím tak měřit hodnoty pouze extracelulární tekutiny (ECW) a naopak proud o frekvenci zhruba 50 až 100 kHz proniká skrz buněčnou

membránu do buňky a lze jím tak měřit hodnoty celkové tělesné vody (TBW) (Bunc, 1998).

Aplikace konstantního střídavého proudu nízké intenzity vyvolává impedanci vůči šíření proudu závislou na frekvenci, délce vodiče, jeho konfiguraci a jeho průřezu (Janssen et. Al., 2000). Hodnota odporu tkáně, tzv. bioelektrická impedance, je nepřímo úměrná objemu tkáně, kterou elektrický proud prochází (Thomas et al., 1992). Na základě regresních rovnic jsou pak z hodnot impedance dopočteny hodnoty celkové tělesné vody (TBW), procento tělesného tuku (FM), hodnoty aktivní tělesné hmoty (ATH), buněčné hmoty (BCM - body cell mass).

BIA je velice citlivá na stav hydratace organismu a je schopna zachytit příjem nebo ztrátu tekutiny v objemu nižším než 0,5 litru (Bunc, 1998). Pro měření BIA je komerčně vyráběna řada přístrojů, většinou využívající excitační proud 800 μ A s frekvencí 50 kHz (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006). Stav hydratace těla je závislý na mnoha faktorech jako je věk či pohlaví, svou roli zde hraje konstituce, fyzická aktivita, případné užívání diuretik či menstruační cyklus u žen. Procentuální podíl TBW je výrazně ovlivněn podílem tukové frakce na celkové hmotnosti (Kyle et al., 2004).

2.4.2 Monofrekvenční metoda

Monofrekvenční metoda, jak už sám název napovídá, využívá při odhadu tělesného složení jen jednu frekvenci proudu (Lukaski, Bolonchuk, 1988). SF-BIA využívá při segmentální analýze tělesného složení zpravidla frekvenci 50 kHz, která prochází přes elektrody umístěné většinou na rukou a nohou (může být i jiné umístění elektrod) (Kyle, 2004). Při těchto nízkých frekvencích (0–50 kHz) proud neprochází buněčnou membránou a prochází hlavně přes extracelulární tekutiny.

Díky monofrekvenční bioelektrické impedanci získáme tedy odhad množství tukové hmoty, tukuprosté hmoty (FFM) a celkové tělesné vody (TBW), nezjistíme ale podíl intracelulární tekutiny (ICW). Výsledky jsou založeny na kombinaci teorie a empirických rovnic (Kyle et al., 2004). Jednofrekvenční technologie jsou platnými a spolehlivými prostředky pro odhad tělesného složení u zdravé populace, k nepřesnostem měření však dochází u jedinců vymykajících se průměru (Kelly,

Metclafe, 2012).

2.4.3 Multifrekvenční metoda

Multifrekvenční bioelektrická impedance využívá několika různých frekvencí (0, 1, 5, 50, 100, 200 do 500 kHz) (Kyle et. Al., 2004). Na základě využití různých frekvencí proudu je tak možné vyhodnotit hodnoty tukuprosté hmoty (FFM), buněčné hmoty (BCM), celkové tělesné vody (TBW), intracelulárních tekutin (ICW) a extracelulárních tekutin (ECW).

Nízkofrekvenčním proudem (nižší než 50kHz) se měří mimobuněčná voda a vysokofrekvenčním proudem (vyšším než 200kHz) se měří nitrobuněčná voda. Tekutinami ve svalových tkáních proud prochází volně, ale při průchodu tukovými tkáněmi se setkává s odporem (Heyward, Wagner, 2004). Tedy při využití vyšších frekvencí (nad 50 kHz) proud prochází buněčnou membránou a analyzuje extra- i intracelulární tekutiny (Bedogni et al., 2002). Při frekvencích pod 5 kHz a nad 200 kHz byla zaregistrována problémová reprodukovatelnost dosažených hodnot. U multifrekvenční BIA byly zaznamenány přesnější a méně zkreslené výsledky pro TBW než u monofrekvenční BIA (Kyle et al., 2004).

Multifrekvenční technologie je významná nejen při odhadu tělesného složení u obézních jedinců, ale také u jedinců jakkoliv se vymykajícím průměru (Bunc, 2007).

2.4.4 Tanita MC 980

Tanita MC 980 je segmentální multifrekvenční analyzátor tělesného složení. Tento přístroj spojuje nejnovější multifrekvenční BIA technologii s velkým zobrazením dat s integrovaným systémem Microsoft (Windows) v reálném čase (Heyward, 2001). Přístroj Tanita MC-980 MA pracuje na dokonale vyvážené moderní technologii, včetně více frekvencí (6 frekvencí - 1, 5, 50, 250, 500, 1 000 kHz). Právě šestifrekvenční chod zajišťuje nejvyšší přesnost, která je prokázána spolehlivostí a opakovatelností výsledku. Kompletní analýza složení těla je provedena za méně než 30 vteřin. Data jsou pak analyzována a zobrazena na displeji a to s intuitivním návodem k dokončení hodnocení. Naměřené hodnoty pak mohou být uloženy a dále využívány (www.tanita.eu).

Tento přístroj je velice přátelský pro uživatele. Díky barevnému dotykovému displeji a běžně užívanému operačnímu systému Windows může být užít v komerčním prostředí také běžnou populací. Má také vestavěné programové vybavení v 15 jazycích včetně českého jazyka. Další výhodou tohoto přístroje je jeho stavebnicová konstrukce, která umožní pohodlnou a rychlou přepravu a navíc má vestavěná kolečka, která umožní snadný pohyb z místa na místo (upraveno dle www.tanita.eu).

Model Tanita MC-980 MA analyzuje stejné hodnoty jako Tanita BC-418 MA, ale je schopen díky svému velkému dotykovému displeji bez námahy vést klienta přes proces měření. Také hodnotí fyzickou kondici, zobrazuje rovnováhu svalů mezi pravou a levou stranou těla a hodnotí stav s hodnotami zdravých jedinců (Heyward, 2001).

2.4.5 BIA 2000

Přenosná impedanční analýza BIA 2000 (Data Input) umožňuje velmi rychlé a přesné zhodnocení tělesného tuku, celkové tělesné vody, podíl extracelulární a intracelulární vody. Mimo jiné počítá velmi důležitý parametr k hodnocení předpokladů pro svalovou práci ECM/BCM neboli poměr extracelulární hmoty k buněčné hmotě. K výpočtu tělesného tuku se používají rovnice, které jsou validizované na českou populaci (www.data-input.de).

2.5 Somatotypologie

Podle Štěpničky (1970) se nejjednodušší dělení lidí provádělo podle znaků viditelných, měřitelných a poměrně stálých, tj. podle znaků somatických. Morfologické typy tělesné stavby, reálně existující v každé populaci, byly předmětem vědeckého zájmu odedávna (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

Na této skutečnosti začalo své studie stavět mnoho autorů, vznikaly tak konstituční typologie a různé metody určování somatotypů.

Právě tělesná stavba sportovců je jedním z klíčových předmětů tělesné výchovy a sportovních věd. Na základě determinace vhodné tělesné stavby a správných tělesných parametrů sportovce dochází k dosažení nejvyšších sportovních výsledků (Rynkiewicz, 2010).

2.5.1 Somatotyp

Somatotyp člověka je komplexní označení tělesné stavby člověka, typických tvarů a proporcí těla (Zvonař, Duvač, 2011). Vyjadřuje se pomocí tří čísel (sedmibodové stupnice), první číslo značí endomorfní, druhé mezomorfní a třetí ektomorfní komponenty. Zjednodušeně řečeno endomorfie vyjadřuje relativní tloušťku osoby (množství podkožního tuku), izomorfie označuje stupeň rozvoje svalstva a kostry, ektomorfie vyjadřuje relativní linearitu (stupeň podélného rozložení tělesné hmoty, křehkost, vytáhlost, útlost) (Dovalil, 2009).

Somatotypologie spadá do vědního oboru antropologie. Náš zájem je soustředěn na část tzv. funkční antropologie, tj. sportovní antropologii (Zvonař, Duvač, 2011).

2.5.2 Historie somatotypologie

První pokusy o typologii tělesné konstituce, tj. o nalezení určitých typických vlastností tvaru lidského těla, jsou podle Pavlíka (2003) již velmi staré. Připisují se Hippokratovi, který jako první již ve starověku vytvořil systém dělicí lidské konstituce na dva základní typy: habitus phthisicus (štíhlé, dlouhé tělo, převládající vertikální rozměry) a habitus apoplecticus (krátké, zavalité tělo, převládající horizontální rozměry). V 19. a zvláště 20. stol. vzniká celá řada konstitučně typologických systémů. Charakteristické je, že většina z nich rozlišuje tři nebo čtyři krajní typy. Mezi nejznámější typologické systémy je podle Pavlíka (1999) a Riegrové et. al. (2006) možno zařadit:

- f) *Rostanův* (1826), který rozlišuje typ dechový, zažívací, svalově kloubní a mozkomíšní.
- g) *Sigaudův* (1914) - Sigaud zpřesnil Rostanovo rozdělení na typ dechový (respiratoire), zažívací (digestif), svalově-kloubní (musculaire) a mozkomíšní (cébral).
- h) *Kreschmerův* (1921), používaný ještě po druhé světové válce u nás, rozlišující typ astenický (leptosomni), atletický a pyknický.

- i) *Bunakův* (1931), který stanovil typy: stenoplastický (štíhlý), meloplastický (střední), euryplastický (široký).
- j) *Violův* (1933), který rozeznával tzv. normotyp, brachytyp a longityp.
- k) *Conradův* (1941), navazující na systém Kretschmerův a kromě základních typů – pyktomorfa, metromorfa a leptomorfa – popisující i mezitypy.
- l) *Scheldonův* (1954), pro nás nejpřínosnější, zatím nejdůkladněji propracovaný, rozlišující kromě tří vyhraněných typů (somatypů – jeho termín) celou škálu smíšených typů.
- m) *Heathová – Carter* (1967) - v současné době stanovení somatotypů nejčastěji prováděno modifikací původního Sheldonova postupu metodou B. H. Heathové aj. E. L. Cartera (1967,1975), tzv. metoda H-C.

Kvantifikace jednotlivých komponent vyjadřuje základní morfologické struktury jedince třemi čísly v rozsahu 1-8 bodů (extrémně i více). Pořadí zjištěných čísel v trojčísle pro každý somatotyp je pevně stanoveno, tzn. první číslo vždy představuje endomorfní komponenta, druhé číslo je izomorfní komponenta a třetí číslo je ektomorfní komponenta. Metoda H - C (Heathová – Carter) je v současnosti nejvhodnější ke stanovování tělesných typů (Hájek, 2001).

2.5.3 Typologie sportovců

Zařazování sportovců do různých typologických systémů nemá tak dlouhou tradici jako somatometrický měření. Počátky konstituční typologie aplikované na sportovce, pozorujeme až po 1.světové válce. V poválečném období se začala uplatňovat metoda Sheldona, která nehodnotí již jednotlivé části těla samostatně, nýbrž postavu jako celek (Pavlík, 2003).

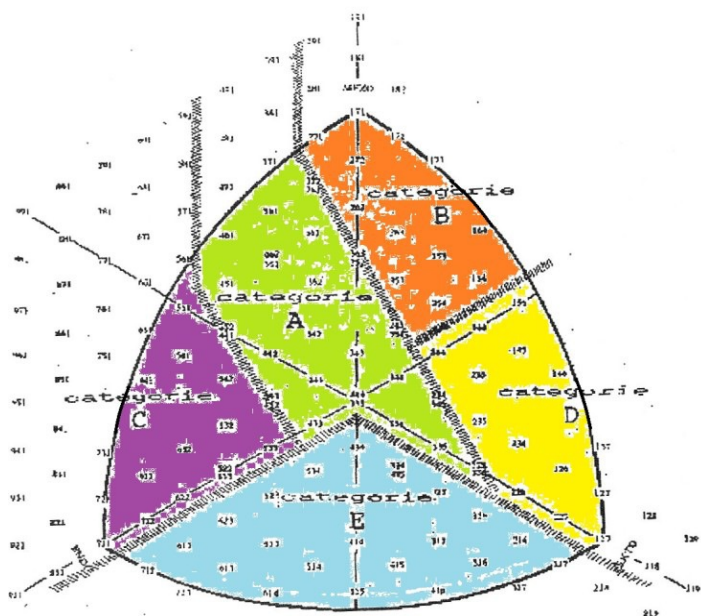
Vychází z předpokladu, že převaha určitého zárodečného listu (3 zárodečné listy – endoderm, mezoderm, ektoderm) a tkání z něho vznikajících, geneticky podmiňuje tělesný typ – somatotyp. Každé z výše zmíněných komponent je přiřazeno číslo z bodové stupnice jedna až sedm (1 nejmenší, 7 největší) označující stupeň zastoupení

dotyčné komponenty v somatotypu. Jednotlivé komponenty jsou definovány přibližně takto:

1. *První komponenta (endomorfie – „fat“)* vyjadřuje relativní tloušťku osoby, množství depotního tuku
2. *Druhá komponenta (mezomorfie – „muscularity“)* vyjadřuje svalově kosterní rozvoj, množství hmoty těla bez tuku vzhledem k tělesné výšce
3. *Třetí komponenta (ektomorfie – „linearity“)* vyjadřuje relativní linearitu, stupeň podélného rozložení tělesné hmoty (svalové nebo tukové). Stanoví se z výškomotnostního indexu dotyčného jedince.

Metoda založená právě na Sheldonových poznacích byla užita různými autory při studii somatotypů na olympijských hrách v Londýně v roce 1948, v Římě roku 1964 a v Mexiku v roce 1968 (Hájek, 2001).

Největší zásluhu o seznámení s metodologií a aplikací typologie Sheldona a Heath-Cartera má u nás má Štěpnička (1967, 1970 a dále). V následujících letech se somatotypy sportovců zabývá taktéž Chytráčková, Ulbrychová, Pavlík či Riegerová (Pavlík, 2003). Štěpnička (1976) vymezil předpoklady jednotlivých somatických typů ke sportovní výkonnosti a tyto typy rozdělil do čtyř kategorií, které vyznačil v somatografu. Chytráčková (1989) později k těmto čtyřem kategoriím doplnila ještě kategorii pátou.



Somatograf 1: Kategorie motorické výkonnosti dle Chytráčkové (1989)

Kategorie somatotypů pro sportovní výkonnost jsou následující:

Kategorie A – jedinci s dispozicemi především k silovým projevům

Kategorie B – jedinci s nejlepšími předpoklady k motorické výkonnosti

Kategorie C – jedinci endomorfní (obézní) s nejmenšími somatickými předpoklady pro motorické projevy

Kategorie D - jedinci s převahou ektomorfie (štíhlí, gracilní), s předpoklady k lokomoční vytrvalosti, event. průměrnými předpoklady k explozivní síle

Kategorie E – oblast, ve které se zpravidla vyskytuje jen málo jedinců, mají nízké zastoupení mezomorfní komponenty a také všeobecně nižší motorickou výkonnost (Chytráčková, 1989).

Tyto kategorie somatotypů slouží pro orientační stanovení somatických předpokladů k motorické činnosti. Není však možné tyto kategorie chápat jako absolutně platné měřítko. Například i u skupin vrcholových sportovců nacházíme určitý odlišnosti, rozptyl somatotypů do dvou až tří oblastí. Můžeme však říci, že pro většinu sportovních odvětví je nejvýhodnější somatotyp oblasti A a B, pro některé i oblast D (Pavlík, 2003).

Podle Dovalila (2009) se obecně jako dobrý somatický předpoklad k motorickým výkonům jeví somatotyp ektomorfních mezomorfů s převažující mezomorfní komponentou a minimální endomorfií. Endomorfní mezomorfové vynikají obvykle v silových výkonech, vysoký stupeň izomorfie není naopak podmínkou pro výkony rychlostní a vytrvalostní. Grasgruber (2008) tvrdí, že v průběhu posledních let je všeobecně možno pozorovat mírný posun k nižší endomorfii a vyšší izomorfii jako důsledek zlepšené trénovanosti.

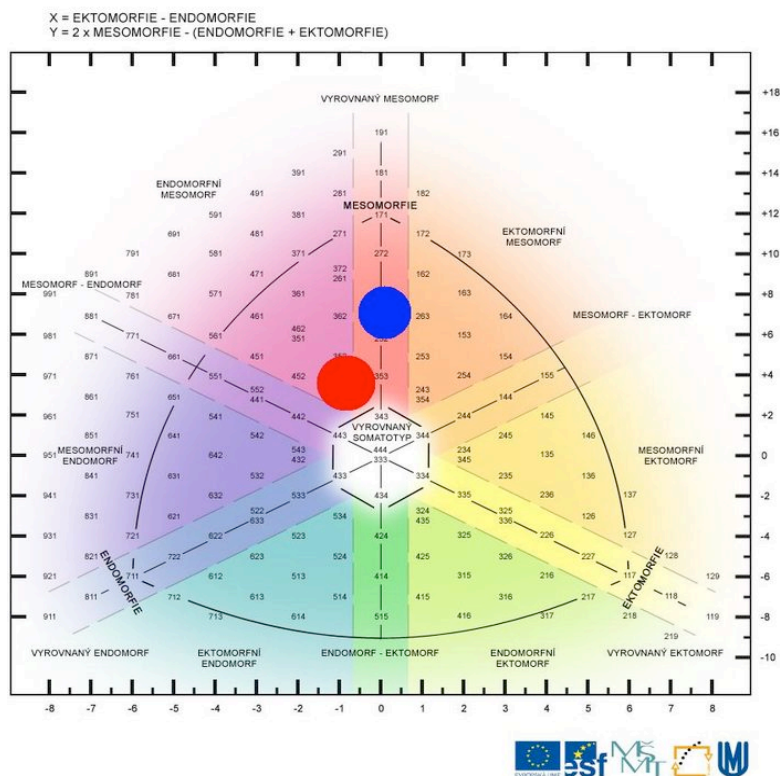
2.5.3.1 Typologie rychlostních kajakářů

Rychlostní kanoistika se vyznačuje mimořádnými požadavky na výkon horní poloviny těla (Michael et. al., 2008). Elitní rychlostní kajakáři tak mají jedinečné vlastnosti, které nejsou často pozorovány u obecné populace (Ackland et. al., 2003).

Somatotyp rychlostních kanoistů se za posledních 25 let poněkud změnil směrem k většímu mezomorfnímu podílu. Dle Acklanda et. Al. (2003) byli kanoisté na olympiádě v Sydney na rozdíl od olympiády 1976 v Montrealu asi o 5 kg těžší, ale s větším podílem svalové hmoty. Ackland et. al. v roce 2003 zaznamenal, že průměrný somatotyp mužů kajakářů a kanoistů je 1,6-5,7-2,2, žen 2,4-4,7-2,0. Úspěšní kajakáři podle Fryeho a Mortona (1991) představují individuální jedince vyššího tělesného vzrůstu, s vyšší tělesnou hmotností způsobenou především vyšším zastoupením svalstva.

Somatotypem současných rychlostních kanoistů se zabývali Bernaciková, Kapounková a Novotný (2010), kteří vycházeli za studie zahraničních autorů Grasgrubera, Cacka (2008), Acklanda (1998), Frye a Morta (1991). Tělesná výška kanoistů se pohybuje v rozmezí 180 - 190 cm, hmotnost je mezi 75 - 85 kg. Průměrný somatotyp rychlostního kanoisty nabývá hodnot 2-5,5-2 (2 - edomorfnní složka, 5,5 - mezomorfnní složka, 2 - ektomorfnní složka). Výsledný somatotyp rychlostních kanoistů je zobrazen na somatografu 2.

Fry a Morton (1991) tvrdí, že v zásadě není významný rozdíl mezi somatotypem kajakáře věnujícímu se vzdálenosti 500 m a 42000 m. Svě tvrzení odůvodňují tím, že rozdíl fyziologických požadavků na vzdálenostech 500, 1 000, 10 000 a 42 000 m může být jemnější než pro jiné sporty.



Somatograf 2 : Somatograf rychlostních kanoistů (modře-muži, červeně-ženy)

Charakteristika somatických parametrů podle Bernacikové, Kapounkové, Novotného (2010), kteří vycházeli za studie zahraničních autorů Grasgrubera, Cacka (2008), Acklanda (2001), Frye a Morta (1991) je uvedena v tabulce 4 (Tabulka 4: Somatická charakteristika rychlostního kajakáře).

SOMATICKÝ PARAMETR		MUŽI	ŽENY
Tělesná výška	[cm]	185 (179-191) 180-190	169 (163-175) 170-180
Hmotnost	[kg]	84,8 (79-91) 75-85	64 (57-71) 60-70
Procento tuku	[%]	8 7-12	10-15
Somatotyp		2-5,5-2	3-4,5-2

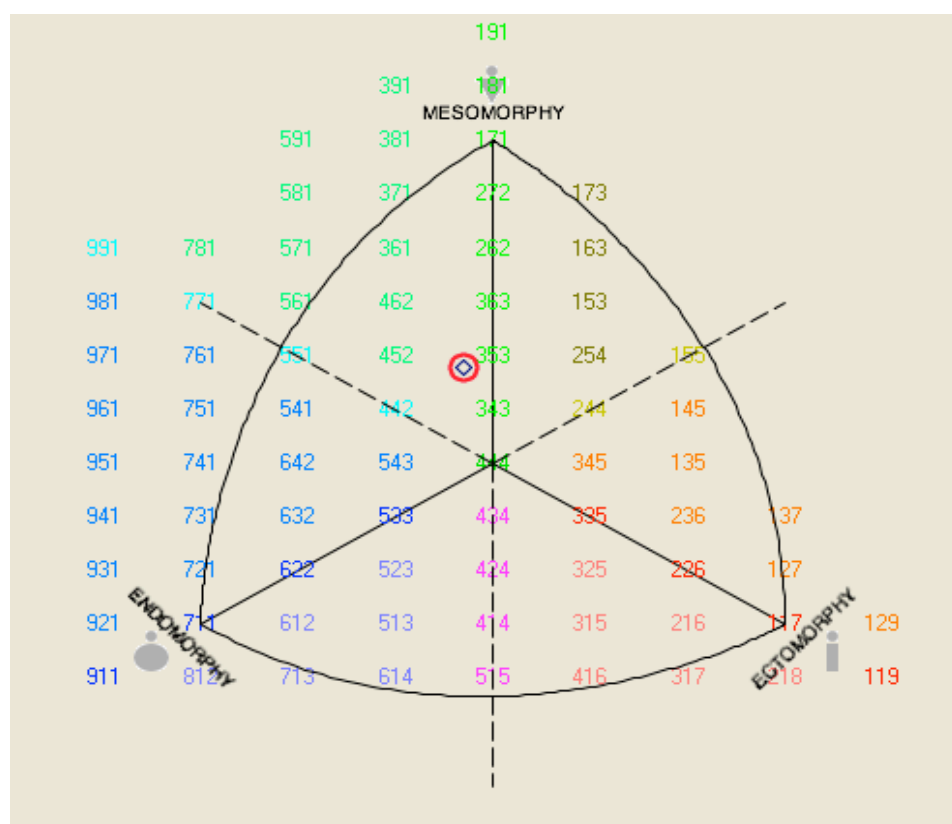
Tabulka 4: Somatická charakteristika rychlostního kajakáře (Bernaciková, Kapounková, Novotný, 2010)

2.5.3.2 Typologie kvadriatlonistů

Kvadriatlon patří ke sportům, kde somatický faktor hraje důležitou roli. Na základě profilu tělesné stavby sportovců je možné určit nejžádanější tělesné parametry podílející se na vysokém sportovním výkonu v daném sportu (Gerčáková, 2011).

Landers et. Al. (2000) tvrdí, že v současné době nejsou známy ideální proporce vyhovující třem, potažmo všem čtyřem disciplínám. Závodník tak může vynikat v jedné z disciplín a naopak zaostávat v těch ostatních nebo může být naopak průměrným ve všech disciplínách a dosáhnout tak nejlepšího konečného výsledku.

Na základě výsledků bakalářské práce jsme došli k závěru, že průměrný somatotyp má hodnotu 2,8 - 4,3 - 2,2. Tento průměr leží v kategorii endomorfní mezomorfové. Naše studie byla pilotním výzkumem. Z důvodu malého počtu probandů nelze brát tyto výsledky jako zcela určující (Gerčáková, 2011). Není však známo, že by se podobnému tématu věnovali i jiní autoři, kteří by výrok mohli potvrdit či vyvrátit na základě měření rozsáhlejšího vzorku probandů.



Somatograf 3: Somatotyp českého kvadriatlonisty (podle Gerčáková, 2011)

2.5.4 Měření somatotypu

Pro stanovení somatotypu metodou Health – Carter je nutné provést antropometrická měření, která vyžadují zjištění těchto parametrů: Tělesná výška, tělesná hmotnost, obvod kontraované paže, obvod lýtku. Dále metoda počítá s hodnotami dvou kostních rozměrů: epikondyl humeru, epikondyl femuru a s hodnotami čtyř kožních řas. Měření kožních řas pomocí kaliperu vyžaduje přesnost a správné uchopení kožní řasy.

- a) *Epikondyl humeru* – měří se na dolním konci kosti pažní (u loketního kloubu), proband má paži v úhlu 90 stupňů
- b) *Epikondyl femuru* – proband sedí na židli, stehno svírá s bércelem úhel 90 stupňů a měří se na dolním konci stehenní kosti
- c) *Kožní řasa nad tricepsem (tricipiální)* – měří se tloušťka kožní řasy na pravé paži vzadu uprostřed mezi loktem a nadpažkem
- d) *Kožní řasa pod lopatkou (subscapulární)* – měří se pod dolním úhlem lopatky, vytažená řasa směřuje šikmo dolů
- e) *Kožní řasa suprailiální* – měří se přibližně 3 cm nad pravým trnem kosti kyčelní
- f) *Kožní řasa na lýtku* – měří se v místě největšího vyklenutí trojhlavého lýtkového svalu, měřená končetina je opřena o podložku tak, aby v kolenní svírala úhel 90 stupňů (Praxová, 2008; Chytráčková, 1999).

Tuto metodu používá k výpočtu somatotypu i počítačový program Somatotype Calculation and analysis, který byl využit při určení somatotype kvadriatlonistů a maratonských rychlostních kajakářů (viz. praktická část), jež byli předmětem zkoumání této diplomové práce.

3 CÍLE A ÚKOLY PRÁCE

3.1 Cíl práce

Posouzení somatotypu a antropometrických charakteristik u elitních závodníků v kvadriatlonu a maratonských rychlostních kajakářů

3.2 Úkoly práce

Pro splnění cíle práce byly stanoveny následující úkoly:

- a) Sestavit soubory závodníků
 - a. Soubor kvadriatlonistů elitní světové úrovně
 - b. Soubor rychlostních maratonských kajakářů elitní české úrovně
- b) Provést antropometrická měření obou výzkumných souborů
- c) Provést měření tělesného složení obou výzkumných souborů
- d) Analyzovat výsledky a určit průměrné somatotypy
 - a. Průměrný somatotyp kvadriatlonisty elitní světové úrovně
 - b. Průměrný somatotyp maratonského kajakáře elitní české úrovně
- e) Porovnat výsledné somatotypy a tělesné složení kvadriatlonistů a rychlostních kajakářů

4 METODIKA PRÁCE

V této práci je použita metoda analýzy a komparace. Výsledky jednotlivých měření budou vyhodnoceny a komparovány v následující kapitole (viz. Kap. 5 Výsledky).

4.1 Popis výzkumného souboru

Výzkumný soubor se skládal ze dvou souborů rozdílných sportovních odvětví, které byly mezi sebou porovnávány. První soubor představovali závodníci v kvadriatlonu dosahující elitní světové výkonnostní úrovně. Druhým výzkumným souborem byli čeští elitní rychlostní kajakáři specializující se na závodní trať maraton. Záměrně byla zvolena vytrvalostní trať rychlostní kanoistiky, maraton (30km)⁶. Čas realizace vytrvalostního víceboje, jímž kvadriatlon je, totiž představuje přibližně stejnou časovou náročnost jako zvládnutí maratonské trati pro rychlostního kajakáře. Jedná se přibližně o 2:30 hodiny.

Oba výzkumné soubory měly stejný počet závodníků (N=9). Z důvodu malého počtu účastnic žen, a to především v kvadriatlonu, byla měření prováděna pouze u mužů. Průměrný věk souboru kvadriatlonistů byl 37 ($\pm 6,2$) let, průměrná hmotnost 77kg ($\pm 6,3$) a průměrná výška 180,2 ($\pm 3,4$) cm. Rychlostní kajakáři dosahovali průměrného věku 31 ($\pm 6,2$) let, hmotnosti 83,4 ($\pm 8,4$) kg a výšky 185 ($\pm 6,9$)cm.

4.2 Použité metody

Pro měření byly aplikovány metody běžně používané v somatometrii a somatotypologii (Fetter 1967, Heath-Carter 1967). K určení somatotypu závodníků obou sportovních odvětví byla použita metoda Heath-Carter, na jejímž principu je postaven počítačový program Somatotype - Calculation and Analysis, který je využit ke zpracování naměřených antropometrických údajů. K zjištění tělesného složení je užita

⁶ Rychlostní kanoistika – Maraton-délky tratí – od 20km pro juniory, juniorky, veterány, veteránky, od 30km pro muže a ženy (RK pravidla, 2005)

metoda měření kožních řas kaliperem SK a také neinvazivní metoda bioelektrické impedanční analýzy (BIA) přístroji Tanita MS 980 a BIA 2000.

Jako hlavní metoda k zjištění tělesného složení byla pro potřeby této práce zvolena metoda měření kožních řas. Doplnkovou byla metoda bioelektrické impedanční analýzy realizované přístroji Tanita MS 980 a BIA 2000. U obou výzkumných souborů byla použita metoda hlavní, tedy metoda měření kožních řas, a metoda doplňková. U souboru světových kvadiatlonistů byl použit přístroj BIA 2000, soubor rychlostních kajakářů byl měřen přístrojem TANITA MS 980. Hodnoty získané metodou hlavní a metodou vedlejší byly vzájemně porovnány.

4.2.1 Zjištění somatotypu

Měření byla prováděna již zmiňovanou metodou Heath-Carter s využitím počítačového programu Somatotype – Calculation and Analysis. Každé měření bylo provedeno třikrát a ze tří naměřených hodnot byl určen medián, jehož hodnota byla použita. Potřebnými somatometrickými údaji ke zjištění somatotypu výzkumných souborů jsou:

- 1) **Tělesná výška** – vertikální vzdálenost nejvyššího bodu na temeni hlavy od podložky. Měřeno v předepsaném postoji u stěny s přesností na 0,5cm (Pavlík, 2003).
- 2) **Tělesná hmotnost** – u jejího zjišťování byla použita osobní váha. Obvodové rozměry- obvod kontrahované paže a obvod lýtky, byly měřeny krejčovským metrem s přesností na 0,5 cm.

Tato metoda dále vyžaduje měření dvou kostních rozměrů a čtyř kožních řas

3) Šířka epikondylu:

- a) humeru – měří se speciálně upraveným posuvným měřítkem na dolním konci kosti pažní (u loketního kloubu), proband má paži v úhlu 90 stupňů, přesnost 0,5m

- b) femuru – měří se stejným měřidlem, proband sedí na židli, stehno a bérce svírají úhel 90 stupňů a měří se na dolním konci stehenní kosti (u loketního kloubu), přesnost měření je 0,5mm (Pavlík, 2003)

4) Tloušťka kožní řasy

- a) „*pod lopatkou (subscapulární) - Řasa probíhá mírně šikmo podél průběhu žeber, měříme přímo pod dolním úhlem lopatky. Měřená osoba stojí, ramena uvolněná. Kaliper přikládáme vpravo (laterálně) 1 cm od prstů v úhlu 45 stupňů s horizontálou.*
- b) *nad trojhlavým svalem pažním (tricipiální) - Řasa probíhá svisle, měříme nad trojhlavým svalem pažním (paže visí volně podle těla). Řasu vytahujeme v polovině vzdálenosti mezi ramenem a loktem.*
- c) *nad hřebenem kosti kyčelní (suprailiální) - Kožní řasu lokalizujeme podél průběhu hřebene kosti kyčelní, v pomyslné čáře pod pažní jamkou. Její směr je asi 45 stupňů k horizontále, směrem ke středu těla.*
- d) *na lýtku - Kožní řasu měříme v místě největšího obvodu lýtku. Měřená končetina je opřena o podložku tak, aby koleno bylo v pravém úhlu. Řasu vytahujeme vertikálně na vnitřní straně lýtku“ (Chytráčková, 1999, str. 85).*

4.2.2 Výpočet tělesného složení

1) Hlavní metoda

Výpočet tělesného složení byl proveden metodou součtu čtyř kožních řas (Withers, 1987), jedná se o součet tricipiální, supraskapulární, supraspinální kožní řasy a kožní řasy na lýtku v milimetrech, na jehož základě byl proveden výpočet tělesné denzity dle vzorce $BD = 1,17484 - 0,07229 (\log 10\Sigma j)^7$ (Withers et. Al., 1987). Výsledek tělesné hustoty byl následně použit pro výpočet procentuálního podílu tělesného tuku v těle. Pro

⁷ $\Sigma 4j$: triceps + subscapular + supraspinale + claf skinfold (lýtková kožní řasa) [mm] (Withers, 1987).

potřeby našeho výzkumného souboru byla vybrána a použita formule $[\%BF = ((4,95/BD) - 4,5) \times 100]$ (Siri, 1961)⁸.

2) Doplnková metoda

Pro porovnání výsledků a rozšíření výzkumu byla využita doplnková metoda bioelektrické impedanční analýzy. Pro každý soubor závodníků⁹ byl využit jiný bioimpedanční přístroj.

- a) BIA 2000 byla využita pro měření kvadriatlonistů světové výkonnostní úrovně
- b) TANITA MS 980 byla využita pro měření maratonských rychlostních kajakářů elitní české úrovně

4.3 Sběr dat

Měření kvadriatlonistů byla provedena dne 11. 8. 2012 na mistrovství světa – Czech Diamond Man Quadriathlon v Sedlčanech a to se svolením ředitele závodu. Jednalo se o měření definovaná programem Somatotype – Calculation and Analyses potřebná k zjištění somatotypu (věk, tělesná hmotnost, tělesná výška, šířky epikondylů, šířky čtyř kožních řas). K zjištění tělesného složení byl použit přístroj BIA 2000 (text-viz. Podkapitola bioimpedanční analýza, obrázek viz. Příloha D).

Data o rychlostních kajakářích byla získána na mistrovství České republiky v maratonu, konaného dne 31. 8. 2013 v Týně nad Vltavou¹⁰. I zde byla provedena měření k zjištění somatotypu a pro určení tělesného složení byl využit bioimpedanční přístroj TANITA MS 980 (text-viz. Podkapitola bioimpedanční analýza, obrázek viz. Příloha D).

Všechna měření byla provedena v terénním prostředí autorkou práce. Autorka práce byla předem zaškolená odborníky Laboratoře sportovní motorika FTVS UK. Při

⁸ Problematikou se zabývá také Brožek (1963) jehož formule by rovněž bylo možno aplikovat $[\%BF = ((4,57/BD) - 4,142) \times 100]$.

⁹ Jedná se o dva soubory o stejném počtu závodníků mužské kategorie dvou sportovních odvětví elitní výkonnostní úrovně, první soubor kvadriatlonisté světové úrovně, rychlostní kajakáři se specializací na maratonskou závodní trať.

¹⁰ Měření byla provedena se svolením ředitele závodu.

manipulaci s přístrojem BIA 2000 byla nutná přítomnost odborného pracovníka, diplomanta výše zmíněné laboratoře. K měření byly využity tyto pomůcky: osobní váha, kaliper SK, posuvné měřítko, krejčovský metr, PC program Somatotype – Calculation and Analysis, bioimpedanční přístroj BIA 2000, TANITA MS 980.

4.4 Analýza dat- statistické zpracování

Data byla zpracována s využití základních deskriptivních statistických metod. Výsledky dílčích měření byly zpracovány graficky, výsledná měření byla zpracována tabulkově.

Antropometrické údaje (výška, hmotnost, BMI) výzkumných souborů byly zaneseny do grafu a následně porovnány. Údaje měření poskytující informace o somatotypu závodníků obou sportovních odvětví byly zpracovány na PC s využitím programu Somatotype – Calculation and Analysis. Metoda zjišťování somatotypu odpovídala požadavkům programu S-CA. Na základě těchto údajů byl výše zmíněných PC programem vyhotoven somatograf odpovídající somatotypu průměrného sportovce jednotlivých sportovních odvětví (maratonského kajakáře, světového kvadriatlonisty).

Údaje o tělesném složení získané hlavní i vedlejší metodou byly taktéž zpracovány graficky.

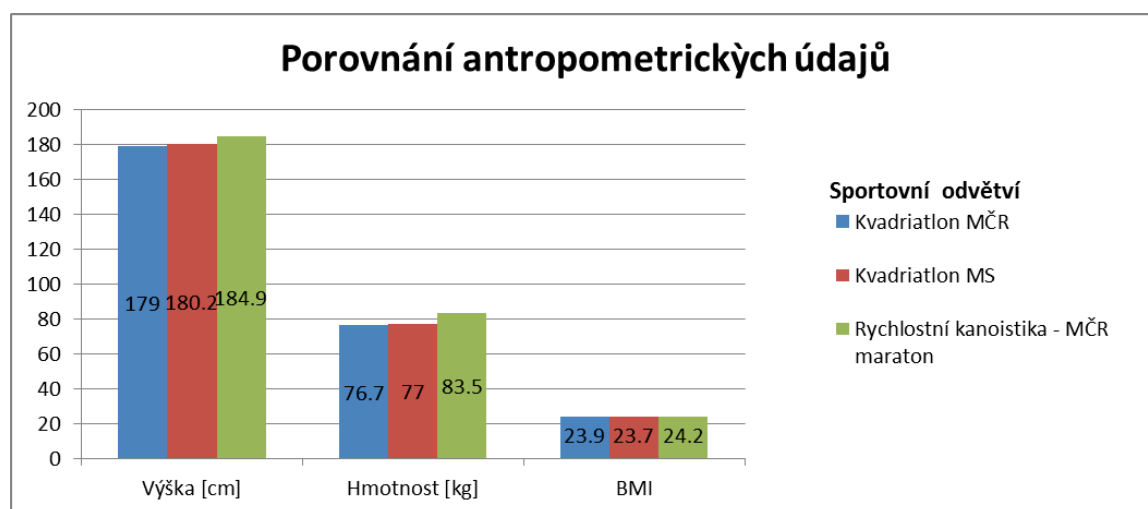
5 Výsledky

Byly použity dva výzkumné soubory (soubor rychlostních kajakářů, soubor kvadriatlonistů), jejichž výsledky (průměry hodnot souboru) byly vzájemně porovnány.

Průměrný věk souboru kvadriatlonistů je 37 ($\pm 6,3$), průměrná výška 180 cm ($\pm 3,4$) a hmotnost 77 kg ($\pm 6,3$). Hodnoty jednotlivých komponent jsou následující: endomorfní složka – 2,3, mezomorfní složka – 3,7, ektomorfní složka – 2,4. Procentuální hodnota tělesného složení, v našem případě tuku, představuje 13,7% ($\pm 3,4$) měřeno metodou součtu 4kožních řas (metoda hlavní) a 12,4% ($\pm 2,7$) měřeno doplňkovou metodou, přístrojem BIA 2000. Průměrný výpočet BMI souboru kvadriatlonistů světové úrovně dosahuje výše 23,7 ($\pm 1,9$).

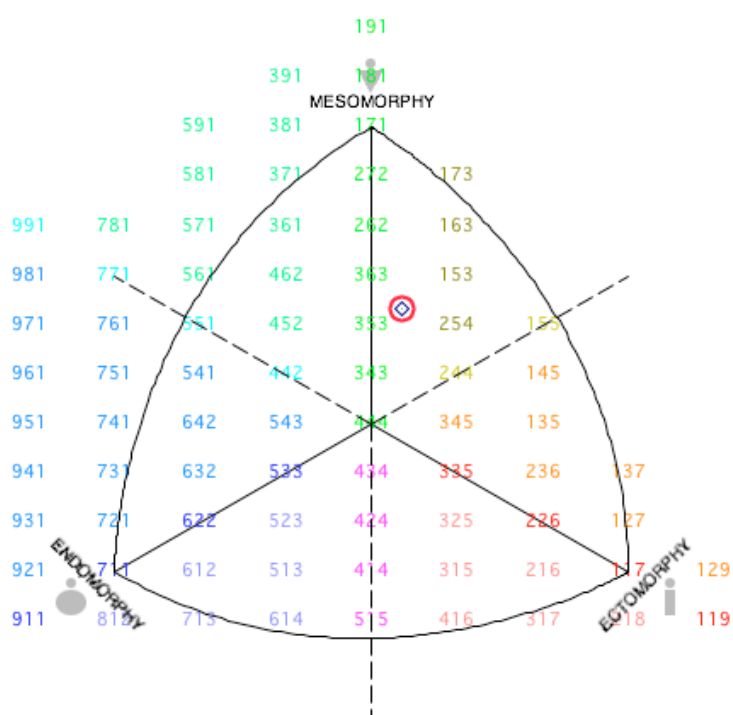
Průměrný věk souboru maratonských kajakářů je 31 ($\pm 6,2$), průměrná výška 185 cm ($\pm 6,9$) a hmotnost 83,4 kg ($\pm 8,4$). Hodnoty jednotlivých komponent jsou následující: endomorfní složka – 1,8, mezomorfní složka – 4,5, ektomorfní složka – 2,5. Tuk je v těle kajakářů (průměrné hodnoty souboru) zastoupen 11,9 ($\pm 1,9$), měřeno metodou hlavní – metodou součtu čtyř kožních řas, 8% ($\pm 2,6$) tuku vyhodnotil přístroj TANITA MS 980. BMI má hodnotu 24,2 (± 1).

Diplomová práce vznikla v návaznosti na bakalářskou práci. Autorka spatřuje přínos v porovnání těchto výsledků. Výsledky bakalářského výzkumu jsou spolu s výsledky výzkumu, jež byly obsahem diplomové práce, zaneseny v následujícím grafu (viz. Graf 4 – Porovnání antropometrických údajů).



Graf 4: Porovnání antropometrických údajů

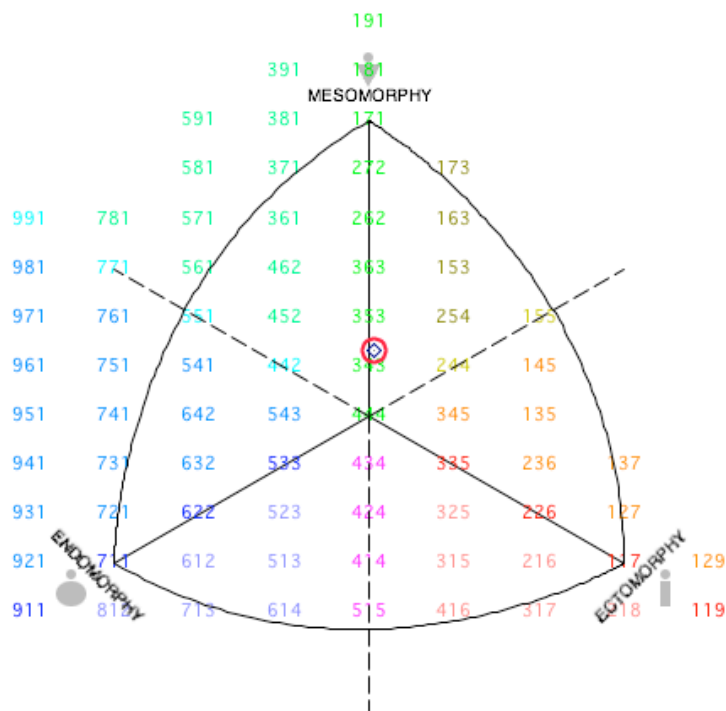
Ze získaných antropometrických dat a výpočtů (PC program Somatotype – Calculation and Anylysis) vyplývá, že průměrný somatotyp českých reprezentantů v rychlostní kanoistice na maratonské trati má hodnoty 1,8 – 4,5 – 2,5. Na základě těchto dat můžeme říci, že somatotyp určený průměrem hodnot souboru rychlostních kajakářů, specializujících se na maraton spadá do skupiny ektomorfní mezomorf. Umístění somatotypu českého maratonského kajakáře je vyznačeno v somatografu níže (viz. Somatograf 5– Výsledný somatotyp českého maratonského kajakáře).



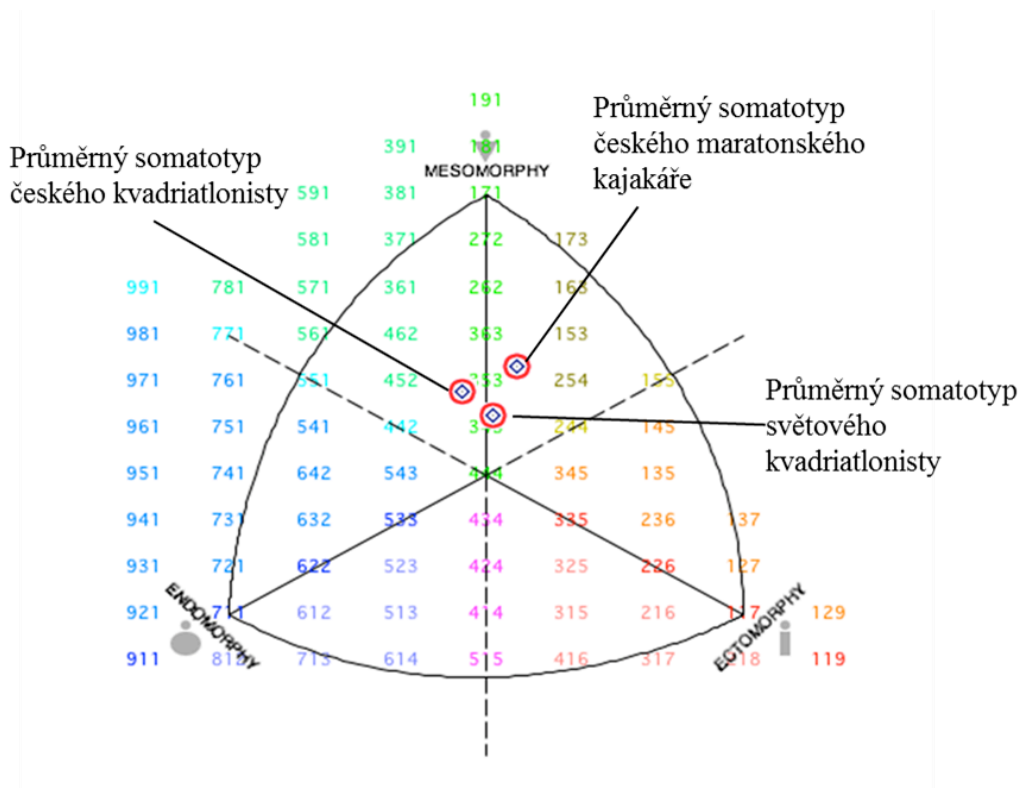
Somatograf 5: Výsledný somatotyp českého maratonského kajakáře

Průměrný somatotyp kvadriatlonistů světové výkonnostní kategorie má hodnoty 2,3 – 3,7 – 2,4. Na základě těchto dat můžeme říci, že somatotyp určený průměrem hodnot souboru elitních kvadratletů¹¹ také spadá do skupiny ektomorfní mezomorf. Umístění somatotypu světově úspěšného kvadriatlonisty (bereme v úvahu průměr výzkumného souboru světových kvadriatlonistů) je vyznačeno v somatografu (viz. Somatograf 6 – Výsledný somatotyp kvadriatlonisty světové úrovně).

¹¹ Kvadratlet = kvadriatlonista



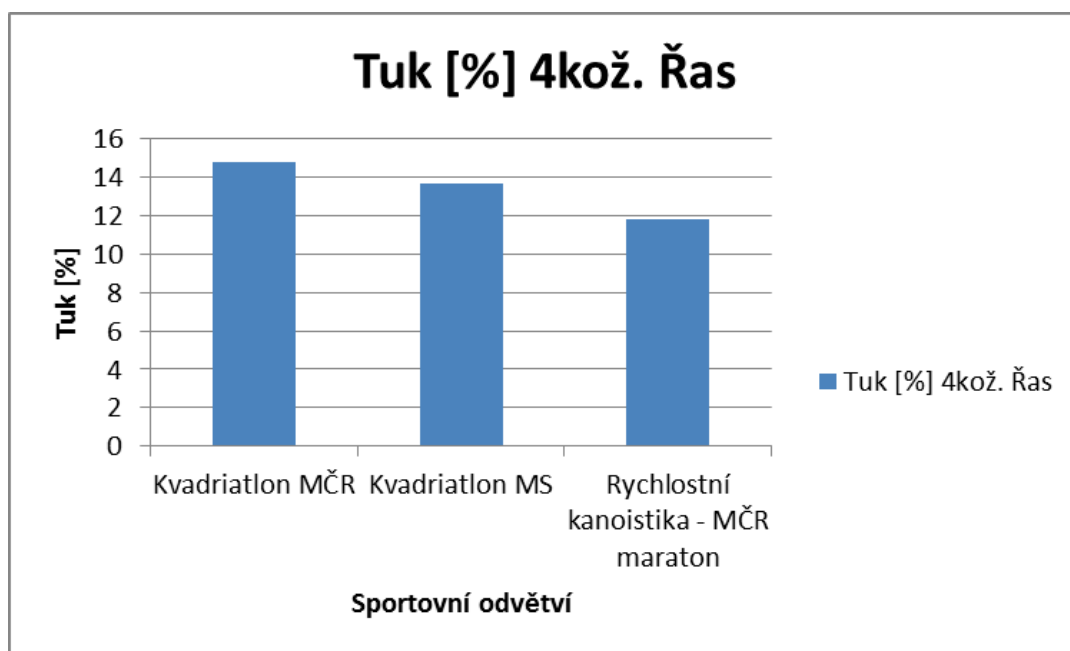
Somatograf 6: Výsledný somatotyp kvadriatlonisty světové úrovně



Somatograf 7: Výsledné porovnání průměrných somatotypů elitních kajakářů a kvadriatlonistů české a světové úrovně

V somatografu 7 můžeme vidět porovnání průměrných somatotypů elitních sportovců v kvadrialonu a rychlostní kanoistice. Jedná se o sportovce české i světové úrovně. Určení somatotypu českých rychlostních kajakářů a světových kvadriatlonistů bylo předmětem této diplomové práce. Ve výše zmíněném somatografu je zanesen také somatotyp průměrného českého kvadriatlonisty (2,8 – 4,3 – 2,2), jež je výsledkem bakalářské práce autorky. Na základě výsledků viditelných z grafu můžeme říci, že somatotyp světového kvadriatlonisty a maratonského kajakáře se shodně nachází v části somatografu, která představuje somatotyp ektomorfního mezomorma, naopak soubor českých kvadratletů se vyskytuje v poli endomorfních mezomorfů. Autorka práce záměrně zmiňuje tyto hodnoty a bude se jejich popisu detailněji věnovat v kapitole diskuse, jež je součástí této práce.

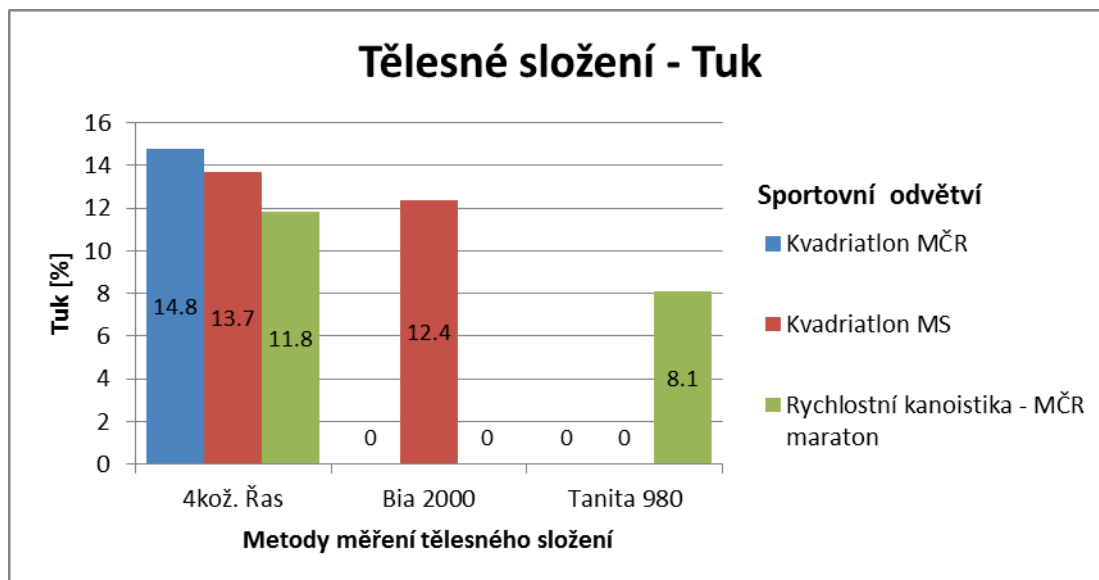
Hodnoty tělesného složení, vybrané komponenty, získané hlavní metodou – metodou měření kožních řas, uvádí graf 8. Procentuální zhodnocení tuku v těle bylo provedeno metodou měření čtyř kožních řas a následným doložením dle rovnic určených pro daný počet hodnot kožních řas.



Graf 8: Tuk [%] Hlavní metoda – 4kožní řasy

Mezikategoriální srovnání hlavní metody - zjištění tělesného složení (konkrétně tuku v [%]), měření kožních řas, spolu s metodami doplňkovými, ke kterým v našem případě patří přístroj bioelektrické impedanční analýzy, BIA 2000 a TANITA MS 980, ukazuje následující graf (Graf 9: Tělesný složení – tuk). Hlavní metoda, metoda měření kožních řas, byla použita u všech tří souborů, proto je jejich srovnání nejlépe viditelné

a lze z něj jednoduše odvodit výsledky. Měření doplňkovou metodou byly podrobeny dva výzkumné soubory, soubor rychlostních kajakářů (přístroj Tanita 980), a soubor světových kvadriatlonistů (BIA 2000). Soubor českých kvadriatlonistů poskytuje pouze výsledky měření získané hlavní metodou.



Graf 9: Tělesné složení – Tuk

Souhrn výsledků je pro lepší přehlednost uveden v tabulce 5 (Tabulka 5: Výsledky měření – souhrn).

Výsledky měření - souhrn								
Sportovní odvětví	Věk	Výška [cm]	Hmotnost [kg]	BMI	Somatotyp [endo-mezo-ekto]	Tuk [%] 4kož. Řas	Tuk [%] Bia 2000	Tuk [%] Tanita 980
Kvadriatlon MČR	37(±8,7)	179,2 (±3,3)	76,7(±9,3)	23,9(±2,9)	2,8 - 4,3 - 2,2	14,8(±3,8)	X	X
Kvadriatlon MS	37(±6,2)	180,2(±3,4)	77(±6,3)	23,7(±1,9)	2,3 - 3,7 - 2,4	13,7(±3,4)	12,4(±2,7)	X
Rychlostní kanoistika - MČR maraton	31(±6,2)	185(±6,9)	83,4(±8,4)	24,2(±1)	1,8 - 4,5 - 2,5	11,8(±1,9)	X	8,1(±2,6)

Tabulka 5: Výsledky měření - souhrn

6 Diskuse

Cílem diplomové práce bylo posouzení somatotypu a antropometrických charakteristik u elitních závodníků v kvadriatlonu a maratonských rychlostních kajakářů. Diplomová práce vznikla v návaznosti na bakalářskou práci, jejímž tématem byl výzkum kvadriatlonistů, mužů, ryze české národnosti. Na základě poznatků z bakalářské práce byla k vzájemné komparaci vybrána právě tato sportovní odvětví. Záměrně byla zvolena vytrvalostní trať rychlostní kanoistiky, maraton (muži 30km). Čas realizace vytrvalostního víceboje, jímž kvadriatlon je, totiž představuje přibližně stejnou časovou náročnost jako zvládnutí maratonské trati pro rychlostního kajakáře, jedná se přibližně o 2:30 hodiny.

Výsledky antropometrických údajů jednotlivých výzkumných souborů ukazují, že nejvyššího tělesného vzrůstu (bereme v úvahu porovnání tří výzkumných souborů) dosahuje soubor maratonských rychlostních kajakářů, kteří měří 184,9 ($\pm 6,8$) cm. Lze konstatovat, že mezi tělesnou výškou kvadriatlonistů české úrovně a světové úrovně je pouze minimální rozdíl (kvadriatlonisté ČR 179 ($\pm 3,3$) cm, kvadriatlonisté SV 180,2 ($\pm 3,3$) cm). I tělesná hmotnost obou kvadriatlonových souborů je téměř shodná, čeští kvadriatlonisté váží v průměru 76,7 ($\pm 9,3$) kg, kvadriatlonisté světové třídy pak váží 77 ($\pm 6,4$) kg. Největší hmotnost má prokazatelně soubor rychlostních kajakářů. Ukazatel body mass index, index tělesné hmotnosti, se u obou souborů pohybuje okolo čísla 24, které znamená normální tělesnou váhu. Je nám známo, že hodnota BMI může u sportovců vykazovat chybné hodnoty, a to především díky vyššímu množství svalové hmoty u sportovců, které způsobuje také vyšší tělesnou váhu, která je pro výpočet indexu tělesné hmotnosti důležitá. To pak může negativně ovlivnit výsledek tohoto indexu.

Výzkumem antropometrických charakteristik sportovců se zabývali Bernacíková, Kapounková a Novotný (2010), kteří došli k závěru, že tělesná výška rychlostního kajakáře je 185 cm, tělesná hmotnost 84,8 kg a hodnoty představitele příbuzného sportu, triatlonisty jsou 179 cm a 72 kg. S hodnotami triatlonisty se shoduje i Hlavizna (2008), Rynkiewicz (2010) a Fry a Morton (1991) kteří uvádí, že průměrná hmotnost kajakáře se pohybuje okolo 86kg. Z tohoto výzkumu můžeme na první pohled říci, že kajakáři jsou vyššího vzrůstu a mají také výrazně větší tělesnou hmotnost.

Úspěšní kajakáři podle Frye a Mortona (1991) představují individuální jedince vyššího tělesného vzrůstu (Rynkiewicz, 2010), s vyšší tělesnou hmotností způsobenou především vyšším zastoupením svalstva, a to hlavně v horní polovině těla. Také Sidney et. Al. (1973) tvrdí, že úspěšní kajakáři nabývají vyšších hodnot tělesné hmotnosti. Forbes et. Al. (2009) se ztotožňuje s názorem, že úspěšní kajakáři jsou vyšší než ostatní sportovci a mají větší zastoupení svalové hmoty v horní polovině těla (Rynkiewicz, 2010), ale jeho studie zároveň tvrdí, že nebyl prokázán žádný vztah mezi tělesnou hmotností a výkonností jedince. Bishop (2000) zabývající se predikcí tělesné stavby pro vzdálenost 500 m, poukazuje na nezávislost tělesné hmotnosti vůči sportovnímu výkonu u rychlostních kajakářů. Podle výzkumu Alacida et. Al. (2011), provedeném ve Španělsku, úspěšní závodníci vykazují ve věku 13 let značné rozdíly v tělesné výšce a váze v porovnání se svými vrstevníky.

Výsledky našeho měření somatotypu ukázaly, že rychlostní kajakář se zaměřením na maratonské disciplíny svými hodnotami zastoupení jednotlivých komponent 1,8 – 4,5 – 2,5 spadá do skupiny ektomorfní mezomorf. Podobný výzkum i výsledky uvádí Auckland (2003). Průměrný somatotyp rychlostního kajakáře muže. Podle něj nabývá hodnot 1,8 – 5,7 – 2,2. Naopak z výzkumu Akcy a Munirogluho (2008) je zřetelné, že průměrný představitel tureckého národního týmu rychlostní kanoistiky odpovídá somatotypu 2.9 – 5.2 - 2.2, čímž tedy spadá do skupiny endomorfní mezomorf. S tímto se ztotožňuje také studie národního týmu rychlostních kajakářů Velké Británie. Hodnoty průměrného britského kajakáře odpovídají zastoupení komponent 2,6 – 4,9 – 2.1 (Van Sommer, Palmer, 2003). Somatotypem současných rychlostních kajakářů se také zabývali Bernaciková, Kapounková a Novotný (2010), kteří vycházeli za studie zahraničních autorů Grasgrubera, Cacka (2008), Acklanda (2001), Frye a Morta (1991). Podle jejich výzkumu průměrný somatotyp rychlostního kajakáře nabývá hodnot 2-5,5-2 (2 - edomorfní složka, 5,5 - mezomorfní složka, 2 - ektomorfní složka).

Zmíněné výzkumy neuvádí specializaci v konkrétních závodních distancích představitelů výzkumného souboru. Frye a Morton (1991) tvrdí, že v zásadě není významný rozdíl mezi somatotypem kajakáře věnujícímu se vzdálenosti 500 m a 42 000 m. Své tvrzení odůvodňují tím, že rozdíl fyziologických požadavků na vzdálenostech 500, 1 000, 10 000 a 42 000m může být jemnější než pro jiné sporty. Nejkratší vzdálenost je podle Hatcha (1981) elitními kajakáři zdolávána za přibližně 1min 45s

tedy aerobním krytím, zatímco nejkratší běh, 100m vyžaduje méně než 10s, tedy jasně anaerobní krytí. Z výše zmíněného tedy vyplývá, že tělesná stavba kajakářů rozdílných závodních vzdáleností se bude oproti atletům (sprinter/maratonec)běžcům lišit pouze minimálně. S přibývajícím závodní vzdáleností lehce ubývá tělesného tuku atleta, což může být dáno lepšími termoregulačními schopnostmi vytrvalců, ale také vyššími tréninkovými objemy co do počtu kilometrů (Fry, Morton, 1991).

Také v somatotypu kvadriatlonistů české a světové úrovně můžeme vidět rozdílnost v zastoupení jednotlivých komponent. Průměrný český kvadriatlonista je charakterizován somatotypem 2,8 – 4,3 – 2,2, odpovídá tedy skupině endomorfní mezomorf. Oproti tomu kvadriatlonista světové výkonnosti úrovně je hodnotami 2,3 – 3,7 – 2,5, charakterizován jako ektomorfní mezomorf. Elitní kvadriatlonista světové úrovně má oproti českým kvadriatletům menší zastoupení endomorfní a mezomorfní složky a naopak vyšší zastoupení složky ektomorfní. Můžeme tedy říci, že světoví kvadriatlonisté mají nižší zastoupení tuku v těle, nižší objem svalstva, jejich postava je oproti českým kvadriatlonistům štíhlá s předpoklady k lokomoční vytrvalosti.

I přes tvrzení Fryeho a Mortona (1991) předpokládáme drobnou rozdílnost v somatotypu řekněme „univerzálního“ rychlostního kajakáře z výzkumu provedeného Bernacíkovou, Kapounkovou, Novotným (2010) či Akcy a Munirogluho (2008), a somatotypu rychlostního kajakáře specializujícího se na maratonské závodní vzdálenosti. Maratonský kajakář má nižší hodnoty prvních dvou komponent, což znamená, že je u něj v menší míře zastoupen podíl svalové hmoty a tuku. Vyšší hodnoty třetí komponenty naopak vykazují známky útlejší postavy.

Pro určení tělesného složení, v našem případě zastoupení tuku v těle¹², byla zvolena metoda hlavní, která byla použita u všech tří souborů. Metodou měření čtyř kožních řas jsme došli k závěru, že největší zastoupení tělesného tuku má skupina českých závodníků v kvadriatlonu a to 14,9 %, nejnižší naopak maratonští kajakáři, 11,8 %. Hodnoty měření kožních řas, výzkumných souborů kvadriatlonistů světové úrovně a maratonských kajakářů byly porovnány s hodnotami získanými doplňkovou metodou bioelektrické impedanční analýzy. Bohužel se nám nepodařilo zajistit stejný přístroj bioimpedanční analýzy, a proto byl u souboru světových kvadriatlonistů použit

¹² Můžeme říci, že právě hodnota tuku v těle je nejčastěji sledovaným parametrem ve sportovním tréninku, protože může značně ovlivnit sportovní výkon jedince (Kutáč, Gajda, 2011).

přístroj BIA 2000 a u souboru maratonských kajakářů přístroj TANITA MS 980. Je nám známo, že každé z těchto bioimedančních zařízení vyhodnocuje výsledky podle jiných rovnic, a proto tyto výsledky mezi sebou nemůžeme porovnávat. Porovnáme tedy pouze hodnoty získané metodou hlavní a metodou vedlejší. U souboru rychlostních kajakářů bylo hlavní metodou měření 4 kožních řas (následným dosazením do rovnic) naměřeno 11,8% tuku a metodou doplňkovou s využitím přístroje TANITA MS 980, 8,1 % tuku. U souboru kvadriatlonistů světové úrovně byla naměřena hodnota 13,7 % metodou hlavní (měření kožních řas) a 12,4 % metodou doplňkovou s využitím přístroje BIA 2000. Lze konstatovat, že v obou případech měření doplňková metoda elektrické bioimpeanční analýzy podhodnocovala výsledky procentuálního zastoupení tělesného tuku v těle. Představitelé souboru kvadriatlonistů dosahovali vyšších hodnot v podílu zastoupení tělesného tuku v těle než maratonští kajakáři. Podle Havlíčkové (2004), zabývající se problematikou optimálního zastoupení tělesného tuku u jednotlivých sportů (viz. Tabulka 2 – kap. Teoretická východiska práce) by kvadriatlonista¹³ měl mít přibližně 6 – 8 % tělesného tuku.

Výzkumem tělesného složení kajakářů se zabývalo jen několik autorů, většinou se však jednalo pouze o predikci výkonu do 1 000 m včetně, viz. Fry a Morton (1991) nebo Tech et. Al. (1976) kteří se poté věnovali také vzdálenosti 10 000 m. Nejnižší procentuální hodnotu tělesného tuku mají podle všeho švédští elitní rychlostní kajakáři, a to 5,4% (Tesch, Lindeberg, 1984). Podobnou hodnotu uvádí Tesch (1983) už o rok dříve. Vyšších hodnot pak dosahují rychlostní kajakáři národních týmů Spojených států, 13 % (Fleck, 1983), hodnotu 14,1 % představují elitní kajakáři Velké Británie (Van Sommer, Palmer, 2003), hodnoty 13,72 % nabývají kajakáři národního týmu Turecka (Akca, Muniroglu, 2008). Řečtí rychlostní kajakáři mají v porovnání s výše zmíněnými studii nejvyšší procentuální zastoupení tuku v těle, 15,4 % (Diafas et. Al., 2011). Oproti hodnotám tělesného tuku souborů rychlostních kajakářů, uvedených výše zmíněnými autory (mimo švédského národního týmu), jsou naše naměřené hodnoty nižší (11,8% hlavní metoda, 8,1% doplňková metoda). Tato skutečnost může podpořit náš předpoklad o drobné rozdílnosti mezi kajakářem specializujícím se na krátké a dlouhé tratě a kajakářem specializujícím se na maratonské tratě.

¹³ K této hodnotě jsme dospěli porovnáním optimálního tělesného složení čtyř sportů, které jsou obsahem kvadriatlonu (plavání, rychlostní kanoistika, cyklistika, běh).

Předkládaná diplomová práce může mít určité limitace, například výsledky práce mohou být ovlivněny výběrem a rozsahem výběrového souboru, který může být homogenní a tím nereprezentativní. Při určování endomorfní komponenty je potřeba brát v úvahu možnost vzniku chyb. Endomorfní komponenta je vypočítána mimo jiné z hodnot kožních řas. V případě kaliperačních metod může být podle Praxové (2008) zdrojem chyb především působení lidského faktoru, druh použitého kaliperu, ale i zvolené predikční rovnice. Podle Riegerové a Ulbrichové (1998) může chyba měření tloušťky kožních řas za pomoci kaliperu dosáhnout až 5 %. Příčinou chyb může být mechanický způsob získávání dat i tloušťka a elasticita kůže. Pokud je kůže příliš tuhá, nelze kožní řasu dostatečně vytáhnout a správně změřit její tloušťku. Je-li naopak extrémně poddajná, příliš se promáčkne i pod standardním tlakem kaliperu a naměřené hodnoty jsou oproti těm skutečným mnohem nižší (Riegerová, Přidalová, Ulbrichová, 2006).

7 Závěr

Je zřejmé, že tělesná stavba a složení může ovlivňovat sportovní výkon. Složení těla, a tedy i tělesná stavba, jsou z větší míry ovlivněny geneticky a dále formovány vnějšími faktory, mezi které patří sportovní činnost. Kvadriatlon patří ke sportům, kde somatický faktor a zastoupení jednotlivých komponent tělesného složení hraje důležitou roli. Na základě profilu tělesné stavby elitních sportovců je možné určit nejvhodnější tělesné parametry pro daný sportovní výkon. Cílem práce bylo zjistit a následně posoudit antropometrické charakteristiky u elitních závodníků v kvadriatlonu a maratonských rychlostních kajakářů. Byly vytvořeny dva výzkumné soubory (soubor rychlostních kajakářů, soubor kvadriatlonistů), jejichž výsledky (průměry hodnot souboru) byly vzájemně porovnány.

Ze získaných antropometrických dat a výpočtů (PC program Somatotype – Calculation and Anylysis) vyplývá, že průměrný somatotyp českých reprezentantů v rychlostní kanoistice na maratonské trati má hodnoty 1,8 – 4,5 – 2,5. Na základě těchto dat lze konstatovat, že somatotyp určený průměrem hodnot souboru rychlostních kajakářů, specializujících se na maraton spadá do skupiny ektomorfní mezomorf.

Průměrný somatotyp kvadriatlonistů světové výkonnostní kategorie má hodnoty 2,3 – 3,7 – 2,4, čímž spadá do skupiny ektomorfní mezomorf. Z výsledků měření je patrná blízká příbuznost somatotypů těchto dvou souborů a to především ektomorfní komponentou. Můžeme říci, že somatotyp průměrného kvadriatlonisty se svými hodnotami podobá somatotypu rychlostních kajakářů se zaměřením na maratonskou závodní vzdálenost, tedy že tyto dva soubory jsou si vztahově blízké. Vztahově blízké somatotypu kvadratleta světové výkonnostní úrovně jsou si také hodnoty somatotypu českého závodníka v kvadriatlonu. Tato měření byla obsahem bakalářské práce. Na základě výsledků měření provedených v bakalářské a následně i diplomové práci můžeme říci, že světoví kvadriatlonisté mají nižší zastoupení tuku v těle, nižší objem svalstva a jejich postava je oproti českým kvadriatlonistům štíhlá s předpoklady k lokomoční vytrvalosti.

Pro určení tělesného složení, v našem případě zastoupení tuku v těle, byla zvolena metoda hlavní, která byla použita u všech souborů. U souboru rychlostních kajakářů bylo hlavní metodou měření 4 kožních řas (následným dosazením do rovnic) naměřeno 11, 8 % tuku a metodou doplňkovou s využitím přístroje TANITA MS 980,

8,1 % tuku. U souboru kvadriatlonistů světové úrovně byla naměřena hodnota 13,7 % metodou hlavní (měření kožních řas) a 12,4 % metodou doplňkovou s využitím přístroje BIA 2000. Můžeme říci, že v obou případech měření doplňková metoda elektrické bioimpedanční analýzy podhodnocovala výsledky procentuálního zastoupení tělesného tuku v těle. Představitelé souboru kvadriatlonistů dosahovali vyšších hodnot v podílu zastoupení tělesného tuku v těle než maratonští kajakáři. Naše studie byla pouze pilotním výzkumem. Z důvodu malého počtu probandů nelze brát tyto výsledky za zcela určující.

Kvadriatlon je sice světově známý sport, ale vzhledem k počtu aktivních závodníků patřil do této chvíle spíše ke sportům menšinových. Nízký počet závodníků je podle našeho názoru zapříčiněn faktem, že kvadriatlon není olympijským sportem a vždy jej zastihuje triatlon. V současné době však atraktivita tohoto sportu mírně stoupá a dochází k nárůstu počtu závodů pořádaných především v zahraničí. S tímto trendem souvisí i mírný nárůst počtu aktivních závodníků, jejichž zájem o toto sportovní odvětví se objevuje již v útlém věku.

Studie antropometrických ukazatelů elitních sportovců mají přispět k určení ideálních parametrů úspěšného závodníka, a pomoci tak při vyhledávání nových talentů v daném sportovním odvětví. Určení vztahu mezi těmito atributy a výkonem může být velice cenné pro vytváření programů odborné přípravy sportovců a výběry do národních reprezentačních týmů.

SEZNAM LITERATURY

1. ACKLAND, T. R., BLANLSBY, B. A., LANDERS, G., SMITH, D. Antropometric profiles of elite triathletes. *Journal of Science and Medicine in Sports*, 1998, Vol. 1, pp. 53 – 56.
2. ACKLAND, T., R., ONG, K., B. KERR, D., A, RIDGE, B. Morphological characteristics of Olympic sprint canoe and kayak paddlers. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2003, Vol. 6, No.3 pp. 285-294.
3. AKCA, F., MUNIROGLU, S. Anthropometric-Somatotype and Strength Profiles and On-Water Performance in Turkish Elite Kayakers. *International Journal of Applied Sports Science*. 2008, Vol. 20, No. 1, 22-34.
4. ALACID, F., MARFELL-JONES, M., LÓPEZ-MINARRI, P., A., MARTÍNEZ, I., MUYOR, J., M. Morphological Characteristics of Young Elite Paddlers. *Journal of Human Kinetics*, 2001. Vol.27, 97-112.
5. BARTOŠOVÁ, H. *Analýza tělesného složení na základě bioelektrické impedance u klientek olomouckých STOB kurzů.*, Olomouc, 2013, s.78, Diplomová práce na Fakultě tělesné kultury Univerzity Palackého v Olomouci, Vedoucí práce Miroslava Přidalová.
6. BEOGNI, G., et. Al. Original communication: Accuracy of an eight-point tactile-electrode impedance method in the assessment of total body water. *European Journal of Clinical Nutrition*, 2002, Vol. 5, No. 6, pp. 1143-1148.
7. BEOGNI, G., MALAVOLTI, M., SEVERI, S., POLI, M., MUSSI, C., FANTUZZI, A. L., BATTISTINI, N. Accuracy of an eight-point tactile-electrode impedance method in the assessment of total body water. *European Journal of Clinical Nutrition*, 2002, 56, 1143–1148.
8. BISHOP, D. Physiological predictors of flat-water kayak performance in women. *Eur J Appl Physiol*, 2000, Vol. 8, No. 2, pp. 91-97.
9. BLÁHA, P et al. *Antropometrie československé populace od 6 do 55 let, (Československá spartakiáda 1985)*, díl I., část 1. Praha: Ústřední štáb Československé spartakiády, 1986a.

10. BLÁHA, P. et al. *Antropometrie československé populace od 6 do 55 let, (Československá spartakiáda 1985)*, díl I., část 2. Praha: Ústřední štáb Československé spartakiády, 1986b.
11. BUNC, V., DLOUHÁ, R., PAŘÍZKOVÁ, J. Rovnice pro stanovení složení těla bioimpedanční metodou u tělesné aktivních jedinců. *Sborník referátů z 19. kongresu českých a slovenských antropologů*. Praha: Karolinum, 1993, s. 97-99.
12. BUNC, V. Zdravotně orientovaná zdatnost a možnosti její kultivace na základní škole. *Tělesná výchova a sport mládeže*. 1998, Roč. 4, č. 10, s. 2–10.
13. BUNC, V. Estimation of body composition by multi frequency bioimpedance measurement in children. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2000, Vol. 6, No. 11, 904, pp. 203-204.
14. BUNC, V. Možnosti stanovení tělesného složení u dětí bioimpedanční metodou. *Časopis lékařů českých*. 2007, Roč. 3, č.5, s. 146.
15. DOVALIL, J. a kol. *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia, 2009. ISBN 978-80-7376-130-1 s. 20-21.
16. DURNIN, J., V., WOMERSLEY, J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: Measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *British Journal of Nutrition*, 1970, Vol. 32, No.12, pp. 77-97.
17. FLECK, S., J. Body composition of elite American athletes. *American Journal of Sports Medicine*, 1983, Vol. 11, No. 6, pp. 398-403.
18. FORMÁNEK, J., HORČIC, J. *Triatlon*. Praha: Olympia, 2003. ISBN 80-7033-567-X.
19. FRY, R., W., MORTON, A. Physiological and kinanthropometric attributes of elite flatwater kayakists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1991, Vol. 23, No.11, pp. 10-21.
20. GÁBA, A., ZAJAC – GAWLAK, I., PŘIDALOVÁ, M., POSPIECH, D. Analýza rozdílů vybraných parametrů tělesného složení stanovených přístrojem InBody 720 a Tanita BC – 418. *Med Sport Boh Slov*, 2011, Roč. 2, č. 2, s. 88-96.
21. GERČÁKOVÁ, D. *Zjištění somatometrických údajů závodníků v kvadriatlonu*. Praha, 2011 45 s. Bakalářská práce na FTVS UK, Vedoucí práce Milan Bílý.

22. GRASGRUBER, P., CACEK, J. *Sportovní geny*. 1. Vyd. Brno: Computer press, ISBN 978-80-251-1873-3, 2008. s.168 – 180.
23. HAINER, V. *Obezita: [minimum pro praxi]*. 2. vyd Praha: Triton, 2003, ISBN 80-7254-384-9.
24. HÁJEK, J. *Antropomotorika*. Praha: Univerzita Karlova, 2001. ISBN 80-7290-063-3.
25. HATCH, R., W. *Sprint racing kayaks*. Sports coach. 1981, Vol. 5, pp. 36-41.
26. HAVLÍČKOVÁ, L. *Fyziologie tělesné zátěže II*. Speciální část – 1.díl, Praha: FTVS UK, 1999.
27. HAVLÍČKOVÁ, L. a kol. *Fyziologie tělesné zátěže I*. 2. vyd. Praha: Karolinum, 2004. 203 s. ISBN 80-7184-875-1.
28. HLAVIZŇA, A. *Somatotyp triatlonisty. Porovnání somatotypů a jiných antropometrických parametrů v triatlonu se sporty s podobnou strukturou výkonu a s běžnou populací*. In GERČÁKOVÁ, D. *Zjištění somatometrických údajů závodníků v kvadriatlonu*. Praha, 2011 45 s. Bakalářská práce na FTVS UK, Vedoucí práce Milan Bílý.
29. HELLER, J., VODIČKA, P. *Vývoj aerobní a anaerobní kapacity horních končetin u rychlostních kanoistů: Aspekty věku a pohlaví*. *Česká kinantropologie*, 2012, vol. 16, no. 3, p. 239 – 252.
30. HEYMSFIELD, S., B., TIMOTHY, G., L., WANG, Z., SCOTT, G. *Human Body Composition*. Champaign, IL, Human Kinetics 2005, vol. 14, no. 5, pp. 324 -356.
31. HEYWARD, V. *Asep methods recommendation: Body composition assessment*. *Official Journal of The American Society of Exercise Physiologists*, 2001, Vol.4, No. 4.
32. HEYWARD, V.,H., WAGNER, D.,R. *Applied body composition assessment*. 2.ed. Champaign, Human Kinetice, 2004. ISBN 0-7360-4630-5.
33. HOFFER, E., C., CLIFTON, K., M., SIMPSON, D., C. *Correlation of whole-body impedance with total body volume*. 1969. In KYLE et. Al. *Bioelectrical impedance analysis – par I. Review of principles and methods*. *Clinical Nutrition*, 2004, Vol. 23, No.12, pp. 1226-1243.

34. HOJGR, B. *Porovnání různých metod měření procenta tuku v těle*. Brno, 2010. 28s.
Diplomová práce na Masarykově univerzitě, Vedoucí práce Martina Bernáčíková.
35. CHOUTKA, M. a kol. *Sportovní výkon*, Praha : Olympia, 1981.
36. CHYTRÁČKOVÁ, J. *Kaliper SK*. Praha: Studio kinantropologie, 1999.
37. JANSSEN, I., HEYMSFIELD, S. B., BAUMGARTNER, R. N., ROSS, R.
Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis. *Journal of Applied Physiology*, 2000, Vol. 14, No. 89, pp. 465–471.
38. KELLY, J., S., METCALFE, J. Validity and Reliability of Body Composition Analysis Using the Tanita BC418-MA. *Journal of Exercise Physiology*.2012, Vol.15, No. 6, pp. 224 – 287.
39. KINKOROVÁ, I., HELLER, J., MOULIS, J. Possibilities for the use of selected methods for the dermination of body composition in children in their adolescent stage. *Acta Univ. Palacki. Olomuc., Gymn.* 2009, Vol.39, No.1, pp. 56 – 78.
40. KITTNAR, O. a kol., *Lékařská fyziologie*. Praha : Grada Publishing, 2011. ISBN 978-80-247-3068-4.
41. KUTÁČ, P. *Základy kinantropometrie (pro studující obor Tělesná výchova a sport)*. 1.vydání,Ostrava: Pedagogogická fakulta Ostravské univerzity, 2009. ISBN 978-80-7368-7267.
42. KUTÁČ, P. Reliability of body composition measurement by the BIA Method (bioelectric impedance). *Borgis-Nex Medicine*. 2010, Vol. 1, No.4, pp. 2-6.
43. KUTÁČ, P., GAJDA, V. Evaluation of accuracy of the body compisition measurements by the BIA method. *Human Movement*, 2011, Vol.12, No. 1, pp. 41-45.
44. KYLE, U. G., BOSAEUS, I., DE LORENZO, A., DEURENBERG, P., ELIA, M., GÓMEZ, J ET AL. Bioelectrical impedance analysis part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition*, 2004, Vol. 23, No. 5, pp. 1226-1243.
45. LANDERS, G., J., BLANSKSBY, B.A., ACKLAND, T. R., SMITH, D. Morphology and performance of world championship triathletes. *Annals of Human Biology*, 2000, vol. 27, No. 4, pp. 387-400..

46. LUKASKI, H.,C. Methods for the assessment of human body composition: Traditional and new. *Am.J.Clin.Nutr.*, 1987, Vol.46, No.2, pp. 537-556
47. LUKASKI, H., C., BOLONCHUK, W.,W. Estimation of Body Fluid Volumes Using Tetra polar Bioelectrical Impedance Measurements. *Aviation, Space, and Enviromental Medicine*, 1988, Vol. 12, No.5, pp. 3-12.
48. MAREŠ, J. a kol. Zátěžová diagnostika. Skripta pro trenéry III. třídy rychlostní kanoistiky ČSK, Praha: Olympia, 2003.
49. MICHAEL, J., S., ROONEY, K., B., SMITH, R. The metabolic demands of kayaking. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2008, vol.7, No. 1, pp. 1-7.
50. NYBOER, J. Electrical impedance plethysmograph. 1970. In KYLE et. Al. Bioelectrical impedance analysis – par I. Review of principles and methods. *Clinical Nutrition*, 2004, Vol. 23, pp. 1226-1243.
51. PAŘÍZKOVÁ, J., MACKOVÁ, E., NOVÁK, J. Energy and individual food compoment intakes during 24 hours running. *Physiologia bojemoslovaca*. 1998, Vol. 37, No. 6.
52. PAŘÍZKOVÁ, J. Měření kožních řas jako ukazatel podílu tuku a aktivní hmoty při výzkumu pohybové zdatnosti. *Teor. Praxe těl. Vých.* 1962 roč. 14, č. 10, s. 614-617.
53. PAVLÍK, J. *Tělesná stavba jako faktor výkonnosti sportovce*. Brno: Pedagogická fakulta. 1999. ISBN 80-210-2130-6.
54. PAVLÍK, J. *Tělesná stavba jako faktor výkonnosti sportovce*. Brno: Pedagogická fakulta, 2003, ISBN 80-210-2130-6.
55. PRAXOVÁ, S. *Somatometrie Českých hráček hokeje*. Brno 2008, 108 s. Diplomová práce na Masarykově Univerzitě Brno, Přírodovědecké fakultě, Vedoucí práce Jaroslav Malina.
56. PŘIDALOVÁ, M. Somatodiagnostika studentů a studentek oboru tělesná výchova a sport na FTK UP v Olomouci. In RIEGEROVÁ, J., ULBRICHOVÁ, M. *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu*. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 1998.

57. RIEGEROVÁ, J., PŘIDALOVÁ, M., ULBRICHOVÁ, M. *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu*. Olomouc: Hanex, 2006. ISBN 80-85783-52-5.
58. RIEGEROVÁ, J., ULBRICHOVÁ, M. *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu*. Olomouc: Vydavatelství Univerzity Palackého, 1998.
59. ROCHE, A., F., HEYMSFIELD, S., B., LOHMAN, T.G. *Human body composition*. Champaign, Human Kinetics, 1996, p. 424..
60. ROKYTA, J. *Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědeckých a tělovýchovných oborech*. Praha: ISV nakladatelství, 2008
61. ROMERE, V., E., RUIZ, J., R., ORTEGA, F., B., ARTERO, E., G., RODRÍGUEZ, G., V., MORENO, L., A., CASTILLO, M., J., GUTIERREZ, A. Body fat measurement in elite sport climbers: Comparison of skinfold thickness equations with dual energy X-ray absorptiometry. *Journal of Sports Science*, 2009, Vol. 27, No. 5, pp. 469-477.
62. RYNKIEWICZ, M, RYNKIEWICZ, T. Bioelectrical impedance analysis of body composition and muscle mass distribution in advanced kayakers. *Human Movement*, 2010, Vol. 1, No. 11, pp.11-16.
63. SIRI, W. Body volume measurement by gas dilution. In BROŽEK, J., HENSCHER, A. *Techniques for measuring body composition*, Washington, DC: 1961.
64. ŠTĚPNIČKA, J. Typologie a motorika. *Teor. Praxe těl. Vých.* 1970, Roč. 4, Č. 18, s. 225-230..
65. ŠTĚPNIČKA, J. *Typologická a motorická charakteristika sportovců a studentů vysokých škol*. Praha: Univerzita Karlova, 1976.
66. TESCH, P. A., PIEHL, K., WILSON, G., KARLSSON, J. Physiological investigations of Swedish elite canoe competitors. *Med Sci Sports Exerc.* 1976, Vol. 8, pp. 214-218.
67. THOMASSET, A. Bio-electrical properties of tissue impedance measurement. 1962. In KYLE et. Al. Bioelectrical impedance analysis – par I. Review of principles and methods. *Clinical Nutrition*, 2004, Vol. 23, pp. 1226-1243.

68. VILIKUS, Z. a kol., *Tělovýchovné lékařství*. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova, 2004. ISBN 80-246-0821-9.
69. WANG, Z., M., DURNBURG, P., WEL, W. et.al. Hydration of fat-free body mass: review and critique of a classic body-composition constant. *Am. J. Clin.* 1999, Vol. 69, pp. 833-841.
70. WITHERS, R., T., WHITTINGHAM, N., O., NORTON, K., I., LA FORGIA, J., E., CROCKETT, A. Relative body fat and anthropometric prediction of density of female athletes. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. 1987, Vol. 56, No.13, pp. 169-180.
71. ZVONARĚ, M., DUVAČ, I. A kol. *Antropomotorika pro magisterský program tělesná výchova sport*. Brno: Masarykova univerzita, 2011. ISBN 978-80-210-5380-9.

Internetové zdroje

BERNACÍKOVÁ, M., KAPOUNKOVÁ, K., NOVOTNÝ, J. a kol. *Fyziologie sportovních disciplin*. Brno: Masarykova univerzita – Fakulta sportovních studií, 2010 [online]. 2013 [cit. 2014-07-26]. dostupné z WWW: <<http://is.muni.cz/do/rect/el/estud/fsps/ps10/fyziol/web/sport/voda-kanoerychlo.html>>.

HEYWARD, V. ASEP Methods Recommendation: Body Composition Assessment. JEPonline 2001, 4(4): 1-12 [online]. 2011 [cit. 2011-07-25]. dostupné z WWW: <<http://www.asep.org/asep/asep/HeywardFinal.pdf>>.

Oficiální stránky Českého svazu triatlonu [online]. 2012 [cit. 2011-07-25]. dostupné z WWW: <http://www.triatlon.cz/upload/547_549.pdf>.

Oficiální stránky světové kvadriatlonové federace [online]. 2010 [cit. 2014-07-20]. dostupné z WWW: <<http://www.quadrathlon.com/index.htm>>.

Oficiální stránky výrobce bioimpedančních přístrojů TANITA [online]. 2014 [cit. 2014-08-03]. Dostupné z WWW: <<http://www.tanita.eu/products/catagory/detail/medically-approved-body-compostion-analysers/78-mc-980ma-extra-high-capacity-segmental-body-composition-analyser.html>>.

Oficiální stránky Českého svazu kanoistiky [online]. 2005 [cit. 2014-08-03]. Dostupné z WWW: <<http://www.kanoe.cz/sporty/rychlostni-kanoistika/pravidla-rychlostni-kanoistiky>>.

Oficiální stránky výrobce analyzátorů tělesného složení Data Input [online]. 2014 [cit. 2014-07-20]. dostupné z WWW: <<http://www.data-input.de/bia/deutsch/bia-methode.php>>.

Oficiální stránky výrobce bioimpedančních přístrojů E-inbody [online]. 2014 [cit. 2014-08-01]. dostupné z WWW: <<http://www.e-inbody.com/global/main/Main.aspx>>.

PISCHON, T. *Body Size and Risk of Prostate Cancer in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition*. [online]. c2008. [cit 2014-07-25]. Dostupné z WWW: <<http://cebp.aacrjournals.org/content/17/11/3252.full>. ISSN: 1055-9965>.

Přílohy

Příloha A – Vyjádření etické komise UK FTVS

Příloha B - Informovaný souhlas probanda

Příloha C - Záznamový formulář A, B

Příloha D – Přístroje bioimpedanční analýzy využité pro potřeby DP

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Délky tratí, typy závodníků

Tabulka 2 Hodnoty procenta tělesného tuku

Tabulka 3 Optimální zastoupení tělesného tuku u různých sportovních odvětví

Tabulka 4 Somatická charakteristika rychlostního kajakáře

Tabulka 5 Výsledky měření - souhrn

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Faktory sportovního výkonu – rychlostní kanoistika

Obrázek 2: Faktory sportovního výkonu – kvadriatlon

Obrázek 3: Komponenty tělesného složení

Obrázek 4: Chemický, anatomický a dvoukomponentový model tělesného složení

SEZNAM GRAFŮ

Graf: 1 Kategorie motorické výkonnosti dle Chytráčkové

Graf 2: Somatograf průměrného rychlostního kajakáře

Graf 3: Somatotyp českého kvadriatlonisty

Graf 4: Porovnávání somatometrických údajů

Graf 5: Výsledný somatotyp českého maratonského kajakáře

Graf 6: Průměrný somatotyp kvadriatlonisty světové úrovně

Graf 7: Výsledné porovnání průměrných somatotypů elitních kajakářů a kvadriatlonistů české a světové úrovně

Graf 8: Tuk [%] Hlavní metoda – 4kožní řasy

Graf 9: Tělesné složení - Tuk

