

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Fakulta tělesné výchovy a sportu

Studijní obor - Kinantropologie

# Tělesný profil judistů a jeho změny vlivem redukce tělesné hmotnosti

Physical profile of judo athletes and its changes due to  
body weight reduction

Disertační práce

**Vedoucí disertační práce:**

Doc. MUDr. Jan Heller, CSc.

**Vypracovala:**

Mgr. Klára Coufalová

Praha, 2014

Prohlašuji, že jsem disertační práci vypracovala samostatně, uvedla všechny použité prameny a literaturu a dodržela zásady vědecké etiky.

V Praze dne

Mgr. Klára Coufalová

## Evidenční list

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

Jméno a příjmení

Fakulta / katedra

Datum vypůjčení

Podpis

---

Na tomto místě bych chtěla poděkovat svému školiteli doc. MUDr. Janu Hellerovi, CSc. za vstřícnost a vedení během postgraduálního studia a za pomoc, cenné rady a připomínky při zpracování této disertační práce.

Velké poděkování patří mé rodině za podporu během celé doby studia na vysoké škole. Tato práce by nevznikla ani bez účasti probandů, proto také jim děkuji za jejich ochotu a spolupráci.

## **ABSTRAKT**

### **Název práce:**

Tělesný profil judistů a jeho změny vlivem redukce tělesné hmotnosti

### **Cíl práce:**

Cílem této studie bylo zjistit vliv intenzivní předsoutěžní redukce tělesné hmotnosti na tělesné složení, antropometrické parametry, posturální stabilitu, reakční dobu, maximální izometrickou svalovou sílu a biochemické parametry v krvi u elitních judistů.

### **Metody:**

Práce je zpracována formou komparace výsledků laboratorního měření na začátku a na konci předsoutěžní redukce tělesné hmotnosti. Výzkumu se zúčastnilo 9 judistů (průměrný věk  $22,3 \pm 2,4$  let) patřících do reprezentace České republiky. Ke sběru dat byl použit bioimpedanční analyzátor InBody 720, základní antropometrické pomůcky, tlaková deska FootScan, dynamometr a zařízení na měření reakční doby Biomedicínské laboratoře UK FTVS a pomůcky na odběr kapilární a venózní krve. K získání podrobnějších informací ohledně předsoutěžního snižování tělesné hmotnosti byla vytvořena anketa, které se zúčastnilo 53 předních českých závodníků (37 mužů a 16 žen, průměrný věk  $23,7 \pm 3,2$  let) ze sportů judo, zápas řecko-římský a volný styl, box, kickbox, thaibox, taekwondo a karate.

### **Výsledky:**

U daného souboru došlo ke statisticky významnému ( $p < 0,01$ ) snížení tělesné hmotnosti v průměru o 4,6 % (průměrně  $3,4 \pm 1,6$  kg). Tato redukce se promítla do všech parametrů tělesného složení, tloušťky kožních řas i obvodů měřených tělních segmentů. Největší úbytek jsme zaznamenali v množství celkové tělesné vody (TBW), kde došlo k poklesu o 1,82 l tj. 3,5 % ( $p < 0,05$ ) a tukuprosté hmoty (FFM), která se snížila o 2,44 kg, tj. 3,4 % ( $p < 0,05$ ). Z antropometrických parametrů došlo k signifikantnímu snížení obvodu pasu, boků, lýtky ( $p < 0,01$ ) a stehna ( $p < 0,05$ ) a některých kožních řas (záda, břicho, bok, stehno -  $p < 0,05$  a hrudník II -  $p < 0,01$ ). U maximální izometrické

svalové síly jsme zaznamenali významný ( $p < 0,05$ ) pokles pouze u flexe trupu. Při porovnání výsledků měření reakční doby a posturální stability jsme nenalezli žádné významnější rozdíly. Taktéž v krevním obraze nebyly výrazné změny, u biochemických parametrů v krvi jsme zaznamenali statisticky významný pokles u množství triacylglycerolů (TAG) ( $p < 0,05$ ) a u logaritmického poměru koncentrací triacylglycerolu a HDL cholesterolu ( $p < 0,01$ ) a signifikantní ( $p < 0,05$ ) nárůst imunoglobulinu G (IgG) a imunoglobulinu A (IgA).

Výsledky ankety zaměřené na snižování tělesné hmotnosti ukazují, že před soutěží pravidelně redukuje tělesnou hmotnost přibližně 77,4 % respondentů (75,7 % mužů; 81,3 % žen), přičemž tento úbytek činí průměrně 5,4 % tělesné hmotnosti ( $6,0 \pm 3,2$  % u mužů;  $4,1 \pm 1,5$  % u žen). Mezi nejčastěji používané metody redukce tělesné hmotnosti patří snížení nutričního příjmu a příjmu tekutin, změny ve složení stravy a zvýšení fyzické aktivity a to často ve speciálních gumových oblecích zvyšujících pocení.

**Klíčová slova:**

Judo, hmotnostní kategorie, tělesné složení, antropometrie, posturální stabilita, reakční doba, dynamometrie

## **ABSTRACT**

### **Title:**

Physical profile of judo athletes and its changes due to body weight reduction

### **Aim of work:**

The aim of this study was to determine the effect of intensive pre-competitive body weight reduction on body composition, anthropometric parameters, postural stability, reaction time, maximal isometric muscle strength and biochemical parameters in the blood of elite judo athletes.

### **Methods:**

The work compares the results of laboratory testing at the beginning and at the end of body weight reduction. Nine male judo athletes (age  $22.3 \pm 2.4$  years) from the Czech national team participated in the research. For laboratory testing we used bioelectrical impedance analyser InBody 720, anthropometric equipment, pressure plate FootScan, dynamometer and apparatus for measuring reaction times of Biomedical laboratory UK FTVS and equipment for the collection of capillary and venous blood. We created a survey to gather more information about pre-competitive weight loss, attended by 53 competitors (37 men and 16 women, mean age  $23.7 \pm 3.2$  years) who practise judo, wrestling Greco-Roman and freestyle, boxing, kickboxing, thaibox, taekwondo or karate.

### **Results:**

We found a statistically significant ( $p < 0.01$ ) reduction of body weight, average weight loss was 4.6 % (on average  $3.4 \pm 1.6$  kg). This reduction was reflected in all parameters of body composition, skinfold thickness and circumferences of body segments. The largest decline was recorded in the amount of total body water (TBW), which decreased by 1.82 l, i.e. 3.5 % ( $p < 0.05$ ) and fat-free mass (FFM), which decreased by 2.44 kg, i.e. 3.4 % ( $p < 0.05$ ). We noticed significant decline of anthropometric parameters such as circumference of waist, hips, calves ( $p < 0.05$ ) and thighs ( $p < 0.01$ ) and some skinfolds (back, abdomen, hips, thighs -  $p < 0.05$  and chest II -  $p < 0.01$ ). We observed significant

( $p < 0.05$ ) reduction of maximal isometric muscle strength only in trunk flexion. We did not find any significant differences in results of reaction times, postural stability as well as parameters of complete blood count. In biochemical parameters in blood we observed statistically significant decrease of triacylglycerols (TAG) ( $p < 0.05$ ) and logarithmic ratio of triacylglycerols and HDL cholesterol ( $p < 0.01$ ) and significant increase ( $p < 0.05$ ) of immunoglobulin G (IgG) and immunoglobulin A (IgA).

The results of survey focused on body weight reduction showed that 77.4 % of participants (75.7% men, 81.3% women) regularly reduce their body weight before competition and this reduction is on average 5.4 % of body weight ( $6.0 \pm 3.2$  % for men,  $4.1 \pm 1.5$  % for women). The most commonly applied body weight reduction methods included fluid and food restriction, diet changes and increased physical activity often in special rubber clothes for increased sweating.

**Keywords:**

Judo, weight category, body composition, anthropometry, postural stability, reaction time, dynamometry



# SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

ALB	albumin
ALT	alaninaminotransferáza
AST	aspartátaminotransferáza
ATH	aktivní tělesná hmota
BCM	buněčná hmota (body cell mass)
BIA	bioelektrická impedance (bioelectric impedance analysis)
BM	obsah minerálů v kostech (bone mass)
BMR	bazální metabolismus (basal metabolic rate)
BMI	index tělesné hmotnosti (body mass index)
CK	kreatinkináza (creatin kinase)
CNS	centrální nervová soustava
COP	střed tlakového působení (centre of pressure)
ECM	extracelulární hmota (extracellular mass)
ECS	extracelulární pevné látky (extracellular solids)
ECW	extracelulární tekutina (extracellular water)
FFA	volné mastné kyseliny (free fatty acids)
FLL	Flamingo levá
FLP	Flamingo pravá
FM	tělesný tuk (fat mass)
FFM	tukuprostá hmota (fat free mass)
GLU	glukóza

Hb	hemoglobin
HCT	hematokrit
HDL	lipoproteiny s vysokou hustotou (high density lipoproteins)
ICW	intracelulární tekutina (intracellular water)
IgA, IgG, IgM	imunoglobuliny A, G, M
LA	laktát
LDL	lipoproteiny s nízkou hustotou (low density lipoproteins)
log(TAG/HDL)	logaritmický poměr koncentrací triacylglycerolu a HDL cholesterolu
MCH	průměrná hmotnost hemoglobinu v erytrocytu (mean corpuscular hemoglobin)
MCHC	průměrná koncentrace hemoglobinu v erytrocytu (mean corpuscular hemoglobin concentration)
MCV	střední objem erytrocytu (mean corpuscular volume)
MPV	střední objem trombocytu (mean platelet volume)
N. S.	nevýznamný (non-significant)
PLT	počet trombocytů
PM	množství proteinů (protein mass)
RBC	erytrocyty – červené krvinky (red blood cells)
RDW	distribuční šíře erytrocytů (red cell distribution width)
SD	směrodatná odchylka (standard deviation)
Sig	významnost
SSOO	široký stoj otevřené oči

SSZO	široký stoj zavřené oči
T-Cho	celkový cholesterol
TAG	triacylglyceroly
TBW	celková tělesná voda (total body water)
USOO	úzký stoj otevřené oči
USZO	úzký stoj zavřené oči
VLDL	lipoproteiny o velmi nízké hustotě (very low density lipoproteins)
WCB	leukocyty – bílé krvinky (white blood cells)

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>15</b>
<b>1 TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>17</b>
1.1 Charakteristika sportu judo .....	17
1.1.1 Historie juda .....	17
1.1.2 Charakteristika juda.....	18
1.1.3 Charakteristika sportovního výkonu v judu .....	20
1.1.4 Morfofunkční charakteristika judisty .....	21
1.1.5 Problematika předsoutěžní redukce tělesné hmotnosti.....	23
1.2 Tělesné složení .....	27
1.2.1 Metody zjišťování tělesného složení .....	28
1.2.2 Vybrané komponenty složení těla .....	32
1.3 Antropometrie .....	37
1.3.1 Kaliperace.....	37
1.4 Posturální stabilita.....	38
1.4.1 Rovnováha a rovnováhová schopnost .....	38
1.4.2 Stabilometrie.....	39
1.5 Reakční doba.....	40
1.5.1 Reakční schopnost a reakční doba.....	40
1.5.2 Reaktometrie.....	42
1.6 Maximální izometrická síla.....	42
1.6.1 Svalová síla a silové schopnosti .....	42
1.6.2 Dynamometrie .....	44
1.7 Biochemická analýza krve .....	45
1.7.1 Krevní obraz .....	46
1.7.2 Zjišťované biochemické parametry .....	52
<b>2 CÍLE PRÁCE</b> .....	<b>62</b>

<b>3</b>	<b>METODIKA VÝZKUMU .....</b>	<b>66</b>
3.1	Výzkumný soubor .....	66
3.2	Organizace sběru dat .....	67
3.3	Metody sběru dat.....	68
3.3.1	Anketa.....	68
3.3.2	Tělesné složení .....	68
3.3.3	Antropometrie.....	70
3.3.4	Stabilometrie.....	72
3.3.5	Reaktometrie.....	73
3.3.6	Dynamometrie .....	74
3.3.7	Biochemické parametry .....	77
3.4	Analýza dat.....	80
<b>4</b>	<b>VÝSLEDKY .....</b>	<b>82</b>
4.1	Anketa .....	82
4.2	Tělesné složení .....	86
4.3	Antropometrie .....	90
4.4	Stabilometrie .....	92
4.5	Reaktometrie .....	93
4.6	Dynamometrie.....	94
4.7	Biochemické parametry .....	95
<b>5</b>	<b>DISKUSE .....</b>	<b>99</b>
5.1	Anketa .....	99
5.2	Laboratorní testování .....	103
5.2.1	Tělesné složení .....	103
5.2.2	Antropometrické parametry.....	107
5.2.3	Posturální stabilita .....	108

5.2.4	Reakční doba .....	110
5.2.5	Maximální izometrická síla .....	111
5.2.6	Biochemické parametry v krvi .....	113
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>117</b>
	<b>REFERENČNÍ SEZNAM.....</b>	<b>119</b>
	<b>Seznam tabulek, grafů, obrázků.....</b>	<b>139</b>
	<b>Seznam příloh.....</b>	<b>141</b>

# ÚVOD

Judo, resp. soutěžní judo je charakterizováno jako úpolový sport, hmotnostně klasifikovaná a vysoce intenzivní disciplína. Je to velmi komplexní sport, kde mnoho proměnných (taktické, technické, fyziologické a psychologické) determinuje konečný výsledek (Franchini et al., 2005). Úspěšný judista musí ovládat rozsáhlý rejstřík dynamických stereotypů, ze kterých volí nejvhodnější podle taktiky boje. Ta zohledňuje momentální psychofyzickou připravenost svojí i soupeře a závažnost boje (Franchini et al., 2007). Většina závodníků v hmotnostně kategorizovaných sportech, tedy nejen v judu, ale také například v zápase řeckořímském a volném stylu, boxu, taekwondu, karate, kickboxu, thaiboxu, sumó, jujutsu, wušu, sambo atd., se rozhodne snižovat svojí tělesnou hmotnost do nižší kategorie, než odpovídá jejich aktuální hmotnosti, aby získali určitou převahu nad soupeřem a tím si zvýšili šanci na úspěch. Horswill (2009) uvádí, že 70 – 80 % judistů bez ohledu na pohlaví snižuje svojí tělesnou hmotnost pro zařazení do nižší hmotnostní kategorie. S touto redukcí tělesné hmotnosti se můžeme setkat také u dalších sportů, jako je například jezdeckví nebo veslování.

Nejčastěji používanou metodou redukce tělesné hmotnosti je kombinace snížení příjmu potravin a tekutin, zvýšení fyzické aktivity a využití sauny (Claessens et al., 1987; Lambert et al., 2004; Boguszewski & Kwapisz, 2010). Jedná se tedy o snižování tělesné hmotnosti za pomoci ztrát vody dehydratací, která se promítne především ve ztrátě tukuprosté hmoty (FFM) (Proteau et al., 2006). Tyto změny v tukuprosté hmotě (FFM) se mohou projevit snížením svalové síly a tím zkrácením doby, po kterou je sportovec schopen podávat intenzivnější výkony. Tyto změny mohou vést kromě snížení výkonnosti sportovce také k ohrožení jeho vývoje a zdravotního stavu a to zvláště při častém opakování. Jejich nebezpečnost se zvyšuje především u mladého organismu.

Jak extrémní následky může takováto předsoutěžní redukce tělesné hmotnosti mít, dokládá případ tří mladých amerických sportovců, kteří v roce 1997 zemřeli na hypertermii a dehydrataci. Tato tragická událost se týkala právě úmyslného rychlého snížení hmotnosti, neboť všichni tři sportovci byli zápasníci připravující se na soutěž. Jejich redukce se pohybovala kolem 15 % tělesné hmotnosti (rozdíl mezi jejich běžnou a cílovou hmotností pro soutěž byl mezi 11,3 kg a 16,8 kg).

Bohužel dnes často ve sportu hraje větší roli komerce a divácká přitažlivost než ohledy na zdraví sportovců. To dokládá i nová změna pravidel v judu platná od ledna 2013, která u vrcholných mezinárodních soutěží přesunuje oficiální vážení závodníků z tradičních ranních hodin dne soutěže na večerní hodiny dne před soutěží. Toto vedlo k zvýšení míry redukce u závodníků, proto se posléze toto pravidlo doplnilo o kontrolní prvek platný od ledna 2014, kdy před soutěží může být vybráno a opět zváženo 4 až 5 závodníků z každé hmotnostní kategorie, přičemž nesmí mít o více jak 5 % vyšší tělesnou hmotnost než jakou měli při oficiálním vážení. I přes toto doplnění pravidla si myslíme, že tato změna povede ke zvýšení míry redukce tělesné hmotnosti, neboť závodníci budou mít více času na regeneraci a doplnění ztrát tekutin. Toto s sebou může přinášet vyšší rizika dopadu na zdraví závodníků a to jak z krátkodobého hlediska, například zvýšení rizika úrazu, tak i z hlediska dlouhodobého. Proto je nezbytné se touto problematikou zabývat a snažit se najít způsoby, jak možná rizika minimalizovat.



# 1 TEORETICKÁ ČÁST

## 1.1 Charakteristika sportu judo

### 1.1.1 Historie juda

Judo je olympijský sport japonského původu, který se zrodil až v druhé polovině minulého století (v roce 1882). Jeho tvůrce profesor Jigoro Kano (1859 – 1938) jej vytvořil z vybraných chvatů starého bojového umění japonských samurajů – jujutsu, kde vyloučil nebo upravil potencionálně nebezpečné techniky a držení tak, aby bezpečnost byla na prvním místě. Poznatky, které Jigoro Kano shromáždil studiem starých materiálů a při své praxi utřídil, přizpůsobil tehdejšími poznatkům tělovýchovného procesu a vytvořil vlastní systém, který nazval Kodokan Judo. K uznání nového stylu ostatními školami došlo po tzv. utkání pravdy (dóžó džaburi, angl. trans. dojo yaburi) v r. 1886 mezi školami Kodokan a Tocuka, ve kterém Kanovi bojovníci jedenáct utkání vyhráli a pouze jeden zápas skončil nerozhodně. Toto přesvědčivé vítězství zajistilo Kodokanu prvenství před všemi starými školami jujutsu, a to nejen pokud jde o vnitřní náplň a morální působení nového systému, nýbrž i pokud jde o jeho praktickou cenu v boji (Shishida, 2012). V pozdějších letech prosadil Jigoro Kano jako ministr školství výuku juda na základních a středních školách v Japonsku a rozšířil ji na tělovýchovný systém. V současné době mají studenti v Japonsku možnost výběru mezi judo a kendó. Judo se také začali učit japonští policisté v rámci profesního výcviku.

V současnosti je Kodokan Judo nazýváno jako tzv. měkká škola, kde proti síle útoku nejde síla obránce, ale obránce se snaží vyhnout či jej odvést stranou (na rozdíl od např. karate, kde jde síla obrany proti síle útoku). Dvě základní hesla juda jsou: minimální úsilí – maximální účinnost (Seirijoku zenjó) a vzájemný prospěch (Džita kjoei). První princip znamená využívat co nejúčinněji svou sílu a umožňuje porazit i fyzicky silnějšího soupeře. Druhý princip učí vzájemnému respektu mezi lidmi.

Název judo vznikl sloučením dvou slov “ju“ a “do“, což odpovídá českému “jemná cesta“. V současné době bychom judo zařadili spíše mezi bojové sporty než bojová umění. Už i jeho vznik totiž nebyl spojen s bojem, ale s tělovýchovným cvičením. Tento nově vzniklý systém měl zlepšovat posilování těla a udržovat ho zdravé. Systém byl určen pro muže i ženy v každém věku a měl být využíván i ke

sportovním zápasům. Zakladatel Jigoro Kano si však původně nepřál, aby v judu dominovala sportovní hlediska, ale aby bylo vyváženým systémem tělesné výchovy, sebeobrany a soutěže. Kano v judu vyvinul zcela unikátní systém technických stupňů - pásků, který později převzala většina bojových sportů.

Do sportovních soutěží se judo dostávalo postupně. První mistrovství světa v judu se konalo v Tokiu v roce 1956. Na olympijských hrách bylo judo poprvé představeno v roce 1940 jako ukázkový sport, součástí olympijských her se stalo v roce 1964 na OH v Římě. První ženský světový šampionát se uskutečnil v roce 1980, o olympijské medaile mohly ženy bojovat poprvé v roce 1992.

V Čechách začíná historie juda v roce 1919, kdy Vysokoškolský sport Praha zahájil první kurzy jujitsu. Na ně navázala armáda kurzy sebeobrany. V roce 1936 a v roce 1939 navštívil Čechy zakladatel juda Jigoro Kano a od té doby se datuje nebyvalý rozvoj juda u nás. Další rozvoj juda nastal po roce 1964 se zařazením do programu olympijských her (Srdínko, 1987).

### **1.1.2 Charakteristika juda**

Judo je individuální sport, který je možné definovat jako bojový sport založený na přímé střetnutí dvou soupeřů (Kalina, 2000). Podobně jako další bojové sporty patří mezi sportovní odvětví, která jsou typická acyklickými pohybovými činnostmi. Střídají se zde statické a dynamické režimy svalové práce, zatěžují se různé svalové skupiny intenzitou, která se neustále v průběhu utkání mění. Závodní judo je popisováno jako velmi komplexní pohybový výkon vyžadující kromě vynikající fyzické kondice také vysoké technické dovednosti a variabilitu (Blais et al., 2007; Boguszewska et al., 2010; Lech et al., 2010).

Cílem sportovce je dokázat na základě fyzických a technických předpokladů a vysoce organizovaného taktického myšlení a jednání v rámci pravidel svou převahu nad soupeřem. Snahou je porušení rovnováhy protivníka chvaty a jeho pád případně s cílem soupeře znehybnit či donutit ho vzdát se při použití dovolených postupů (škrčení, páčení) (Havlíčková et al., 2004). Doba zápasu u mužů je 5 minut, u žen 4 minuty (od r. 2014), u mládeže 3 - 4 minuty dle věku. Zápas končí buď rozdílem bodového hodnocení po vypršení tohoto časového limitu, nebo před časovým limitem dosažením iponu. Pokud po uplynutí standardní doby zápasu je stav nerozhodný zápas pokračuje dál tzv.

zlatým skórem (golden score) dokud některý ze závodníků neskóruje nebo není jeden z judistů napomínán. Intenzita zatížení je závislá nejen na trvání, ale i na způsobu a pojetí boje, kvalitách soupeřů atd.

Závodníci jsou na soutěže rozděleni jednak podle věku a dále podle tělesné hmotnosti. Nejmladší kategorie jsou 2 kategorie mláďat (U9 – „under 9“, tj., závodníci ve věku 5 - 8 let a U11 – tj. 9 - 10 let), dále kategorie mladších žáků/žákyň (U13 – tj. 11 - 12 let) a starších žáků/žákyň (U15 – tj. 13 - 14 let). Následuje kategorie dorostenců/dorostenek (U18 – tj. 15 - 17 let), kategorie juniorů/juniorek (U20 – tj. 18 - 19 let) a kategorie seniorů/seniorek (ve věku 20 let a více). Velikou výhodou juda je možnost věnovat se tomuto sportu nezávodně ale i závodně do vysokého věku. Kategorie masters je od 30 let věku a je opět rozdělena do věkových a hmotnostních kategorií. U seniorských kategorií jsou závodníci i závodnice rozděleni do 7 hmotnostních kategorií. Ženy mají hmotností kategorie do 48 kg, do 52 kg, do 57 kg, do 63 kg, do 70 kg, do 78 kg a nad 78 kg; muži nejnižší do 60 kg, dále do 66 kg, do 73 kg, do 81 kg, do 90 kg, do 100 kg a nejvyšší nad 100 kg. Podrobnější rozdělení závodníků podle věku a tělesné hmotnosti naleznete v příloze č. 3.

I přes v dnešní době převažující sportovní pojetí juda je zde mnoho dalších pozitivních aspektů tohoto bojového sportu na člověka. Není to tedy jen olympijský sport s tradicí a nejrozšířenější bojový sport na světě, ale i výchovný systém. Judo bylo organizací UNESCO doporučeno jako nejvhodnější sport pro děti. Trénink juda podporuje všeobecný fyzický rozvoj dítěte, dále se děti učí vzájemnému respektu, sebeovládání, bojovnosti, trpělivosti, úctě k soupeři, umění přijmout prohru a umění vítězit. Judo tedy podporuje všeobecný fyzický rozvoj, kde se harmonicky doplňuje složka fyzická se složkou výchovnou. Pozitivní vliv juda a některých dalších bojových umění byl již dříve dobře zdokumentován (Midgley, 1979). Studie provedené v průběhu posledních 25 let potvrdily významný pozitivní dopad praktikování juda na různé aspekty vývoje člověka a to jak somatické (Jagiełło & Kalina, 2007; Trivic et al., 2009; Burdukiewicz et al., 2010; Pałka et al., 2010; Wolska et al., 2010), tak i z hlediska duševního a sociálního zdraví (Sterkowicz et al., 2008). Existuje mnoho výhod pro praktikování juda a to tedy zejména už od dětství, a to kromě rozvoje síly, svalové vytrvalosti, koordinace, obratnosti, rovnováhy a flexibility také vývoj disciplíny a úcty (Fetto et al., 1994; Violan et al., 1997; Sekulic et al., 2006). Také další autoři uvádějí pozitivní účinky juda a dalších bojových umění na chování člověka ve smyslu snížení

výskytu nepřátelství (Daniels & Thornton, 1990; Daniels & Thornton, 1992) a agresivity (Lamarre & Nosanchuk, 1999).

### **1.1.3 Charakteristika sportovního výkonu v judu**

Judo řadíme do skupiny rychlostně-silových sportů. Klade vysoké nároky na úroveň kondičních schopností a je velice náročné na sladění složitých pohybů, rovnováhu, orientaci v prostoru, rychlost reakce a neustálé změny pohybu. Judistický výkon vyžaduje vysoké rezervy anaerobní vytrvalosti a kapacity s dobrou úrovní aerobního systému (Little, 1991). Z pohybových schopností sehrává při judistickém zápase důležitou úlohu síla, především vytrvalost v dynamické síle a statická síla trupu a paží. Není zde vždy určující velikost absolutní vyvíjené síly závodníka, jako rychlost, směr jejího působení a místo nasazení. Rychlost v judu má velký význam také ve spojení s reakční rychlostí na dotykové podněty. Rozvinutá schopnost vnímat taktilní podněty při úchopu nebo v jiném kontaktu se soupeřem umožňuje, často podvědomě, reagovat na změnu soupeřova svalového napětí, dýchání, změny polohy těžiště, a tak předvídat jeho záměr (Štěpánek et al., 1990). V judu je rozvíjena rychlost převážně acyklických pohybových činností prováděných ve velmi proměnlivých podmínkách. Obratnost jako další z pohybových schopností se rozvíjí ve vztahu k technice chvatu a projevuje se ve variabilitě a přizpůsobivosti techniky odlišnému věku, pohybovým návykům a dalším vlastnostem soupeře. Na rozvoji pohyblivosti závisí kvalita a účinnost vykonávaných technik. Dále jsou důležité senzomotorické schopnosti, postřeh a přesnost pohybu.

Z metabolické charakteristiky lze zvýraznit rychlé střídání intenzity od střední po maximální. Udávají se hodnoty v rozmezí 1200 až 2400 % náležitého bazálního metabolismu (BMR). Vzhledem k možnostem různé délky vlastního sportovního výkonu (při ukončení před časovým limitem) a k možnosti několikerého opakování výkonu během soutěžního dne, jsou využívány všechny zóny metabolického krytí (Havlíčková et al., 2004).

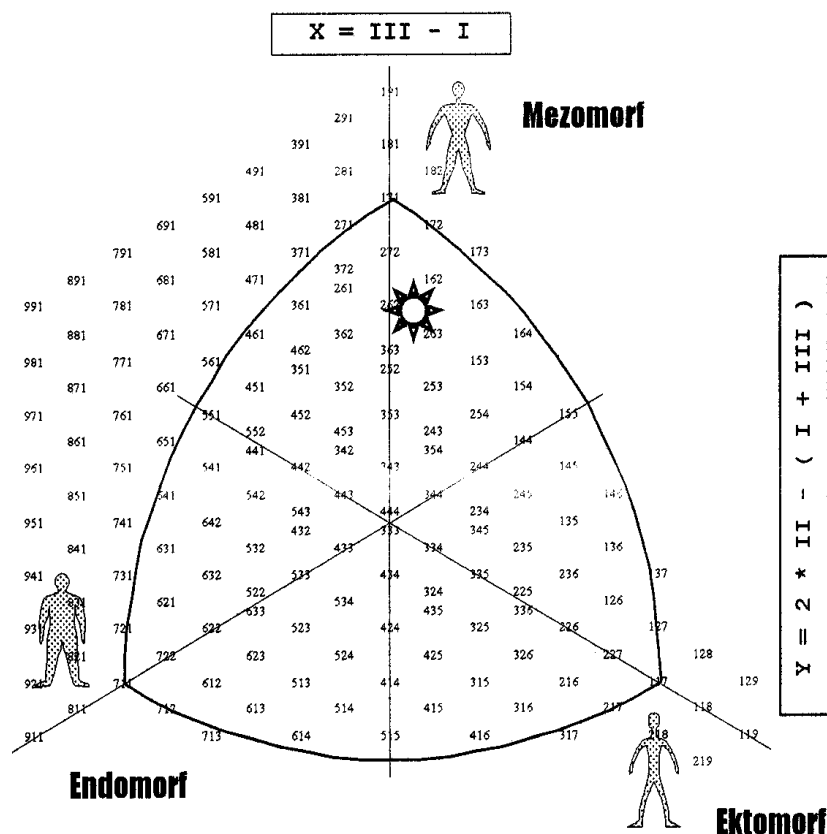
V náročných a vyrovnaných zápasech se tepová frekvence zvyšuje z klidových hodnot (60 – 70 tepů.min<sup>-1</sup>) až na hodnoty kolem 200 tepů.min<sup>-1</sup> i více. Krevní tlak se zvyšuje na hodnoty 200/60 torry. Hladina laktátu se zvyšuje na 10 – 15 mmol.l<sup>-1</sup> i více.

Havlíčková et al. (2004) zjistili anaerobní laktátovou kapacitu, která je reprezentovaná maximální laboratorní pozátěžovou hodnotou krevního laktátu (LA max), u českých vrcholových judistů mezi 12,5 až 13,8 mmol.l<sup>-1</sup>. Oproti tomu studie (Laskowski et al., 2012) zabývající se hladinou laktátu po judistickém zápase zjistila u mužů nejvyšší hodnoty 25,1 mmol.l<sup>-1</sup>. Dále při zápase dochází ke střídání aerobních a anaerobních fází s častými spurty, vyžadující maximální mobilizaci energetických rezerv (např. při únicích z držení, škrčení nebo páčení, sérii útoků a obrany v postoji, vystupňování tempa boje ke konci zápasu apod.). Při zápase se dýchá pravidelně, v době největší námahy při vlastním provedení chvatu však obvykle dochází k zadržování dechu i na několik vteřin. Poté následují rychlé dechy se zvýšenou ventilací. Vitální kapacita se u mužů pohybuje mezi 4500 až 5000 ml, což představuje 100 až 120 % náležité vitální kapacity a spotřeba kyslíku činí cca 58 ml na kg.min<sup>-1</sup>. Uvedené vlivy působí kombinovaně a kladou velké nároky na schopnost organismu podávat výkon v podmínkách hypoxie. Nezbytným předpokladem rozvoje speciální zápasové vytrvalosti je dosažení vysoké úrovně obecné aerobní vytrvalosti (Komárková, 1999). Studie zabývající se energetickou náročností bojových sportů uvádějí u juda hodnotu 5,3 MET u začátečníků a 10,3 MET u pokročilých judistů (Ainsworth et al., 2000; Ainsworth et al., 2012).

Judo je intermitentní sport, neboť je zde sportovní výkon přerušován (Franchini et al., 2008; Franchini et al., 2011b). Studie věnující se časové struktuře judistického zápasu (Sikorski et al., 1987; Castarlenas & Planas, 1997) zjistily, že časové úseky fyzické aktivity trvající průměrně 15 – 30 s jsou prokládány intervaly (přerušování zápasu rozhodčím) v délce přibližně 10 s. Nakamura et al. (2005) zjistili průměrný čas fyzické aktivity běžného judistického zápasu 3,30 ± 0,17 min. K podobným výsledkům dospěli i Laskowski et al. (2012), kteří udávají průměrný čas 3,40 min. Sikorski (1985) zjistil, že ve většině judistických zápasů je útok přibližně každých 15 – 20 s.

#### **1.1.4 Morfofunkční charakteristika judisty**

Antropometricky lze judisty souhrnně charakterizovat jako mezomorfní typy (Coufalová, 2009).



☀ ... průměrný somatotyp souboru (1,5 : 5,7 : 2,1 – vyrovnaný mezomorf)

Obrázek 1. Průměrný somatotyp českých elitních judistů (Coufalová, 2009)

Franchini et al. (2011a) určili endomezomorní typ u judistek a u mužů ve věkových kategoriích dorostenců a juniorů, zatímco u mužů v seniorské kategorii převažoval somatotyp mezomorfní. Havlíčková et al. (2004) charakterizují judisty jako endomezomorfní typy prakticky ve všech hmotnostních kategoriích, s malým množstvím podkožního tuku a s vysokým podílem tukuprosté hmoty (FFM). Velikost aerobní kapacity, která je reprezentována maximálním aerobním výkonem ( $VO_2 \max$ ), řadí judisty do středu pole sportovců, ve kterém nejnižší hodnoty mají sportovci technických disciplín a nejvyšší vytrvalci. Vzhledem k různé hmotnosti judistů je vhodné vyjádření relativní ( $VO_2 \max \cdot kg^{-1}$ ), kde hodnota bývá vždy vyšší u nižších hmotnostních kategorií. Callister et al. (1991) uvádějí, že maximální aerobní kapacita se u judistů pohybuje v rozmezí 50 až 70  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ , což ukazuje na velké aerobní nároky v judu. Sertić et al. (2006) zaznamenali hodnoty u chorvatských judistů  $58,7 \pm 2,6 \text{ ml} \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  a u judistek  $47,7 \pm 5,3 \text{ ml} \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ . Také další studie (Sterkowicz et

al., 1999; Borkowski et al., 2001; Sbriccoli et al., 2007; Almansba et al., 2010) uvádějí hodnoty  $VO_2$  max u judistů mezi 50 – 62 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>. Aerobní kapacitu charakterizuje také hodnota anaerobního prahu, která zde dosahuje v průměru 84 %  $VO_2$  max u mužů a 88 %  $VO_2$  max u žen (nesportující populace 65 – 70 %  $VO_2$  max). Little (1991) charakterizuje judisty jako sportovce s nadprůměrnou vytrvalostní kapacitou, dobrou anaerobní výkonností a kapacitou horní části těla a nadprůměrnou silou a flexibilitou.

Typologie svalových vláken se u judistů podobá nesportovcům. Bylo zjištěno, že procento pomalých oxidativních vláken (SO, typ I) stoupá s vyšší hmotnostní kategorií mužů i žen. Recipročně klesá procento rychlých vláken typu II B (FG), typ II A (FOG) se prakticky nemění (Havlíčková et al., 2004).

### **1.1.5 Problematika předsoutěžní redukce tělesné hmotnosti**

V judu, ale i v jiných sportech, kde jsou předepsány hmotnostní kategorie a tedy určitá ohraničená hmotnost závodníka je podmínkou startu v soutěži, se u sportovců stalo zvykem redukovat hmotnost před závody k získání určité převahy nad soupeřem a zvýšení šance na úspěch. Závodníci tedy běžně mají větší tělesnou hmotnost než tu, ve které startují (Oppliger et al., 1991; Fogelholm et al., 1993; Oöpik et al., 1996; Kinningham & Gorenflo, 2001; Kraemer et al., 2001; Finn et al., 2003). Ransone a Hughest (2004) ve své studii na zápasnících (n = 78) uvádějí, že rozdíl mezi soutěžní tělesnou hmotností a aktuální tělesnou hmotností 24 hodin před soutěží může představovat až 6,60 %.

Délka většiny těchto redukcí se pohybuje v rozmezí 3 - 5 dní (Coufalová et al., 2012a). Hmotnostních úbytků je dosahováno výrazným omezením nutričního příjmu a příjmu tekutin spolu se záměrným pocením a to jak pasivním (pomocí sauny) tak také aktivním (intenzivním cvičením často ve více vrstvách oblečení nebo ve speciálních gumových oblecích) (Degoutte et al., 2006; Finaud et al., 2006). To s sebou přináší řadu negativních dopadů na zdraví a výkon závodníka. Z těchto negativních dopadů rapidní redukce tělesné hmotnosti na fyzickou stránku sportovce můžeme uvést nárůst tepové frekvence, zhoršení oběhových a dýchacích funkcí, porucha termoregulačních pochodů s rizikem přehřátí, pokles průtoku krve ledvinami a tím možnost usazování některých látek v ledvinách a v neposlední řadě také pokles množství solí v organismu. Snížené množství obíhající krve se projevuje snížením výkonnosti srdce při maximálním i

středním výkonu. To vede také ke snížení svalové síly a tím klesá i doba, po kterou je sportovec schopen podávat intenzivnější výkony. Dále dochází k vyčerpání zásob glykogenu, snížení kapacity nárazníkového systému v krvi, poklesu koncentrace plazmových proteinů, triacylglycerolu, vitamínu B6, hořčíku a vzestupu koncentrace volných mastných kyselin a cholesterolu v krvi (Degoutte et al., 2006). Bylo prokázáno, že dehydratace vyplývající z fyzické aktivity je méně škodlivá než dehydratace vyplývající z působení tepelných faktorů (sauna, speciální oblečení), neboť v tomto případě se spolu s potem ve větší míře ztrácí minerály, jako například sodík a draslík oproti pocení při fyzické aktivitě, na něž jsou sportovci zvyklí (Degoutte et al., 2006). Dále bylo prokázáno, že ztráta 5 % tělesné hmotnosti v krátkém časovém horizontu zvyšuje riziko zranění (Green et al., 2007).

Tyto změny vedou tedy ke snížení výkonnosti sportovce a mohou i v některých případech při častém opakování ohrozit jeho vývoj a zdravotní stav. Toto je důležitý fakt, kterého by si jak závodníci, tak i trenéři měli být vědomi. Platí to zejména u mladých sportovců, kteří ještě nedosáhli fyzické zralosti. Právě u mladého organismu se nebezpečnost rychlého snižování tělesné hmotnosti zvyšuje (Steen & Brownell, 1990). Bohužel ani u mladých závodníků není předsoutěžní snižování tělesné hmotnosti nijak výjimečným jevem. To dokládají i Artioli et al. (2010a), kteří zjistili, že průměrný věk, ve kterém začínají mladí judisté a judistky snižovat svojí tělesnou hmotnost před soutěží je  $12,6 \pm 6$  let. Steen a Brownell (1990) uvádějí průměrný věk první redukce tělesné hmotnosti u zápasníků 14 let. Smith (2000) zaznamenal průměrnou redukci tělesné hmotnosti u mladých boxerů ve věku 14 – 16 let o 2,7 % tělesné hmotnosti u chlapců a o 2,8 % tělesné hmotnosti u dívek.

Jak již bylo krátce zmíněno, hlavní redukční metoda bývá téměř vždy restrikce příjmu tekutin spolu s výrazným omezením energetického příjmu. Toto dokládají například Kurakake et al. (1998), kteří zaznamenali významné snížení denního kalorického příjmu u japonských judistů. Dále také zjistili změny ve složení stravy a to v podobě mírného vzestupu příjmu sacharidů a naopak poklesu příjmu tuků a proteinů při redukci tělesné hmotnosti oproti běžnému stravování. Výhodu těchto změn ve stravě, tedy zachování vysokého podílu sacharidů při sníženém energetickém příjmu, pro sportovní výkon dokládají i některé další studie (Walberg et al., 1988; Horswill et al., 1990b; McMurray et al., 1991; Kordi et al., 2009). Fleming a Costarelli (2007), kteří se zabývali nutričním příjmem a tělesným složením v souvislosti se snižováním tělesné



hmotnosti u závodníků taekwonda, zjistili snížení energetického příjmu 5 dní před soutěží o 35 % (tj. o 793 kcal.den<sup>-1</sup>; z 2257 kcal.den<sup>-1</sup> na 1464 kcal.den<sup>-1</sup>). Co se týče jednotlivých živin, došlo k výraznému snížení příjmu tuků a to o 43 % (z 106,0 ± 52,4 g.den<sup>-1</sup> na 59,9 ± 22,8 g.den<sup>-1</sup>), přičemž podíl tuků na celkovém energetickém příjmu se snížil ze 40,2 ± 4,4 % na 35,9 ± 5,4 %. Zastoupení proteinů se snížilo o 11,0 % (ze 79,9 ± 17,6 g.den<sup>-1</sup> na 71,0 ± 29,0 g.den<sup>-1</sup>). Denní příjem sacharidů klesl o 35,0 % (z 261,6 ± 91,7 g.den<sup>-1</sup> na 169,7 ± 54,4 g.den<sup>-1</sup>), významně se také snížil příjem jednoduchých cukrů a to o 26 % (ze 73,4 ± 24,4 g.den<sup>-1</sup> na 54,3 ± 19,0 g.den<sup>-1</sup>). Z minerálních látek se významně snížil příjem sodíku a vápníku.

Velmi diskutovaným problémem je vliv snížení tělesné hmotnosti na sportovní výkon. Vzhledem k tomu, že nejčastějším způsobem těchto redukčních procesů je metoda dehydratace, je možné, že dojde nejen ke snížení celkové vody v těle, ale také ke snížení aktivní složky, což může mít negativní dopad na svalovou sílu. Podle Fogelholma (1994) aerobní vytrvalostní kapacita po rychlém snížení hmotnosti klesá, ale po postupném snižování se může naopak zvýšit. Maximální spotřeba kyslíku (VO<sub>2</sub> max) vyjádřena v ml.min<sup>-1</sup> se nezmění nebo sníží po ztrátě hmotnosti, ale při vyjádření v ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> se VO<sub>2</sub> max může po postupném snižování tělesné hmotnosti zvýšit. Anaerobní výkonnost a svalová síla jsou sniženy po rychlé redukci tělesné hmotnosti bez nebo s pouze krátkou dobou (1 až 3 hodiny) rehydratace. Pokud ale budeme testovat výkonnost 5 až 24 hodin po rehydrataci, zjistíme stejnou úroveň jako při hydratovaného stavu. Při postupném snižování tělesné hmotnosti by anaerobní výkonnost neměla být ovlivněna. Snížením objemu plazmy, svalového glykogenu a pufrovací kapacity krve je možné vysvětlit snížení výkonu po rychlém úbytku tělesné hmotnosti. Během postupné ztráty hmotnosti může pomalá resyntéza glykogenu po tréninku a ztráta svalové bílkoviny ovlivňovat sportovní výkon. Strava s vysokým obsahem sacharidů během redukce tělesné hmotnosti naopak může pomoci při zachování výkonu. K závěru, že redukce tělesné hmotnosti negativně ovlivňuje aerobní a i anaerobní výkon a snižuje bazální metabolismus, dospěly některé další studie (Houston et al., 1981; Steen et al., 1988; Scott et al., 1990). Na druhou stranu Artioli et al. (2010b) uvádí, že výkonnost v judu není ovlivněna, pokud daný závodník redukuje svojí tělesnou hmotnost vícekrát za rok, ztráta hmotnosti nepřekročí 5 % a jsou zde alespoň 4 hodiny mezi oficiálním vážením a sportovním výkonem. Taktéž Fogelholm et al. (1993) došli k závěru, že redukce do 5 % tělesné hmotnosti neovlivní sportovní

výkon u zkušených závodníků. Naopak studie (Rankin et al., 1996) zabývající se vlivem redukce tělesné hmotnosti na intenzivní intermitentní zatížení paží ukázala, že ztráta 3 - 4 % tělesné hmotnosti bude mít na tento výkon negativní dopad. Problematikou intenzivního snižování tělesné hmotnosti u boxerů a zápasníků se zabývali také armádní tělovýchovní lékaři klubu Steana Bukurešť a zjistili, že rychlá redukce hmotnosti snižuje hodnoty svalové síly, snižuje reakční rychlost a zhoršuje koordinaci pohybů pod vlivem změn ve výměně látek, které působí na nervové a svalové tkáně (Nikolau, 1977).

Dále několik studií zkoumalo vztah mezi úspěchem a snížením hmotnosti. Horswill et al. (1994) nenalezl u zápasníků žádné výhody manipulace s tělesnou hmotností na americké univerzitní úrovni. Naproti tomu Wroble a Moxley (1998) na meziškolní soutěži zjistili větší hmotnostní nárůst, tedy návrat k původní hmotnosti (1,5 kg; resp. 2,4 %) u sportovců, kteří byli úspěšní v prvním kole soutěže oproti těm, kteří úspěšní nebyli (1,2 kg; resp. 1,9 %). Souvislostí mezi snížením tělesné hmotnosti a výsledkem v soutěži se zabývali také Kurakake et al. (1998). Autoři zkoumané probandy rozdělili do třech skupin podle hmotnostního úbytku, přičemž u skupiny s největším hmotnostním úbytkem (>6 % tělesné hmotnosti) nezaznamenal žádný postup do finálové skupiny oproti skupinám s malým (<3 % tělesné hmotnosti) a středním ( $3 \leq a < 6$  % tělesné hmotnosti) hmotnostním úbytkem.

Bylo zjištěno, že intenzivní snižování tělesné hmotnosti ovlivňuje kromě fyzické stránky jedince také stránku psychickou, což také může do značné míry ovlivnit sportovní výkon. Studie zabývající se změnami nálad vlivem redukce tělesné hmotnosti (Choma et al., 1998; Filaire et al., 2001; Hall & Lane, 2001; Landers et al., 2001) dokládají zhoršení kognitivního výkonu. Degoutte (2006) zjistil, že po sedmidenní redukci hmotnosti, při které byl energetický příjem snížen o 4000 kJ denně, dochází ke změnám nálady a zvýšení únavy a napětí. Dále konstatuje, že dietní omezení spolu s intenzivním cvičením se promítají jak do fyziologické tak i psychologické stránky sportovce a vedou ke zhoršení tělesné výkonnosti. Také Yoshioka et al. (2006) zkoumali rozdíly v psychické odezvě na redukci tělesné hmotnosti a to jak u mužů tak i žen. Skupinu tvořilo 43 judistů (redukující skupina – 22 mužů, snížení o 3,4 % těl. hmotnosti, a 8 žen, snížení o 4,9 % těl. hmotnosti), přičemž poruchy nálady byly zjištěny ve zvýšené míře pouze u mužů.

Dalším úskalím opakovaného snižování tělesné hmotnosti je znovunabytí ztracených kilogramů, kde je riziko získání více kilogramů než závodník zredukoval. Může tak docházet k tomu, že závodníci postupně potřebují redukovat více a více kilogramů. Studie (Scott et al., 1994) zabývající se otázkou znovunabytí tělesné hmotnosti u zápasníků (n = 668) po 20 hodinách od oficiálního vážení zjistila nárůst tělesné hmotnosti o  $4,9 \pm 2,4\%$  ( $3,3 \pm 1,5$  kg). Byl zde nalezen inverzní vztah, tedy zápasníci v nejlehčích hmotnostních kategoriích získali zpět největší hmotnost (kg), ve srovnání s těžšími zápasníky ( $r = -0,45$ ,  $p < 0,05$ ). Další studie (Wroble & Moxley, 1998) zabývající se tímto tématem zjistila 12 hodin po vážení zvýšení hmotnosti zápasníků o  $1,3$  kg  $\pm$   $1,1$  s rozmezím od  $-2,0$  kg do  $+4,4$  kg, což odpovídalo  $2,2 \pm 1,7$  % tělesné hmotnosti. Také tato studie zjistila statisticky významný ( $p < 0,05$ ) vyšší hmotnostní přírůstek u nižších hmotnostních kategorií než u vyšších.

U žen je studií zachycující vliv předsoutěžní redukce tělesné hmotnosti na fyzickou nebo psychickou stránku mnohem méně než je tomu u mužů. Z výzkumu Umedy et al. (1999) vyplývá, že u žen se tato rychlá redukce projevuje v mnohem menší míře. Zkoumaný soubor čítal 22 mužů a 7 žen, kde redukce u mužů byla  $2,2 \pm 1,4$  kg a u žen  $2,0 \pm 1,4$  kg. Jak u mužů tak i žen došlo k signifikantnímu poklesu v množství tuku a energetického příjmu. Pouze u mužů se významně snížila tukuprostá hmota a došlo k signifikantním změnám v řadě krevních biochemických parametrů. Rozdíl mezi muži a ženami byl také zjištěn pomocí profilu nálad (POMS = profile of mood states), kde u mužů byl zaznamenán výrazný nárůst fyzického stresu, zatímco u žen stresu psychického.

## 1.2 Tělesné složení

Tělesné složení je jedním z nejdůležitějších ukazatelů vývojového stupně v průběhu ontogeneze, dále úrovně zdraví, tělesné zdatnosti a výkonnosti a stavu výživy. Studie tělesného složení se v současné době soustřeďují na změny složení těla v průběhu růstu, vývoje a stárnutí, změny pod vlivem tělesné zátěže a sportovního tréninku, a dále při obezitě a jejím léčení. Tělesné složení je dáno z části geneticky a z části je formováno exogenními faktory, mezi které řadíme pohybovou aktivitu, výživové faktory a celkový zdravotní stav organismu. Stanovení tělesného složení, hlavně tělesného tuku, celkové tělesné vody (TBW), intracelulární (ICW) a

extracelulární tekutiny (ECW) a množství svalových buněk zpracovávajících kyslík (BCM), se stává rutinní součástí většiny hodnocení, tzn. zdravotně orientované zdatnosti na straně jedné a posouzení nutričního i zdravotního stavu na straně druhé (Bouchard et al., 1994). Informace o tělesném složení tedy mohou být indikátorem nutričního stavu sportovce, ale taktéž mohou poskytnout informace o aktuální homeostáze tekutin v těle (Andreoli et al., 2003). Pro sportovce může být měření tělesného složení a sledování jeho změn významným přínosem nejen ve smyslu určení přiměřené tělesné hmotnosti pro období závodu či soutěže, ale i pro hodnocení efektu tréninkového procesu (Sinning, 1996; Ishiguro et al., 2005).

V hodnocení tělesného složení se využívá nejčastěji dvousložkový model, tj. tuk (FM) a tukuprostá hmota (FFM), resp. tříložkový model, který zahrnuje tuk, kostní hmotu a měkkou beztukovou hmotu, event. anatomický model (tuk, svalová hmota, kosti, orgány, reziduum) nebo chemický model (voda, minerály, proteiny, tuk, sacharidy) (Heller & Vodička, 2011).

Pravidelné monitorování změn složení těla dnes nachází uplatnění téměř ve všech sportech nejen pro hodnocení úrovně zdravotního stavu, ale zejména pro přímou souvislost s úrovní sportovní výkonnosti, např. zvýšené množství tělesného tuku může negativně ovlivňovat vytrvalostní výkonnost nebo výkonnost v koordinačně estetických sportech. Naopak vyšší hodnoty aktivní tělesné hmoty mohou být předností v silových disciplínách (Pařízková, 1998; Heller & Vodička, 2011). Informace o tělesném složení se mohou také použít k odhadu optimální tělesné hmotnosti sportovce nebo v určitých sportech pro zařazení do soutěžních hmotnostních kategorií, jako např. u zápasu, kulturistiky nebo juda (Heyward & Stolarczyk, 1996).

### **1.2.1 Metody zjišťování tělesného složení**

V praxi existuje celá řada metod pro určení složení těla, od běžně prováděné bioelektrické impedance, přes denzitometrii, podvodní vážení až po složitější určování pomocí fotonové absorpce, gamma radiometrii, isotopové koncentrace, počítačové tomografie, magnetické rezonance atd. Populační studie často využívají antropometricky měřených výškově-hmotnostních indexů, např. indexu tělesné hmotnosti neboli body mass indexu BMI [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ]. Tento index lze vypočítat z následující rovnice:

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

Populační norma či doporučené rozmezí pro dospělé odpovídá 20 – 25 kg.m<sup>-2</sup> a hodnoty 25 – 30 kg.m<sup>-2</sup> se označují jako „nadváha“. Tento způsob hodnocení ale není vhodný u sportujících, u nichž zpravidla bývá více svalové hmoty než u běžné populace a tzv. „nadváhu“ u sportujících nelze přisuzovat zvýšení tělesného tuku (Heller & Vodička, 2011).

Metody měření tělesného složení se obecně dají rozdělit na laboratorní a terénní, přičemž se jednotlivé metody liší přístrojovou a personální náročností i přesností stanovení sledovaných dat (Roche et al., 1996). Celá řada metod, které jsou uvažovány za referenční (DEXA, radioizotopové techniky atd.), jsou v našich podmínkách omezeně dostupné a jsou prakticky nepoužitelné pro terénní populační studie. Proto je snaha využívat metody pomocí nich odvozených, které byť mají sníženou přesnost, jsou použitelné v terénu (Bunc & Dlouhá, 1998; Vignerová & Bláha, 2001). Mezi v současnosti nejpoužívanější nepřímou metodu patří bioelektrická impedance (BIA). Velkou předností této metody je relativně nízká cena, snadnější dostupnost, snadnost obsluhy spolu s minimálním zatížením testované osoby.

### 1.2.1.1 Bioelektrická impedance

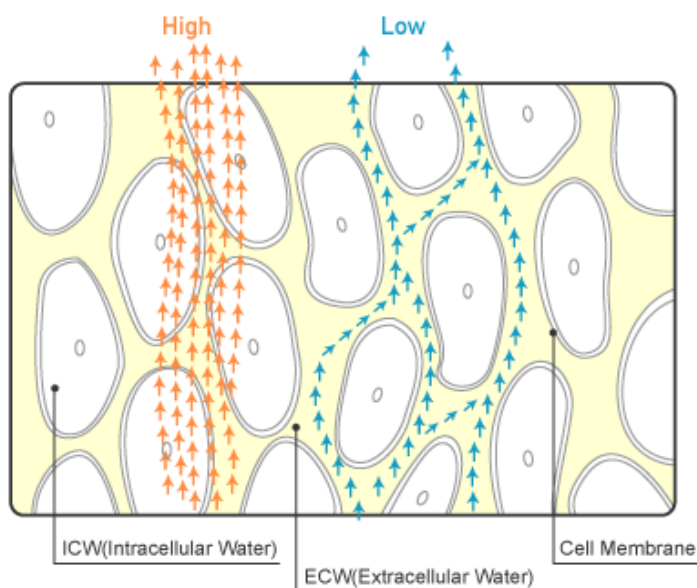
Bioelektrická impedance (BIA – Bioelectric Impedance Analysis) bezpochyby patří v dnešní době k nejrozšířenějším terénním metodám stanovení tělesného složení. Tato metoda se vyvinula počátkem 60. let 20. století, na počátku 80. let již bylo možné pomocí jednofrekvenční impedanční analýzy získat údaje o tělesném složení. Okolo roku 1990 dochází k rozšíření multifrekvenční analýzy pro komerční použití (Heyward & Stolarczyk, 1996).

#### **Princip BIA**

Bioelektrická impedance je založena na rozdílech v šíření střídavého elektrického proudu nízké intenzity biologickými strukturami při využití různých frekvencí. V biologických systémech je elektrická vodivost závislá na distribuci iontů a vody. Princip metodiky je založen na odlišných elektrických vlastnostech tkání, tuku a zejména tělesné vody. Tukuprostá hmota (FFM), obsahující vysoký podíl vody a

elektrolytů, představuje dobrý vodiče elektrického proudu, zatímco tuková tkáň (FM) se chová jako izolátor a špatný vodič (Heller & Vodička, 2011).

Výhodou multifrekvenčních přístrojů je rozlišení intracelulárního a extracelulárního prostoru. Proud o nízké frekvenci (1, 5 a 50 kHz) neproniká do intracelulárního prostoru, tudíž jím lze měřit hodnoty pouze extracelulární tekutiny (ECW) a naopak proud o vysoké frekvenci (250, 500 a 1000 kHz) proniká i přes buněčnou membránu do buňky a lze jím tak měřit hodnoty celkové tělesné vody (TBW). Měřením pomocí multifrekvenční BIA tak můžeme rozlišit množství celkové a extracelulární tekutiny v organismu a odvodit množství intracelulární tekutiny (ICW). Metoda bioelektrické imedance je velmi citlivá na stav hydratace organismu a je schopna zachytit příjem nebo ztrátu tekutin i menšího objemu než 0,5 l (Heller & Vodička, 2011).



Obrázek 2. Rozdíl v průchodu elektrického proudu o nízké a vysoké frekvenci biologickými tkáněmi

Základní proměnnou, kterou bioimpedanční metoda měří, je celková tělesná voda (TBW). Tukuprostá hmota (FFM) je dána rozdílem mezi celkovou hmotností a hmotností tělesného tuku a je určována na základě vztahu

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

kde hodnota 0,732 (73,2 %) představuje průměrnou hydrataci tukuprosté hmoty. Tento předpoklad je sporným místem bioimpedančních metod. Reálně změřená hydratace tukuprosté hmoty se pohybuje v rozmezí 61 - 82 % (Bunc et al., 2001).

Čím je větší podíl vody a tukuprosté hmoty, tím menší odpor je kladen elektrickému proudu a tím jsou nižší hodnoty impedance (Lukaski et al., 1985). Na základě regresních rovnic jsou pak z hodnot impedance vypočteny hodnoty celkové tělesné vody (TBW) i rozlišení na extracelulární (ECW) a intracelulární (ICW) tekutinu, procento tělesného tuku (FM), hodnoty tukuprosté hmoty (FFM), buněčné hmoty (BCM) a extracelulární hmoty (ECM), resp. jejich vzájemný poměr ECM/BCM (Stablová et al., 2003). Moderní přístroje umožňují mimo tyto parametry určit i segmentální rozložení tělesné tekutiny ev. tuku v horních i dolních končetinách a trupu. Pomocí těchto hodnot lze diagnostikovat asymetrie ve složení těla, případné svalové dysbalance nebo zranění a jejich následky v různých částech těla (Heller & Vodička, 2011). Tyto novější bioimpedanční přístroje umožňují sledovat více parametrů tělesného složení než jen tuk (FM) a tukuprostou hmotu (FFM) jak je tomu například u kaliperace. Výsledky měření nám dále poskytnou kromě výše zmíněných parametrů jako FFM, FM, TBW, ICW, ECW, BCM a segmentálního rozložení tekutin také odhadované hodnoty kostní hmoty, množství proteinů v těle, základní energetické potřeby (BMR) nebo množství viscerálního tuku.

### **Použití BIA**

Bioelektrická impedanční analýza (BIA) má mnoho výhod oproti jiným metodám, protože je bezpečná, relativně levná, přenosná, jednoduchá na manipulaci a vyžaduje minimum tréninku k jejímu ovládnutí. Slouží k neinvazivnímu měření tělesného složení. Byla ověřena v mnoha studiích a je značně používána pro stanovení celkové tělesné vody a tukuprosté hmoty u zdravých dospělých jedinců a dětí. Má široké využití v nemocnicích, zdravotních a kondičních centrech a v terénních studiích (Kushner, 1992).

### **Zdroje chyb**

Zdroje chyb bioimpedanční metody vycházejí jednak z nepřesností zaviněných obsluhou (tzv. biologická chyba) a jednak z vlastností samotného měřicího přístroje a

měřených subjektů (technická chyba). Chyba způsobená obsluhou zařízení je u BIA velmi nízká. Chyby vlastní metody lze rozdělit na chyby spojené s použitím predikčních rovnic, které závisejí na vhodnosti použité predikční rovnice, a na nepřesnosti spojené s vlastním měřením, které lze shrnout následovně:

- chyba vlastního měřicího zařízení ( $\pm 1,5 \%$ )
- přechodový odpor mezi elektrodou a kůží (lze zanedbat,  $\pm 0,5 \%$ )
- strana těla – pouze u přístrojů měřících na jedné straně těla (rozdíl mezi pravou a levou stranou těla,  $\pm 1 - 2 \%$ )
- stav hydratace organismu ( $\pm 2 - 4 \%$ )
- svod mezi měřeným subjektem a zemí ( $\pm 1 - 2 \%$ )
- měřicí frekvence ( $\pm 1 - 2 \%$ )
- aproximace lidského těla válcem nebo více válci ( $\pm 1 - 3 \%$ )

Byť celková chyba je dána součtem jednotlivých dílčích chyb, lze v reálných podmínkách za kontrolovaného stavu hydratace a při použití vhodných predikčních rovnic počítat s chybou okolo  $5 - 7 \%$  z naměřené hodnoty, což je v pásmu tolerovatelných chyb při měření biologických veličin. Při konkrétním měření je třeba také počítat s denní biologickou variabilitou, která se pohybuje na úrovni cca  $2 \%$  z naměřené hodnoty (Lohman, 1992).

## **1.2.2 Vybrané komponenty složení těla**

### **1.2.2.1 Tělesný tuk (FM = fat mass)**

Vycházíme-li z dvoukomponentového modelu, je lidské tělo rozděleno na tukovou hmotu (FM) a tukuprostou hmotu (FFM). Tuková hmota zahrnuje všechny extrahované tuky z tukových a jiných tkání v těle, tukuprostá hmota (FFM) zahrnuje všechny zbytkové látky a tkáně, včetně vody, svalů, kostí, pojivových tkání a vnitřních orgánů (Heyward & Stolarczyk, 1996).

V lidském těle se vyskytují dvě hlavní složky celkového tělesného tuku, tj. tuk esenciální a tuk depotní. Tuk esenciální (základní, strukturální) je nezbytný pro správnou funkci a stavbu nervové soustavy a některých tělesných orgánů a procesů. Esenciální tuk má důležitou roli v přeměně látkové, slouží také jako tlumič otřesů a



ochrana životně důležitých orgánů (játra, ledviny apod.). V membránách je tuk jednou z rozhodujících složek (ve formě fosfolipidů) a v kombinaci s bílkoviny vytváří „kostru“ membrán (Dlouhá et al., 1998). Jeho množství se pohybuje mezi 3 - 5 % u mužů a 8 - 12 % u žen (Lohman, 1992), resp. 2 - 3 % u mužů a 5 - 8 % u žen (Heyward & Stolarczyk, 1996). Tuk depotní (zásobní) je uložený v podkoží nebo viscerálně, tedy jako útrobní tuk (vzájemný poměr je dán individuální variabilitou jedince). Je bohatým zdrojem energie a zajišťuje tepelnou izolaci.

Tělesný tuk je shromažďován v adipocytech (tukových buňkách) a jeho ukládání je dáno jejich počtem a velikostí (kapacitou). V průběhu dospělosti není možné snížení jejich počtu, pouze zmenšení jejich velikosti. Vývoj adipocytu je řízen hormonálně a neuroendokrinními systémy ve vztahu k regulaci energetické rovnováhy (Mark et al., 1999). Hlavní složkou tukové tkáně jsou triacylglyceroly (více než 90 % hmotnosti), které jsou převážně v tukové vakuole. Obsah dalších lipidů je malý: cholesterol 0,16 %, fosfolipidy 0,15 % vlhké hmotnosti. Zbytek připadá na vodu (sušiny je 91,1 %). V tukové tkáni je v extracelulárním prostoru přibližně 3x více vody než intracelulárně. Na zvětšování rozsahu tukové tkáně se podílí především vlivy genetické a vlivy zevního prostředí, zvláště výživy.

Procento celkového tělesného tuku se u běžné populace pohybuje v rozmezí 15 - 18 % u mužů a 20 - 25 % u žen (Havličková et al., 2004). U sportovců a fyzicky aktivních jedinců závisí na sportovní disciplíně a výkonnostní úrovni sportovce (Heyward & Stolarczyk, 1996). Pro sportující muže se uvádí, že by minimální hodnota tělesného tuku neměla klesnout pod 5 %, jelikož tělesný tuk je potřebný pro normální fyziologické a metabolické funkce. Na druhou stranu v judu, ale i v dalších sportech bylo zjištěno, že vyšší množství tuku negativně koreluje s výkonností a to jak v aerobních tak i anaerobních testech (Thomas et al., 1989; Franchini et al., 2005). Výsledky naší předešlé studie (Coufalová, 2009) ukazují na průměrné zastoupení celkového tělesného tuku u předních českých judistů  $12,9 \pm 3,0$  %. Yoshioka et al. (2006) ve své studii ( $n = 22$ , průměrný věk =  $19,5 \pm 0,6$  let) uvádějí procento tělesného tuku u judistů  $11,3 \pm 6,1$  %. K obdobným výsledkům dospěli i další autoři, Ohta et al. (2002) uvádějí hodnoty tukové hmoty judistů ( $n = 10$ , průměrný věk = 20,0 let)  $11,6 \pm 3,6$  % a Prouteau et al. (2006) u elitních francouzských judistů ( $n = 22$ , průměrný věk =  $20,9 \pm 3,4$  let) hodnoty  $11,7 \pm 3,4$  %.

### 1.2.2.2 Tukuprostá hmota (FFM = fat free mass)

Tukuprostá hmota (FFM) je komponentou heterogenní. Zahrnuje tkáň maximálně metabolicky aktivní, což znamená zhruba hmotu těla bez depotního tuku. Tukuprostá hmota je tvořena netukovými komponentami jako jsou svaly, kůže, kosti a orgány. Lze ji stanovit oddělením tukové hmoty (FM) od celkové tělesné hmoty. FFM lze vyjádřit takto:

FFM = tělesná hmotnost - FM (fat mass)

FFM = BCM (body cell mass) + ECW (extracellular water, extracelulární tekutiny) +  
ECS (extracellular solids, extracelulární pevné látky)

FFM = ECM + BCM (Bunc, 2006)

Bylo zjištěno, že velikost a podíl této aktivní hmoty má na rozdíl od celkové tělesné hmotnosti, tělesné výšky a jiných morfologických ukazatelů úzký vztah k různým funkčním veličinám jako jsou např. spotřeba O<sub>2</sub> v klidu a při práci, minutový objem srdeční, objem cirkulující krve, respirační objem apod. (Pařízková, 1998). Vzájemný poměr jejích složek (kostra, svalstvo, ostatní tkáň) je variabilní v závislosti na věku, pohybové aktivitě a dalších exogenních i endogenních faktorech. Podíl svalstva na tukuprosté hmotě je u dospělých přibližně 60 %, opěrné a pojivové tkáň tvoří 25 % a 15 % připadá na hmotnost vnitřních orgánů. Tyto poměry se však v průběhu ontogeneze mění (Riegerová et al., 2006).

Ve výzkumu prováděném během 30 let byli zkoumáni jedinci, kteří neprováděli téměř žádné výraznější pohybové aktivity ani nedrželi redukční diety. Ukázalo se, že změna FFM je ovlivněna zejména změnou tělesné hmotnosti. Jedinci, kteří udrželi dlouhodobě svou hmotnost, ztratili průměrně 1,5 kg FFM za dekádu, ale zároveň získali stejné množství tuku. Jedinci, u kterých došlo během této doby k redukci hmotnosti, měli ještě větší ztráty FFM a ti, kteří zvýšili svou hmotnost, měli zároveň i větší podíl FFM (Forbes, 1999).

V literatuře je FFM někdy nahrazována termínem LBM (lean body mass) či ATH (aktivní tělesná hmota), což je v podstatě netuková komponenta zahrnující též esenciální tuk (Heyward & Stolarczyk, 1996). Aktivní složka, LBM (lean body mass), definována denzitou menší jak 1,100 g.cm<sup>-3</sup> (Lohman, 1992) se považuje za důležitý předpoklad pro výkon v zápase nebo dalších bojových sportech tím, že zahrnuje

všechny tkáně v těle kromě depotního tuku a má v porovnání s celkovou tělesnou hmotností již zmíněný úzký vztah k řadě fyziologických parametrů. Tento parametr je závislý na genetice, ale je možné ho ovlivňovat pohybovou aktivitou a výživou.

### 1.2.2.3 Celková tělesná voda (TBW = total body water)

Jednou z významných složek tělesné hmotnosti je celková tělesná voda (TBW). Množství vody v těle závisí na věku (s věkem se snižuje), pohlaví a tělesné hmotnosti resp. tělesném složení. Průměrné množství celkové tělesné vody v závislosti na věku (a pohlaví) je u kojence 80 – 85 %, u dítěte 75 %, u dospělého muže 63 % a u dospělé ženy 53 % (Rokyta, 2000).

Voda je v těle rozložena tak, že tělní tekutiny jí obsahují 91 – 99 %, játra a kůže asi 70 % a svaly s většinou vnitřních orgánů asi 75 – 80 %. Podstatně méně vody obsahují kosti (22 %) a tuková tkáň (10 %). Rozdělení a změny vody v organismu jsou vázány na látky, které jsou v ní rozpuštěny, především se jedná o ionty sodíku a draslíku.

Podle lokalizace dělíme celkovou tělesnou vodu (TBW) na:

- Intracelulární (buněčnou) tekutinu (ICW) – tvoří přibližně 40 % tělesné hmotnosti, neboli 66 % TBW. Z tohoto množství je většina v měkkých tkáních, především ve svalech. Zbytek, tj. množství odpovídající 8 – 10 % TBW, je v pojivu, chrupavkách a kostech.
- Extracelulární (mimobuněčnou) tekutinu (ECW) – tvoří přibližně 20 % celkové tělesné hmotnosti a dělí se na tekutinu intravazální (krevní plazma) a tekutinu intersticiální (tkáňový mok). Jde o tekutinu obklopující buňky, která slouží jako médium pro výměnu plynů, přenos živin a vylučování odpadních látek.

Intracelulární tekutina (ICW) je vázána na draslík a extracelulární tekutina (ECW) na sodík (Wang et al., 1992). Při výměně vody je tekutina v mezibuněčných prostorech nejproměnlivější složkou vodního metabolismu, kdežto voda v buňkách je poměrně pevně vázána (Trefný, 1993).

#### 1.2.2.4 Buněčná hmota (BCM = body cell mass)

Jedná se o část tukuprosté hmoty (FFM) a zahrnuje metabolicky aktivní aerobní buňky (buňky schopné využívat kyslík), které oxidují glukózu a jsou bohaté na vápník. Jedná se především o buňky kostní tkáně, kosterní a srdeční svaloviny a buňky vnitřních orgánů. Dále sem patří buňky krve a mízního řečiště (Wang et al., 1992).

Buněčná hmota (BCM) je základním měřítkem energetické spotřeby a kontrolou celkové kalorické potřeby organismu. Vysoké hodnoty tohoto parametru odpovídají atletickým somatotypům, dobré úrovni tělesné zdatnosti nebo hromadění intracelulární tekutiny různého původu. Naopak nízké hodnoty BCM nejčastěji souvisejí s malým podílem svalové tkáně např. u astenických somatotypů, se svalovou atrofií způsobenou inaktivitou, s malnutricí, kachexií nebo přechodnou ztrátou objemu intracelulární tekutiny (Wang et al., 1992). Úroveň BCM patří mezi nejlepší ukazatele svalové činnosti, které mohou predikovat sportovní výkon (Andreoli et al., 2003).

Je zřejmé, že vrcholoví judisti, kteří mají v tréninkovém procesu zařazenou kvalitní silovou přípravu, budou disponovat vysokou hodnotou BCM v porovnání s běžnou populací. Výkonnostní sportovci by neměli mít zastoupení BCM menší jak 60 % FFM (Data Input, 2004). Redukce BCM je v lidském organismu mnohem pomaleji kompenzována než např. redukce množství tukové hmoty.

#### 1.2.2.5 Další parametry tělesného složení

Analýza tělesného složení pomocí moderních bioimpedančních přístrojů nám poskytne další parametry jako například množství proteinů a minerálů v těle, obsah minerálů v kostech, základní metabolickou míru neboli bazální metabolismus (BMR) nebo také zhodnocení kondice (tzv. Fitness Score). Tyto parametry je vhodné sledovat spíše z dlouhodobého hlediska nebo sledovat jejich změny vlivem různých intervencí, jako například v našem případě vlivem intenzivní redukce tělesné hmotnosti, než v absolutních číslech, neboť tyto hodnoty jsou odhadovány a stanovovány na základě predikčních rovnic. Obecně dlouhodobé studie naznačují, že fyzicky aktivní jedinci mají vyšší obsah kostních minerálů, denzitu těla a více hmoty kosterních svalů než nespportující populace (Heyward & Stolarczyk, 1996).

## 1.3 Antropometrie

Antropometrie je součástí funkční antropologie, která je zaměřena na studium vztahů mezi morfoloickou a funkční variabilitou člověka. Metody antropometrie, tedy systém technik měření vnějších rozměrů lidského těla, jsou standardizovány, což zaručuje jejich srovnatelnost. Součástí antropometrie je kromě měření různých šířkových a obvodových rozměrů také stanovení relativní hmotnosti depotní tukové tkáně, která tvoří v organismu veškerý mobilizovatelný tuk. Nezahrnuje nemobilizovatelný tuk, tj. strukturně funkční součást buněk, jako jsou myelinové pochvy neuronů, buněčné a jiné membrány apod. Jednotlivé části depotní tukové tkáně, i když jsou lokalizovány na různých částech těla, jako celek podléhají totožným dynamickým změnám v souvislosti i s dosti extrémními výkyvy rovnováhy energetického příjmu – výdeje. Toho se využívá při nejběžnějším nepřímém způsobu zjišťování relativní hmotnosti depotní tukové tkáně měřením tloušťky kožních řas (Kohlíková, 2006).

### 1.3.1 Kaliperace

Kaliperace je nejrozšířenější terénní metodou měření podkožního tuku. Empiricky bylo odvozeno, že množství tukové tkáně dobře vystihuje tloušťka kožních řas. Vzhledem k tomu, že podkožní tuk lne silněji ke kůži než k vrstvám uloženým pod ním, je možné kožní řasu vytáhnout a měřit. Měření kožních řas se provádí pomocí speciálního měřidla – kaliperu. V současné době se používá několik typů těchto kaliperů, u nás však zejména dvou – kaliperu typu Best (tlak na kožní řasu je  $28,5 \text{ g} \cdot \text{mm}^{-2}$ ) a Harpendenského kaliperu, který má tlak  $10 \text{ g} \cdot \text{mm}^{-2}$ . Princip, na kterém je toto měření založeno, vychází z předpokladu, že 50 % celkového tělesného tuku je uloženo v podkoží (Havlíčková et al., 2004). Je tedy možné pomocí tuku podkožního dopočítat hodnotu celkového tělesného tuku. Místa zvolená pro měření reprezentují průměrnou tloušťku podkožní vrstvy tuku a musí být přesně definována, neboť tloušťka tukové vrstvy může značně kolísat i na poměrně malé ploše (Riegerová et al., 2006).

U nás je nejrozšířenější metodika měření tloušťky kožních řas podle Pařízkové (1998) a to měření 10 kožních řas. Existují však metodiky, které pracují i s menším počtem řas (dvě, tři, čtyři, sedm) (Dlouhá, 1999). Správnost a spolehlivost metody měření tloušťky kožních řas je ovlivněná technickými dovednostmi, typem kaliperu,

faktory měřené osoby a použitými predikčními rovnicemi (Heyward & Stolarczyk, 1996). Aby byly minimalizovány chyby způsobené technickými dovednostmi, doporučuje se 70 – 100 cvičných měření. Dále je třeba používat ten samý kaliper u celé skupiny probandů. Dalším zdrojem chyb mohou být individuální rozdíly v tloušťce kůže a stlačitelnosti tukové vrstvy (Brodie & Stewart, 1999). Samotné měření by měla provádět pouze jedna osoba a jen na jedné straně těla, doporučuje se pravá strana.

Kaliperace nebyla v našem výzkumu zahrnuta pro stanovení celkového tělesného tuku, ale pouze pro sledování změn podkožního tuku v jednotlivých částech těla vlivem intenzivní redukce tělesné hmotnosti. Proto se přesností kaliperace v určování celkového tělesného tuku nebudeme podrobněji zabývat.

## **1.4 Posturální stabilita**

### **1.4.1 Rovnováha a rovnováhová schopnost**

Rovnováha obecně je stav tělesa nebo systému, při němž neprobíhají žádné z vnějšku pozorovatelné změny (Měkota & Novosad, 2005). Schopnost udržení rovnováhy lidského těla je základní motorickou schopností. Rovnováha se udržuje v neustálém obnovování. I v klidovém stavu, kdy je člověk ve stabilním postoji na obou nohách, dochází ke kolísání, které ale není pouhým okem viditelné. Nejčastěji se jedná o kolísání předozadní, výjimkou ale není ani kolísání laterální. Udržování rovnováhy u člověka zajišťuje složitý regulační systém, který je výsledkem souhry analyzátorů, pomocí kterých vnímá člověk své okolí a procesů centrální nervové soustavy, která integruje a zpracovává získané informace a na základě toho umožňuje tvořit adekvátní svalové odpovědi (Hatzitaki et al., 2002). Na udržování a obnovování rovnováhy se nejpodstatněji podílí vestibulární analyzátor (který je dominantní pro dynamickou rovnováhovou schopnost), taktilní analyzátor (jehož četné receptory se nachází na ploskách nohou), dále kinestetický analyzátor (obzvláště velký důraz je kladen na význam receptorů krčních svalů kontrolujících pohyby hlavy) a vizuální analyzátor (výhoda zraku je zvláště patrná při výdrži v labilních polohách, která je podstatně kratší se zavřenými očima). Na zpracování informací se podílejí četné části centrální nervové soustavy, hlavní je podíl mozečku a bazálních ganglií. Na řízení se podílejí i vlivy psychické, jako například obavy nebo radost. Je zřejmé, že schopnost udržet stabilní

postoj může být ovlivněna probíhajícími změnami pozitivně i negativně. Je prokázáno, že tréninkový proces příznivě působí na zlepšování posturální stability, i když je otázkou, jaká je míra ovlivnění jejích změn přirozeným vývojem na jedné a tréninkem na druhé straně (Nováková, 1998).

Rovnováhové schopnosti (někdy nazývané rovnovážné) tedy umožňují udržení rovnováhy lidského těla v klidu nebo v pohybu. V souvislosti s lidskou motorikou rozlišujeme rovnováhu statickou (postural control, static balance) a dynamickou (dynamic balance, locomotor balance) (Assaiante & Amblard, 1992). Tyto dva typy rovnováhy jsou zřejmě podmíněny i různými faktory. Pro statickou rovnováhu je dominující integrace vizuálních a proprioceptivních informací, zatímco dynamická rovnováha je ovlivněna schopností rychle utvořit motorickou odpověď (Hatzitaki et al., 2002). Rozdíl mezi oběma typy kontroly rovnováhy vyplývá i z motorické odpovědi, kterou tvoří CNS. V našem výzkumu jsme se zaměřili na statickou rovnováhu, která používá systém tzv. zpětné vazby (closed-loop systém), kdy jsou proprioceptivní informace ze všech míst těla integrovány a zpracovány na centrální úrovni a tak přispívají k udržení stabilního postoje (Hatzitaki et al., 2002).

## 1.4.2 Stabilometrie

Metodou měření statické posturální stability je zaznamenávání pohybů těla (výchylek) ve stojné pozici (Kapteyn et al., 1983). Tento způsob vyšetření rovnovážných schopností, využívající plošiny zaznamenávající silové působení, je označován jako stabilometrie, přesněji plošinová stabilometrie (platform stabilometry). Měří se zejména tyto směry vychylování: vpřed (anterior - A), vzad (posterior - P), vlevo (left - L) a vpravo (right - R) a vždy by měly být definovány z pohledu probanda. V praxi se pak používá termínů předozadní (A/P) a laterolaterální (L/R). Bývají tak často zachyceny jako funkce v čase, přičemž čas je zobrazen v horizontální úrovni a pohyby jsou zaznamenány vertikálně. U vertikálního znázornění pak nabývají pohyby vpravo (R) a vpřed (A) pozitivních hodnot. Tento způsob bývá označován jako stabilogram. Další metodou zobrazení je tzv. statokineziogram. Tento způsob znázorňuje pohyby těla v horizontální rovině. Výchylky těla L/R jsou zde zaznamenávány horizontálně (osa x) a výchylky A/P vertikálně (osa y). Opět zde pak pohyby vpřed (A) a doprava (R) nabývají kladných hodnot.

Při stejné metodě (stabilometrii) jsou nejčastěji využívány tyto testy statické posturální stability (Rombergův test): široký stoj otevřené oči – SSOO (double narrow stance feet parallel-eyes open - DNSFP-EO), široký stoj zavřené oči – SSZO (double narrow stance feet parallel-eyes closed - DNSFP-EC), úzký stoj otevřené oči – USOO (double stance feet parallel-eyes open - DSFP-EO), úzký stoj zavřené oči – USZO (double stance feet parallel-eyes closed - DSFP-EC). Dále je využíváno tzv. Flamingo testu, tj. stoje na jedné noze (FLP – Flamingo pravá, FLL – Flamingo levá). Standardní doba trvání testu je 30 s, u trénovaných jedinců lze využít testu trvajících až 60 s. U jednotlivých testů se hodnotí tyto proměnné: průměrná rychlost středu tlakového působení (centre of pressure - COP), dráha COP (dráha, kterou COP urazí během měření), maximální výchylka COP (maximální velikost výchylky COP v předozadním a pravolevém směru), četnost COP v jednotkových kružnicích (po 1 mm od průměrného středu).

V poslední době se ve sportu na stabilitu stoje čím dál tím častěji soustřeďuje pozornost. Stabilometrie se už nevyužívá jen v klinické praxi nebo rehabilitaci, ale právě i ve sportu nachází své uplatnění. Získané informace jsou důležité hlavně ve sportech, kde je potřeba v průběhu zvýšeného fyzického zatížení zaujímat a udržet vysokou úroveň stability. Dobrou posturální stabilitu lze charakterizovat nízkou oscilací těžiště těla ve všech směrech. Každý jedinec má pro tuto schopnost různou míru vrozených dispozic, které je možné tréninkem rozvíjet a zdokonalovat. Jako komplexní tělesná funkce, která je zabezpečována nervosvalovým, vestibulárním a zrakovým systémem, může být ovlivňována řadou faktorů (např. věk, pohlaví, zdravotní a psychický stav, úrazy a další). Funkci posturálního systému však ovlivňují i probíhající neurofyziologické změny, jako např. měnící se funkce vnitřních orgánů, psychické procesy atd. Posturální stabilitu tedy může ovlivnit i intenzivní redukce tělesné hmotnosti.

## **1.5 Reakční doba**

### **1.5.1 Reakční schopnost a reakční doba**

Schopnost reakce definují autoři Měkota a Novosad (2005) jako psychofyzický výkonnostní předpoklad, který jedinci umožní reagovat na podnět s určitou rychlostí.



Dle Čelikovského et al. (1990) představuje reakční rychlost (rychlost reakce) schopnost člověka reagovat na daný podnět v co nejkratším čase. Optimální reakce ve správném čase a místě je podstatným předpokladem prosperujícího pohybového jednání. Ukazatelem reakční schopnosti je právě reakční doba, tedy časový interval od vyslání signálu (podnětu) k zahájení pohybu neboli trvání přenosu signálu od receptoru k efektoru (Sharkey & Gaskill, 2006). Reakční doba zahrnuje řadu dílčích procesů. Podnět musí být nejdříve dekodován v odpovídajícím smyslovém orgánu, odkud je veden ve formě nervových vzruchů do primárních a dalších asociačních korových oblastí, kde dochází k jeho rozpoznání. Před vlastním spuštěním exekutivní (motorické) odpovědi probíhají další kognitivní procesy, jako např. zapojení pracovní paměti, výběr správné odpovědi a její příprava, rozhodnutí o provedení odpovědi. Vybraná motorická oblast pak sestupnými dráhami aktivuje odpovídající svalové skupiny.

Reakční doba závisí na druhu použitého podnětu, jeho intenzitě, na stavu organismu a motivaci. Prodleva mezi vysláním podnětu a zahájením pohybu je způsobena „zdržením“ při příjmu receptorem, vedením vzruchu nervovými vlákny a zejména časem potřebným ke zpracování v CNS. Prodlužuje se při vybírání správného podnětu z řady podobných podnětů, na které vyšetřovaná osoba nemá reagovat, nebo má-li na různé podněty odpovědět různou reakcí. Prostá reakční doba je tedy podstatně kratší než složitá reakční doba (McMorris & Keen, 1994). S rostoucí složitostí signálu nebo odpovědi roste i pravděpodobnost většího počtu chyb vyšetřované osoby.

Reakční doba se vyjadřuje v milisekundách [ms], typická doba pro jednoduchou pohybovou reakci dospělého člověka je asi 200 ms. Délka reakční doby závisí také na modalitě podnětu. Nejdéle trvá reakce na podněty optické (150 – 240 ms), kratší dobu na podněty akustické (105 – 180 ms) a nejrychleji reagujeme na podněty taktilní (80 – 100 ms) (Kohlíková, 2006). Horní končetina reaguje zpravidla po kratší latenci než končetina dolní. Rychlejší reakci pozorujeme u dominantní a funkčně preferované končetiny (Čelikovský et al., 1990). U složitějších reakcí se reakční doba při volbě ze dvou alternativ prodlužuje asi na 300 ms, při volbě ze sedmi je to zhruba 600 ms.

Možnosti zlepšení reakční doby tréninkem jsou v rozmezí 10 – 15 %. Reakční schopnost má rozhodující význam nejen ve většině provozovaných sportovních aktivit, ale také v situacích běžného každodenního života. Hodnoty reakční doby jsou závislé na mnoha faktorech, mezi které patří motivace a emoce, aktivační úroveň, únava, věk

(nejkratší reakční časy bývají ve věku 15 - 20 let), biofyzikální podmínky, pohlaví, zdravotní stav a intenzita signálu (Birren et al., 1980).

Vzhledem k tomu, že rychlost reakce je v judu velmi důležitá a často i rozhodující, zajímalo nás, zda redukce tělesné hmotnosti před soutěží neovlivní negativně tuto schopnost, což by samozřejmě mohlo mít velmi nepříznivý dopad na sportovní výkon.

## **1.5.2 Reaktometrie**

Měření času reakce se zpravidla provádí v náležitě vybavených laboratořích. Reaktometr je přenosný přístroj, jehož základem je spínací zařízení, které spouští elektrické stopky současně s podáním signálu (rozsvícení žárovky nebo zvuk bzučáku) a zastavuje stopky, jakmile testovaná osoba zareaguje stisknutím tlačítka. Složitější laboratorní reaktometry s naprogramovanou indikací různých signálů dovolují pak testovat reakce složitě (Měkota & Novosad, 2005). Pro naše účely jsme zvolili měření prosté reakční doby dominantní horní i dolní končetiny na akustický i vizuální signál.

## **1.6 Maximální izometrická síla**

### **1.6.1 Svalová síla a silové schopnosti**

Svalovou sílu je možné charakterizovat jako produkt svalové činnosti. Způsobují ji elektrochemické pochody v těle, jejichž následkem dochází ke smršťování svalových vláken. Při tomto ději se k sobě přibližují oba svalové úpony. Velikost síly, která je okamžitá, závisí na několika faktorech a to především na průřezu svalu, počtu do činnosti zapojených motorických jednotek a na úrovni vzájemné koordinace svalových skupin jednotlivých svalových řetězců. Při minimální úmyslné aktivitě je do činnosti zapojeno málo motorických jednotek. Při stoupajícím volním úsilí jich vstupuje do činnosti více, nastává tzv. nábor motorických jednotek – recruitment. Významně se na svalové síle podílí i úhel dotyku svalových vláken k úponu a množství potřebného ATP (Mífková, 2004).

Rozlišujeme svalovou sílu izokinetickou a izometrickou. Izokinetická síla je schopnost dosáhnout maximálního silového výkonu v celém rozsahu pohybu při

poměrně konstantní rychlosti. Je založena na izokinetické svalové kontrakci, při níž jsou zapojeny větší skupiny svalů (včetně synergistů), musí být dodržena konstantní rychlost stahu a pohyb probíhá v celém rozsahu. Oproti tomu izometrická síla je založena na izometrické svalové kontrakci, při níž roste svalové napětí, sval nemění svoji délku a externí mechanická práce je nulová. Svalová síla, vyvinutá při izometrické kontrakci, závisí na délce svalu v okamžiku kontrakce. Zároveň je velmi důležitý faktor doby překrytí aktinových a myozinových vláken. K omezení interakce dochází v případě, kdy je překrytí vláken příliš malé nebo příliš velké.

Silové schopnosti patří mezi základní pohybové vlastnosti a jsou předpokladem pro prakticky veškerou pohybovou činnost. Silové schopnosti člověka jsou považovány za vnitřní příčinu jeho motoriky, které se pohybem následně mění na příčinu vnější, tedy fyzikální sílu. Sílu tedy můžeme definovat jako fyzikální veličinu. Silové schopnosti jsou definované jako pohybová činnost jedince, který svalovým úsilím překonává odpor, jenž je vyšší, než určitá norma pohybové činnosti, a to svalovým úsilím větším než je 30 % maximální svalové síly.

Dle nejčastějšího dělení můžeme silové schopnosti rozčlenit do dvou velkých skupin:

- 1) **schopnosti statickosilové** – jejich podstatou je izometrická kontrakce, které dosáhneme maximální silou působenou proti statickému objektu
  - a) krátkodobé – do této skupiny patří např. izometrická dynamometrie
  - b) vytrvalostní – např. výdrže v různých polohách
- 2) **schopnosti dynamickosilové** – jejich podstatou je izotonická kontrakce, které dosahujeme maximální silou vyvinutou proti odporu v průběhu pohybu
  - a) vytrvalostně silové – opakované překonávání malého odporu během pohybu, např. vytrvalostní sporty
  - b) rychlostně silové – překonávání odporu s vysokou rychlostí
  - c) explozivně silové – využití maximální síly v co nejkratším čase a s co nejrychlejším nástupem kontrakce

Silové schopnosti jsou determinovány geneticky až z 65 %. Mezi statickosilovými a dynamickosilovými schopnostmi panuje vzájemný vztah. Statickosilové schopnosti mohou do značné míry poukázat na stav dynamickosilových.

Silové schopnosti jsou ovlivnitelné tréninkem, a to především schopnosti statickosilové. Maximální svalová síla závisí na velikosti fyziologického průřezu svalem a na počtu aktivovaných motorických jednotek v době měření (Kohlíková, 2006).

Judo je charakterizováno střádáním statických a dynamických akcí, které vyžadují práci všech svalových skupin v těle (Almansba et al., 2012). Z biomechanického hlediska se judistický zápas skládá z různých fází svalové práce a to: a) boj v postoji (nage-waza), vyznačující se izometrickou prací svalů horní části těla (využití statické síly) a dynamickou, někdy výbušnou, prací dolní části těla (využití dynamické síly), b) boj na zemi (ne-waza), většinou charakterizovaný izometrickou prací spolu s využitím maximální dynamické síly k udržení a/nebo imobilizaci soupeře (oseakomi-waza). V judistickém zápase jsou tedy neustálé dynamické změny během boje, což vyžaduje kombinaci síly a vytrvalosti například i při boji o úchop (kumi-kata) a dále ke korigování vzdálenosti mezi závodníkem a jeho soupeřem (Franchini et al., 2007; Marcon, 2010; Miarka et al., 2010). Dále silové schopnosti daného závodníka ovlivňují i jeho výběr a přizpůsobování prováděných technik a také taktických dovedností jako je například četnost útoků nebo způsob obrany (Calmet, 2010). Proto je schopnost rychle vyvinout velkou sílu jak v úchopu soupeře, tak i v útoku nebo obraně vysoce ceněným atributem u judistů (Franchini et al., 2005).

Velikost svalové síly závisí na více faktorech, které redukční proces může ovlivňovat a to ať už se jedná například o velikost průřezu svalů, zapojení motorických jednotek, vzájemnou koordinaci svalových skupin jednotlivých svalových řetězců, množství potřebného ATP nebo v neposlední řadě také velikost volního úsilí.

## 1.6.2 Dynamometrie

Dynamometrie je měření síly, kterou je člověk schopen mechanicky působit (tah nebo tlak) na určité těleso (snímací část tensometru nebo dynamometru) po určitou dobu (Placheta et al., 1999). Tato metoda prodělala v průběhu posledních let výrazný posun vpřed. Dříve se svalová síla měřila pomocí zvedání závaží o známé hmotnosti, kdy tah, který působil zvednutí závaží, upravovala kladka, aby sílu mohla vyvíjet pouze vyšetřovaná svalová skupina. Jiný způsob měření u horních končetin představovalo stlačování váhy. Jednalo se ovšem o metody značně nepřesné (Mífková, 2004). Samotné přístroje – dynamometry vystřídaly v průběhu svého vývoje mnoho podob. Přes první

mechanické dynamometry měřící svalovou sílu při stisku ruky, přes dynamometry balónkové až po dnešní přístroje, kterými jsou již výhradně dynamometry elektronické napojené na výpočetní techniku se svým vlastním programovým vybavením. Současné elektronické dynamometry je možné rozdělit na dynamometry izometrické a izokinetické. V naší práci jsme se zaměřili na maximální izometrickou svalovou sílu a použili tedy dynamometr izometrický.

## 1.7 Biochemická analýza krve

Krev je hlavní součástí vnitřního prostředí organismu. Je to životně důležitá tělesná tekutina cirkulující v uzavřeném oběhu. Tekutá součást (plazma) představuje asi 55 % z celkového objemu krve. V plazmě jsou rozptýleny buněčné elementy, které vznikají v kostní dřeni. Krev je tedy suspenze buněčných elementů - erytrocytů, leukocytů a trombocytů v krevní plazmě. Plazmu tvoří především voda, ionty a bílkoviny. Vzhledem ke tvarové přizpůsobivosti krevních buněk se krev do určité míry podobá emulzi. Objem krve (volémie) činí 6 až 8 % celkové tělesné hmotnosti (Silbernagl & Despopoulos, 2004), resp. 2,4 až 2,8 l.m<sup>-2</sup> tělesného povrchu (tj. cca 5 l krve). Ženy mají o něco méně krve (ve vztahu k tělesné hmotnosti) než muži. Tento rozdíl vzniká v pubertě a je způsoben především tím, že muži mají více erytrocytů než ženy. Hypovolémie znamená snížené množství vody v plazmě (např. při dehydrataci – nadměrném pocení, zvracení, průjmech), hypervolémie je zvýšené množství vody v plazmě (např. z retence sodíku) (Bartůňková, 2006).

Krev v těle zastává řadu funkcí:

- ❖ **Transportní** - rozvádí dýchací plyny, živiny a odpadní metabolity, vodu, minerály, hormony a vitamíny
- ❖ **Regulační** - má podíl na udržování stálé tělesné teploty, reguluje objem krve a má velký význam pro udržování homeostázy
- ❖ **Obranné** - podílí se na obraně proti infekci – zánětlivé reakce (nespecifická imunita), vlastní imunitní reakce (specifická imunita) a taktéž zabraňuje ztrátě krve (hemostatické mechanismy)

Obecně hodnoty laboratorních vyšetření jsou momentální záznamy našeho těla. Informují o tom, které látky a v jakém množství se právě v našem těle vyskytují. Jsou vystaveny stálým změnám a podléhají různým vlivům a faktorům. Na výsledek biochemického testu je nutno se dívat jako na hodnotu, která závisí na faktorech preanalytických (příprava probanda, typ odběrové zkumavky, použitý protisrážlivý prostředek, použitý typ dezinfekce místa vpichu, transport vzorku, hemolýza), analytických (vlastní metoda stanovení, její specifita a spolehlivost) a na faktorech biologických (pohlaví, věk, rasa, výživa, psychická a tělesná zátěž, tělesná poloha, biorytmy, genetické faktory, somatotyp, patologické změny v organismu - horečka, šokový stav, trauma, chirurgický zákrok). Na výsledek může mít značný vliv i podávání léků (Průša et al., 2002).

Fyziologická rozmezí jednotlivých parametrů se mohou na různých pracovištích lišit v důsledku odlišných analytických metod a používaných firemních souprav. V následujícím přehledu uvádíme fyziologická rozmezí vybraných hodnot hematologických a biochemických parametrů u dospělých osob užívané Ústřední vojenskou nemocnicí v Praze, kde byly naše vzorky analyzovány.

### **1.7.1 Krevní obraz**

Krevní obraz je základní vyšetření krve, jehož výsledky poskytují informaci nejen o počtu, ale také o velikosti a některých dalších charakteristikách krevních buněk. Mezi krevní buňky řadíme erytrocyty (červené krvinky) a leukocyty (bílé krvinky). Subbuněčnou složkou jsou trombocyty (krevní destičky).

#### **Leukocyty – bílé krvinky (white blood cell – WBC)**

Leukocyty jsou důležitou součástí imunitního systému organismu. Vyskytují se v poměrně nižším počtu než erytrocyty, tj. 4 až 10 tisíc leukocytů na 1  $\mu$ l krve. Jsou to buňky jaderné. Podle obsahu granul v cytoplazmě rozdělujeme leukocyty na granulocyty, které se dělí na neutrofilní (55 – 70 % leukocytů), eozinofilní (1 – 4 % leukocytů) a bazofilní (0 – 1 % leukocytů) a dále agranulocyty, kam patří lymfocyty (25 – 40 % leukocytů) a monocyty (2 – 8 % leukocytů). Počet leukocytů se nejčastěji zvyšuje při zánětech nebo infekčních onemocněních a stresových stavech. Naopak snížený počet především neutrofilů je v případě virové infekce, aplastické anémie, rtg.

záření, imunosuprese nebo po určitých léčích (antibiotika, tyreostatika, analgetika, psychofarmaka) (Krč, 2007).

Fyziologické hodnoty pro muže jsou  $4,0 - 10,0 \cdot 10^9 \cdot l^{-1}$ .

### **Erythrocyty (ery) – červené krvinky (red blood cell - RBC)**

Erythrocyty neboli červené krvinky jsou bezjaderné, vysoce specializované buňky, které mají tvar plochého, bikonkávního disku. Díky tomuto tvaru mají větší plochu pro krevní plyny a společně s vlastnostmi membrány se mohou deformovat, což umožňuje průchod erythrocytů kapilárami. Membrána erythrocytu je tvořena lipidovou dvojvrstvou, která zprostředkovává výměnu látek mezi erythrocytem a okolním prostředím. V membráně erythrocytu jsou zabudovány různé proteiny. Na vnějším povrchu membrány jsou lokalizovány aglutinogeny (glykoproteiny a glykolipidy), které určují antigenní vlastnosti erythrocytů. Těsně pod membránou je síť tvořící cytoskelet, jehož nejdůležitějším proteinem je spektrin (Young et al., 2006). Průměr erythrocytu savců se pohybuje v okolo  $7,2 \pm 0,4 \mu m$  s tloušťkou 1,8 až 2,5  $\mu m$ .

Množství erythrocytů je u dospělého člověka velmi stálá hodnota, která se mění jen v nepatrném rozmezí. Zvýšení počtu erythrocytů nad horní hranici nazýváme hypererythrocytóza (polycytemie), se kterou se můžeme setkat při srdečních onemocněních, pobytu ve vyšších nadmořských výškách, u kuřáků nebo například při stresu. Naopak snížení množství pod dolní hranici je označováno jako erythrocytopenie (oligocytemie), která také znamená úbytek hemoglobinu v krvi (anemii), a nastává při insuficienci ledvin, hemolytických stavech, krevních ztrátách nebo působením některých toxických látek či léků (Krč, 2007). Silným podnětem pro zvýšení počtu erythrocytů je pokles parciálního tlaku kyslíku v arteriální krvi. Klesne-li počet erythrocytů u muže pod 4,5 milionů a u ženy pod 4 miliony jedná se o patologický stav. Krátká vydatná námaha může naopak zvýšit počet erythrocytů pomocí zahuštění krve, protože část tekutiny opustí cévní řečiště.

V průběhu vývoje ztratily erythrocyty buněčné organely, a tudíž nejsou schopny získávat energii aerobním metabolismem. Proto pro získání energie musí využívat anaerobní glykolýzu (štěpení glukózy). Doba života erythrocytů je okolo 120 dní. Hlavní příčinou stárnutí je ztráta aktivity enzymů nutných pro transport látek přes membránu a

pro metabolické děje. Klesá schopnost deformace erytrocytů a staré buňky jsou ve slezinových sinusech odstraňovány z oběhu a degradovány.

Fyziologické hodnoty pro muže jsou  $4,0 - 5,8 \cdot 10^{12} \cdot l^{-1}$ .

### **Hemoglobin (Hb)**

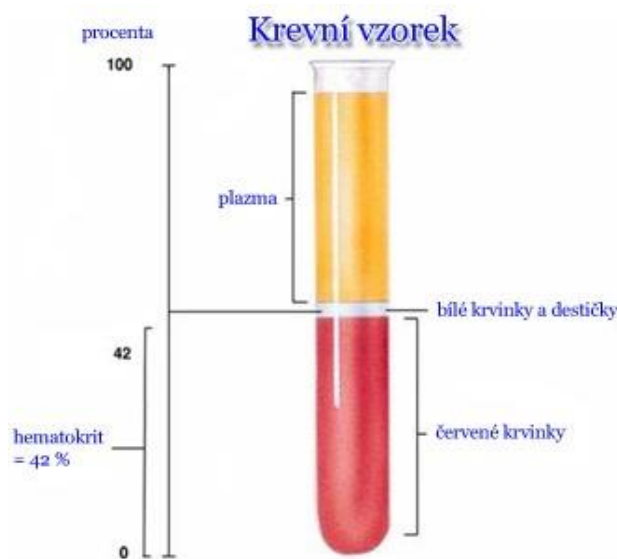
Hlavní stavební složkou erytrocytů je červené barvivo hemoglobin (Hb), které tvoří 95 % sušiny. Je to transportní protein erytrocytů, který je schopen reverzibilně vázat a uvolňovat kyslík a oxid uhličitý. U savčích erytrocytů hemoglobin tvoří asi 35 % jejich obsahu. Hlavní funkcí hemoglobinu je tedy transport kyslíku z plic do tkání a odstraňování oxidu uhličitého z tkání přenosem do plic a také fungování jako tzv. nárazníkový systém krve. V 1 litru krve je 135 – 175 g hemoglobinu, přičemž 1g Hb váže 1,34 ml kyslíku. Snížené hladiny hemoglobinu bývají způsobené hemolýzou, tj. rozpadem erytrocytů, nedostatečnou obnovou (nízkým příjmem železa, omezenými možnostmi trávení, vstřebávání a zabudování železa do erytrocytů) nebo i kompetitivním procesem mezi nároky na obnovu myoglobinu a hemoglobinu. Zvýšení hladin hemoglobinu zpravidla souvisí s relativní hemokoncentrací při zátěži a bezprostředně po zatížení, kdy se v důsledku dehydratace podíl erytrocytů, a tudíž i hemoglobinu v plné krvi zvyšuje (Bartůňková et al., 2013).

Fyziologické hodnoty pro muže jsou 135 – 175 g.l<sup>-1</sup>.

### **Hematokrit (HCT)**

Hematokrit vyjadřuje procentuální zastoupení erytrocytů v celkovém množství krve, tedy poměr mezi objemem erytrocytů a celkovým objemem krve. Závisí na počtu a velikosti erytrocytů. U dospělého člověka se dle Cedara (1999) pohybuje v rozmezí 40 – 45 %, ale může velmi kolísat v průběhu dnů i hodin a to až o deset i více procent. Zvýšení hematokritu může být způsobeno stresem, fyzickou zátěží, ztrátou tekutin (pocením, průjmem), hormonálními změnami, nemocí nebo požitím alkoholu či některých léků. Naopak významný pokles hematokritu může nastat s příjmem tekutin, hormonálními změnami, anémií, podáním některých léků či infúzí plazmy nebo roztoku sodíku.





Obrázek 3. Hematokrit – objem formovaných krevních elementů vyjádřený v procentech celkového množství krve (Wilmore & Costill, 2004)

Fyziologické hodnoty pro muže jsou 0,40 – 0,50.

### **Střední objem erytrocytu (mean corpuscular volume - MCV)**

Tento parametr vyjadřuje průměrný objem erytrocytu. V soustavě SI je udáván ve femtolitrech [fl]. Jde v současnosti o přímo měřený parametr, před érou hematologických analyzátorů se jeho hodnota zjišťovala z počtu erytrocytů zjištěného spočítáním v komůrce a z hematokritu zjištěného centrifugací. Vypočítá se podle vzorce:

$$\text{MCV [fl]} = \text{hematokrit [v poměrných jednotkách]} / \text{počet ery v 1 l krve}$$

Tento parametr je zásadní pro rozdělování anémií na mikrocytární, normocytární a makrocytární, což je velmi důležité pro diferenciální diagnostiku chudokrevností. Erytrocyt o menším objemu se označuje jako mikrocyt, o větším objemu jako makrocyt. V krvi zdravého dospělého člověka se normálně vyskytuje určitý podíl mikrocytů a makrocytů, tento stav se označuje jako fyziologická anizocytóza. Zmnožení počtu mikrocytů se označuje jako mikrocytóza, zmnožení makrocytů jako makrocytóza. Mikrocytóza je typická pro anémii z nedostatku železa. Makrocytóza se fyziologicky

vyskytuje u novorozenců, z patologických stavů je typická pro anémii z nedostatku kyseliny listové nebo vitamínu B12 (Krč, 2007).

Fyziologické hodnoty pro muže jsou 82 – 98 fl.

### **Koncentrace hemoglobinu v erytrocytu (mean corpuscular hemoglobin concentration - MCHC)**

Tento parametr vyjadřuje průměrnou koncentraci hemoglobinu v objemové jednotce erytrocytu a je kalkulován z hodnoty hemoglobinu a hematokritu. Vypočítá se podle vzorce:

$$\text{MCHC [g.l}^{-1}\text{]} = \text{koncentrace Hb v krvi [g.l}^{-1}\text{]} / \text{hematokrit [v poměrných jednotkách]}$$

MCHC lze rovněž použít pro zhodnocení normochromie a hypochromie, ale pro včasnou diagnostiku snížení obsahu hemoglobinu v erytrocytu má menší význam. Hodnoty vyšší než 0,38 g.l<sup>-1</sup> by se neměly ve správně vyšetřeném vzorku objevit. Příčinou může být chyba analyzátoru, nesprávné nastavení nebo nesprávná kalkulace z důvodu přítomnosti chladových aglutininů. Naopak hodnoty nižší než 0,22 g.l<sup>-1</sup> nebývají ani u závažných hypochromií. Jestliže MCHC klesá pod tuto hodnotu, může být příčinou hyperlipidémie plazmy nebo přítomnost abnormálních hemoglobinů (HbC nebo HbS).

Fyziologické hodnoty pro muže jsou 0,32 – 0,36 g.l<sup>-1</sup>.

### **Střední hmotnost hemoglobinu v erytrocytu (mean corpuscular hemoglobin - MCH)**

Tato hodnota je vypočítávána z hodnoty hemoglobinu a počtu erytrocytů a udává průměrnou hmotnost hemoglobinu v jednom erytrocytu. V soustavě SI je udáván v pg (tj. petagram, 1 pg = 10<sup>-15</sup> gramů). Tato hodnota je úměrná velikosti buňky a koncentraci hemoglobinu v erytrocytu. Podle hodnoty MCH rozdělujeme anémie na hypochromní a normochromní. Teoretická hyperchromie (MCH vyšší než 34 pg) bývá obvykle spojena s makrocytózou (MCV vyšší než 98 fl).

Fyziologické hodnoty pro muže jsou 28,0 – 34,0 pg/1 ery.

Hodnoty MCH, MCHC a MCV jsou změněny (zvýšené nebo snížené) při stavech chudokrevnosti z různých příčin. Na hodnoty má dále vliv příjem železa, vitamínu B12 a kyselina listová (vitamín B9) a nadužívání alkoholu.

### **Distribuční šíře erytrocytů (red cell distribution width - RDW)**

Tento parametr podává přehled o variabilitě ve velikosti erytrocytů, popisuje šíři hlavní populace erytrocytu v histogramu erytrocytu podle MCV. Je udáván v procentech koeficientu variace (% CV) a normální hodnoty jsou menší než 15,2 %. Je-li distribuční šíře erytrocytu nízká, tj. pod 15,2 %, znamená to přítomnost populace erytrocytu, která je relativně homogenní, tedy erytrocyty jsou stejné velikosti. Přesahuje-li RDW stanovenou hodnotu, znamená to, že jsou přítomny různě velké erytrocyty - mají různé MCV - a jde o anizocytózu.

Fyziologické hodnoty pro muže jsou 10,0 – 15,2 %.

### **Trombocyty – krevní destičky (platelet count - PLT)**

Trombocyty jsou u savců bezjaderné útvary s nepravidelnými okraji a výběžky o průměru 1,5 až 3,5  $\mu\text{m}$ . Hlavní funkcí trombocytů je účast na zástavě krvácení (hemostáze). Předpokladem těchto reakcí je jejich aktivace, která je důsledkem interakce trombocytů s rozpustnými plazmatickými faktory a porušeným endotelem cév. Na povrchu trombocytů se vytvářejí pseudopodia a dochází k adhezi na struktury obnažené při poškození endotelu, zejména na kolagen. Trombocyty uvolňují obsah svých granul, což podporuje adhezi dalších trombocytů a rozvoj celé obranné reakce. Trombocyty se propojují svými výběžky, přilnou těsně k sobě a vytvoří destičkovou zátku – trombus. Současně je aktivována koagulační kaskáda, jejímž výsledkem je vznik vláken fibrinu, které vytvoří síť zpevňující trombus. Po určité době dochází k retrakci – smršťování destičkového trombu. Dále se trombocyty podílejí na udržování integrity cévní stěny, na zánětlivých reakcích a procesu hojení ran.

Trombocyty vznikají v kostní dřeni z buněk zvaných megakaryocyty odštěpením jejich cytoplazmy. Tyto fragmenty jsou uvolňovány z kostní dřene do krevního oběhu.

Životnost trombocytů je asi 10 dní. Velká část jich je uložena ve slezině a v případě potřeby je její kontrakcí uvolněna do cirkulace. Staré trombocyty jsou odstraňovány makrofágy, a to především ve slezině, ale také v játrech a kostní dřeni (Kozák, 2001).

Parametr PLT poskytuje základní informaci o funkci trombocytů. Pobyt ve vyšších nadmořských výškách, usilovné cvičení, stres a poporodní doba, mohou způsobit zvýšený počet trombocytů. Naopak se sníženým počtem se setkáváme při poškození kostní dřeni, alkoholismu, imunitních poruchách, infekcích nebo septických stavech (Krc, 2007).

Fyziologické hodnoty pro muže jsou  $150 - 400 \cdot 10^9 \cdot l^{-1}$ .

### **Střední objem trombocytu (mean platelet volume - MPV)**

Tento parametr vyjadřuje průměrnou velikost trombocytu. MPV je hodnota detekovaná různými metodami na analyzátoch krevních elementů, která odráží velikost trombocytů. Parametr je přínosný pro diferenciální diagnostiku trombocytopenii a jeho vyšší hodnoty jsou asociovány s trombotickou dispozicí. Střední objem trombocytů (MPV) vzrůstá při větším výskytu jejich mladých forem v periferii a u některých vrozených abnormalit.

Fyziologické hodnoty pro muže jsou 7,8 – 11,0 fl.

## **1.7.2 Zjišťované biochemické parametry**

### **Glukóza (GLU)**

Glukóza je jednoduchý cukr, který slouží jako hlavní zdroj energie pro všechny buňky v těle. Pro mozek a erytrocyty je zcela nezbytná a výrazný pokles glukózy v krvi může vyvolat jejich poruchu. Hladina glukózy v krvi (glykémie) je proto udržována v relativně úzkém rozmezí. Pokud není glukóza buňkami přímo využita jako zdroj energie, ukládá se do zásoby ve formě glykogenu a při nedostatku se z něj uvolňuje. Nadbytek glukózy přijatý potravou může být také po přeměně na triacylglyceroly (TAG) skladován v tukové tkáni.

Mezi hlavní hormony, které ovlivňují hladinu glukózy v krvi, patří inzulin, glukagon, adrenalin a kortizol. Inzulin je hormon tvořený  $\beta$ -buňkami Langerhansových ostrůvků pankreatu a jako jediný glykémii snižuje. Jeho vylučování závisí na koncentraci glukózy v krvi. Ostatní zmíněné hormony glykémii zvyšují.

Pokles glykémie pod hodnotu  $2,2 \text{ mmol.l}^{-1}$  se označuje jako hypoglykemie. Při hypoglykémii je ohroženo zásobování mozkové tkáně glukózou. Může se vyskytovat v průběhu různých onemocnění, např. u endokrinně aktivních nádorů produkujících inzulin, při předávkování antidiabetik nebo při hladovění. Těžší hypoglykémie je provázena neklidem, opocením a třesem, při dalším poklesu glykémie dochází k poruše vědomí. Déle trvající snížené koncentrace glukózy v krvi mohou vést k poškození mozku a nervů. Glykémie zvýšená nad referenční rozmezí se označuje jako hyperglykémie. Je základním projevem diabetes mellitus a může být dále příčinou komplikací tohoto onemocnění (nevratného poškození ledvin, očí, srdce, cév a nervů). Můžeme se však setkat i s přechodnou nediabetickou hyperglykemií, např. při stresových situacích, při akutním infarktu myokardu nebo náhlé cévní mozkové příhodě, při operacích nebo traumatu. V kritických situacích, jako je akutní zvýšená či snížená koncentrace glukózy v krvi, může dojít až k ohrožení života (Silbernagl & Despopoulos, 2004).

Fyziologické hodnoty v klidovém stavu nalačno pro muže jsou  $3,9 - 5,6 \text{ mmol.l}^{-1}$ .

### **Laktát (LA)**

Laktát (anion kyseliny mléčné) vzniká při anaerobní glykolýze v kůži, erythrocytech, mozku, kosterních svalech, střevní sliznici a v dalších tkáních organismu přeměnou pyruvátu pomocí laktátdehydrogenázy. Laktát je transportován krví do jater, kde je použit ke glukoneogenezi, tedy zpětně je oxidován na pyruvát, který je za spotřeby energie převáděn na glukózu. Menší část laktátu je využita ledvinami (pro glukoneogenezi i pro vyloučení moči), zbytek metabolizuje myokard a další orgány. Hladina laktátu v krvi je dána poměrem mezi jeho tvorbou a odbouráváním (glukoneogenezi). Za normálních okolností je vznikající laktát zcela zúžitkován játry a ledvinami. Hyperlaktátemie, později pak laktátová acidóza, vzniká buď z nadprodukce,

nebo z nedostatečné utilizace laktátu. Hromaděním laktátu ve svalech klesá pH, což je příčinou svalové únavy a bolesti (Schneiderka et al., 2004).

Vyšetření laktátu je používáno především ke zhodnocení stupně nedostatečného oxysličení tkání a vzniklé laktátové acidózy. Bývá stanovováno společně s vyšetřením krevních plynů či spolu s pyruvátem (další iont podílející se na tvorbě energie).

Fyziologické hodnoty pro muže jsou 0,5 – 2,0 mmol.l<sup>-1</sup>.

### **Alaninaminotransferáza (ALT)**

Alaninaminotransferáza je enzym lokalizovaný v jaterní buňce. Malé množství ALT je také v ledvinách, srdečním svalu a kosterním svalstvu. ALT je cytoplazmatický enzym, jehož úlohou je přenos aminoskupiny z alaninu na oxoglutarát za vzniku glutamátu a pyruvátu. Za běžných podmínek je aktivita ALT v krvi nízká. Obecně se aktivita ALT v séru zvyšuje hlavně při onemocnění jater, u osob konzumujících větší množství alkoholu a při užívání léků, které mohou poškozovat játra, resp. jaterní buňky, hepatocyty. Zvýšené hodnoty mohou svědčit, ale nikoli vždy, o narušení funkcí jaterních buněk, vzácně i svalových buněk. U sportovců bývají asi v 90 – 95 % zaznamenávány normální hodnoty (Bartůňková et al., 2013).

Fyziologické hodnoty pro muže jsou 0,15 – 0,73  $\mu$ kat.l<sup>-1</sup>.

### **Aspartátaminotransferáza (AST)**

Aspartátaminotransferáza je nitrobuněčný enzym přenášející aminoskupinu z aspartátu na oxoglutarát za vzniku glutamátu a oxalacetátu. Je obsažen v mnoha tkáních a orgánech, přičemž není specifický pro určitý orgán. Nachází se především v játrech, srdečním a kosterním svalstvu, méně pak v mozku, ledvinách, pankreatu a erytrocytech. Nejčastěji se zjišťuje aktivita AST jako součást vyšetření jater, srdce a svalů. Hodnoty odpovídající fyziologickému rozmezí se vyskytují asi jen u 60 – 70 % trénujících sportovců, u 30 – 40 % jsou aktivity lehce zvýšené a to asi o 20 %. Výrazněji zvýšené hodnoty lze interpretovat jako patologické a zpravidla signalizují jaterní poškození (Bartůňková et al., 2013).

Fyziologické hodnoty pro muže jsou 0,10 – 0,68  $\mu\text{kat.l}^{-1}$ .

### **Kreatinkináza (CK)**

Kreatinkináza je enzym, který se nachází v cytoplazmě buněk kosterního, srdečního i hladkého svalstva, v mozku a dalších tkáních. V kosterním svalu katalyzuje reakce anaerobního alaktátového metabolismu ( $\text{CP} \leftrightarrow \text{C} + \text{P}$ ). Při poškození svalových buněk, zejména excentrickým zatížením (mikrotraumata), se kreatinkináza dostává ze svalové tkáně do krve a stoupá z klidových koncentrací na cca 4,0  $\mu\text{kat.l}^{-1}$  i více. Pro posouzení výkonnosti systému ATP-CP bychom museli sledovat aktivity enzymu přímo ve svalu. Širší využití kreatinkinázy v biochemii tělesné zátěže je limitováno zpožděnou a individuálně kolísající kinetikou enzymu. Maximum aktivit bývá asi 12 až 48 hodin po ukončení zátěže, někdy se ale vrchol vyskytuje až 4. den po zátěži a i rychlost návratu k normě je značně individuální. Interpretace změn hladin CK je proto individuální (Bartůňková et al., 2013). Přesto řada autorů (Clarkson et al., 1985; Houmard et al., 1990; Totsuka et al., 1996) uvádí, že je možné použít hodnotu kreatinkinázy v séru jako marker zátěžové fyziologie a sportovní medicíny pro detekci svalové poškození a přetrénování.

Fyziologické hodnoty pro muže jsou 0,41 – 3,24  $\mu\text{kat.l}^{-1}$ .

### **Triacylglyceroly (TAG)**

Triacylglyceroly (TAG) jsou hlavní lipidy tukové tkáně uložené zejména v podkoží a slouží jako zásobárna energie v těle. Přijímáme je potravou, dále jsou syntetizovány v játrech, tukové tkáni, tenkém střevě a mléčné žláze. TAG přijaté potravou jsou rozloženy na mastné kyseliny, monoacylglyceroly a glycerol v tenkém střevě působením pankreatické lipázy. Tyto molekuly jsou absorbovány epiteliálními střevními buňkami, kde jsou znovu spojeny do formy TAG. Ty jsou obaleny proteiny do globulárních, ve vodě rozpustných struktur, chylomikronů. V této podobě se TAG dostávají do krve a mohou být využity různými tkáněmi. Játra syntetizují TAG z mastných kyselin získaných z tukové tkáně. Takto vzniklé triacylglyceroly jsou v krvi navázány na proteiny. Výsledkem jsou molekuly lipoproteinů o velmi nízké hustotě

(VLDL). Koncentrace TAG v krvi je ovlivněna množstvím tuku v potravě a hormony (inzulinem, glukagonem).

Zvýšené hladiny TAG v krvi jsou způsobeny buď zvýšenou tvorbou TAG či lipoproteinů, jež obsahují TAG (chylomikrony, VLDL), anebo při nedostatečné aktivitě enzymů, které odbourávají lipoproteiny bohaté na TAG či samotné TAG. Zvýšená hladina TAG v krvi je jedním z rizikových faktorů rozvoje aterosklerózy (procesu ukládání tukových látek ve stěnách tepen) a jejich následných komplikací z nedostatečného prokrvení orgánů - především onemocnění srdce, mozku a dolních končetin. Vyšší hladiny TAG v krvi jsou časté u obézních osob, u osob s diabetem a alkoholiků. Extrémně zvýšené hladiny TAG mohou vést k těžkému zánětu pankreatu (Kotačková, 2013).

Fyziologické hodnoty pro muže jsou 0,45 – 1,70 mmol.l<sup>-1</sup>.

### **Cholesterol (T-Cho)**

Cholesterol je specifická forma lipidů, které jsou přítomny pouze v živočišných buňkách. Je to tetracyklický steroidní alkohol s hydroxylovou skupinou na 3. uhlíku. V organismu se vyskytuje buď jako volný (neesterifikovaný) cholesterol nebo esterifikovaný na hydroxylové skupině vyššími mastnými kyselinami. Zhruba 2/3 celkového cholesterolu jsou esterifikované (Schneiderka et al., 2004). Hlavním místem syntézy cholesterolu jsou játra. Cholesterol se sám tvoří v organismu (tzv. endogenní cholesterol), převážně se však do těla dostává živočišnou potravou (tzv. exogenní cholesterol). Je základním substrátem pro tvorbu steroidních hormonů a je také důležitou součástí membrán. Z organismu se vylučuje žlučí a to buď nezměněný, nebo ve formě žlučových kyselin vzniklých jeho přeměnou. Cholesterol a jeho estery jsou v plazmě přítomny v největším množství ve frakcích lipoproteinů o nízké hustotě (LDL) (Musil, 1994).

Fyziologické hodnoty pro muže jsou 2,90 – 5,00 mmol.l<sup>-1</sup>.



### **Lipoproteiny o vysoké hustotě – HDL (high density lipoproteins)**

Lipoproteiny o vysoké hustotě (HDL) vznikají v játrech a v tenkém střevě. Částice HDL jsou považovány v organismu za prospěšné, neboť odstraňují z tkání přebytek cholesterolu a přenášejí jej do jater. Nedostatek HDL cholesterolu je spojen se zvýšeným rizikem rozvoje aterosklerózy, čímž nižší je koncentrace HDL cholesterolu, tím vyšší je riziko aterosklerózy, zvláště ve spojení s vysokou hladinou triacylglycerolů (TAG) v krvi. Naopak vyšší koncentrace HDL má ochranné účinky proti rozvoji chorob cév, srdce, mozku, aj.

Fyziologické hodnoty pro muže jsou 1,0 - 2,1 mmol.l<sup>-1</sup>.

### **Lipoproteiny o nízké hustotě – LDL (low density lipoproteins)**

Lipoproteiny o nízké hustotě (LDL) jsou hlavním nositelem cholesterolu v krevní plazmě a jejich úlohou je zásobování buněk různých tkání cholesterolem. Tvoří velké shluky (v průměru mají 22 nm) obsahující váčky s tisíci molekulami cholesterolu (Rédei, 2008). Zvýšené hladiny LDL cholesterolu jsou spojeny se zvýšeným rizikem rozvoje aterosklerózy a dalších následných komplikací.

Fyziologické hodnoty pro muže jsou 1,2 - 3,0 mmol.l<sup>-1</sup>.

### **Logaritmický poměr koncentrací TAG a HDL cholesterolu - log(TAG/HDL)**

Logaritmického poměru koncentrací triacylglycerolů a HDL cholesterolu (TAG/HDL) se někdy používá ke zjištění tzv. aterogenního indexu (citlivý ukazatel rizika aterosklerózy a jejích komplikací).

Fyziologické hodnoty pro muže jsou -0,260 – 0,196.

### **Bílkovina celková**

Celková bílkovina zahrnuje všechny proteiny obsažené v plazmě. Jde o pestrou směs mnoha druhů bílkovin pocházejících z různých buněk. Hlavní místo syntézy plazmatických proteinů jsou játra. Výjimku tvoří imunoglobuliny a cytokiny. Tyto

bílkoviny mají různý biologický poločas, přesto za fyziologických okolností je jejich koncentrace jako celku v plazmě relativně stálá (Musil, 1994).

Vyšetření koncentrace celkové bílkoviny v séru nám poskytuje orientační informaci o biosyntéze, utilizaci a exkreci bílkovin. Změny ve složení sérových bílkovin vyvolávají různá onemocnění, ale pouze některá se projeví odchylkou v hodnotách celkové bílkoviny. Koncentrace celkové bílkoviny v séru může být ovlivněna hydratací organismu, změnou biosyntézy jednoho nebo více specifických proteinů nebo rychlostí jejich ztrát.

Pokud je koncentraci bílkoviny v séru snížena, nazýváme tento stav hypoproteinemie. K absolutní hypoproteinemii dochází buď při zvýšených ztrátách (např. ledvinami, gastrointestinálním traktem - záněty střeva, kůží – u popálenin nebo krvácením). Dalšími možnými příčinami může být snížená proteosyntéza v játrech (chronická jaterní onemocnění) nebo nedostatečný příjem bílkoviny potravou například při poruchách výživy. U relativní hypoproteinemie je zachováno normální množství bílkovin, které jsou ale v důsledku retence vody a elektrolytů „naředěné“ (stav hyperhydratace). Koncentrace jednotlivých proteinů jsou sníženy ve stejném poměru.

Naopak zvýšenou koncentraci celkové bílkoviny v séru označujeme jako hyperproteinemii. Absolutní hyperproteinemie je zvýšení koncentrace bílkoviny vyvolaná obvykle zvýšenou syntézou některých specifických proteinů, např. imunoglobulinů. Relativní hyperproteinemie vzniká jako následek dehydratace organismu při nedostatečném příjmu či nadměrných ztrátách tekutin (těžké průjmy, zvracení). Celkové množství bílkovin je zachováno a koncentrace jednotlivých proteinů je zvýšená proporcionálně.

Fyziologické hodnoty pro muže jsou 60 – 87 g.l<sup>-1</sup>.

### **Albumin (ALB)**

Albumin (ALB) je hlavní bílkovina krevní plazmy, která se podílí na celkové bílkovině v séru z 55 – 65 % (průměrná koncentrace albuminů v plazmě je 40 g.l<sup>-1</sup>). Albumin je syntetizován v játrech a jeho tvorba závisí na příjmu aminokyselin. Tato bílkovina zastává v organismu řadu funkcí. Je přenašečem mnoha látek (hormonů, bilirubinu, vitaminů, vápníku, hemu, steroidních látek, tyroxinu, mastných kyseliny, žlučových kyseliny, kovů, léků atd.). Významně se podílí na udržování osmotického

(onkotického) tlaku plazmy a ovlivňuje tak udržování tekutin v cévách. V případě snížené koncentrace albuminu v krvi (pod  $20 \text{ g.l}^{-1}$ ) proto dochází k přestupu tekutin mimo cévy a k tvorbě edémů. Dále albumin vytváří proteinovou rezervu organismu a slouží jako zdroj aminokyselin, zvláště esenciálních aminokyselin pro různé tkáně. Při malnutrici se jeho koncentrace snižuje. Koncentrace albuminu v séru není však dobrým indikátorem časně proteinové malnutrice, protože při nedostatku aminokyselin se snižuje i katabolismus albuminu a ten se přesouvá z intersticia, aby se zachovalo adekvátní množství v plazmě. Pomalý pokles je dán rovněž delším poločasem a velkou tělesnou zásobou. Z tohoto důvodu neodráží plný rozsah nutričního deficitu. Nedostatek albuminu má také vliv na účinek řady látek, které přenáší. Jeho koncentrace klesá především při poškození jater, u onemocnění ledvin, u podvyživených osob a při zánětech.

Fyziologické hodnoty pro muže jsou  $33,5 - 48,5 \text{ g.l}^{-1}$ .

### **Imunoglobulin G (IgG)**

Imunoglobuliny obecně představují skupinu funkčně i strukturně příbuzných proteinů, které hrají klíčovou roli v imunitním systému. Imunoglobulin G je nejhojnější třídou protilátek v krvi a tkáňovém moku savců. Tvoří  $\frac{3}{4}$  všech protilátek v séru. Z chemického hlediska se jedná o globulin (glykoprotein), který je složen ze dvou lehkých a dvou těžkých řetězců. U člověka se vyskytují celkem 4 podtřídy: IgG1, IgG2, IgG3 a IgG4. Hlavní funkcí IgG je vazba na antigen a je tudíž jednou z hlavních součástí humorální složky imunitní odpovědi. Umožňuje pevnou adhezi mezi fagocytem a fagocytujícím objektem a to zejména v placentě, kterou je schopen procházet. Vytváří obranyschopnost fetu v období, kdy jeho vlastní imunitní mechanismy nejsou dostatečně vyvinuty. Dále snadno proniká do extravazálních prostor (intersticia), kde neutralizuje bakteriální toxiny.

Fyziologické hodnoty pro muže jsou  $7,0 - 15,2 \text{ g.l}^{-1}$ .

## **Imunoglobulin A (IgA)**

Imunoglobulin A je jednou z 5 hlavních tříd lidských protilátek vyskytujících se u člověka. S IgA se můžeme setkat jako s bílkovinou plazmy (glykoproteinem), produkovanou plazmatickými buňkami a B lymfocyty v lymfoidních tkáních. Je ve velké míře uvolňován na povrch sliznic a významně se podílí na ochraně proti mikroorganismům (Junqueira et al., 2002).

Hlavní funkce IgA spolu s IgM je neutralizace antigenů na slizničním povrchu (proces imunitní exkluze). Ve spolupráci s obrannými mechanismy sliznic (hlen, řasinky, peristaltika) jsou komplexy IgA (i IgG a IgM) s bakteriálními jedy, mikroorganismy a dalšími potenciálně škodlivými antigeny transportovány ven z organismu. Důležité je, že IgA nespouští komplement, který by mohl poškozovat sliznici. Komplexy s IgA však mohou fungovat jako opsonin, tj. vázat se na receptor na různých efektorových buňkách (fagocytech, např. makrofázích, neutrofilech) a být posléze odstraňovány fagocytózou. Sekreční IgA je odolný proti působení některých enzymů, takže zabraňuje množení mikroorganismů v tělních sekretech a pomáhá tak chránit organismus proti pronikání cizorodých molekul. IgA se vyskytuje ve dvou formách - slizniční a sérové (Hořejší & Bartůňková, 2009).

Fyziologické hodnoty pro muže jsou 0,81 – 2,32 g.l<sup>-1</sup>.

## **Imunoglobulin M (IgM)**

Imunoglobulin M je druhá nejčtenější třída protilátek v krvi savců, tvoří 10 % všech protilátek v séru. Jedná se o glykoprotein, který se syntetizuje v plasmatických buňkách ve slezině, lymfatických uzlinách a kostní dřeni. Celek protilátek IgM tvoří pentamer, jednotlivé podjednotky jsou spojeny do kruhu cystinovými můstky a jedním řetězcem. Díky této struktuře nepronikají do tkání, ale zůstávají v cévním řečišti. Teoreticky se tímto uspořádáním vytvoří 10 vazebných míst pro antigen, prakticky je použitelných pouze pět, neboť ostatní jsou prostorově blokována. Monomer IgM je integrální součástí membrány B-lymfocytů. IgM mají krátký poločas, na rozdíl od IgG přetrvávají v plasmě jen krátce po zlikvidování antigenu. Při zahájení specifické imunitní reakce jsou ale vytvářeny jako první. Po navázání IgM na antigen se na imunokomplex váže komplement, který se tím aktivuje. Dále jako jediný tvoří odpověď

na polysacharidové antigeny (AB0 systém). Pozitivní průkaz IgM proti antigenu poukazuje na akutní infekci.

Fyziologické hodnoty pro muže jsou 0,45 – 2,45 g.l<sup>-1</sup>.

Tabulka 1. Možné příčiny zvýšené nebo snížené koncentrace imunoglobulinů IgG, IgA a IgM

<b>Imunoglobulin</b>	<b>Zvýšená koncentrace</b>	<b>Snížená koncentrace</b>
<b>IgG</b>	Revmatické choroby Chronické záněty Choroby jater Cévní záněty	Vrozené a získané chybění protilátek = imunodeficit
<b>IgA</b>	Chronické záněty s postižením sliznic Tuberkulóza Postižení jater alkoholem	Zdraví lidé Vrozená porucha tvorby protilátek IgA = selektivní IgA imunodeficit Alergie
<b>IgM</b>	Akutní infekce Revmatické choroby Některé jaterní choroby	Vrozené a získané chybění protilátek = imunodeficit

## 2 CÍLE PRÁCE

### Cíle práce

Cílem této studie bylo zjistit vliv intenzivní předsoutěžní redukce tělesné hmotnosti na tělesné složení, antropometrické parametry, maximální izometrickou svalovou sílu, posturální stabilitu, reakční dobu a biochemické parametry v krvi u elitních judistů.

Dílčím cílem pak bylo zjištění používaných metod k redukci tělesné hmotnosti, míry a četnosti těchto redukcí a dalších informací týkajících se procesu snižování tělesné hmotnosti před soutěží u předních českých závodníků ve sportech s hmotnostními kategoriemi.

### Úkoly práce

Na začátku projektu byly vymezeny následující úkoly:

1. Rešerše odborných a vědeckých materiálů a vymezení výzkumného problému.
2. Formulace vědecké otázky a stanovení hypotéz na základě literární rešerše.
3. Návrh, tvorba a realizace anketního dotazování.
4. Konstrukce designu výzkumu.
  - a. Výběr vhodných laboratorních testů.
  - b. Výběr reprezentativního výzkumného souboru na laboratorní testování.
  - c. Příprava časového plánu.
5. Realizace sběru dat.
6. Zpracování výzkumných dat s využitím statistických metod.
7. Deskripce a interpretace výsledků výzkumu.
8. Formulace závěrů.

### Vědecká otázka

Jaký je vliv krátkodobé intenzivní redukce tělesné hmotnosti na jednotlivé parametry tělesného profilu – komponenty tělesného složení, antropometrické parametry, posturální stabilitu, reakční dobu, maximální izometrickou svalovou sílu a biochemické parametry v krvi?

Vzhledem k vytyčenému cíli disertační práce byly stanoveny následující pracovní hypotézy. Tyto hypotézy byly stanoveny na základě podrobného studia literatury zabývající se problematikou předsoutěžní redukce tělesné hmotnosti a našich předešlých výzkumů.

### **Hypotézy**

- H1** Vlivem redukce tělesné hmotnosti dojde k signifikantnímu snížení množství celkové tělesné vody (TBW), tukuprosté hmoty (FFM) a celkového tělesného tuku (FM).
- H2** Předpokládáme zmenšení všech měřených obvodů (tedy obvodu paže, pasu, boků, stehna a lýtka) a snížení množství podkožního tuku.
- H3** Vlivem redukce tělesné hmotnosti dojde ke zhoršení posturální stability.
- H4** Snížení tělesné hmotnosti bude mít negativní dopad na prostou reakční dobu.
- H5** Předpokládáme snížení maximální izometrické svalové síly trupu a horních i dolních končetin.
- H6** U biochemických parametrů v krvi očekáváme vlivem redukce tělesné hmotnosti významný pokles množství lipidů a imunoglobulinů a nárůst hladiny kreatinkinázy v krvi.

### **Zdůvodnění hypotéz**

H1 Tato hypotéza byla stanovena na základě předešlého výzkumu v dané problematice (Coufalová, 2009; Coufalová et al., 2012b). Při testování souboru čítajícího 11 probandů, kteří zredukovali tělesnou hmotnost průměrně o 3,8 kg, jsme zjistili, že značnou část hmotnostního úbytku představovalo snížení množství tělesné vody (TBW). Výsledky dále ukázaly také snížení množství tukuprosté hmoty (FFM) a i snížení procentuálního zastoupení tělesného tuku (FM).

Dále jsme vycházeli z rešerše literatury, kde řada studií taktéž dokládá snížení celkové tělesné vody (TBW), tukuprosté hmoty (FFM) i celkového tělesného tuku (FM) vlivem předsoutěžní redukce tělesné hmotnosti (Kurakake et al., 1998; Umeda et al., 1999; Yoshioka et al., 2006; Silva et al., 2011; Mendes et al., 2013).

H2 Tato hypotéza byla také odvozena z předešlého výzkumu (Kinkorová & Coufalová, 2009; Coufalová et al., 2011; Coufalová et al., 2012b). Předpokládali jsme, že dojde k výraznému snížení celkové tělesné vody (TBW), přičemž tento úbytek se projeví ve snížení extracelulární tekutiny (ECW) i intracelulární tekutiny (ICW), s čímž souvisí i předpokládané snížení tukuprosté hmoty (FFM). V souvislosti s tímto jsme se domnívali, že dojde k úbytku svalové hmoty, což se projeví ve zmenšení obvodů hlavních svalových skupin.

Vzhledem k předchozí hypotéze (H1), kde jsme predikovali snížení množství tělesného tuku (FM), jsme předpokládali, že část tohoto úbytku bude tvořit podkožní tuk, což se projeví ve snížení tloušťky kožních řas.

H3 Řada studií (Filaire et al., 2001; Hall & Lane, 2001; Yoshioka et al., 2006) zjistila nárůst únavy po rychlé ztrátě tělesné hmotnosti. Dále uvádějí nárůst napětí a hněvu. Únava a emoce mohou snížit schopnost koncentrace, což může mít dopad na posturální stabilitu jedince.

H4 V této hypotéze jsme vycházeli podobně jako u hypotézy H3 z předpokladu, že se rychlá předsoutěžní redukce tělesné hmotnosti projeví také v psychickém a emočním vyčerpání jedince a dojde ke zvýšení únavy a zhoršení schopnosti koncentrace. Únava obecně prodlužuje reakční dobu. Předpokládali jsme tedy, že tyto faktory ovlivní schopnost organismu rychle reagovat a dojde ke zhoršení prosté reakční doby horní i dolní končetiny na zrakový i sluchový podnět.

H5 Při zjišťování změn tělesného složení v předešlé studii (Coufalová, 2009) jsme zaznamenali kromě snížení celkové tělesné vody (TBW) také úbytek tukuprosté hmoty (FFM). Z těchto výsledků jsme předpokládali, že rychlá redukce tělesné hmotnosti bude mít vliv na svalovou sílu ve smyslu jejího snížení.

H6 V této hypotéze jsme vycházeli především ze dvou studií (Kurakake et al., 1998; Umeda et al., 2004), které se věnovaly dopadům rychlé redukce tělesné hmotnosti u judistů na biochemické parametry v krvi. Výsledky těchto studií poukazují na změny v množství lipidů, konkrétně u celkového cholesterolu (T-Cho) a množství



triacylglycerolu (TAG), dále pak u kreatinkinázy (CK) a imunoglobulinů, konkrétně imunoglobulinu G (IgG) a imunoglobulinu M (IgM).

## 3 METODIKA VÝZKUMU

Tato práce má charakter empirického výzkumu, jehož hlavní metodou je pozorování.

### 3.1 Výzkumný soubor

#### Anketa

Vlastnímu laboratornímu měření předcházelo zjišťování podrobnějších informací ohledně předsoutěžního snižování tělesné hmotnosti u předních českých závodníků bojových sportů s hmotnostními kategoriemi. Anketního dotazování se zúčastnilo celkem 53 zkušených závodníků (37 mužů a 16 žen, průměrný věk  $23,7 \pm 3,2$  let) ze sportů judo, zápas řecko-římský a volný styl, box, kickbox, thaibox, taekwondo a karate. Jednalo se o elitní sportovce, kteří se danému bojovému sportu věnovali průměrně  $14,9 \pm 4,4$  let a v čase výzkumu dosáhli technického stupně vyspělosti 2. kyu až 2. DAN (týká se juda, karate a taekwonda). Respondenti se řadí k elitním českým sportovcům, o čemž dokládají následující uvedené sportovní úspěchy. Všichni kromě tří respondentů jsou medailisté z mistrovství České republiky, 36 účastníků dokonce mistři ČR. 25 respondentů se zúčastnilo mistrovství Evropy (z nichž 14 získalo medaili), 17 závodníků se zúčastnilo mistrovství světa (10 získalo medaili). 4 respondenti se zúčastnili olympijských her. Základní charakteristika výzkumného souboru anketního dotazování je uvedena v tab. 2.

Tabulka 2. Základní charakteristika výzkumného souboru anketního dotazování. Hodnoty jsou uvedeny ve tvaru průměr  $\pm$  SD.

	n	Věk [roky]	Hmotnost [kg]	Sportovní praxe (v daném sportu) [roky]	Počet tréninků za týden	Počet závodů za rok
<b>Muži</b>	37	$23,8 \pm 3,1$	$79,3 \pm 11,2$	$14,8 \pm 4,1$	$6,2 \pm 2,7$	$11,7 \pm 6,1$
<b>Ženy</b>	16	$23,6 \pm 3,3$	$62,6 \pm 7,3$	$15,3 \pm 4,6$	$6,0 \pm 3,5$	$8,3 \pm 4,9$

## Laboratorní testování

Pro laboratorní testování jsme zvolili záměrný výběr 9 probandů ve věkovém rozmezí 18 - 26 let (průměrný věk  $22,3 \pm 2,4$  let) z pěti hmotnostních kategorií (vyjma kategorie -100 kg a +100 kg). Průměrná tělesná výška souboru činila  $181,0 \pm 6,2$  cm, průměrná tělesná hmotnost před redukcí byla  $79,3 \pm 9,0$  kg. Všichni účastníci patřili do reprezentace České republiky v judu. Jednalo se tedy o zkušené závodníky, kteří se věnují judu více než 15 let a trénují pravidelně 7x týdně. Účastníci uvedli, že se zúčastní přibližně jedenácti závodů ročně, přičemž svoji hmotnost redukují průměrně na sedm z nich. Bližší charakteristika souboru je uvedena v tab. 3.

Tabulka 3. Základní charakteristika laboratorně testovaného souboru. Hodnoty jsou uvedeny ve tvaru průměr  $\pm$  SD.

	n	Věk [roky]	Hmotnost [kg]	Výška [cm]	Sportovní praxe [roky]	Počet tréninků za týden	Počet závodů za rok
<b>Muži</b>	9	$22,3 \pm 2,4$	$79,3 \pm 9,0$	$181,0 \pm 6,2$	$15,5 \pm 2,3$	$7,0 \pm 2,0$	$11,1 \pm 3,6$

## 3.2 Organizace sběru dat

Testování výzkumného souboru probíhalo v laboratorních podmínkách a mělo dvě části. První část byla tzv. vstupní a probíhala před redukcí hmotnosti, tedy za běžné hmotnosti probandů, zatímco druhé měření, tzv. výstupní, probíhalo poslední den redukčního procesu, tedy v pátek před sobotní soutěží. Obě části obsahovaly stejné testy a to nejdříve měření antropometrických parametrů (tělesná výška a hmotnost, obvody zvolených tělních segmentů - paže, pasu, boků, stehna a lýtka a měření deseti kožních řas dle Pařízkové) a měření tělesného složení. Dále jsme odebrali vzorek krve z prstu ke zjištění glukózy a laktátu. Následoval test posturální stability, měření reakční doby a dynamometrie. Na závěr se prováděl odběr venózní krve ke zjištění krevního obrazu a biochemických parametrů. Všichni probandi byli testováni v Biomedicínské laboratoři Fakulty tělesné výchovy a sportu Univerzity Karlovy v Praze, měření posturální stability taktéž, ale v Laboratoři sportovní motoriky. Probandi byli předem seznámeni s cílem a průběhem celého testování a o způsobu prezentace výsledků. Proces sběru dat proběhl v podzimní sezóně 2011 a jarní sezóně 2012.

## **3.3 Metody sběru dat**

### **3.3.1 Anketa**

Před vlastním laboratorním testováním nás zajímaly bližší podrobnosti předsoutěžního snižování tělesné hmotnosti, tedy obvyklá četnost redukcí, průměrná délka snižování tělesné hmotnosti, nejčastěji používané metody atd. K tomuto účelu byla experty vytvořená anketa s uzavřenými i otevřenými otázkami, která se skládala ze tří hlavních částí. První část ankety byla zaměřena na zjišťování základních informací o respondentovi, tedy zjištění věku, pohlaví, bojového sportu, délky věnování se tomuto sportu, dosaženého technického stupně, hmotností kategorie daného závodníka a běžné hmotnosti, počtu tréninků týdně, počtu absolvovaných soutěží ročně, soutěžních úspěchů atd. Druhá část se věnovala předsoutěžní redukci tělesné hmotnosti, tedy četnosti redukcí, průměrné délce redukce, vlivu významnosti soutěže na použitou metodu redukce, udržování nižší hmotnosti pokud je více soutěží v řadě nebo otázce, zda závodníci sledují svojí tělesnou hmotnost průběžně. Také nás zajímalo, jaká byla maximální redukce respondentů za jejich celou sportovní kariéru a o kolik kilogramů by respondenti byli ochotní snižovat svojí tělesnou hmotnost, pokud by se jednalo o velmi důležitou soutěž. Taktéž jsme se dotazovali na použití doplňků stravy při i mimo redukční období. Dále byly otázky zaměřeny na problémy, se kterými se závodníci při redukci potýkají a subjektivní pocity jako změny psychických stavů, změny nálad atd. při redukci. Následně měli respondenti zaškrtnout, odkud získávají informace o snižování hmotnosti a jaké metody k redukování používají. Ve třetí části ankety byl prostor pro osobní zkušenosti s redukcí hmotnosti, vlastní postupy a metody, tipy, triky, komentáře. Celé znění ankety naleznete v příloze č. 4.

Anketa byla distribuována převážně elektronickou cestou a do výzkumu byli zapojeni pouze zkušení závodníci z bojových sportů s hmotnostními kategoriemi.

### **3.3.2 Tělesné složení**

Na základě pilotní studie v podobě diplomové práce (Coufalová, 2009) a předchozího výzkumu v této problematice (Kinkorová & Coufalová, 2008; Coufalová et al., 2012b) jsme použili k analýze tělesného složení multifrekvenční bioimpedanční analyzátor InBody 720 (viz příloha č. 5). Přístroj pracuje s tetrapolárním, 8 bodovým

dotykovým systémem umístění elektrod (obr. č. 4). Využívá metodu přímé analýzy segmentové multifrekvenční bioelektrické impedance, kdy je impedance měřena za použití 6 rozdílných frekvencí (1, 5, 50, 250, 500, 1000 kHz) a reaktance třemi různými frekvencemi (5, 50, 250 kHz) na každém z 5 segmentů (pravá a levá horní končetina, trup, pravá a levá dolní končetina). Na rozdíl od jiných analyzátorů InBody 720 nechápe tělo jako jeden válec, ale rozdělí jej do 5 válců, a proto může měřit tělesné složení v jednotlivých segmentech ([www.biospace.cz](http://www.biospace.cz)). Vstupními údaji testované osoby jsou tělesná výška, věk a pohlaví.



Obrázek 4. Tetrapolární konfigurace elektrod u InBody 720 ([www.biospace.cz](http://www.biospace.cz))

Zjišťované parametry byly následující: tukuprostá hmota (FFM), celkový tělesný tuk (FM), útrobní tuk, buněčná hmota (BCM), množství kosterního svalstva, celková tělesná voda (TBW), intracelulární tekutina (ICW), extracelulární tekutina (ECW), množství proteinů, množství minerálů, obsah minerálů v kostech a bazální metabolismus (BMR). Přístroj InBody taktéž vypočítá index tělesné hmotnosti BMI a index zhodnocení kondice (tzv. Fitness Score).

Dále jsme zjišťovali segmentální zastoupení svalstva (pravá i levá horní končetina, pravá i levá dolní končetina, trup). Pomocí segmentové analýzy svalové rovnováhy umožňuje InBody 720 odhadnout hmotnost aktivní měkké tkáně bez tuku v každé části těla.

Probandi byli dopředu vyzváni k dodržení řady zásad před měřením, jejichž nedodržení by mohly být výsledky analýzy tělesného složení zkreslené. Testování se měli 2 hodiny před měřením vyvarovat příjmu potravin a tekutin, 12 hodin před měřením neměli požit alkohol ani kofeinové přípravky či jiné odvodňující přípravky a taktéž se v tomto čase před měřením měli vyhnout náročné fyzické aktivitě a návštěvě sauny.

### 3.3.3 Antropometrie

Z antropometrických parametrů byla měřena tělesná výška [cm], tělesná hmotnost [kg] a z obvodových rozměrů obvod paže, pasu, boků, stehna a obvod lýtky. Dále byly měřeny tloušťky kožních řas na deseti místech těla dle Pařízkové (1998). Zde byl použit kaliper typu Best. Měření prováděla vždy jedna a ta samá zkušená osoba, abychom minimalizovali chybu měření.

#### Měřené antropometrické parametry:

a) tělesná výška [cm]

- stanovena pomocí výškoměru s přesností na 0,1 cm
- jedinci měřeni bez obuvi, vzpřímený postoj s patami u sebe
- paty, hýždě a lopatky se dotýkají stěny, hlava v tzv. orientační rovině (vodorovná rovina mezi okraji obou zvukovodů a dolním okrajem očníce)

b) tělesná hmotnost [kg]

- měřena pomocí osobní digitální váhy Seca 899 s přesností na 0,1 kg
- jedinci měřeni v nejnútnejším oblečení

c) obvodové rozměry [cm]

- měřeny pomocí neelastického pásma s přesností na 0,1 cm
- měřeny na pravé straně těla
  - obvod paže - měřen v poloviční vzdálenosti mezi bodem akromiale a hrotem loktu (olecranon ulnae) na paži volně visící podle těla
  - obvod pasu - měřen v nejužším místě pasu
  - obvod boků - měřen v oblasti největšího vyklenutí gluteálního svalu
  - obvod stehna - měřen uprostřed délky stehenní kosti

- obvod lýtky - měřen v místě největšího vyklenutí lýtkového svalu (m. gastrocnemius), měřená osoba stojí uvolněně v mírném rozkročení (kolena napjata), za stejného zatížení obou dolních končetin

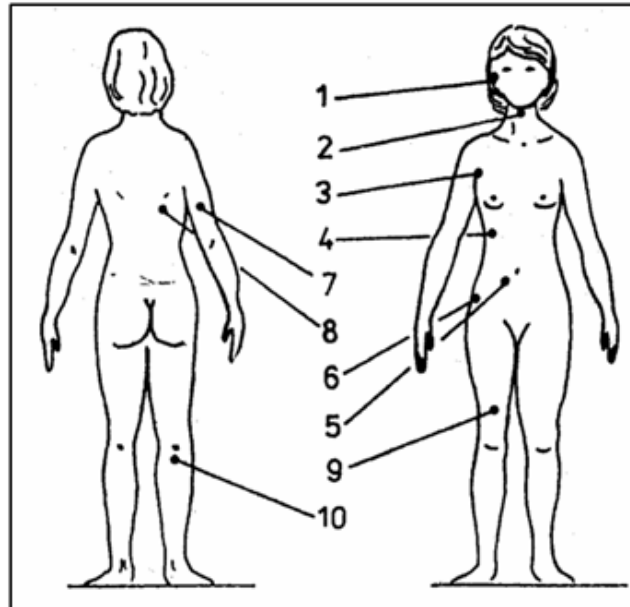
d) tloušťka kožních řas [mm]

- použit kaliper typu Best (tlak na kožní řasu  $28,5 \text{ g.mm}^{-2}$ )
- měřeno s přesností na 0,5 mm
- měřena pravá strana těla
- dotykové plošky kaliperu přikládány asi 1 cm od prstů svírajících kožní řasu

Kožní řasy:

- tvář – kožní řasa probíhá vodorovně bezprostředně před ušním boltcem ve výši odpovídající středu zevního zvukovodu
- podbradek – podélná osa řasy probíhá těsně nad jazylkou při mírně zakloněné hlavě a má svislý průběh
- hrudník I – v místě přechodu přední řasy podpažní jamky na hrudníku vytvořit řasu s podélnou osou, která probíhá rovnoběžně s přední řasou podpažní jamky
- paže – na zadní straně paže uprostřed (nad trojhlavým svalem pažním - m. triceps brachii) volně visící horní končetiny vytvořit podélnou řasu rovnoběžnou s osou horní končetiny
- záda – kožní řasu měřit pod dolním úhlem lopatky, která probíhá rovnoběžně s podélnou osou přiléhajícího žebra
- břicho – vytvořit podélnou kožní řasu probíhající vodorovně na spojnici pupek (umbilicus) - přední trn lopaty kosti kyčelní (anterior superior iliac spine) ve vzdálenosti  $\frac{1}{4}$  spojnice od pupku
- hrudník II – v přední axilární čáře ve výši 10. žebra vytvořit kožní řasu probíhající vodorovně
- bok – nad hřebenem kosti kyčelní v přední axilární čáře vytvořit řasu rovnoběžnou s hranou kosti kyčelní
- stehno – bezprostředně nad česku vytvořit řasu se svislým průběhem, dolní končetina musí být mírně ohnuta v koleni a opřena o špičku chodidla

- lýtko – těsně pod kolenní jamkou ve střední čáře vytvořit vertikální řasu, dolní končetina musí být mírně ohnuta v koleni a opřena o špičku chodidla (Kohlíková, 2006)



Obrázek 5. Lokalizace měřených kožních řas podle Pařízkové (1998)

### 3.3.4 Stabilometrie

Stabilometrické vyšetření probíhalo v Laboratoři sportovní motoriky UK FTVS za použití tlakové desky FootScan a softwaru Balance 7.6. Měření spočívalo v analýze a hodnocení stability postoje, tj. velikostí výchylek těžiště těla (středu tlakového působení do podložky), rychlosti vyrovnávání a četnosti výchylek.

Využity byly testy statické posturální stability (Rombergův test): široký stoj otevřené oči – SSOO (double narrow stance feet parallel-eyes open), široký stoj zavřené oči – SSZO (double narrow stance feet parallel-eyes closed), úzký stoj otevřené oči – USOO (double stance feet parallel-eyes open), úzký stoj zavřené oči – USZO (double stance feet parallel-eyes closed). Dále byl využit tzv. Flamingo test, tj. stoj na jedné noze (FLP – Flamingo pravá, FLL – Flamingo levá). Doba trvání jednotlivých testů (SSOO, SSZO, USOO, USZO) byla 30 s, u Flamingo testu (FLP, FLL) 60 s.





Obrázek 6. Tlaková deska FootScan

### 3.3.5 Reaktometrie

Pro naše účely jsme zvolili měření prosté reakční doby dominantní horní i dolní končetiny na akustický i vizuální signál. K testování bylo využito přístrojové vybavení Biomedicínské laboratoře UK FTVS.

Každý test zahrnoval 20 podnětů (buď rozsvícení zelené diody, nebo zvuková signalizace v podobě pípnutí), na které měli probandi reagovat. Z těchto dvaceti pokusů se 5 nejhorších a 5 nejlepších vyřadilo a ze zbylých deseti se vypočítala průměrná reakční doba a směrodatná odchylka. Testování reakční doby probíhalo v oddělené místnosti v klidných podmínkách pouze za přítomnosti testované osoby a examinátora. K měření reakční doby na akustický signál byla využita sluchátka, abychom minimalizovali vnímání případných šumů okolí.



Obrázek 7. Zařízení na měření reakční doby dolní končetiny na vizuální podnět

### 3.3.6 Dynamometrie

Měření síly vybraných svalových skupin (flexorů a extenzorů v loketním a kolenním kloubu, flexorů a extenzorů trupu a síly stisku ruky) bylo prováděno pomocí dynamometrů v Biomedicínské laboratoři UK FTVS. Hodnoty byly měřeny a jsou tedy uváděny v kilopondech [kp]. Kilopond je jednotkou síly, která nepatří do soustavy SI. Odpovídá takové síle, která působí na těleso o hmotnosti jednoho kilogramu v gravitačním poli země s tíhovým zrychlením  $9,807 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . Jeden kilopond je roven 9,807 newtonům [N]. Dále se můžeme setkat se starší jednotkou kilogramme-force [kpf], přičemž  $1 \text{ kpf} = 1 \text{ kp}$ .

Měření svalové síly spočívá v měření maximální volní kontrakce jako fyzikální veličiny proti pevnému odporu. Byla použita snímací deska dynamometru typu Low Profile Aluminum Load Cell model 1042 s celkovou chybou 0,05 %. Sílu stisku ruky jsme měřili pomocí digitálního ručního dynamometru Grip D, T.K.K. 5401 s přesností na 0,1 kp. Celková chyba metody se uvádí  $\pm 2 \text{ kp}$ .

Měřené parametry maximální izometrické svalové síly:

1. Síla stisku ruky (handgrip)
  - měřena pravá i levá strana

- měření se provádí ve stoje, paže je ve vertikální poloze a svírá s předloktím úhel 90°, dlaň je v supinačním postavení
2. Flexe trupu
- měřeno ve stoji spojném (zády ke stojanu) za fixaci pánve (tuto fixaci zajistíme opřením oblasti pánve až stehen o desku)
  - pás dynamometru pro tah je upevněn na hrudníku i pažích v úrovni axil event. ve středu sternu
  - tah se provádí dopředu při zachování extenze kolen (celá plocha obou chodidel musí zůstat v dotyku s podlahou)
  - měří se síla břišních svalů
3. Extenze trupu
- měřeno ve stoji spojném (čelem ke stojanu) za fixaci pánve (tuto fixaci zajistíme opřením oblasti pánve až stehen o desku)
  - pás dynamometru pro tah je upevněn na hrudníku i pažích v úrovni axil event. ve středu sternu
  - tah se děje směrem vzad při zachování extenze kolen a kontaktu obou chodidel s podlahou
  - měří se síla zádových svalů
4. Flexe paže (tj. v loketním kloubu)
- měřeno vsedě čelem ke sloupu dynamometrické stolice (hrudník je vpředu opřen o desku)
  - paže spočívá v horizontální poloze na podložce a s trupem svírá pravý úhel právě tak, jako předloktí s paží, předloktí zaujímá střední polohu mezi pronací a supinací
  - tah se provádí směrem k sobě, tj. ohnutí v loketním kloubu
  - měří se síla především dvouhlavého svalu pažního
5. Extenze paže (tj. v loketním kloubu)
- měřeno vsedě, pozice testovaného je stejná jako v případě flexe paže
  - tah paže je prováděn směrem od sebe
  - měří se síla především trojhlavého svalu pažního

6. Flexe bérce (tj. v kolenním kloubu)

- měření se provádí vsedě (zády ke stojanu) tak, aby celá stehna spočívala na podložce, měřená končetina se nedotýká země
- fixuje se pánev a stehna, záda jsou opřena, bérce svírá se stehnem úhel 90°
- tah se provádí vzad ohnutím v koleni
- měří se především síla svalů zadní strany stehna

7. Extenze bérce (tj. v kolenním kloubu)

- měřeno vsedě (zády ke stojanu), pozice i fixace je stejná jako v případě flexe v kolenním kloubu
- tah se děje dopředu bez účasti kyčlí
- měří se především síla čtyřhlavého svalu stehenního

(Kohlíková, 2006)



Obrázek 8. Ruční dynamometr pro měření síly stisku ruky



Obrázek 9. Dynamometr Biomedicínské laboratoře UK FTVS

Populační normy pro svalovou sílu [kp] u mužů dle Zelenky et al. (1979) jsou uvedeny v příloze 8.

### 3.3.7 Biochemické parametry

Další částí projektu byl sběr a analýza hematologických a biochemických parametrů v krvi. Zjišťování množství laktátu a glukózy v krvi proběhlo vždy v ranních hodinách nalačno, krev byla odebírána z vydezinfikovaného bříška prstu do kalibrovaných kapilár. Tyto parametry byly stanoveny elektrochemicky aparaturou BioVendor Super GL v Biomedicínské laboratoři UK FTVS. Dále byla odebírána venózní krev z kubitální žíly. Odběry kapilární i venózní krve byly stejně jako ostatní měření prováděny jak před redukcí tělesné hmotnosti, tak i na konci této redukce. Odběry venózní krve byly prováděny uzavřeným systémem, který zajišťuje odběr krve do již uzavřených vakuových plastových stříkaček, které následně slouží i jako sběrná zkumavka. Do těchto zkumavek, které jsou barevně odlišeny podle obsahu přidaného konzervačního činidla, se odebírá přesně stanovené množství krve. Výhody uzavřeného

systemu spočívají v absenci styku odebraného materiálu s vnějším prostředím, neboť sběrné zkumavky jsou sterilní a uzavřené. Odebírající pracovník je tak při odběru chráněn před kontaminací krví pacienta a také samotný biologický materiál je chráněn před možnou kontaminací zvenčí. Taktéž nemusíme s odebranou krví po odběru nadále manipulovat, neboť odběrová stříkačka je zároveň sběrná zkumavka. Další velkou výhodou je, že stříkačky již od výrobce obsahují potřebné množství daného konzervačního činidla k příslušným analýzám (zde vznikalo mnoho chyb, když zkumavka neobsahovala požadovaný poměr krve a činidla, takže vzorek byl nepoužitelný). V neposlední řadě je pozitivum, že pacientovi odebíráme opravdu pouze potřebné množství krve.

V našem výzkumu jsme zvolili odběr do vakuových zkumavek. Zde je potřeba odběrová souprava, která obsahuje držák jehly s hemiostatickým ventilem, jehlu a příslušnou vakuovou zkumavku. Před odběrem se vloží vhodná jehla do držáku, palcem ve vzdálenosti 2 až 5 cm pod místem odběru se stabilizuje poloha žíly, provede se venepunkce a teprve potom se postupně nasazují vhodné zkumavky. Vakuová zkumavka se nesmí nasadit na vnitřní jehlu držáku před venepunkcí, protože by se vakuum ve zkumavce zrušilo. Vakuum ve zkumavce zajistí jak přiměřené naplnění zkumavky, tak dostatečný poměr krve a protisrážlivého činidla. Při odběrech krve byla dodržena níže uvedená pravidla.

Hlavní zásady pro odběr kapilární krve:

- zjistit alergii na dezinfekční prostředky
- zajistit dobré prokrvení místa vpichu (v našem případě bříška prstu) např. prohřátím
- místo vpichu dezinfikovat
- vpich směřovat ze strany do bříška prstu, kde je lepší prokrvení než ve středu
- po nabodnutí lancetou první kapku otřít (z důvodu příměsí tkáňového moku), další tvorbu kapek podpořit lehkým tlakem (při silném vymačkávání je v krvi příměš tkáňového moku)
- krev se odebírá do speciálních kapilárních krevních zkumavek nebo do malých plastových či skleněných zkumavek
- po odběru přiložit na místo vpichu vatu smočenou v dezinfekčním prostředku

Hlavní zásady pro odběr venózní krve:

- zjistit alergii na dezinfekční prostředky nebo určitý typ náplasti
- před odběrem pacient rukou necvičí (zkreslení řady vyšetření), tlak lze zvýšit otevíráním a zavíráním dlaně
- místo vpichu dezinfikovat
- jsou-li žíly dobře viditelné, odběr provádět z nezatažené paže
- použije-li se turniket (ne déle než 1 min), po nabodnutí žíly má být ihned uvolněn
- pokud je turniket použit delší dobu nebo pacient rukou intenzivně cvičil, je třeba to vyznačit do žádanky
- po odběru přiložit na místo vpichu vatu smočenou v dezinfekčním prostředku
- při odběru nesrážlivé krve, bezprostředně po náběru promíchat opakovaným otáčením odběrové zkumavky minimálně 5x (netřepat)

Pro účely našeho testování byl odebrán jeden vzorek kapilární krve z bříška prstu pro zjištění glukózy a laktátu a dva vzorky venózní krve pro určení krevního obrazu a k biochemickému rozboru. Odběry byly prováděny vždy v dopoledních hodinách a nalačno. Odběry provedl vyškolený zdravotník v Biomedicínské laboratoři UK FTVS. Byla dodržena standardní poloha probanda při odběru a to poloha vsedě. Vzorky venózní krve byly ihned po odebrání převezeny do Ústřední vojenské nemocnice v Praze, kde byly analyzovány. Byly dodrženy standardní podmínky odběru (12 hod nalačno, bez kouření, pití alkoholu, užívání drog a léků).

#### Odběry krve:

a) odběr 20  $\mu$ l krve z bříška prstu

- vždy v ranních hodinách nalačno
- zjišťované parametry: glukóza (GLU) [ $\text{mmol.l}^{-1}$ ], laktát (LA) [ $\text{mmol.l}^{-1}$ ]

b) odběr 1 ml venózní krve ke zjištění krevního obrazu

- vždy v dopoledních hodinách nalačno
- zjišťované parametry: leukocyty (WBC) [ $10^9.l^{-1}$ ], erytrocyty (RBC) [ $10^{12}.l^{-1}$ ], hemoglobin (Hb) [ $\text{g.l}^{-1}$ ], hematokrit (HCT), střední objem erytrocytů (MCV) [fl], koncentrace hemoglobinu v erytrocytu (MCHC) [ $\text{g.l}^{-1}$ ], střední hmotnost

hemoglobinu v erytrocytu (MCH) [pg/1 ery], distribuční šíře erytrocytů (RDW) [%], trombocyty (PLT) [ $10^9 \cdot l^{-1}$ ], objem krevních destiček (MPV) [fl]

c) odběr 5 ml venózní krve ke zjištění vybraných biochemických parametrů

- vždy v dopoledních hodinách

- zjišťované parametry: alaninaminotransferáza (ALT) [ $\mu\text{kat} \cdot l^{-1}$ ], aspartátaminotransferáza (AST) [ $\mu\text{kat} \cdot l^{-1}$ ], kreatinkináza (CK) [ $\mu\text{kat} \cdot l^{-1}$ ], triacylglyceroly (TAG) [ $\text{mmol} \cdot l^{-1}$ ], cholesterol (T-Cho) [ $\text{mmol} \cdot l^{-1}$ ], lipoproteiny o vysoké hustotě (HDL) [ $\text{mmol} \cdot l^{-1}$ ], lipoproteiny o nízké hustotě (LDL) [ $\text{mmol} \cdot l^{-1}$ ], logaritmičtý poměr koncentrací TAG a HDL cholesterolu -  $\log(\text{TAG}/\text{HDL})$ , bílkovina celková [ $\text{g} \cdot l^{-1}$ ], albumin (ALB) [ $\text{g} \cdot l^{-1}$ ], imunoglobulin G (IgG) [ $\text{g} \cdot l^{-1}$ ], imunoglobulin A (IgA) [ $\text{g} \cdot l^{-1}$ ], imunoglobulin M (IgM) [ $\text{g} \cdot l^{-1}$ ]

### 3.4 Analýza dat

Pro popis souboru (kvantitativních dat) jsme použili základní statistické charakteristiky – míra polohy (aritmetický průměr), míra variability (směrodatná odchylka). Při zpracování dat z ankety jsme použili kromě výše zmíněných parametrů popisné statistiky také Pearsonův korelační koeficient a to k vyjádření korelace mezi ztrátou hmotnosti v procentech tělesné hmotnosti a délkou redukce. Rozdíly mezi proměnnými z hlediska porovnání žen a mužů jsme hodnotili pomocí testu pro srovnání na dva rozměry - dva nezávislé vzorky. Pravděpodobnost chyby I. typu (alfa) byla stanovena na hladině významnosti 0,05.

U výsledků laboratorního šetření jsme použili ke sledování rozdílů parametrů mezi vstupním a výstupním měření Wilcoxonův párový test. Pravděpodobnost chyby I. typu (alfa) byla stanovena na hladině významnosti 0,05 nebo 0,01.

Vzhledem k malému rozsahu souboru jsme použili pro relativní nestatistické posouzení velikosti úrovně vybraných parametrů index velikosti účinku – effect size (Cohenův koeficient  $d$ ), který není na velikosti souboru závislý. Obecně index velikosti účinku vyjadřuje, do jaké míry lze rozdíl průměrů u jednotlivých skupin přičíst právě příslušnosti ke skupině a do jaké míry působení jiných vlivů (Thomas & Nelson, 1996). Index velikosti účinku byl určen na základě výsledků pilotního měření s využitím hodnot absolutní věcné významnosti. Pro rozlišení velikosti účinku jsme použili



následující kritéria (Cohen, 1992):  $d = 0,2$  malý účinek;  $d = 0,5$  střední účinek a  $d = 0,8$  vysoký účinek.

Vzorec pro výpočet:

$$d = (x_1 - x_2) / \sqrt{s_p^2}$$

kde

$$s_p = \sqrt{\frac{s_1^2(n_1 - 1) + s_2^2(n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2}}$$

( $d$  = Cohenův koeficient,  $s_p$  = rozptyl společný oběma skupinám,  $x$  = dané hodnoty,  $n$  = velikost souborů)

Při přepočtu jednotlivých nepřímo měřitelných parametrů tělesného složení jsme vycházeli z příslušných predikčních rovnic této věkové skupiny (Data Input, 2004). K porovnání výsledků jednotlivých měření byla využita analýza rozptylu (ANOVA). Statistická analýza byla provedena pomocí SPSS (verze 20.0, IBM, New York, USA). K analýze dat a jejich statistickému zpracování jsme využili také Microsoft Office Excel 2013.

## 4 VÝSLEDKY

### 4.1 Anketa

Z výsledků ankety, které se zúčastnilo 53 respondentů (37 mužů, 16 žen), vyplývá, že hmotnost před závody pravidelně snižuje 77,4 % závodníků a tato redukce se pohybuje průměrně okolo 5,4 % tělesné hmotnosti (v průměru  $3,9 \pm 2,3$  kg, rozmezí od 1 kg do 10 kg). U mužů redukce činila v průmětu  $6,0 \pm 3,2$  % tělesné hmotnosti, u žen  $4,1 \pm 1,5$  % tělesné hmotnosti. Nejvyšší zaznamenaná procentuální ztráta činila 12,9 % tělesné hmotnosti, kdy respondent redukoval 9 kg z původní hmotnosti 70 kg. Průměrný počet redukcí za rok činil  $7,6 \pm 4,2$  redukcí na závodníka za rok. Dále jsme se respondentů ptali na jejich maximální redukci. Ta činila průměrně  $6,1 \pm 2,9$  kg, přičemž odpovědi se pohybovaly od 2 kg až po 13 kg.

V následující otázce jsme zjišťovali, maximálně kolik kilogramů by respondenti byli ochotni zredukovat před důležitou soutěží. Zde se odpovědi pohybovaly v rozmezí 2 až 13 kg, průměrně by respondenti byli ochotní zredukovat  $6,3 \pm 2,6$  kg. Dále nás zajímalo, jak dlouho takový redukční režim trvá. Respondenti uvedli, že v průměru potřebují na redukci tělesné hmotnosti  $6,1 \pm 3,6$  dne. Zjištěná korelace mezi délkou redukce a hmotnostním úbytkem v % tělesné hmotnosti byla středně vysoká ( $r = 0,42$ ), přičemž u mužů byla tato korelace nižší ( $r = 0,41$ ) než u žen ( $r = 0,51$ ).

Podrobné výsledky z první části ankety jsou uvedeny v tab. 4.

Tabulka 4. Zjištěné informace ohledně redukčního procesu. Hodnoty jsou uvedeny ve tvaru průměr ± SD.

Proměnná	Muži (n = 37)	Ženy (n = 16)	Celkem (n = 53)
<b>Počet redukujících [% respondentů]</b>	75,7	81,3	77,4
<b>Míra redukce [v % těl. hmotnosti]</b>	6,0 ± 3,2	4,1 ± 1,5	5,4 ± 2,9
<b>Počet redukcí za rok</b>	7,6 ± 4,2	7,4 ± 4,3	7,6 ± 4,2
<b>Maximální redukce [kg]</b>	6,4 ± 3,2	5,4 ± 1,6	6,1 ± 2,9
<b>Maximální přípustná výše redukce [kg]</b>	7,0 ± 2,8	4,8 ± 1,3	6,3 ± 2,6
<b>Délka redukce [dny]</b>	5,7 ± 3,8	6,9 ± 2,9	6,1 ± 3,6

Celkově 63,4 % respondentů z těch, kteří pravidelně redukují svojí tělesnou hmotnost, odpovědělo, že důležitost soutěže neovlivní jejich způsob redukce tělesné hmotnosti (např. délku redukce, stravování a trénink při redukci, použití nutričních doplňků nebo zvolení jiné metody redukce). Mají tedy stále stejný způsob snižování hmotnosti. Všichni respondenti, kteří na tuto otázku odpověděli kladně, tedy ve smyslu určitého vlivu významu soutěže na způsobu redukce, uváděli, že v případě důležitější soutěže je jejich redukce delší, tedy trvá více dní než redukce hmotnosti před méně důležitou soutěží. Celkem 61,0 % respondentů uvedlo, že si soutěžní hmotnost neudrží, ani pokud mají několik turnajů za sebou. 94,3 % všech dotázaných uvedlo, že pravidelně sleduje svojí tělesnou hmotnost.

V části týkající se výživových doplňků 43,4 % respondentů uvedlo, že užívají doplňky stravy po celý rok. 51,2 % z respondentů, kteří snižují svojí hmotnost před soutěží, užívá během této redukce doplňky stravy. Nejčastěji užívané doplňky stravy při redukci tělesné hmotnosti byly L-karnitin (10 případů), větvené aminokyseliny (7 případů), vitamíny (7 případů), proteinové přípravky (5 případů), sacharidové nápoje (4 případy) a kofeinové přípravky (3 případy). Mimo redukční období to pak byly především větvené aminokyseliny (BCAA) ve 13 případech, proteinové přípravky

(12 případů), sacharidové nápoje (10 případů), vitamíny (7 případů) a kloubní výživa (4 případy).

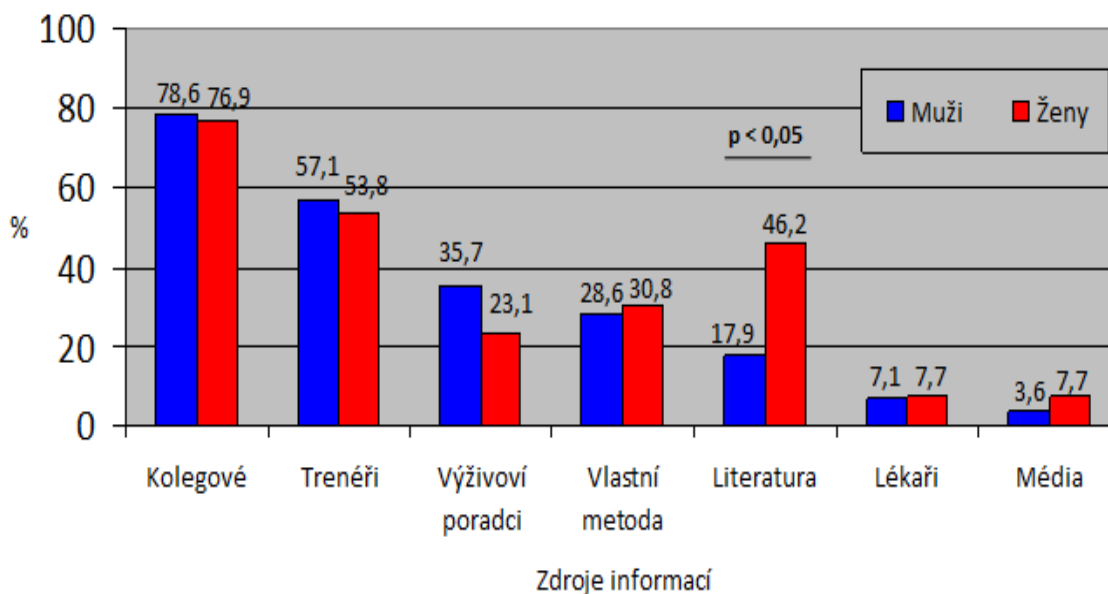
Dále jsme se v anketě zaměřili na problémy, s nimiž se sportovci při redukcí potýkají. Nejčastěji byla zmiňována špatná nálada, únava, dehydratace a hlad, nervozita, ztráta síly, nechut' k fyzické aktivitě a nespavost (viz tab. 5).

Tabulka 5. Nejčastěji se vyskytující problémy při redukce tělesné hmotnosti

Proměnná	Muži (n = 28)	Ženy (n = 13)	Celkem (n = 41)	Z	95 % interval spolehlivosti
Špatná nálada [%]	67,9	84,6	73,2	1,127	-13,6; 38,3
Únava [%]	35,7	46,2	39,0	0,638	-19,0; 39,3
Dehydratace [%]	42,9	23,1	36,6	0,198	-11,9; 43,2
Hlad [%]	32,1	23,1	29,3	0,594	-32,1; 23,1
Nervozita [%]	21,4	23,1	22,0	0,119	-21,8; 31,1
Ztráta síly [%]	14,3	30,0	19,5	1,239	-8,5; 44,7
Nechut' k fyzické aktivitě [%]	17,9	15,4	17,1	0,196	-26,2; 23,4
Nespavost [%]	14,3	15,4	14,6	0,093	-19,4; 29,3

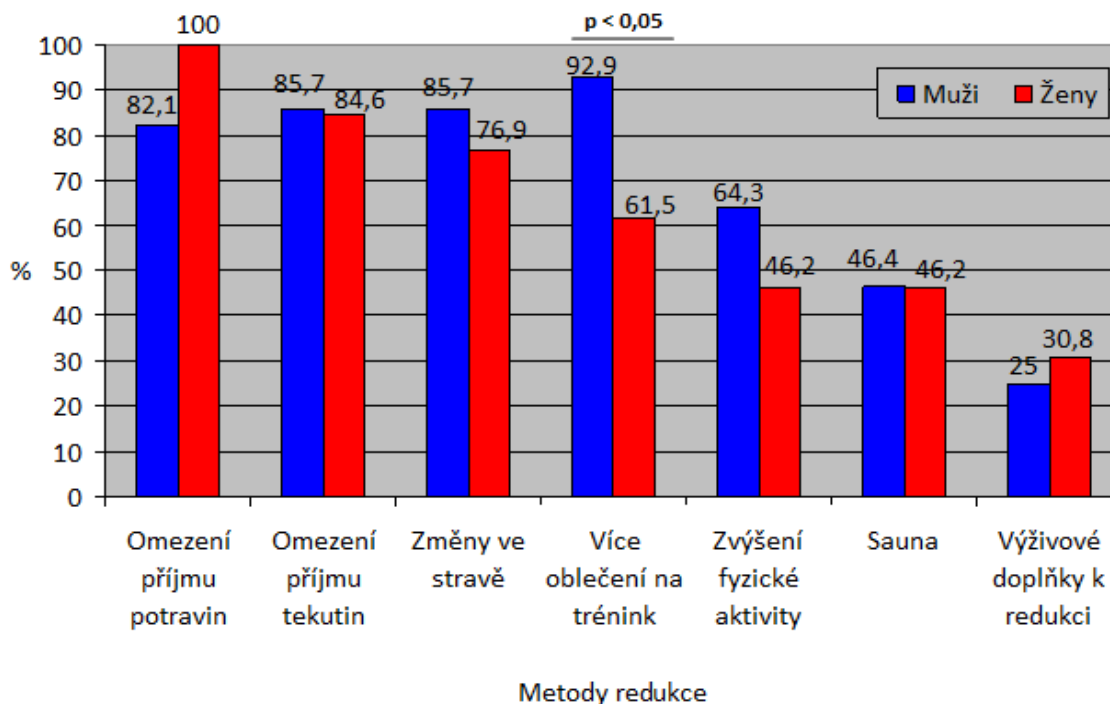
Respondenti uvedli, že informace o tom, jak redukovat svojí hmotnost, získávají primárně od svých kolegů (více než tři čtvrtiny redukujících závodníků) a dále od trenérů. Menší část využívá rad výživových poradců nebo si vytváří vlastní metodu. U čerpání informací z literatury jsme zaznamenali významný ( $p < 0,05$ ) rozdíl v odpovědích mužů a žen. Pouze malé procento závodníků čerpá informace od lékařů nebo z médií (viz graf 1).

Graf 1. Nejčastěji uváděné zdroje informací ohledně redukčního procesu (v %)



Důležitou součástí ankety bylo zjišťování metod redukce tělesné hmotnosti před soutěží. Nejčastější formou tohoto snižování hmotnosti byla kombinace dehydratace (používá 82,1 % mužů a 100 % žen) a omezení příjmu potravin (85,7 % mužů; 84,6 % žen), změny ve složení stravy (85,7 % mužů; 76,9 % žen) spolu s nárůstem fyzické aktivity (64,3 % mužů; 46,2 % žen), a to často ve více vrstvách oblečení nebo ve speciálních gumových oblecích (92,9 % mužů; 61,5 % žen). V poslední zmiňované metodě, tedy oblékání více vrstev na trénink nebo použití speciálních obleků, jsme zjistili významný ( $p < 0,05$ ) rozdíl mezi muži a ženami. Shodné procento mužů a žen (46 %) využívá k redukci hmotnosti saunu, doplňky stravy využívá 25 % mužů a 30,8 % žen (viz graf 2).

Graf 2. Nejčastější způsoby předsoutěžní redukce tělesné hmotnosti (v %)



Na závěr ankety byl respondentům dán prostor pro osobní zkušenosti s redukcí hmotnosti, vlastní postup, tipy, triky a komentáře. Nejčastěji zde byla zmiňována metoda dehydratace, rozložení jídel do více menších porcí a oblékání více vrstev oblečení i mimo pohybovou aktivitu, například na spaní nebo cestování. Několik sportovců také zmínilo použití některých léčiv, jejichž doprovodným jevem je zvýšení teploty a pocení (např. Paracetamol nebo Ibuprofen). Vyskytla se také metoda koupelí v horké vodě, konzumace pouze jogurtů nebo navýšení pitného režimu až na 8 litrů za den jeden týden před soutěží a poté vysazení veškerých tekutin poslední dva dny před soutěží.

## 4.2 Tělesné složení

Laboratorní testování proběhlo u vybraného souboru probandů ( $n = 9$ ) a to jak před redukcí tělesné hmotnosti (tj. vstupní měření), tak i poslední den redukce (tj. výstupní měření). Z výsledků vyplývá průměrné snížení tělesné hmotnosti našeho souboru o 4,6 % původní hmotnosti (průměrně  $3,4 \pm 1,6$  kg), což jsme vyhodnotili jako statisticky významný rozdíl ( $p < 0,01$ ). Stejně tak se redukce projevila i v indexu tělesné

hmotnosti BMI ( $p < 0,01$ ; střední velikost účinku). Z dalších výsledků je patrné, že předsoutěžní redukce tělesné hmotnosti se odráží v menší či větší míře ve všech parametrech tělesného složení. Statisticky významné změny ( $p < 0,05$ ) jsme zachytili u tukuprosté hmoty (FFM), množství kosterního svalstva, celkové tělesné vody (TBW) včetně jejího rozdělení na intracelulární (ICW) a extracelulární (ECW) tekutinu a u buněčné hmoty (BCM).

Tukuprostá hmota (FFM) se snížila v průměru o 2,44 kg (ze 71,10 kg na 68,66 kg), což znamenalo pokles o 3,4 % původního množství. S tímto parametrem úzce souvisí množství kosterního svalstva, což je součástí tukuprosté hmoty (FFM). U tohoto parametru došlo ke snížení o 1,24 kg, což představovalo pokles o 3,1 %. Další signifikantní změny se odehrály u zastoupení tekutin v těle. Množství celkové tělesné vody (TBW) se snížilo o 3,5 % (tj. v průměru o 1,82 l). Tento úbytek se projevil jak v intracelulární tekutině (ICW), která se snížila o 0,93 l, tj. pokles o 2,8 %, tak i extracelulární tekutině (ECW), kde byl pokles 0,87 l (tj. 4,5 %). Množství intracelulární tekutiny (ICW) se snížilo u všech probandů kromě jednoho (zde došlo k nepatrnému nárůstu o 0,1 l) a tento úbytek se pohyboval v rozmezí 0,5 až 1,9 l. Taktéž u extracelulární tekutiny došlo ke snížení hodnoty u všech probandů kromě jednoho (jednalo se o stejného závodníka jako v případě ICW, který měl ale na druhou stranu výrazný pokles tělesného tuku a to o 2 kg, z 10 % na 7,6 % tělesné hmotnosti). U ostatních probandů se pokles extracelulární tekutiny (ECW) pohyboval v rozmezí od 0,7 do 1,6 l. Zaznamenali jsme také statisticky významné ( $p < 0,05$ ) snížení buněčné hmoty (BCM) a to o 1,36 kg, což představovalo 2,9 %.

Statisticky nevýznamné změny jsme zaznamenali ve snížení celkového tělesného tuku (FM) a množství útrobního tuku, i když také u těchto parametrů je patrný pokles. Tělesný tuk (FM) se snížil o 0,98 kg, což představovalo pokles o 12,1 %. V procentuálním vyjádření zastoupení tělesné tuku vzhledem k celkové hmotnosti došlo ke snížení z 10,16 % na 9,29 %. Viscerální tuk poklesl o 1,89  $\text{cm}^2$ , tj. snížení o 2,7 % z původního množství. Změny v jednotlivých parametrech tělesného složení zachycuje tab. 6.

Tabulka 6. Změny v základních parametrech tělesného složení vlivem redukce tělesné hmotnosti

Proměnná	Vstupní měření		Výstupní měření		Sig	d	Velikost účinku
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD			
<b>Hmotnost [kg]</b>	79,14	8,97	75,74	9,51	p<0,01	0,37	malý
<b>Index tělesné hmotnosti (BMI) [kg.m<sup>-2</sup>]</b>	24,16	1,85	22,99	1,87	p<0,01	0,63	střední
<b>Tukuprostá hmota (FFM) [kg]</b>	71,10	8,38	68,66	8,58	p<0,05	0,29	malý
<b>Množství kosterního svalstva [kg]</b>	40,64	4,93	39,40	5,04	p<0,05	0,25	malý
<b>Tělesný tuk (FM) [kg]</b>	8,07	3,29	7,09	2,40	N. S.	0,34	malý
<b>Tělesný tuk (FM) [%]</b>	10,16	3,99	9,29	2,90	N. S.	0,25	malý
<b>Oblast útrobního tuku [cm<sup>2</sup>]</b>	71,03	16,17	69,14	14,85	N. S.	0,12	malý
<b>Celková tělesná voda (TBW) [l]</b>	52,20	6,17	50,38	6,32	p<0,05	0,29	malý
<b>Intracelulární tekutina (ICW) [l]</b>	32,70	3,79	31,77	3,85	p<0,05	0,24	malý
<b>Extracelulární tekutina (ECW) [l]</b>	19,49	2,38	18,62	2,48	p<0,05	0,36	malý
<b>Buněčná hmota (BCM) [kg]</b>	46,83	5,44	45,47	5,51	p<0,05	0,25	malý

Bioimpedančním přístrojem InBody 720 lze určit i další parametry tělesného složení jako je například množství proteinů (PM), celkové množství minerálů, obsah minerálů v kostech (BM), bazální metabolismus (BMR) nebo zhodnocení kondice (tzv. Fitness Score). I v těchto parametrech jsme zaznamenali vlivem redukce tělesné hmotnosti statisticky významné změny.

Signifikantně (p<0,01) se snížilo množství minerálů a to o 0,16 kg, což představovalo pokles o 3,4 % původního zastoupení, a dále došlo k poklesu obsahu



minerálů v kostech (BM) a to o 0,14 kg (tj. o 3,6 %). Menší, ale přesto statisticky významné ( $p < 0,05$ ) byly změny i v dalších parametrech. Množství proteinů (PM) pokleslo o 0,42 kg (tj. o 3,0 %), hodnota bazálního metabolismu (BMR) se snížila v průměru o 51,75 kcal (tj. o 2,7 %) a u zhodnocení kondice byl pokles o 3,9 %, což představovalo věcně významný rozdíl (střední velikost účinku). Změny v těchto parametrech tělesného složení zachycuje tab. 7.

Tabulka 7. Změny v dalších parametrech tělesného složení vlivem redukce tělesné hmotnosti

Proměnná	Vstupní měření		Výstupní měření		Sig	d	Velikost účinku
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD			
<b>Množství proteinů (PM) [kg]</b>	14,14	1,64	13,72	1,65	$p < 0,05$	0,26	malý
<b>Množství minerálů [kg]</b>	4,74	0,58	4,58	0,60	$p < 0,01$	0,28	malý
<b>Obsah minerálů v kostech (BM) [kg]</b>	3,89	0,48	3,75	0,50	$p < 0,01$	0,28	malý
<b>Bazální metabolismus [kcal]</b>	1904,78	180,93	1853,03	185,25	$p < 0,05$	0,28	malý
<b>Zhodnocení kondice</b>	89,11	5,78	85,67	7,47	$p < 0,05$	0,52	střední

Statisticky významné změny ( $p < 0,05$ ) jsme zaznamenali i při sledování zastoupení svalstva v jednotlivých tělních segmentech. U trupu došlo ke snížení množství svaloviny o 0,99 kg, což znamenalo pokles o 3,1 % původní hodnoty, u horních končetin bylo toto snížení stejné u pravé i levé paže a činilo 0,2 kg (tj. 4,7 %). U dolních končetin byl pokles rozdílný, u pravé dolní končetiny činil úbytek svaloviny 0,33 kg, tedy snížení o 3,0 %, u levé dolní končetiny se hodnota snížila o 0,25 kg, tzn. o 2,3 %. Změny v zastoupení svalstva v jednotlivých tělních segmentech ukazuje tab. 8.

Tabulka 8. Změny v zastoupení svalstva v jednotlivých tělních segmentech vlivem redukce tělesné hmotnosti

Proměnná	Vstupní měření		Výstupní měření		Sig	d	Velikost účinku
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD			
<b>Svalová hmota pravé horní končetiny [kg]</b>	4,27	0,65	4,07	0,61	p<0,05	0,31	malý
<b>Svalová hmota levé horní končetiny [kg]</b>	4,25	0,63	4,05	0,66	p<0,05	0,32	malý
<b>Množství svaloviny v trupu [kg]</b>	31,47	3,63	30,48	3,55	p<0,05	0,28	malý
<b>Svalová hmota pravé dolní končetiny [kg]</b>	10,97	1,38	10,64	1,48	p<0,05	0,23	malý
<b>Svalová hmota levé dolní končetiny [kg]</b>	10,79	1,34	10,54	1,35	p<0,05	0,19	malý

### 4.3 Antropometrie

Z antropometrických parametrů byly sledovány kromě tělesné hmotnosti a výšky také tloušťky kožních řas na 10 místech těla a obvody vybraných tělních segmentů. Kaliperací jsme zjistili snížení tloušťky všech měřených kožních řas, přičemž ale statisticky významné rozdíly ( $p<0,05$ ) byly pouze u kožní řasy na zádech (snížení o 1 mm, tj. o 13,2 % vstupní hodnoty), na břicho (snížení o 1,67 mm, tj. o 20,6 %), na boku (snížení o 0,78 mm, tj. o 21,3 %, střední velikost účinku), na stehně (snížení o 1,56 mm, tj. o 23 %, střední velikost účinku) a u kožní řasy hrudník II (snížení o 1 mm, tj. o 20,9 %, vysoká velikost účinku). U kožní řasy na tváři byl pokles v tloušťce o 0,55 mm (tj. o 16 %), což bylo sice statisticky nevýznamné, ale věcně významné (vysoká velikost účinku). Taktéž změny u kožních řas podbradek (pokles o 0,11 mm, tj. o 9,9 % vstupní hodnoty) a hrudník I. (pokles o 0,44 mm, tj. o 19,8 %) nebyl statisticky významné, ale za věcně významný tento rozdíl považovat lze (střední velikost účinku). Na paži a lýtku nedošlo ke statisticky ani věcně významným změnám (paže - pokles o 0,33 mm, tj. o 10,6 %; lýtko - pokles o 0,44 mm, tj. o 10,7 %). Změny v tloušťce kožních řas vyjadřuje tab. 9.

Tabulka 9. Změny v tloušťce kožních řas vlivem redukce tělesné hmotnosti

Proměnná	Vstupní měření		Výstupní měření		Sig	d	Velikost účinku
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD			
<b>Tvář [mm]</b>	3,44	0,83	2,89	0,74	N. S.	0,71	vysoký
<b>Podbradek [mm]</b>	1,11	0,31	1,00	0,00	N. S.	0,50	střední
<b>Hrudník I [mm]</b>	2,22	1,13	1,78	0,63	N. S.	0,49	střední
<b>Paže [mm]</b>	3,11	0,99	2,78	0,92	N. S.	0,35	malý
<b>Záda [mm]</b>	7,56	2,83	6,56	2,36	p<0,05	0,38	malý
<b>Břicho [mm]</b>	8,11	4,79	6,44	3,92	p<0,05	0,38	malý
<b>Hrudník II [mm]</b>	4,78	1,55	3,78	1,31	p<0,01	0,70	vysoký
<b>Bok [mm]</b>	3,67	1,15	2,89	1,29	p<0,05	0,64	střední
<b>Stehno [mm]</b>	6,78	2,57	5,22	2,30	p<0,05	0,64	střední
<b>Lýtka [mm]</b>	4,11	1,29	3,67	1,33	N. S.	0,34	malý

U obvodových parametrů jsme taktéž zaznamenali vlivem redukce hmotnosti snížení hodnot všech měřených tělních segmentů. Statisticky i věcně nevýznamný byl rozdíl pouze u obvodu paže, kde bylo snížení o 0,47 cm (tj. o 1,5 %). U ostatních měřených obvodů jsme zaznamenali statisticky významný pokles, věcně významná byla tato změna u obvodu pasu (vysoká velikost účinku) a u obvodu boků a stehna (střední velikost účinku). U obvodu pasu jsme při výstupním měření zjistili v průměru o 3 cm menší hodnotu než u vstupního měření, pokles byl tedy o 3,7 % (p<0,01). U obvodu boků byl rozdíl 2,44 cm, což představovalo snížení o 2,4 % (p<0,01). Dále došlo ke snížení obvodu stehna a to v průměru o 1,56 cm, tj. o 2,8 % (p<0,05). Signifikantní pokles (p<0,01) jsme zaznamenali i u obvodu lýtky, kde rozdíl činil 0,94 cm, což představovalo úbytek o 2,5 % povodní hodnoty. Z hlediska věcné významnosti byl velký efekt účinku zjištěn u změny obvodu pasu, střední u obvodu boků a stehna. Podrobněji jsou tyto změny vyjádřeny v tab. 10.

Tabulka 10. Změny v obvodových parametrech vlivem redukce tělesné hmotnosti

Proměnná	Vstupní měření		Výstupní měření		Sig	d	Velikost účinku
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD			
paže [cm]	31,80	2,05	31,33	2,24	N. S.	0,22	malý
pas [cm]	81,11	4,21	78,11	3,95	p<0,01	0,74	vysoký
bok [cm]	100,00	5,47	97,56	5,33	p<0,01	0,45	střední
stehno [cm]	54,78	2,91	53,22	2,63	p<0,05	0,56	střední
lýtko [cm]	38,33	2,54	37,39	2,60	p<0,01	0,37	malý

## 4.4 Stabilometrie

Pomocí tlakové desky FootScan jsme zjišťovali dopady rychlého snížení tělesné hmotnosti na posturální stabilitu. Zde byly výsledky značně rozdílné, ale u žádného dílčího testu jsme nenalezli statisticky významné změny. Z pohledu věcné významnosti se jevila jako významná změna u testu širokého stoje s otevřenými očima (SSOO), kde došlo ke zmenšení velikosti výchylek těžiště, tedy zlepšení výsledku (střední velikost účinku) a u testů úzký stoj otevřené oči (USOO) a úzký stoj zavřené oči (USZO), kde taktéž u obou testů došlo ke zlepšení výsledku (vysoká velikost účinku).

U Flamingo testu, kde se zjišťuje posturální stabilita při stoji na jedné noze, došlo v průměrných hodnotách celého souboru k mírnému zhoršení. U stoje na levé noze se velikost výchylek těžiště těla zvýšila z o 81,4 mm (tj. o 8,1 %), u stoje na pravé noze o 66,06 mm (tj. o 5,9 %). Dalším testem byl široký stoj a to buď s otevřenými očima (SSOO), nebo zavřenými (SSZO). U varianty s otevřenými očima (SSOO) došlo ke zlepšení a to o 53,43 mm, což představovalo 12,9 %. U druhé varianty, tj. se zavřenými očima (SSZO), jsme zaznamenali mírné zhoršení, kdy velikost výchylek těžiště těla se zvětšila v průměru o 18,11 mm, tj. 4,9 %.

Posledním testem byl úzký stoj a opět ve variantách s otevřenými očima a se zavřenými. Zde u obou variant došlo ke zlepšení výsledků. Při úzkém stoji s otevřenými očima (USOO) se velikost výchylek těžiště těla zmenšila z průměrných 258,07 mm na 226,72 mm (tj. o 31,35 mm; 12,1 %). Při úzkém stoji se zavřenými

očima (USZO) došlo taktéž ke snížení průměrných hodnot a to z 306,33 mm na 260,41 mm (tj. o 45,92 mm; 15,0 %). Podrobněji jsou tyto změny vyjádřeny v tab. 11.

Tabulka 11. Změny v posturální stabilitě vlivem redukce tělesné hmotnosti.

Proměnná	Vstupní měření		Výstupní měření		Sig	d	Velikost účinku
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD			
<b>FLL [mm]</b>	1008,38	274,71	1089,78	182,09	N. S.	0,35	malý
<b>FLP [mm]</b>	1124,54	315,34	1190,60	318,26	N. S.	0,21	malý
<b>SSOO [mm]</b>	415,13	74,12	361,70	140,10	N. S.	0,48	střední
<b>SSZO [mm]</b>	367,80	53,20	385,91	141,27	N. S.	0,17	malý
<b>USOO [mm]</b>	258,07	27,62	226,72	46,53	N. S.	0,82	vysoký
<b>USZO [mm]</b>	306,33	48,41	260,41	70,69	N. S.	0,76	vysoký

FLL – Flamingo levá                      FLP – Flamingo pravá  
SSOO – široký stoj otevřené oči      SSZO – široký stoj zavřené oči  
USOO – úzký stoj otevřené oči      USZO – úzký stoj zavřené oči

## 4.5 Reaktometrie

Reakční čas jsme měřili jak na zrakový, tak i sluchový podnět a to u horní i dolní končetiny. Vzhledem k tomu, že nás spíše než rychlost reakce jako takové zajímal případný rozdíl způsobený redukcí tělesné hmotnosti, měřili jsme reakční čas pouze u preferenční končetiny. Při porovnání hodnot reakční doby u vstupního a výstupního měření nebyly zjištěny jsme statisticky ani věcně signifikantní změny. U reakce horní končetiny na vizuální podnět jsme zaznamenali mírné zlepšení a to z průměrného času o 0,003 s (tj. o 1,0 %). Při stejném podnětu ale u dolní končetiny byl rozdíl hodnot ještě nižší, zde došlo k nepatrnému zhoršení reakční doby a to o 0,001 s (tj. o 0,3 %). U reakce na sluchový podnět byly rozdíly také velmi malé, u horní končetiny se reakční doba nepatrně prodloužila a to o 0,002 s (tj. o 1,1 %), u dolní končetiny se naopak reakční doba mírně zkrátila a to o 0,009 s (tj. o 3,5 %). Reakční doby před redukcí tělesné hmotnosti a na jejím konci zachycuje tab. 12.

Tabulka 12. Změny v reakční době u horní i dolní končetiny na zrakový i sluchový podnět vlivem redukce tělesné hmotnosti

Proměnná	Vstupní měření		Výstupní měření		Sig	d	Velikost účinku
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD			
<b>HK - zrak [s]</b>	0,227	0,028	0,224	0,022	N. S.	0,12	malý
<b>DK - zrak [s]</b>	0,299	0,018	0,300	0,019	N. S.	0,05	malý
<b>HK - sluch [s]</b>	0,184	0,023	0,186	0,020	N. S.	0,11	malý
<b>DK - sluch [s]</b>	0,259	0,030	0,250	0,024	N. S.	0,35	malý

HK – horní končetina                      DK – dolní končetina

## 4.6 Dynamometrie

Dále jsme zjišťovali, zda předsoutěžní redukce tělesné hmotnosti ovlivní maximální izometrickou svalovou sílu. Statisticky významný rozdíl ( $p < 0,05$ ) jsme zjistili pouze u flexe trupu, kde došlo k snížení ze 78,06 kp na 68,89 kp, tedy v průměru o 9,17 kp (11,7 %). U tohoto parametru, tedy flexe trupu, a dále u extenze trupu a extenze levé paže jsme našli věcně významný pokles (střední velikost účinku). Výsledky testování ostatních svalových skupin byly nejednoznačné, u některých došlo v průměrných hodnotách k mírnému zhoršení, u jiných naopak zlepšení.

U handgripu, tedy síly stisku ruky, jsme zaznamenali mírné zlepšení. U pravé ruky došlo k zvýšení svalové síly o 1,59 kp (tj. o 3,3 %), u levé ruky o 0,41 kp (tj. o 0,8 %). Stejný trend byl i u flexe v loketním kloubu, kde u pravé paže došlo k zvýšení hodnoty svalové síly o 0,28 kp (tj. o 0,9 %), u levé paže o 1,34 kp (tj. o 4,6 %). Naopak tomu bylo u extenze paže, kde jsme zaznamenali mírné snížení svalové síly. U extenze pravé paže se hodnota snížila o 1,14 kp (tj. o 4,0 %), u levé paže to bylo v průměru o 2,68 kp (tj. o 9,2 %).

Ke snížení došlo také u extenze trupu, kde se svalová síla zmenšila průměrně o 9,07 kp, což představovalo 11,4 %. U dolních končetin jsme zaznamenali mírný nárůst izometrické svalové síly a to jak u flexe tak i extenze v kolenním kloubu u obou končetin. Při flexi pravého bérce došlo ke zvýšení hodnoty o 2,18 kp (tj. o 8,0 %), při tom samém pohybu ale u levé končetiny bylo zlepšení o 1,92 kp, což v procentuálním

vyjádření činilo 7,2 %. Při extenzi pravého bérce se hodnota zvýšila v průmětu o 4,51 kp (tj. o 7,5 %), u extenze levého bérce byl nárůst o 1,37 kp (tj. o 2,4 %). Změny v izometrické svalové síle jednotlivých svalových skupin ukazuje tab. 13.

Tabulka 13. Změny v izometrické svalové síle jednotlivých svalových skupin vlivem redukce tělesné hmotnosti

Proměnná	Vstupní měření		Výstupní měření		Sig	d	Velikost účinku
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD			
<b>Ruka P [kp]</b>	48,30	7,50	49,89	7,60	N. S.	0,21	malý
<b>Ruka L [kp]</b>	48,78	7,11	49,19	7,70	N. S.	0,06	malý
<b>Paže flexe P [kp]</b>	31,42	3,72	31,70	6,09	N. S.	0,06	malý
<b>Paže flexe L [kp]</b>	29,26	3,44	30,60	5,86	N. S.	0,28	malý
<b>Paže extenze P [kp]</b>	28,21	5,05	27,07	3,83	N. S.	0,26	malý
<b>Paže extenze L [kp]</b>	29,19	5,43	26,51	3,77	N. S.	0,57	střední
<b>Trup flexe [kp]</b>	78,06	16,60	68,89	17,14	p<0,05	0,54	střední
<b>Trup extenze [kp]</b>	79,49	20,21	70,42	19,13	N. S.	0,46	střední
<b>Bérec flexe P [kp]</b>	27,13	5,63	29,31	6,39	N. S.	0,36	malý
<b>Bérec flexe L [kp]</b>	26,68	6,06	28,60	8,38	N. S.	0,26	malý
<b>Bérec extenze P [kp]</b>	60,10	12,19	64,61	11,97	N. S.	0,37	malý
<b>Bérec extenze L [kp]</b>	57,87	9,61	59,24	13,79	N. S.	0,12	malý

P – pravá      L – levá

## 4.7 Biochemické parametry

Na konci vstupního i výstupního měření byly probandům odebrány vzorky krve určené k analýze. U krevního obrazu jsme nezaznamenali statisticky významné rozdíly vlivem snížení tělesné hmotnosti. Věcně významné rozdíly byly zjištěny u leukocytů, erytrocytů, hemoglobinu a hematokritu (střední velikost účinku). U počtu leukocytů (WBC) klesla hodnota o  $1,1 \cdot 10^9 \cdot l^{-1}$ , u středního objemu erytrocytu (MCV) o 1,06 fl,

dále poklesla také střední hmotnost hemoglobinu v erytrocytu (MCH) a to o 0,24 pg/1 ery a distribuční šíře erytrocytů (RDW) o 0,1 %. Naopak ke zvýšení hodnoty došlo u počtu erytrocytů (RBC) a to o  $0,2 \cdot 10^{12} \cdot l^{-1}$ , hemoglobinu (Hb) o  $4,47 \text{ g} \cdot l^{-1}$ , hematokritu (HCT) o 0,01, trombocytů (PLT) o  $11,66 \cdot 10^9 \cdot l^{-1}$  a středního objemu trombocytu (MPV) o 0,2 fl. U koncentrace hemoglobinu v erytrocytu (MCHC) se průměrné hodnoty nelišily.

Žádné zjištěné výsledky krevního obrazu nevybočovaly z fyziologického rozmezí. Souhrn parametrů krevního obrazu a jejich změn zachycuje tab. 14.

Tabulka 14. Změny v krevním obrazu vlivem redukce tělesné hmotnosti

Proměnná	Vstupní měření		Výstupní měření		Sig	d	Velikost účinku
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD			
<b>Leukocyty (WBC)</b> [ $10^9 \cdot l^{-1}$ ]	6,41	2,18	5,31	1,11	N. S.	0,64	střední
<b>Erytrocyty (RBC)</b> [ $10^{12} \cdot l^{-1}$ ]	5,11	0,35	5,31	0,30	N. S.	0,63	střední
<b>Hemoglobin (Hb)</b> [ $\text{g} \cdot l^{-1}$ ]	148,78	10,07	153,25	8,56	N. S.	0,48	střední
<b>Hematokrit (HCT)</b>	0,44	0,02	0,45	0,02	N. S.	0,50	střední
<b>Stř. objem erytrocytu (MCV)</b> [fl]	85,56	4,00	84,50	2,20	N. S.	0,33	malý
<b>Konc. Hb v ery (MCHC)</b>	0,34	0,01	0,34	0,01	N. S.	0,37	malý
<b>Stř. hm. Hb v ery (MCH)</b> [pg/1 ery]	29,13	1,03	28,89	1,00	N. S.	0,24	malý
<b>Distribuční šíře ery (RDW)</b> [%]	13,20	0,50	13,10	0,39	N. S.	0,22	malý
<b>Trombocyty (PLT)</b> [ $10^9 \cdot l^{-1}$ ]	219,22	39,38	230,88	46,25	N. S.	0,27	malý
<b>Stř. objem trombocytu (MPV)</b> [fl]	10,59	1,25	10,79	1,07	N. S.	0,17	malý



Kromě krevního obrazu nás zajímaly také případné změny ve vybraných biochemických parametrech v krvi. Zde se ukázala statisticky významná změna u množství triacylglycerolů (TAG) a imunoglobulinů IgG a IgA ( $p < 0,05$ ) a u logaritmického poměru koncentrací TAG a HDL ( $p < 0,01$ ). U těchto parametrů vyjma IgA a dále u laktátu, kreatinkinázy, celkové bílkoviny v krvi a albuminu jsme zjistili věcně významný rozdíl mezi průměrnými hodnotami naměřenými na začátku a na konci předsoutěžní redukce tělesné hmotnosti. Střední velikost účinku jsme zjistili u množství laktátu (LA) v krvi, kde došlo k mírnému zvýšení a to o  $0,23 \text{ mmol.l}^{-1}$ , dále u kreatinkinázy (CK), kde jsme zaznamenali pokles o  $1,11 \text{ } \mu\text{kat.l}^{-1}$  a u albuminu (ALB), kde došlo ke zvýšení hladiny o  $0,85 \text{ g.l}^{-1}$ . Vysokou velikost účinku jsme zjistili u množství triacylglycerolu (TAG), kde došlo k poklesu hodnoty o  $0,36 \text{ mmol.l}^{-1}$  a logaritmického poměru koncentrací TAG a HDL, kde se hodnota také snížila a to o  $0,17$ . Taktéž vysokou velikost účinku, ale v opačném směru jsme zaznamenali u celkové bílkoviny, kde došlo k nárůstu o  $3,45 \text{ g.l}^{-1}$  a imunoglobulinu G, kde se hodnota taktéž zvýšila a to o  $1,04 \text{ g.l}^{-1}$ .

Statisticky ani věcně významné rozdíly nebyly nalezeny u množství glukózy v krvi (GLU), enzymů alaninaminotransferázy (ALT) a aspartátaminotransferázy (AST), cholesterolu (T-Cho), lipoproteinů HDL a LDL a imunoglobulinu IgM. Změny v biochemických parametrech ukazuje tab. 15.

Tabulka 15. Změny v biochemických parametrech vlivem redukce tělesné hmotnosti

Proměnná	Vstupní měření		Výstupní měření		Sig	d	Velikost účinku
	$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD			
<b>GLU [mmol.l<sup>-1</sup>]</b>	3,64	0,47	3,48	0,56	N. S.	0,31	malý
<b>LA [mmol.l<sup>-1</sup>]</b>	1,12	0,40	1,35	0,67	N. S.	0,42	střední
<b>ALT [μkat.l<sup>-1</sup>]</b>	0,44	0,14	0,45	0,14	N. S.	0,08	malý
<b>AST [μkat.l<sup>-1</sup>]</b>	0,53	0,11	0,55	0,12	N. S.	0,21	malý
<b>CK [μkat.l<sup>-1</sup>]</b>	5,20	2,52	4,09	1,92	N. S.	0,50	střední
<b>TAG [mmol.l<sup>-1</sup>]</b>	1,04	0,32	0,68	0,27	p<0,05	1,22	vysoký
<b>Cholesterol [mmol.l<sup>-1</sup>]</b>	4,17	0,70	4,08	0,69	N. S.	0,13	malý
<b>HDL [mmol.l<sup>-1</sup>]</b>	1,79	0,29	1,70	0,17	N. S.	0,38	malý
<b>LDL [mmol.l<sup>-1</sup>]</b>	1,91	0,73	2,08	0,66	N. S.	0,24	malý
<b>Log(TAG/HDL)</b>	-0,25	0,16	-0,42	0,19	p<0,01	0,96	vysoký
<b>Bílkovina celk. [g.l<sup>-1</sup>]</b>	71,94	2,59	75,39	3,32	N. S.	1,16	vysoký
<b>Albumin [g.l<sup>-1</sup>]</b>	47,76	2,19	48,61	1,72	N. S.	0,43	střední
<b>IgG [g.l<sup>-1</sup>]</b>	11,02	1,30	12,06	1,27	p<0,05	0,81	vysoký
<b>IgA [g.l<sup>-1</sup>]</b>	2,43	0,68	2,64	0,71	p<0,05	0,29	malý
<b>IgM [g.l<sup>-1</sup>]</b>	1,17	0,20	1,25	0,25	N. S.	0,35	malý

## 5 DISKUSE

### 5.1 Anketa

Z výsledků naší ankety je patrné, že předsoutěžní redukce tělesné hmotnosti je ve sportech s hmotnostními kategoriemi velmi běžnou záležitostí. Ve zkoumaném souboru ( $n = 53$ ) více než tři čtvrtiny respondentů uvedli, že pravidelně snižují svoji hmotnost před soutěží. Tyto výsledky potvrzuje řada studií. Například již zmiňovaná studie Horswilla (2009) uvádí, že 70 – 80 % judistů bez ohledu na pohlaví snižuje svoji tělesnou hmotnost pro zařazení do nižší hmotnostní kategorie. Artioli et al. (2010a) zjistili u souboru 822 judistů (607 mužů, 215 žen), že 86 % už někdy redukovalo tělesnou hmotnost před soutěží, po vyřazení těžkých hmotnostních kategorií to bylo dokonce 89 % závodníků. K velmi podobným výsledkům dospěli i další autoři zabývající se jinými bojovými sporty. Například podle studie Kinighama a Gorenfloa (2001) 77 % mladých amerických zápasníků redukuje svoji hmotnost a to o více než 2,27 kg, Weissingera et al. (1991) zaznamenali redukci tělesné hmotnosti u 81 % závodníků a Alderman et al. (2004) dokonce u 92 % středoškolských zápasníků. U taekwonda zjistili Kazemi et al. (2005) předsoutěžní snižování tělesné hmotnosti u 90 % závodníků (54 % upravuje energetický příjem, 36 % v kombinaci se cvičením).

Zjištěná míra redukce činila u našeho souboru v průměru 5,4 % tělesné hmotnosti (průměrně  $3,9 \pm 2,3$  kg, rozmezí od 1 kg do 10 kg), přičemž u mužů byla v průměru o 2,2 % tělesné hmotnosti vyšší než u žen ( $6,5 \pm 3,4$  % vs.  $4,3 \pm 1,4$  % tělesné hmotnosti). Brownell et al. (1987) uvádějí, že britští zápasníci a boxeři redukují svoji hmotnost v rozmezí 5 - 10 % původní hmotnosti. Jsou ale také případy, kdy závodník měl hmotnostní úbytek o více než 18 % za jeden týden (Szyguła, 2006). Námi nejvyšší zaznamenaná procentuální ztráta činila 12,9 % tělesné hmotnosti, kdy závodník snižoval svoji tělesnou hmotnost z původních 70 kg na 62 kg. Dvořák (2001) ve své studii u judistů ( $n = 38$ ) zjistil průměrnou redukci ve výši 8 % hmotnosti, přičemž nejvíce zaznamenal extrémních 15 % a nejméně 4 %. Boguszewski & Kwapisz (2010) uvádějí průměrnou redukci u judistů 3,19 kg (4,07 % těl. hmotnosti) (u judistek 2,19 kg, což činilo 3,93 % tělesné hmotnosti).

Dle našich výsledků počet předsoutěžních snižování tělesné hmotnosti činí v průměru  $7,6 \pm 4,2$  redukcí na osobu za rok. Přičemž ale závodníci neredukují na všechny soutěže. Respondenti uvedli, že se ročně zúčastní celkem přibližně deseti soutěží. K obdobnému výsledku dospěl i Dvořák (2001), který zaznamenal u dotazovaných mužů v průměru 6,4 redukcí za rok. Steen a Brownell (1990) uvádějí, že univerzitní zápasníci redukují průměrně 8,8 krát do roka a to v průměru 5,4 kg. Boguszewski a Kwapisz (2010) zjistili, že pouze 33 % závodníků, kteří pravidelně snižují svojí hmotnost před soutěží, redukuje hmotnost na všechny soutěže.

Zajímavým zjištěním byla shoda odpovědi na otázku, kolik kdy nejvíce kilogramů respondenti redukovali, což činilo průměrně  $6,1 \pm 2,9$  kg s odpovědí na dotaz, kolik by byli ochotní maximálně redukovat, kde odpověď činila v průměru  $6,3 \pm 2,6$  kg. Většina závodníků by tedy nebyla ochotna redukovat více kilogramů, než už někdy redukovali.

Dle výsledků ankety závodníci potřebují průměrně  $6,1 \pm 3,6$  dne na celou předsoutěžní redukci tělesné hmotnosti, přičemž ženy mají redukci pozvolnější (snižují méně kilogramů než muži a potřebují k tomu v průměru  $6,9 \pm 2,9$  dní), zatímco u mužů je snižování hmotnosti intenzivnější, v průměru trvá  $5,7 \pm 3,8$  dne. Obecně ale délka redukce není plně závislá na množství kilogramů, které závodník redukuje. Zjištěná korelace mezi délkou redukce a hmotnostním úbytkem v % tělesné hmotnosti byla nízká ( $r = 0,42$ ), přičemž u mužů byla tato korela nižší ( $r = 0,41$ ) než u žen ( $r = 0,51$ ). Čím více kilogramů je tedy potřeba zredukovat, tím je redukční proces spíše striktnější a intenzivnější místo toho, aby se prodloužila doba redukce (Coufalová et al., 2013). Boguszewski & Kwapisz (2010) zjistili začátek redukce 9,84 dní před soutěží, přičemž omezení nutričního příjmu začíná 8,21 dní předem, omezení příjmu tekutin 3,1 dny před soutěží a používání speciálního oblečení pro zvýšení pocení 7,73 dní dopředu.

Většina závodníků má určitý způsob redukce, který nijak výrazně nemění a tento zavedený postup neovlivní ani důležitost soutěže. Pouze menší část respondentů uvedla, že na důležitost soutěže přihlíží a to v podobě prodloužení doby redukce pokud se jedná o důležitou soutěž. Taktéž větší část respondentů (celkem 61,0 %) uvedla, že si soutěžní hmotnost neudržují, ani pokud mají několik turnajů za sebou. Téměř všichni dotázaní (94,3 %) uvedli, že pravidelně v průběhu celého roku sledují svojí tělesnou hmotnost.

Ze zjišťování metod redukce tělesné hmotnosti vyplynulo, že nejčastěji je používána kombinace dehydratace a omezení energetického příjmu spolu s nárůstem fyzické aktivity a to často ve speciálních gumových oblecích nebo ve více vrstvách oblečení za účelem zvýšení pocení. Naše výsledky ohledně způsobů předsoutěžního snižování hmotnosti potvrzuje i řada studií. Ve výzkumu se 16 kickboxery, kteří snížili svojí tělesnou hmotnost v průměru o 3,2 kg, což činilo 4,1 % jejich původní hmotnosti, 100 % probandů dosáhlo hmotnostního úbytku omezením nutričního příjmu, 75 % uvedlo omezení příjmu tekutin, 44 % trénuje ve speciálních oblecích, 40 % zvýšilo fyzickou aktivitu a 12 % dotázaných použilo saunu (Boguszewski & Kwapisz, 2010). Rozsáhlou studii s 580 závodníky ze sportů judo, jujitsu, karate a taekwondo provedli Brito et al. (2012). U souboru probandů ( $25,0 \pm 3,7$  let) zjistil, že 60 % dotázaných redukuje před soutěží svojí hmotnost pomocí zvyšování energetického výdeje, 50 % používá saunu nebo speciální gumové obleky a pouze 26,1 % využije nutričních poradců. Widerman a Hagan (1982) uvádějí, že sledovaná skupina sportovců snižující tělesnou hmotnost výrazně snížila denní energetický příjem ( $\leq 5000 \text{ kJ}\cdot\text{d}^{-1}$ ) a navýšila denní energetický výdej ( $> 9000 \text{ kJ}\cdot\text{d}^{-1}$ ). Další studie (Kurakake et al., 1998) zabývající se nutričním příjmem při předsoutěžní redukci tělesné hmotnosti u japonských judistů ( $n = 22$ ) uvádí denní kalorický příjem 7 týdnů před soutěží 2024 kcal, zatímco 1 týden před soutěží činil kalorický příjem 1355 kcal. Zaznamenány byly také změny ve složení stravy, kdy byl zjištěn mírný vzestup příjmu sacharidů a pokles zastoupení tuků a proteinů ve stravě při redukci tělesné hmotnosti oproti běžnému stravování. Silva et al. (2011) zjistili u souboru 27 judistů redukcí 3,6 % těl. hmotnosti významné ( $p < 0,05$ ) snížení energetického příjmu (z  $10078 \pm 1573 \text{ kJ}\cdot\text{d}^{-1}$  na  $4814 \pm 693 \text{ kJ}\cdot\text{d}^{-1}$ ), příjmu proteinů (ze  $74,2 \pm 9,0 \text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$  na  $39,2 \pm 8,3 \text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$ ) a tuků (z  $64,8 \pm 12,0 \text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$  na  $22,4 \pm 3,7 \text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$ ) a nesignifikantní pokles příjmu sacharidů (z  $262,8 \pm 20,9 \text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$  na  $183,7 \pm 34,4 \text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$ ). Yoshioka et al. (2006) zaznamenali u souboru 22 judistů, kteří zredukovali svojí tělesnou hmotnost v průměru o 3,4 %, signifikantní ( $p < 0,01$ ) snížení energetického příjmu ze  $41,4 \pm 10,0 \text{ kcal}\cdot\text{kg}^{-1}$  těl. hmotnosti na  $23,4 \pm 7,2 \text{ kcal}\cdot\text{kg}^{-1}$ , snížení příjmu proteinů z  $1,4 \pm 0,4 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  na  $0,8 \pm 0,2 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , příjmu tuků z  $0,8 \pm 0,3 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  na  $0,5 \pm 0,2 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  a snížení sacharidů ve stravě ze  $7,1 \pm 1,8 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  na  $3,9 \pm 1,3 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Také další studie (Umeda et al., 2004; Yaegaki et al., 2007) uvádějí signifikantní snížení všech tří makronutrientů, tedy jak tuků a proteinů, tak i sacharidů. Fogelholm (1994) pro předsoutěžní redukci doporučuje středně energeticky bohatou

stravu (80 až 120 kJ.kg<sup>-1</sup>.den<sup>-1</sup>) s vysokým zastoupením sacharidů (60 – 70 % celkového energetického příjmu) a nízkým zastoupením tuků (15 – 25 %). Postupné snižování tělesné hmotnosti by mělo činit 0,5 až 1,5 kg/týden. Řada studií (Walberg et al., 1988; Horswill et al., 1990a; McMurray et al., 1991) se zaměřila na vliv složení stravy na sportovní výkon. Bylo zjištěno, že udržení vysokého výkonu, který bojové sporty vyžadují, je v případě, že sportovci snižují svojí tělesnou hmotnost pomocí nízkokalorické, ale sacharidové stravy. Předpokládá se, že vysokosacharidová dieta pomáhá lépe udržovat glykogen ve svalech a tím zlepšuje výkonnost ve srovnání s dietou stejně kalorickou, ale s nízkým obsahem sacharidů (Kordi et al., 2009).

Přibližně polovina respondentů (51,2 %) respondentů uvedla, že při snižování hmotnosti používá doplňky stravy. Nejčastěji je k tomuto účelu užíván L-karnitin, dále větvené aminokyseliny (BCAA), vitamíny, proteinové přípravky, sacharidové nápoje a kofeinové přípravky.

Vysoké procento (74,2 %) našich respondentů uvedlo, že se při redukcii hmotnosti často potýká se špatnou náladou, podrážděností a vznětlivostí. To dokládají také studie zabývající se změnami nálad vlivem redukce tělesné hmotnosti (Choma et al., 1998; Filaire et al., 2001; Hall & Lane, 2001; Landers et al., 2001), kde autoři zjistili negativní vliv na kognitivní výkon a náladu. Boguszewski & Kwapisz (2010) ve svém výzkumu s kickboxery (n = 25; 16 mužů, 9 žen) uvádějí, že velká část soutěžících má zkušenosti s negativními dopady snižování tělesné hmotnosti na organismus v podobě špatné nálady (69 % mužů a 63 % žen), úbytku síly (31 % mužů a 25 % žen), snížení vytrvalosti (23 % mužů a 25 % žen) a bolesti hlavy (15 % mužů a 25 % žen), přičemž pouze malý počet soutěžících (méně než polovina) se snažil tyto negativní dopady minimalizovat např. v podobě příjmu doplňků stravy nebo delším spánkem. Zjištění Toda et al. (2001) naznačuje, že už v relativně rané fázi snižování hmotnosti se při vyšší rychlosti redukce zvyšuje psychický stres. Studie Yoshioka et al. (2006) se zabývala psychickými změnami v období snižování tělesné hmotnosti, které byly zjišťovány pomocí profilu nálad (POMS = profile of mood states) používaného pro hodnocení dopadů cvičení a přetřénování na psychický stav sportovců. Výsledky této studie ukazují významný nárůst únavy a napětí a pokles ráznosti ve skupině redukcijících závodníků oproti skupině neredukující. Také některé další studie uvádějí nárůst únavy, napětí a hněvu po ztrátě tělesné hmotnosti (Filaire et al., 2001; Hall & Lane, 2001).

## 5.2 Laboratorní testování

U testovaného souboru elitních judistů jsme zaznamenali signifikantní ( $p < 0,01$ ) snížení tělesné hmotnosti před soutěží. Námí naměřený hmotnostní úbytek činil 4,6 % původní tělesné hmotnosti (průměrně  $3,4 \pm 1,6$  kg). Je třeba podotknout, že tato naměřená redukce nebyla definitivní, podle srovnání tělesné hmotnosti při výstupním měření a udané hmotnostní kategorie měli sledovaní závodníci ještě v průměru o 1,2 kg více, než byla horní povolená hranice hmotnostní kategorie, ve které jednotliví závodníci startovali. Tuto hmotnost, která v relativním vyjádření představovala průměrně 1,4 % původní tělesné hmotnosti, tedy museli závodníci ještě zredukovat, pokud bereme cílovou hmotnost horní povolený hmotnostní limit dané kategorie. Většina závodníků, i těch zkušených, většinou při oficiálním vážení naměří lehce nižší hmotnost (cca o 0,1 – 0,3 kg), neboť u mezinárodních soutěží hrozí riziko diskvalifikace, pokud má závodník být i jen o 0,1 kg více, než povoluje hmotnostní kategorie, do které je přihlášen. Obecně platí, že čím zkušenější závodník, tím více se jeho tělesná hmotnost při oficiálním vážení blíží hornímu hmotnostnímu limitu. Taktéž Umeda et al. (2004) uvádějí, že závodníci ještě sníží svojí hmotnost poslední den redukce v průměru o  $3,1 \pm 2,9$  kg.

### 5.2.1 Tělesné složení

Řada studií (Callister et al., 1991; Lorenzo et al., 2000; Kubo et al., 2006) hodnotících tělesného složení, resp. množství tělesného tuku u judistů, uvádí jednoznačné závěry, že čím vyšší úroveň judisty, tím nižší množství celkvého tělesného tuku. Dále také řada studií našla významný vztah mezi tělesným složením a některými funkčními parametry u judistů. Franchini et al. (2007) uvádějí, že vyšší procento tělesného tuku negativně koreluje s výkonností v lokomočních aktivitách (např. v Cooperově testu nebo specifickém judo fitness testu). Také byl zjištěn negativní vliv tělesného tuku na izometrickou sílu, flexibilitu a rovnováhu u judistek (Franchini et al., 2005). Také Nakajima et al. (1998) zaznamenali negativní vliv vyššího množství tukové tkáně na svalovou sílu, flexibilitu, rovnováhu a aerobního výkon. Právě množství tělesného tuku a tukuprosté hmoty jsou často sledovanými parametry tělesného složení a to nejen odborníky, ale především samotnými sportovci. Dle řady studií právě tělesný

tuk, který je v nadměrném množství, negativně ovlivňuje pohybový výkon, resp. se zvyšujícím se množstvím tělesného tuku klesá výkon (Wilmore & Costill, 1994). Kim et al. (2011) zjistili u korejských judistů mezinárodní úrovně pozitivní korelaci svalové hmoty s anaerobním výkonem. Naproti tomu Vardar et al. (2007) neprokázali vztah mezi anaerobní výkonností ve Wingate testu a % tělesného tuku. Na druhou stranu ale zjistili významnou korelaci průměrného výkonu ve Wingate testu s množstvím tukuprosté hmoty (FFM) ( $r = 0,90$ ;  $p < 0,05$  u mužů a  $r = 0,73$ ;  $p < 0,05$  u žen).

U našeho testovaného souboru elitních českých judistů jsme pomocí bioelektrické impedance zjistili průměrné zastoupení tělesného tuku 10,16 % (tj. 8,07 kg v absolutních hodnotách). V naší předešlé studii (Coufalová et al., 2012) jsme dospěli k podobnému výsledku, u 11 předních českých judistů (průměrný věk =  $21,5 \pm 3,5$  let) bylo zastoupení tělesného tuku  $12,9 \pm 3,0$  %. Pocecco et al. (2012) uvádějí u judistů množství tělesného tuku zjišťovaného bioimpedanční metodou  $12,9 \pm 5,8$  %. Franchini et al. (2007) zjistili kaliperací množství tělesného tuku u judistů v průměru  $11,4 \pm 8,4$  %, Collazos et al. (1996) stejnou metodou u 30 španělských judistů národní úrovně ve věku 16 - 30 let hodnoty  $7,34 \pm 1,37$  % a Almansba (2010)  $12,3 \pm 4,2$  %. Obdobné hodnoty tělesného tuku uvádějí také další autoři, například Sertić et al. (2006) zjistili u chorvatských judistů množství tuku  $12,0 \pm 1,2$  %, Thomas et al. (1989)  $9,3 \pm 2,1$  % a Franchini et al. (2011a)  $8,0 \pm 2,6$  %. Také další studie uvádějí množství tuku u elitních judistů mezi 5 až 12 % (Ohyabu et al., 1987; Sharp & Koutedakisb, 1988; Callister et al., 1991; Prouteau et al., 2007).

Více než zastoupení celkového tělesného tuku (FM) nás ale zajímaly změny tohoto parametru vlivem redukce tělesné hmotnosti. I přesto, že ani u celkového tělesného tuku (FM) ani u útrobního neboli viscerálního tuku nebyl statisticky ani věcně signifikantní rozdíl, tak z výsledků je patrné, že došlo k nezanedbatelnému snížení hodnoty a to z 10,16 % na 9,29 % (tj. z 8,07 kg na 7,09 kg). U naší předešlé studie (Coufalová et al., 2012b) jsme při celkovém snížení hmotnosti o 4,7 % (3,8 kg) zaznamenali taktéž snížení celkového tělesného tuku a to z  $12,9 \pm 3,0$  % na  $11,2 \pm 2,9$  %. To představovalo pokles množství tuku o 13,2 % původní hodnoty, přičemž rozmezí poklesu u jednotlivých probandů bylo od 2,7 % do 31,2 %. Také další studie dokládají odraz intenzivní předsoutěžní redukce tělesné hmotnosti na zastoupení tuku v organismu. Silva et al. (2011) pozorovali významné snížení tělesného tuku (FM) v absolutním i relativním vyjádření. Kurakake et al. (1998) zaznamenali snížení



tělesného tuku u skupiny 6 judistů redukujících více než 6 % své tělesné hmotnosti z  $11,3 \pm 3,3$  % na  $9,0 \pm 3,8$  %, u skupiny 8 judistů redukujících mezi 3 % a 6 % hmotnosti se tělesný tuk snížil z  $13,2 \pm 2$  kg na  $11,5 \pm 4,1$  kg (u obou skupin  $p < 0,05$ ). Yoshioka et al. (2006) ve své studii uvádějí snížení procenta tělesného tuku (FM) při průměrné redukci 2,8 kg tělesné hmotnosti z  $11,3 \pm 6,1$  % na  $10,7 \pm 6,3$  %, což představovalo snížení tělesného tuku o 5,3 % původního množství. Také Umeda et al. (1999) zjistili u souboru 22 judistů při průměrné redukci  $2,2 \pm 1,4$  kg signifikantní snížení celkového tělesného tuku. Mendes et al. (2013) zaznamenali signifikantní snížení tělesného tuku (FM) a dále také tukuprosté hmoty (FFM) a celkové tělesné vody (TBW) u souboru 18 závodníků, kteří redukovali více než 5 % své tělesné hmotnosti.

Hlavním sledovaným parametrem v souvislosti s redukcí tělesné hmotnosti bylo množství tukuprosté hmoty (FFM) a množství kosterního svalstva. Zde je samozřejmě nežádoucí snížení hodnoty těchto parametrů. U našeho souboru došlo k významnému snížení tukuprosté hmoty (FFM) ( $p < 0,05$ ) a to o 2,44 kg, přičemž množství kosterního svalstva se snížilo o 1,24 kg. Také Yoshioka et al. (2006) ve své studii uvádějí snížení tukuprosté hmoty (FFM) z původních  $69,9 \pm 7,7$  kg na  $67,9 \pm 7,3$  kg. Došlo tedy k poklesu o 2,0 kg (tj. 2,9 %), přičemž celková průměrná redukce hmotnosti u testovaného souboru byla 2,8 kg (tedy nižší než u našeho souboru). Umeda et al. (2004) ve své studii ( $n = 49$ ) uvádějí snížení tukuprosté hmoty (FFM) u judistů o 1,7 kg při průměrné redukci 2,8 kg, Freischlag (1984) u skupiny zápasníků, kteří redukovali 2,7 kg, zaznamenal ztrátu FFM ve výši 2,1 kg. Utter et al. (2001) zjistili snížení FFM u skupiny redukujících zápasníků připravujících se na soutěž o 2,1 kg, což činilo 43 % celkového hmotnostního úbytku. Kurakake et al. (1998) v již zmiňované studii zaznamenali snížení LBM (= lean body mass, tj. tukuprostá hmota s esenciálním tukem) u judistů redukujících více než 6 % tělesné hmotnosti z  $64,1 \pm 5,2$  kg na  $61,9 \pm 5,2$  kg a u judistů redukujících mezi 3 % a 6 % tělesné hmotnosti pokles LBM ze  $70,5 \pm 8,0$  kg na  $69,4 \pm 8,7$  kg (obojí  $p < 0,05$ ). Také další studie (Krotkiewski et al., 1990; Maffulli, 1992; Filaire et al., 2001; Silva et al., 2011) poukazují na negativní vliv akutního snížení tělesné hmotnosti u sportovců, kdy tato redukce indukuje proteolýzu svalové tkáně, což má za následek snížení tukuprosté hmoty (FFM) a fyzické síly. Stejný výsledek, tedy snížení FFM, ale také proteinů, enzymů a protilátek má za následek intenzivní cvičení, které vyvolává negativní dusíkovou bilanci v těle (Friedman & Lemon, 1985). Horswill et al. (1990b) uvádějí, že pokud je příjem energie nedostatečný, proteiny v krvi a

tkáních mohou být použity jako alternativní zdroje energie místo sacharidů a lipidů, což tedy zvyšuje katabolismus somatických proteinů. Také v naší předchozí studii (Coufalová et al., 2012) jsme zaznamenali pokles FFM a to o 4 %.

Nežádoucím jevem je i pokles množství buněčné hmoty (BCM), což je část tukuprosté hmoty (FFM), která zahrnuje metabolicky aktivní aerobní buňky kosterní a srdeční svaloviny, kostní tkáň a buňky vnitřních orgánů. Úroveň BCM patří mezi nejlepší ukazatele svalové činnosti, které mohou predikovat sportovní výkon (Andreoli et al., 2003). U sledovaného souboru se i tato hodnota snížila a to o 2,9 %.

Snížení tukuprosté hmoty (FFM) dále souvisí se snížením celkové tělesné vody (TBW). U tohoto parametru jsme zaznamenali statisticky významný pokles ( $p < 0,05$ ), který činil v průměru 1,82 l, což představovalo 3,5 % vstupní hodnoty. Yoshioka et al. (2006) ve své studii ( $n = 22$ , průměrný věk =  $19,5 \pm 0,6$  let) uvádí snížení celkové tělesné vody (TBW) o  $3,4 \pm 2,9$  % při průměrné redukci hmotnosti o 2,8 kg. Taktéž Silva et al. (2011) zaznamenal signifikantní snížení TBW ( $p < 0,05$ ). U našeho souboru se úbytek celkové tělesné vody (TBW) projevil jak v intracelulární tekutině (ICW), která se snížila o 2,8 %, tak i v tekutině extracelulární (ECW), kde byl pokles 4,5 %. Množství intracelulární i extracelulární tekutiny se snížilo u všech probandů kromě jednoho, u kterého obě tyto složky lehce vzrostly, a hmotnostní úbytek byl především v tukové hmotě. Také v již zmiňované předešlé studii (Coufalová et al., 2012b) došlo k významnému úbytku celkové tělesné vody (TBW) a to o 6 % (3,4 l). Takto výrazný pokles tělesné vody může mít negativní dopady na zdraví závodníka, neboť dostatečné množství tělesné vody je nezbytné pro optimální termoregulaci, kardiovaskulární a metabolické funkce (Imai et al., 2002).

Z dalších parametrů tělesného složení, kde došlo k statisticky významným poklesům, můžeme uvést množství minerálů a obsah minerálů v kostech ( $p < 0,01$ ) a dále množství proteinů, bazální metabolismus a zhodnocení kondice. Těmto parametrům se příliš studií nevěnuje. Poslední tři jmenované úzce souvisí se snížením tukuprosté hmoty (FFM). Zde je třeba podotknout, že tyto hodnoty jsou odhadovány a určovány na základě predikčních rovnic, což ovlivňuje přesnost stanovení. Vlivem předsoutěžní redukce tělesné hmotnosti na kostní hmotu se zabývali Prouteau et al. (2006). Ve své studii u pravidelně redukcujících judistů zjistili vyšší kostní densitu a vyšší rychlost tvorby kostní tkáň. Snížení tělesné hmotnosti o  $4,0 \pm 0,3$  % vyvolalo akutní nárůst

kortizolu (o 81 %), který má katabolické účinky na kostní hmotu, a karboxyterminálního telopeptidu CTX (o 33 %), což je degradační produkt kolagenu typu I. Avšak s následným návratem k původní hmotnosti byl tento jev obrácen. Kostní hmota se touto redukcí nezměnila. Autoři tedy předpokládají, že vyšší kostní denzita u těchto judistů zajišťuje ochranu před změnami v metabolismu kostní hmoty vlivem opakujících se redukcí tělesné hmotnosti. Další autoři (Svendsen et al., 1993; Ricci et al., 2001) zjistili, že úbytek tělesné hmotnosti indukuje akutní i chronické zvýšení kostní resorpce.

U segmentální analýzy můžeme sledovat signifikantní pokles ( $p < 0,05$ ) u všech pěti měřených tělních segmentů. Z toho vyplývá, že se svalová hmota odbourává rovnoměrně z celého těla a ne pouze z určitých segmentů nebo částí těla. Taktéž můžeme konstatovat, že dle výsledků je judo sport, který rozvíjí symetricky celé tělo a i přes danou laterální (u našeho souboru se jednalo až na jednu výjimku o praváky) a tedy preferování v našem případě pravého úchopu a nástupů do chvatu na pravou stranu, jsme neshledali žádné dysbalance.

Je třeba zmínit, že naměřené parametry tělesného složení mohou být ovlivněny denní biologickou variabilitou, která se pohybuje na úrovni cca 2 % z naměřené hodnoty (Lohman, 1992).

Hypotézu H1 tedy můžeme považovat za splněnou i přesto, že se snížení tělesného tuku neprojevovalo jako statisticky signifikantní.

## **5.2.2 Antropometrické parametry**

Antropometrické parametry, jako například určité obvodové nebo šířkové rozměry, nám stejně jako analýza tělesného složení mohou o sportovci leccos prozradit. Franchini et al. (2011c) uvádějí, že judista s vyššími obvodovými parametry vykazuje vyšší absolutní maximální sílu (v maximálních silových testech). Stejně tak další autoři (Ichinose et al., 1998; Kubo et al., 2006) uvádějí, že vyšší zastoupení tukuprosté hmoty a větší obvodové rozměry u horních tělních segmentů jsou důležité pro výkonnost v judu. Především větší obvod paže je pozitivní faktor v judistickém zápase. Lze uvažovat, že vyšší obvod paže u elitních judistů může být ukazatelem vyššího průřezu svalové hmoty a v důsledku toho vyšší svalové síly tohoto tělního segmentu (Wilmore & Costill, 2004). McArdle et al. (2003) zaznamenali spojitost obvodů, především paží,

s úrovní svalové síly daných segmentů, což tedy ukazuje na výhodu závodníků s většími obvody. Také další studie (Claessens et al., 1987; Franchini et al., 2005) zjistily vyšší hodnoty v obvodevých rozměrech (paže, předloktí, zápěstí a lýtka) a šířkových rozměrech (humerus a epikondyly femuru) u elitních judistů ve srovnání s neelitními. V tomto srovnání nebyly nalezeny významné rozdíly v tloušťce kožních řas. Při porovnání se studií Franchini et al. (2011a) jsou hodnoty tloušťky kožních řas u našeho souboru nižší, zatímco obvodevých rozměry srovnatelné.

U našeho souboru došlo ke snížení obvodů všech měřených tělních segmentů, přičemž statisticky signifikantní pokles jsme zaznamenali u obvodu pasu, boků, lýtka ( $p < 0,01$ ) a stehna ( $p < 0,05$ ). Změny v obvodu paže nevykazovaly statisticky významné rozdíly. Z hlediska věcné významnosti byly signifikantní změny zjištěny u obvodu pasu (vysoká velikost účinku) a obvodu boků a stehna (střední velikost účinku). Claessens et al. (1987) uvádějí, že pokud dojde vlivem redukce tělesné hmotnosti ke snížení obvodů hlavních tělních segmentů, může to snížení mít dopad na svalovou sílu a tudíž negativně ovlivnit výkonnost.

Při měření podkožního tuku pomocí kaliperace jsme zjistili pokles tloušťky všech měřených kožních řas, přičemž signifikantní rozdíl jsme našli u hrudníku II ( $p < 0,01$ ) a dále u kožní řasy na zádech, břichu, boku a stehně ( $p < 0,05$ ). Z hlediska věcné významnosti byl velký efekt účinku zjištěn u změny tloušťky kožní řasy na tváři a hrudníku II, střední potom u podbradku, hrudníku I, boku a stehna. Také McCargar & Crawford (1992) zjistili u redukujících zápasníků významné snížení tloušťky kožních řas na trupu a končetinách ( $p < 0,05$ ).

Hypotézu H2 tedy můžeme považovat za splněnou, neboť došlo jak ke snížení obvodevých rozměrů, tak i tloušťky kožních řas, což reflektuje snížení podkožního tuku.

### **5.2.3 Posturální stabilita**

Schopnost udržení stability je v judu velmi důležitá. Judisté velmi často musí udržet tělesnou stabilitu ve stoji na jedné noze například při podmetání soupeřovi nohy nebo při nástupu do některých chvatů. Ve studii porovnávající stabilitu u zdravých a zrakově postižených judistů (Sterkowicz et al., 2011) bylo zjištěno, že trénink juda vyvolává neuromuskulární adaptace, kdy dochází k zapojení propioceptivních funkcí

zajišťujících kontrolu vertikálního držení těla spíše než zapojení zraku. Studie srovnávající posturální stabilitu judistů a netréované populace (Perrin et al., 2002; Almansba et al., 2012) zjistili výrazně vyšší úroveň stability u judistů. Sterkowicz et al. (2011) ve své studii uvádějí, že judisté seniorských věkových kategorií (tzn. nad 20 let) mají lepší rovnováhové schopnosti než junioři nebo dorostenci. Dále zjistili, že úspěšní judisté mají lepší posturální stabilitu než ti méně úspěšní. Paillard et al. (2002) zaznamenali, že judisté vyšší výkonnostní úrovně používají více vizuálních informací k udržení postury těla než judisté nižší úrovně. Naopak Hrysomallis (2011) tyto závěry nepotvrdil.

Bohužel jsme nenašli žádnou studii zabývající se případnou změnou posturální stability vlivem intenzivní redukce tělesné hmotnosti. Při stanovování hypotézy (H3) jsme vycházeli z předpokladu, že způsoby předsoutěžní redukce, jako jsou intenzivní cvičení a omezený příjem energie a tekutin, zapříčiní nárůstu únavy, která sníží schopnost koncentrace a to způsobí při použitém Rombergově testu zvýšení velikosti výchylek těžiště těla, tedy zhoršení posturální stability. Nárůst únavy a také nárůst napětí a hněvu po rychlé ztrátě hmotnosti dokládá několik již zmiňovaných studií (Filaire et al., 2001; Hall & Lane, 2001; Yoshioka et al., 2006).

V tomto případě se naše hypotéza H3 nepotvrdila. U žádného z prováděných dílčích testů posturální stability nedošlo ke statisticky ani věcně významnému zhoršení. Z hlediska statistické významnosti jsme u žádného testu nezaznamenali signifikantní nárůst nebo pokles hodnot. Oproti předpokladu došlo ke zmenšení velikosti výchylek těžiště, tedy ke zlepšení posturální stability u širokého stoje s otevřenými očima (SSOO) (střední velikost účinku) a u úzkého stoje a to jak s otevřenými (USOO), tak i se zavřenými očima (USZO) (vysoká velikost účinku). U dalších částí Rombergova testu posturální stability jsme zaznamenali pouze malé změny. U testu širokého stoje se zavřenými očima (SSZO) došlo k mírnému zvýšení velikosti výchylek těžiště, tedy k mírnému zhoršení posturální stability. U Flamingo testu, tedy měření stability při stožení na jedné noze, došlo v průměrných hodnotách celého souboru k mírnému zhoršení a to jak v případě pravé, tak i levé končetiny. Z těchto výsledků vyplývá, že předsoutěžní redukce tělesné hmotnosti buď neovlivní, nebo naopak zlepší posturální stabilitu.

## 5.2.4 Reakční doba

Rychlost reakce je v judu velmi důležitá, často schopnost včas a správně reagovat například nástupem do chvatu ve správný okamžik soupeřovy nedostatečné obrany nebo naopak včasné a správně cílené zablokování soupeřova útoku rozhoduje o výsledku zápasu. I přesto tyto vysoké nároky na rychlost reakce jsme nezaznamenali výrazně kratší reakční dobu ve srovnání s normami pro běžnou populaci. U horních i dolních končetin se potvrdil předpoklad, že delší reakční doba bude na vizuální podnět a taktéž se potvrdil předpoklad, že delší reakční doba bude u reagování dolní končetinou oproti horní a to jak v případě vizuálního tak i akustického signálu.

V hypotéze H4 jsme vycházeli z obdobného předpokladu jako u posturální stability, tedy že zvýšená únava prodlouží reakční dobu. Pokud se podíváme na definici únavy v Psychologickém slovníku (Hartl & Hartlová, 2000), tak únava je snížení schopnosti vykonávat činnost, které vyplývá z předchozího vynaloženého úsilí. Vzniká v důsledku nahromadění odpadů metabolismu v krvi či ve svalech. Psychicky je provázena zhoršeným vnímáním, sníženou pozorností, zhoršenou všípivostí a výbavností, změnami nálady aj. Hranice, kdy člověk začíná pociťovat únavu, je u každého jedince jiná a také její projevy jsou velmi subjektivní. Rozlišujeme únavu fyzickou a psychickou. Po velké fyzické námaze se někdy dostávají i pocity psychické únavy, naopak po vyčerpávající psychické námaze může fyzická práce pomoci odbourat psychickou únavu. Únava se také rozděluje na akutní, která po odpočinku odezní, a chronickou, která má patologické projevy, jako bolesti, poruchy spánku nebo poruchy paměti. Z uvedeného vyplývá, že únava může ovlivnit reakční dobu, neboť dochází ke zhoršené pozornosti. Toto dokládá i van den Berg a Neely (2006), kteří zjistili, že únava a nedostatek spánku prodlužuje reakční dobu.

U našeho souboru jsme ale nezaznamenali vlivem předsoutěžní redukce tělesné hmotnosti žádné statisticky ani věcně významné rozdíly v prosté reakční době u horní ani dolní končetiny a to jak v případě akustického tak i vizuálního podnětu. Reakční dobou u judistů se bohužel zabývalo velmi málo studií. Oproti našim výsledkům Nikolau (1977) ve své studii u souboru boxerů a zápasníků zaznamenal snížení reakční rychlosti a zhoršení koordinace pohybů po intenzivní redukci tělesné hmotnosti.

Hypotéza H4 se tedy nepotvrdila, změny v reakční době vlivem předsoutěžní redukce tělesné hmotnosti byly jen velmi malé. Domníváme se, že je to způsobeno tím,

že se jedná o jednoduchou reakci, kde je zapotřebí pouze krátkého soustředění. Otázkou je, zda bychom došli ke stejným výsledkům, pokud bychom zvolili místo prosté reakce složitou neboli výběrovou, která je oproti prosté prodloužena o rozhodování a volbu řešení. Toto je pro nás zajímavým námětem na další zkoumání, neboť situace, kdy má člověk nedostatečný energetický příjem, případně je dehydratován, pociťuje únavu nebo je vystaven vysoké tělesné námaze, mohou nastat nejen v judu a dalších sportech, ale i v běžném životě, což může mít negativní vliv například na prováděnou činnost.

### **5.2.5 Maximální izometrická síla**

Síla má v judu velmi důležitou úlohu a to především vytrvalost v dynamické síle a statická síla trupu a paží. Zásadní je v judu také síla stisku ruky (Kurakake et al., 1998; Aruga et al., 2006; Krstulovic et al., 2006; Almansba et al., 2007; Sánchez et al., 2011). Byla popsána významná korelace mezi statickou svalovou silou a úspěchem v soutěži u japonských judistů (Takeuchi et al., 1999). U našeho souboru jsme naměřili průměrné hodnoty síly stisku ruky před redukcí tělesné hmotnosti 48,30 kp pro pravou ruku a 48,78 kp pro levou ruku. Tyto hodnoty jsou nižší než hodnoty zjištěné u 13 brazilských elitních judistů, kde průměrná síla stisku pravé ruky byla  $51 \pm 10$  kp a levé  $49 \pm 10$  kp (Franchini et al., 2005) nebo hodnoty belgických judistů, kde průměrné hodnoty pravé ruka byly  $64,9 \pm 8,9$  kp a levé ruky  $59,7 \pm 8,8$  kp (Claessens et al., 1986).

Ve srovnání s běžnou populací (viz příloha 8) jsou námi naměřené hodnoty síly stisku ruky pravé i levé strany vyšší. Pokud porovnáme i další naměřené údaje při vstupním testování s populační normou dle Zelenky et al. (1979) zjistíme, hodnoty flexe pravé i levé paže jsou srovnatelné s normou, hodnoty extenze paže byly u našeho souboru výrazně vyšší (o 6,11 kp u pravé paže a o 6,99 kp u levé paže). U trupu vykazoval náš soubor horší výsledky ve srovnání s populační normou (o 2,84 kp u flexe trupu a o 4,01 kp u extenze trupu). Výrazně horší výsledky jsme zjistili u flexe bérce, tedy v kolenním kloubu, a to jak u pravé tak i levé končetiny (o 12,47 kp u pravé a o 11,92 kp u levé dolní končetiny). Naopak u extenze bérce jsme zaznamenali lepší výsledky a to o 3,4 kp u pravé a o 2,57 kp u levé dolní končetiny.

Porovnáme-li hodnoty maximální izometrické síly mezi dominantní a nedominantní končetinou, musíme konstatovat, že kromě síly stisku ruky, kde byly hodnoty stejné, a extenze paže, kde převažovala nedominantní strana, byly naměřené

hodnoty vyšší u strany dominantní. Sánchez et al. (2011) zjistili u judistů vyšší hodnoty síly stisku ruky u dominantní končetiny ( $44,8 \pm 9,2$  kp vs.  $42,9 \pm 9,2$  kp).

Pokud se zaměříme na změny vlivem předsoutěžní redukce tělesné hmotnosti, tak musíme konstatovat, že u zkoumaného souboru jsme nenašli statisticky významné rozdíly v maximální izometrické svalové síle trupu a horních ani dolních končetin s výjimkou flexe trupu, kde došlo k významnému snížení svalové síly ( $p < 0,05$ ). Z pohledu věcné významnosti, kde není brána v potaz velikost souboru, došlo k významnému snížení svalové síly při extenzi levé paže a při flexi a extenzi trupu (střední velikost účinku). Pro srovnání, ve studii u japonských judistů (Kurakake et al., 1998), nebyly zaznamenány žádné významné rozdíly v síle různých svalových skupin s výjimkou síly stisku ruky (handgripu), kde byl zjištěn významný pokles ( $p < 0,05$ ) svalové síly při ruční dynamometrii, ale pouze u skupiny judistů redukujících více než 6 % tělesné hmotnosti. U skupiny redukující mezi 3 % a 6 % tělesné hmotnosti už změny statisticky významné nebyly. Také Utter et al. (1998) zjistili při signifikantním snížení tukuprosté hmoty (FFM) zachování jak izometrické svalové síly, tak i anaerobního výkonu. Oproti tomu Scott et al. (1990) zaznamenali snížení svalové síly u 7 zápasníků, kteří redukovali 5 % tělesné hmotnosti. Houston et al. (1981) hodnotili fyziologické účinky snižování hmotnosti ( $\geq 8$  % tělesné hmotnosti) během 4 dní u zápasníků a zjistil postupný pokles svalové síly během a po redukcii hmotnosti.

Výzkumy zabývající se vlivem rychlého poklesu tělesné hmotnosti na fyzický výkon (Horswill, 1993; Fogelholm, 1994) ukazují, že je méně pravděpodobný negativní vliv poklesu tělesné hmotnosti na krátkodobý intenzivní výkon než u submaximálního výkonu delšího trvání, kde bude výkon jednoznačně negativně ovlivněn. Také Koral a Dosseville (2009) zjistili, že rychlé snížení tělesné hmotnosti nemá vliv na krátký intenzivní výkon, ale nepříznivě ovlivní delší fyzický výkon. Títož autoři uvádějí, že změny ve fyzickém výkonu mohou záviset na množství zredukovaných kilogramů, druhu sportovního výkonu a na typu dietního omezení. Park et al. (1990) sledovali anaerobní výkon horních končetin u zápasníků po dobu 3 měsíců. Zjistili, že tato výkonnost se u redukujících zápasníků nesnížila, ale také ani nezvýšila oproti kontrolní skupině, kde došlo ke zvýšení výkonnosti a to při stejném tréninkovém programu redukujících i neredukujících jedinců. Řada studií (Utter et al., 1998; Schmidt et al., 2005) potvrzuje, že pokud je výkon závislý především na ATP-CP systému hrazení



energetického výdeje, tak tento výkon nebude hmotnostním úbytkem výrazně ovlivněn, což je právě případ našeho testování maximální izometrické svalové síly.

Hypotézu H5 můžeme pokládat na nepotvrzenou, neboť nedošlo k signifikantnímu snížení maximální izometrické síly u měřených svalových skupin s výjimkou trupu a levé paže při extenzi. Tyto výsledky si vysvětlujeme tím, že se jednalo o časově velmi krátký výkon v řádech pouze několika vteřin. Domníváme se, že významné rozdíly by mohly být při nutnosti vyvíjet svalovou sílu po delší dobu (např. při výdrži ve shybu).

### 5.2.6 Biochemické parametry v krvi

Při porovnání výsledků jednotlivých parametrů krevního obrazu jsme nezjistili žádné statisticky významné změny. Z hlediska věcné významnosti jsme střední velikost účinku zaznamenali u leukocytů, erytrocytů, hemoglobinu a hematokritu. U leukocytů došlo k poklesu jejich počtu, zatímco u erytrocytů, hemoglobinu a hematokritu se hodnoty zvýšily. Toto zvýšení odráží ztrátu tělesných tekutin v organismu, kdy dochází k zahuštění krve, neboť část tekutin opouští krevní řečiště. Snížení množství leukocytů, erytrocytů a hemoglobinu bylo zaznamenáno i v dalších studiích (Umeda et al., 1999; Silva et al., 2011). Žádné zjištěné hodnoty krevního obrazu nevybočovaly z fyziologického rozmezí. Z těchto výsledků můžeme vyvodit, že rychlá redukce tělesné hmotnosti nemá výraznější dopady na krevní buňky a destičky ani na jejich vlastnosti v krevní plazmě.

Ze sledovaných biochemických parametrů jsme zjistili statisticky významný pokles triacylglycerolu (TAG) v krvi ( $p < 0,05$ ; vysoká velikost účinku), snížení logaritmického poměru TAG a HDL ( $p < 0,01$ ; vysoká velikost účinku) a naopak nárůst imunoglobulinu G ( $p < 0,05$ ; vysoká velikost účinku) a imunoglobulinu A ( $p < 0,05$ ). Střední velikost účinku jsme zjistili u laktátu (LA) a albuminu (ALB), kde došlo ke zvýšení hodnot a dále u kreatinkinázy (CK), kde jsme zaznamenali pokles tohoto parametru. Vysokou velikost účinku jsme kromě u výše zmíněných parametrů zaznamenali i u celkové bílkoviny, kde došlo ke zvýšení hodnoty (viz tab. 15).

V předpokladu, že dojde k významnému poklesu množství lipidů a imunoglobulinů a nárůstu hladiny kreatinkinázy v krvi jsme vycházeli především ze

dvou studií a to autorů Kurakake et al. (1998) a Umedy et al. (1999). V první z nich (Kurakake et al., 1998) byly zjišťovány biochemické parametry v krvi u souboru 22 judistů ve věkovém rozmezí 18 – 21 let při průměrné redukce tělesné hmotnosti 2,8 kg. Autoři zde testované probandy rozdělili podle hmotnostního úbytku do třech skupin a to s redukcí do 3 % tělesné hmotnosti, dále s redukcí více než 3 %, ale méně než 6 % hmotnosti a do třetí zařadil závodníky s hmotnostním poklesem větším než 6 % tělesné hmotnosti. Odběry vzorků krve byly prováděny 50, 20 a 4 dny před soutěží a následně 10 dní po soutěží. U skupiny, která redukovala více než 6 % tělesné hmotnosti, bylo zjištěno významné snížení ( $p < 0,05$ ) množství triacylglycerolů (TAG), přičemž ale po soutěži došlo k velkému nárůstu, významně vyššímu ve srovnání s předredukční hodnotou (více než dvojnásobek původní hodnoty). Opačná tendence byla zaznamenána u volných mastných kyselin, kde došlo při redukcí k významnému nárůstu ( $p < 0,01$ ) na více než dvojnásobnou hodnotu a poté následovalo snížení tohoto množství. Dále se snížilo množství celkového cholesterolu (T-Cho) ( $p < 0,05$ ), který zůstal snížený i po soutěži, a imunoglobulinu M ( $p < 0,05$ ), kde se hodnota po soutěži začala vracet k hodnotě prvního měření. Významné bylo také snížení komplementů C3 a C4 ( $p < 0,05$ ), u kterých snížená hladina přetrvala i v následujících 10 dnech po redukcí. U skupiny redukující mezi 3 % a 6 % tělesné hmotnosti bylo statisticky významné snížení jen u množství TAG a komplementu C4 ( $p < 0,05$ ) a zvýšení volných mastných kyselin ( $p < 0,01$ ). U skupiny redukující méně než 3 % tělesné hmotnosti autoři zaznamenali pouze významný nárůst kreatinkinázy (CK) ( $p < 0,01$ ).

V další studii věnující se této problematice u redukujících judistů (Umeda et al., 1999) bylo zjištěno významné snížení hladiny triacylglycerolu (TAG) v krvi, imunoglobulinů IgA a IgM, komplementu C3 a C4, hladiny elektrolytů v séru a dále výrazné zvýšení kyseliny močové. V novější studii (Umeda et al., 2004) zkoumající soubor 49 judistů, kteří redukovali průměrně 2,8 kg tělesné hmotnosti (1,7 kg FFM), bylo zaznamenáno významné ( $p < 0,01$ ) snížení množství imunoglobulinu G (IgG), imunoglobulinu A (IgA) a komplementu C3. Tyto závěry naopak nepotvrdila studie Yaegakiho et al. (2007) u 16 japonských judistek redukujících 4,9 % tělesné hmotnosti, kde nebyla signifikantní změna u žádného imunoglobulinu, komplementu ani množství leukocytů.

V souvislosti s otázkou možného vlivu předsoutěžní redukce tělesné hmotnosti na imunitu uvedeme ještě studii Toda et al. (2001), kde byl zjištěn významný ( $p < 0,05$ )

nárůst hladiny kortizolu den před soutěží. Vysoká hladina kortizolu může vytvořit příznivé podmínky pro virové infekce nebo sportovní zranění kvůli jeho imunosupresivním a katabolickým účinkům (Morimoto, 1997; Perna et al., 1998). Předsoutěžní redukce tělesné hmotnosti může kromě změn v biochemických parametrech vyvolat také oxidační stres (Carlsohn et al., 2010). Řada studií (Suzuki et al., 1996; Sato et al., 1998) prokázala vztah mezi produkcí reaktivních forem kyslíku a sportovním tréninkem. Také bylo zjištěno, že nespecifická imunita je intenzivním tréninkem potlačena (Bishop et al., 1999; Neiman & Pedersen, 1999). Pokud tedy při redukčním procesu dochází k velmi intenzivnímu a vyčerpávajícímu tréninku a je omezen příjem antioxidantů, může se toto projevit oxidačním stresem, zhoršenou regenerací a náchylností k různým onemocněním. Oproti předpokladům u našeho souboru došlo k nárůstu hladin imunoglobulinů (IgG a IgA), což mohla způsobit řada vnějších vlivů, které se nám nepodařilo identifikovat. Nicméně můžeme konstatovat, že u zkoumaných probandů nebyl zaznamenán negativní vliv předsoutěžní redukce tělesné hmotnosti na imunitní systém.

Z dalších zkoumaných biochemických parametrů bylo zjištěno mírné snížení kreatinkinázy (CK). Toto je v rozporu s dostupnými studiemi, které uvádí naopak zvýšení množství CK v krvi. Yaegaki et al. (2007) zaznamenali významný ( $p < 0,01$ ) zvýšení kreatinkinázy a laktátdehydrogenázy oproti kontrolní skupině. Umeda et al. (2004) uvádějí, že energetická omezení před soutěží významně ( $p < 0,05$ ) zvyšují sérové koncentrace kreatinkinázy (CK), což vede ke zhoršení svalových funkcí a zvyšuje náchylnost svalové tkáně ke zranění. Kreatinkinázu zmiňují i Gilewski et al. (2006), kteří konstatují, že zvýšení pohybové aktivity v kombinaci s dietním omezením vede k vyšší plazmatické aktivitě tohoto enzymu, což ukazuje na poškození svalů, a tím i zvýšení rizika zranění. Nárůst hladiny kreatinkinázy (CK) dokládá i Umeda et al. (1999). Zde je třeba podotknout, že u našeho souboru téměř všichni probandi měli při obou měřeních hladiny kreatinkinázy velmi zvýšené. Průměrná hodnota CK při vstupním měření byla  $5,20 \pm 2,52 \mu\text{kat.l}^{-1}$ , při výstupním  $4,09 \pm 1,92 \mu\text{kat.l}^{-1}$ , přičemž fyziologické rozmezí je  $0,41 - 3,24 \mu\text{kat.l}^{-1}$ . Pokud vynecháme jediné tři probandy, kteří měli CK v normě, tak činily tyto hodnoty  $6,8 \pm 1,4 \mu\text{kat.l}^{-1}$  při vstupním a  $5,1 \pm 1,4 \mu\text{kat.l}^{-1}$  při výstupním měření. Průměrný pokles CK celého souboru byl zapříčiněn především změnami tohoto parametru u třech probandů, kde došlo k průměrnému snížení o  $3,35 \pm 0,87 \mu\text{kat.l}^{-1}$ . Tyto rozdíly si vysvětlujeme tím, že se probandi věnovali

velmi intenzivnímu tréninku už před prvním měřením a v průběhu redukce tělesné hmotnosti došlo ke snížení tohoto intenzivního zatížení, což se projevilo poklesem zvýšené hladiny kreatinkinázy v krvi.

U ostatních biochemických parametrů jako je glukóza (GLU), laktát (LA), aspartátaminotransferáza (AST), alaninaminotransferáza (ALT), cholesterol (T-Cho) lipoproteiny HDL a LDL nebyly zaznamenány statisticky ani věcně významné rozdíly.

Musíme tedy konstatovat, že naše hypotéza H6 se nepotvrdila, neboť z parametrů, kde jsme předpokládali významnou změnu, došlo pouze u množství triacylglycerolu (TAG) k výraznému snížení předredukční hodnoty.

## 6 ZÁVĚR

Disertační práce se zabývala vlivem intenzivní předsoutěžní redukce tělesné hmotnosti na vybrané parametry tělesného profilu, konkrétně na tělesné složení, antropometrické parametry, posturální stabilitu, reakční dobu, maximální izometrickou svalovou sílu a biochemické parametry v krvi. Součástí práce bylo také anketní dotazování na bližší informace ohledně předsoutěžního redukčního procesu. Snahou tedy bylo zachytit vliv tohoto snižování tělesné hmotnosti v komplexnějším pojetí, od zjištění nejběžnějších zvyklostí a způsobů redukce až po možné dopady na organismus a sportovní výkon. Sledování těchto změn má význam především ve smyslu zamezení negativního dopadu intenzivní redukce tělesné hmotnosti na výkonnost a zdraví závodníka.

Shrneme-li zjištěné výsledky, musíme konstatovat, že předsoutěžním snižováním tělesné hmotnosti si prochází velká většina závodníků (77,8 %) ze sportů s hmotnostními kategoriemi, kteří významně redukuje svoji hmotnost a to v průměru o 5,4 % tělesné hmotnosti. Tohoto úbytku je téměř vždy dosahováno omezením energetického příjmu a příjmu tekutin spolu se zvýšením fyzické aktivity a to často ve speciálních gumových oblecích nebo ve více vrstvách oblečení za účelem zvýšení pocení.

Stejný způsob redukce uváděli i judisté, kteří se zúčastnili laboratorního testování. Z výsledků jednotlivých měření vyplývá, že předsoutěžní redukce tělesné hmotnosti se projeví především ve změnách tělesného složení a s tím souvisejících antropometrických parametrech a dále v některých biochemických hodnotách v krvi. Celkově jsme zaznamenali průměrný hmotnostní úbytek ve výši 4,6 % původní tělesné hmotnosti (průměrně  $3,4 \pm 1,6$  kg). Tento pokles byl způsoben především snížením celkové tělesné vody (TBW) ( $p < 0,05$ ) a tukuprosté hmoty (FFM) ( $p < 0,05$ ), ale snížil se také tělesný tuk a to téměř o 1 kg (z 10,16 % na 9,29 %, resp. z 8,07 kg na 7,09 kg). Ze segmentální analýzy tělesného složení je zřejmé, že ke snížení svalové hmoty došlo ve všech měřených tělních segmentech ( $p < 0,05$ ). Významně se také snížilo množství minerálů ( $p < 0,01$ ) a proteinů ( $p < 0,05$ ) v organismu. Uvedené změny se projeví v signifikantním snížení obvodu pasu, boků, stehna a lýtka. Taktéž se hmotnostní úbytek projevil v podkožním tuku, kde došlo k významnému snížení tloušťky některých kožních řas (záda, břicho, hrudník II, bok a stehno). Z měřených biochemických parametrů jsme zjistili statisticky významný pokles především v množství triacylglycerolu (TAG) v krvi ( $p < 0,05$ ) a naopak nárůst

imunoglobulinu G a M ( $p < 0,05$ ). V ostatních parametrech tělesného profilu jako je reakční doba, posturální stabilita a maximální izometrická svalová síla nedošlo u našeho souboru k jednoznačným výraznějším změnám.

Na závěr lze konstatovat, že předsoutěžní redukce tělesné hmotnosti se negativně projeví především na tělesném složení, kde dochází k nežádoucímu snížení tukuprosté hmoty, ale v testech krátkého trvání výrazné změny nejsou. Předpokládáme, že jiná situace by mohla být u testů, kde je třeba se koncentrovat nebo vynakládat určité úsilí po delší dobu. Za určitý limit studie je možno považovat nízký počet probandů, je ale třeba zmínit, že nám šlo především o homogenitu sledovaného souboru, tedy o testování zkušených sportovců, kteří podstupují redukci tělesné hmotnosti pravidelně a již několikátý rok, neboť u těchto sportovců se projevuje určitá adaptace organismu na tyto výkyvy hmotnosti. Proto také nelze vztahovat zjištěné výsledky na širší veřejnost nebo závodníky, kde dojde k jednorázové intenzivní redukci tělesné hmotnosti. V tomto případě se mohou negativní dopady na organismus projevit ve větší míře. Cíle v regulaci tělesné hmotnosti sportovců by tedy měly být řešeny individuálně a nikoli na základě srovnání s ostatními sportovci.

## REFERENČNÍ SEZNAM

1. Ainsworth, B. E., Haskell, W. L., Whitt, M. C., Irwin, M. L., Swartz, A. M., Strath, S. J., .... Leon, A. S. (2000). Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(9 Suppl), S498-504.
2. Ainsworth, B. E., Caspersen, C. J., Matthews, C. E., Masse, L. C., Baranowski, T., & Zhu, W. (2012). Recommendations to improve the accuracy of estimates of physical activity derived from self report. [Review]. *Journal of Physical activity & Health*, 9(1), S76-84.
3. Alderman, B., Landers, D. M., Carlson, J., & Scott, J. R. (2004). Factors related to rapid weight loss practices among international-style wrestlers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(2), 249-252.
4. Almansba, R., Franchini, E., & Sterkowicz, S. (2007). An uchikomi with load, a physiological approach of new special judo test proposal, *Science & Sports*, 22 (5), 216-23.
5. Almansba, R., Sterkowicz, S., Belkacem, R., Sterkowicz-Przybycień, K., & Mahdad, D. (2010). Anthropometric and physiological profiles of the Algerian Olympic judoists. *Archives of Budo*, 6(4), 185-193.
6. Almansba, R., Anne-Parent, A., Boucher, J., & Comtois, A. S. (2012). Oxygen uptake and cardiopulmonary demands of world-class judoists performing the Uchikomi Fitness Test. ACSM's 59<sup>th</sup> Annual Meeting and 3<sup>rd</sup> World Congress on Exercise is Medicine; 2012 May 29 San Francisco California USA *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2012, 44(5) supplement.
7. Almansba, R., Sterkowicz-Przybycień, K., Sterkowicz, S., Mahdad, D., Boucher, J. P., Calmet, M., & Comtois, A. S. (2012). Postural balance control ability of visually impaired and unimpaired judoists. *Archives of Budo*, 8(3), 153-158.
8. Andreoli, A., Melchiorri, G., Brozzi, M., Di Marco, A., Volpe, S. L., Garofano, ... Lorenzo, A. D. (2003). Effect of different sports on body cell mass in highly trained athletes. *Acta Diabetik*, 40, S122-S125. doi:10.1007/s00592-003-0043-9
9. Artioli, G. G., Iglesias, R. T., Franchini, E., Gualano, B., Kashiwagura, D. B., Solis, M. Y., ... Lancha Junior, A. H. (2010a). Rapid weight loss followed by

- recovery time does not affect judo-related performance. *Journal of Sports Science*, 28(1), 21-32. doi:10.1080/02640410903428574
10. Artioli, G. G., Franchini, E., Nicasro, H., Sterkowicz, S., Solis, M. Y., & Lancha, A. H. (2010b). The need of a weight management control program in judo: a proposal based on the successful case of wrestling. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 7, 15. doi:10.1186/1550-2783-7-15
  11. Aruga, S., Nakanishi, H., Yamashita, Y., Onda, T., & Ubukata, K. (2006). A study on the training method for improving judo players' kumite strength – on the judogi chin-up method. *Tokai Journal of Sports Medical Science*, 18(1), 44-53.
  12. Assaiante, C., & Amblard, B. (1992). Peripheral vision and age-related differences in dynamic balance. *Human Movement Science*, 11(5), 533-548.
  13. Bartůňková, S. (2006). *Fyziologie člověka a tělesných cvičení*. Praha: Karolinum.
  14. Bartůňková, S. a kol. (2013). *Fyziologie pohybové zátěže*. Praha: Univerzita Karlova v Praze.
  15. Birren, J. E., Woods, A. M., & Williams, M. V. (1980). Behavioral slowing with age: Causes, organization, and consequences. In: Poon, L. W. (Ed.) *Aging in the 1980s: Psychological issues* (pp. 293–308). Washington, DC: American Psychological Association.
  16. Bishop, N. C., Blannin, A. K., Walsh, N. P., Robson, P. J., & Gleeson, M. (1999). Nutritional aspects of immunosuppression in athletes. *Sports Medicine*, 28(3), 151–176.
  17. Blais, L., Trilles, F., & Lacouture, P. (2007). Three-dimensional joint dynamics and energy expenditure during the execution of a judo throwing technique (Morote Seoi Nage). *Journal of Sports Sciences*, 25(11), 1211-1220.
  18. Boguszewska, K. D., Boguszewski, D., & Buško, K. (2010). Special Judo Fitness Test and biomechanics measurements as a way to control of physical fitness in young judoists. *Archives of Budo*, 6(4), 205-208.
  19. Boguszewski, D., & Kwapisz E. (2010). Sports massage and local cryotherapy as a way to reduce negative effects of rapid weight loss among kickboxing contestants. *Archives of Budo*, 6(1), 45-51.



20. Borkowski, L., Faff, J., Starczewska, J., & Czapowska, C. (2001). Evaluation of aerobic and anaerobic fitness of from the polish national team. *Biology of Sport*, 18(2), 107-117.
21. Bouchard, C., Shephard, R. J., & Stephens, T. (1994). *Physical activity, fitness and health*. Champaign: Human Kinetics.
22. Brito, C. J., Roas A, F. C., Brito I, S. S., Marins J, C. B., Córdova, C., & Franchini, E. (2012). Methods of body mass reduction by combat sport athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 22(2), 89-97.
23. Brodie, D. A., & Stewart, A. D. (1999). Body Composition Measurement: A Hierarchy of Methods. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism*, 12, 801-816.
24. Brownell, K. D., Steen, S. N., & Wilmore, J. H. (1987). Weight regulation practises in athletes: analysis of metabolic and health effects. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19(6), 546-556.
25. Bunc, V., & Dlouhá, R. (1998). Možnosti stanovení tělesného složení bioimpedanční metodou u netrénovaných a trénovaných jedinců. *Med. sport. bohem. slov.*, 7(3), 89a.
26. Bunc, V., Cingálek, R., Moravcová, J., & Kalous, J. (2001). Možnosti stanovení tělesného složení u dětí bioimpedanční metodou. In: *Pohyb a zdraví*. Olomouc, FTK Univerzita Palackého, 188-190.
27. Bunc, V. (2006). Body composition as a determining factor in the aerobic fitness and physical performance of Czech children. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis. Gymnica*, 36(4), 39-45.
28. Burdukiewicz, A., Pietraszewska, J., Andrzejewska, J., Witkowski, K., Stachoń, A., Chromik, K., & Maśliński, J. (2010). Morphological differentiation and body composition in female judokas and female weightlifters in relation to the performed sport discipline. *Archives of Budo*, 6(2), 111-115.
29. Callister, R., Callister, R. J., Staron, R. S., Fleck, S. J., Tesch, P., & Dudley, G. A. (1991). Physiological characteristics of elite judo athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 12(2), 196-203.
30. Calmet, M., Miarca, B., & Franchini, E. (2010). Modeling approaches of grasps in judo competition contests. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 10(3), 229-240.

31. Carlsohn, A., Rohn, S., Mayer, F., & Schweigert, F. J. (2010). Physical Activity, Antioxidant Status, and Protein Modification in Adolescent Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(6), 1131–1139.
32. Castarlenas, J. L. & Planas, A. (1997). Study of temporal structure of judo combat. *Apunts - Physical Education and Sports*, 47, 32-39.
33. Claessens, A. L. M., Beunen, G. P., Simons, J. M., Wellens, R. I., Gelfold, D., & Nuyts, M. M. (1986). Body structure, somatotype, and motor fitness of top class Belgian judoists. In: J. A. Day (ed.) The 1984 Olympic scientific Congress Proceedings. In: *Perspectives in Kinanthropometry*. Human Kinetics, Champaign, 155-163.
34. Claessens, A., Beunen, G., Wellens, R., & Geldof, G. (1987). Somatotype and body structure of world top judoists. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 27(1), 105-113.
35. Clarkson, P. M., Litchfield, P., Graves, J., Kirwan, J. P. & Byrnes, W. C. (1985). Serum creatine kinase activity following forearm flexion isometric exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 53(4), 368-371.
36. Cohen, J. (1992). Statistical power analysis. *Current directions in psychological science*, 1(3), 98-101.
37. Collazos, J. R., Marrodán, M. D., & Gutierrez Redomero, E. (1996). Cineanthropometric Study in Spanish Judoists. *International Journal of Anthropology*, 11(1), 11-19. doi: 10.1007/bf02442198
38. Coufalová, K. (2009). *Vliv redukce tělesné hmotnosti na parametry složení těla u judistů – diplomová práce*. Univerzita Karlova. Praha.
39. Coufalová, K., Kinkorová, I., & Jindra, M. (2011). Tělesná stavba českých seniorských reprezentantů v judu. *Česká kinantropologie*, 15(3), 102-109.
40. Coufalová, K., Heller, J., & Brychta, P. (2012a). Předsoutěžní snižování tělesné hmotnosti v bojových sportech, *Česká kinantropologie*, 16(3), 63-70.
41. Coufalová, K., Kinkorová, I., Malá, L., & Heller J. (2012b). Předsoutěžní redukce tělesné hmotnosti a její vliv na tělesné složení. *Studia Sportiva*, 6(2), 99-105.
42. Coufalová, K., Prokešová, E., Malý, T., & Heller, J. (2013). Body weight reduction in combat sports. *Archives of Budo*, 9(3), 267-272.

43. Čelikovský, S. a kol. (1990). *Antropomotorika pro studující tělesnou výchovu*. Praha: SNP.
44. Daniels, K., & Thornton, E. W. (1990). An analysis of the relationship between hostility and training in the martial arts. *Journal of Sports Science*, 8(2), 95-101. doi:10.1080/02640419008732137
45. Daniels, K., & Thornton, E. W. (1992). Length of training, hostility and the martial arts: a comparison with other sporting groups. *British Journal of Sports Medicine*, 26(3), 118-20.
46. Data Input. Manuál Nutri 4 – Multifrekvenční Software for the Determination of Body Water, Body Composition and Nutritional Status. Instruction for Use, Firma Data Input GmbH, Trakenher Strasse 5, 60487, Frankfurt am Main, Germany, 2004.
47. Degoutte, F., Jouanel, P., Bègue, R. J., Colombier, M., Lac, G., Pequignot, J. M., & Filaire, E. (2006). Food restriction, performance, biochemical, psychological, and endocrine changes in judo athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 27(1), 9-18. doi: 10.1055/s-2005-837505
48. Dlouhá, R., Heller, J., Bunc, V., Giampietro, M., Gambarara, D., Andreoli, A., & Caldarone, G. (1998). Srovnání rovnic Pařízkové pro zjišťování tělesného tuku sportujících žen. *Med. Sport. Boh. Slov.*, 7(1), 7-12.
49. Dlouhá, R. (1999). *Výživa a složení těla*. In: Havlíčková, L. et al.: Fyziologie tělesné zátěže I. Obecná část, Praha: Karolinum.
50. Dvořák, D. (2001). *Úprava hmotnosti v judu – diplomová práce*. Praha: FTVS.
51. Fetto, J. F. (1994). Judo and karate-do. In: Fu FH, Stone DA (eds) *Sports Injuries: Mechanisms, Prevention, Treatment*. Baltimore, MD: Williams and Wilkins, 455-468.
52. Filaire, E., Maso, F., Degoutte, F., Jouanel, P., & Lac, G. (2001). Food restriction, performance, psychological state and lipid values in judo athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 22(6), 454–459. doi:10.1055/s-2001-16244
53. Finaud, J., Degoutte, F., Scislowski, V., Rouveix, M., Durand, D., & Filaire, E. (2006). Competition and food restriction effects on oxidative stress in judo, *International Journal of Sports Medicine*, 27(10), 834-841.

54. Finn, K. J., Lund, R., & Rosene-Treadwell, M. (2003). Glutamine supplementation did not benefit athletes during short-term weight reduction. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2, 163-168.
55. Fleming, S., & Costarelli, V. (2007). Nutrient intake and body composition in relation to making weight in young male Taekwondo players. *Nutrition & Food Science*, 37(5), 358-366. doi:10.1108/00346650710828389
56. Fogelholm, G. M., Koskinen, R., Lakso, J., Rankinen, T., & Ruokonen, I. (1993). Gradual and rapid weight loss: effects on nutrition and performance in male athletes. *Medicine & Exercise*, 25(3), 371-377.
57. Fogelholm, M. (1994). Effects of bodyweight reduction on sports performance. *Sports Medicine*, 18(4), 249-267. doi:10.2165/00007256-199418040-00004
58. Forbes, G. B. (1999). Longitudinal changes in adult fat-free mass: influence of body weight. *American Journal of Clinical Nutrition*, 70(6), 1025-1031, dostupné z WWW: <http://www.ajcn.org/cgi/content/full/70/6/1025>
59. Franchini, E., Takito, M. Y., Cássio, De Moraes Bertuzzi R. C. (2005). Morphological, physiological and technical variables in high-level college judoists. *Archives of Budo*, 1, 1-7.
60. Franchini, E., Nunes, A. V., Moraes, J.M., & Del Vecchio, F.B. (2007). Physical fitness and anthropometrical profile of the Brazilian male judo team. *Journal of Physiological Anthropology*, 26(2), 59-67. doi:10.2114/jpa2.26.59
61. Franchini, E., Sterkowicz, S., Meira, C. M., Gomes, F. R., & Tani, G. (2008). Technical variation in a sample of high level judo players. *Perceptual and Motor Skills*, 106(3), 859-869.
62. Franchini, E., Huertas, J. R., Sterkowicz, S., Carratalá, V., Gutiérrez-García, C., & Escobar-Molina, R. (2011a). Anthropometrical profile of elite Spanish Judoka: Comparative analysis among ages. *Archives of Budo*, 7(4), 239-245.
63. Franchini, E., Vecchio, F. B. D., Matsushigue, K. A., & Artioli G. G. (2011b). Physiological profiles of elite judo athletes. *Sports Medicine*, 41(2), 147-166. doi:10.2165/11538580-000000000-00000
64. Franchini, E., Miarka, B., Matheus, L., & Del Vecchio, F. B. (2011c). Endurance in judogi grip strength tests: Comparison between elite and non-elite judo players. *Archives of Budo*, 7(1), 1-4.

65. Freischlag, J. (1984). Weight loss, body composition, and health of high school wrestlers. *Physician and Sportsmedicine*, 12, 121-126.
66. Friedman, J. E. & Lemon, P. W. R. (1985). Effect of protein intake and endurance exercise on daily protein intake requirements. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 7, S231.
67. Gilewski, K., Pilis, K., & Pilis, W. (2006). Sposoby przedstartowej redukcji masy ciała zawodników sportów walki In: Kudera A, Perkowski K, Śledziwski D (eds.): *Proces doskonalenia treningu i walki sportowej – diagnostyka*. AWF Warszawa, 3, 123-125 [in Polish].
68. Green, C. M., Petrou, M. J., Fogarty-Hover, M. L. S., & Rolf, C. G. (2007). Injuries among judokas during competition. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 17(3), 205-210.
69. Hall, C. J., & Lane, A. M. (2001). Effects of rapid weight loss on mood and performance among amateur boxers. *British Journal of Sports Medicine*, 35, 390-395. doi:10.1136/bjism.35.6.390
70. Hartl, P., & Hartlová, H. (2000). *Psychologický slovník*. Praha: Portál.
71. Hatzitaki, V., Zisi, V., Kollias, I., & Kioumourtozoglou, E. (2002). Perceptual-Motor Contributions to Static and Dynamic Balance Control in Children. *Journal of Motor Behavior*, 34(2), 161-170.
72. Havlíčková, L. et al. (2004). *Fyziologie tělesné zátěže I*. 2. vyd. Praha: Karolinum.
73. Heller, J., & Vodička, P. (2011). *Praktická cvičení z fyziologie tělesné zátěže*. Praha: Karolinum.
74. Heyward, V. H., & Stolarczyk, L. M. (1996). *Applied body composition assessment*. Champaign: Human Kinetics.
75. Horswill, C. A., Hickner, R. C., Scott, J. R., Costill, D. L., & Gould, D. (1990a). Weight loss, dietary carbohydrate modification and high intensity, physical performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(4), 470-476.
76. Horswill, C. A., Park, S. H. & Roemmich, J. N. (1990b). Changes in the protein nutritional status of adolescent wrestlers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(5), 599-604.

77. Horswill, C. A. (1993). Weight loss and weight cycling in amateur wrestlers: implications for performance and rating metabolic rate. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 3(3), 245-260.
78. Horswill, C. A., Scott, J. R., Dick, R. W., & Hayes, J. (1994). Influence of rapid weight gain after the weigh-in on success in collegiate wrestlers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26(10), 1290-1294.
79. Horswill, C. A. (2009). *Making Weight in Combat Sports*. *Combat Sports Medicine*, Springer London, 21-39.
80. Hořejší, V., & Bartůňková, J. (2009). *Základy imunologie*. Praha: Triton.
81. Houmard, J. A., Costill, D. L., Mitchell, J. B., Park, S. H., Fink, W. J., Burns, J. M. (1990). Testosterone, cortisol, and creatine kinase levels in male distance runners during reduced training. *International Journal of Sports Medicine*, 11(1), 41-45. doi:10.1055/s-2007-1024760
82. Houston, M. E., Marrin, D. A., Green, H. J., & Thomson, J. A. (1981). The effect of rapid weight loss on physiological functions in wrestlers. *Physician and Sportsmedicine*, 9(11), 73-78.
83. Hrysmallis, C. (2011). Balance ability and athletic performance, *Sports Medicine*, 41(3), 221-232.
84. Choma, C. W., Sforzo, G. A., & Keller, B. A. (1998). Impact of rapid weight loss on cognitive function in collegiate wrestlers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(5), 746-749.
85. Ichinose, Y., Kanehisa, H., Ito, M., Kawakami, Y., & Fukunaga, T. (1998) Morphological and functional differences in the elbow extensor muscle between highly trained male and female athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 78(2), 109-114.
86. Imai, H., Hayashi, T., Negawa, T., Nakamura, K., Tomida, M., Koda, K., ... Era, S. (2002). Strenuous exercise-induced change in redox state of human serum albumin during intensive kendo training. *Japanese Journal of Physiology*, 52(2), 135-140.
87. Ishiguro, N., Kanehisa, H., Miyatani, M., Masuo, Y., & Fukunaga, T. (2005). A comparison of three bioelectrical impedance analyses for predicting lean body mass in a population with a large difference in muscularity. *European Journal of Applied Physiology*, 94(1-2), 25-35. doi:10.1007/s00421-004-1259-2

88. Jagiełło, W., & Kalina, R. M. (2007). Properties of motor development in young judokas. *Journal of Human Kinetics*, 17, 113-120.
89. Junqueira, L. C., Carneiro, J. & Kelley, R. O. (2002). *Základy histologie*. Jinočany: H&H.
90. Kalina, R. M. (2000). *Theory of combat sports*. Warsaw: COMS.
91. Kapteyn, T. S., Bles, W., Njiokiktjien, CH. J., Kodde, L., Massen, C. H. & Mol, J. M. F. (1983). Standardization in platform stabilometry being a part of posturography. *Agressologie*, 24(7), 321-326.
92. Kazemi, M., Shearer, H., & Choung, Y. S. (2005). Pre-competition habits and injuries in Taekwondo athletes. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 6, 26.
93. Kim, J., Cho, H. C., Jung, H. S., & Yoon, J. D. (2011). Influence of performance level on anaerobic power and body composition in elite male judoists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1346-1354.  
doi:10.1519/JSC.0b013e3181d6d97c
94. Kinigham, R. B., & Gorenflo, D. W. (2001). Weight loss methods of high school wrestlers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(5), 810-813.
95. Kinkorová I., & Coufalová, K. (2008). Tělesný profil českých judistů ve věku 16-23 let. *Studia Sportiva*, 2(2), 5-12.
96. Kinkorová, I., & Coufalová, K. (2009). Antropometrické parametry a jejich využití u judistů. *Česká kinantropologie*, 13(2), 100-107.
97. Kohlíková, E. (2006). *Vybraná témata praktických cvičení z fyziologie člověka*. Praha: Karolinum.
98. Komárková, J. (1999). *Srovnání základních a specifických motorických schopností v tréninku judistů a zápasníků – bakalářská práce*. Hradec Králové.
99. Koral, J., & Dosseville, F. (2009). Combination of gradual and rapid weight loss: Effects on physical performance and psychological state of elite judo athletes. *Journal of Sports Sciences*, 27(2), 115-120.  
doi:10.1080/02640410802413214.
100. Kordi, R., Maffuli, N., Wroble, R. R., & Wallace, W. A. (2009). *Nutrition in Combat Sports*. London: Springer-Verlag.
101. Kotačková, L. Triacylglyceroly. [cit. 2013-30-12]. Dostupné z:  
<http://www.toplekar.cz/laboratorni-hodnoty/triacylglyceroly.html?znak=T>

102. Kozák, T. (2001). *Vnitřní lékařství, díl IIIb: Hematologie*. 1. vyd. Praha: Galén, Karolinum.
103. Kraemer, W. J., Fry, A. C., Rubin, M. R., Triplett-McBride, T., Gordon, S. E., Koziris, P., ... Fleck, S. J. (2001). Physiological and performance responses to tournament wrestling. *Medicine and Science in Sports & Exercise*, 33, 1367-1378.
104. Krč, I. (2007). Hematologie – hodnocení krevního obrazu. *Urológia pre prax*. 5-6, 231-232, dostupné také z [http://www.solen.sk/index.php?page=pdf\\_view&pdf\\_id=2830](http://www.solen.sk/index.php?page=pdf_view&pdf_id=2830).
105. Krotkiewski, M., Grimby, G., Holm, G., & Szczepanik, J. (1990). Increased muscle dynamic endurance associated with weight reduction on a very-low-calorie diet. *American Journal of Clinical Nutrition*, 51(3), 321-330.
106. Krstulovic, S., Zuvela, F., & Katic, R. (2006). Biomotor systems in elite junior judoists. *Collegium Antropologicum*, 30(4), 845-851.
107. Kubo, J., Chishaki, T., Nakamura, N., Tadashi, M., Yousuke, Y., Masamitsu, I., ... Takeshi, K. (2006). Differences in fat-free mass and muscles thicknesses at various sites according to performance level among judo athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(3), 654-657.
108. Kurakake, S., Umeda, T., Nakaji, S., Sugawara, K., Saito, K., & Yamamoto, Y. (1998). Changes in physical characteristics, hematological parameters and nutrients and food intake during weight reduction in judoists. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 3(3), 152-157. doi:10.1007/BF02931706
109. Kushner, R. F. (1992). Bioelektrical Impedance Analysis: A Review of Principles and Applications. *Journal of the American College of Nutrition*, 11(2), 199-209.
110. Lamarre, B. W., & Nosanchuk, T. A. (1999). Judo – the gentle way: a replication of studies on martial arts and aggression. *Perceptual and Motor Skills*, 88(3 Pt 1), 992-996.
111. Lambert, C. P., Frank, L. L., & Evans, W. J. (2004). Macronutrient considerations for the sport of bodybuilding. *Sports Medicine*, 34(5), 317-327. doi:10.2165/00007256-200434050-00004



112. Landers, D. M., Arendt, S. M., & Lutz, R. S. (2001). Affect and cognitive performance in high school wrestlers undergoing rapid weight loss. *Journal of Sports and Exercise Psychology*, 23(4), 307-316.
113. Laskowski, R., Kujach, S., Smaruj, M., Grzywacz, T., Łuszczuk, M., Merek, A., & Ziemann, E. (2012). Lactate concentration during one-day male judo competition: A case study. *Archives of Budo*, 8(1), 51-57.  
doi:10.12659/AOB.882651
114. Lech, G., Tyka, A., Pałka, T., & Krawczyk, R. (2010). Effect of physical endurance on fighting and the level of sports performance in junior judokas, *Archives of Budo*, 6(1), 1-6.
115. Little, N. G. (1991) Physical performance attributes of junior and senior women, juvenile, junior and senior men judokas. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 31(4), 510-520.
116. Lohman, T. G. (1992). *Advances in Body Composition Assessment*. Champaign: Human Kinetics.
117. Lorenzo, A. D., Bertini, I., Iacopino, L., Pagliato, E., Testolin, C., & Testolin, G. (2000). Body composition measurement in highly trained male athletes: a comparison of three methods. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 40(2), 178-183.
118. Lukaski, H. C., Johnson, P. E., Bolonchuk, W. W., & Lyken, G. I. (1985). Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *American Journal of Clinical Nutrition*, 41(4), 810-817.
119. Maffulli, N. (1992). Making weight: a case study of two elite wrestlers. *British Journal of Sports Medicine*, 26(2), 107-110. doi:10.1136/bjism.26.2.107
120. Marcon, G., Franchini, G., Jardim, J. R., & Barros Neto, T. L. (2010). Structural analysis of action and time in sports – judo. *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, 6(4). doi:10.2202/1559-0410.1226
121. Mark, A. L., Correia, M., Morgan, D. A., Shaffer, R. A., & Haynes, W. G. (1999). Obesity – induced hypertension. *Hypertension*, 33, 537-541.
122. McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2003) *Exercise physiology: Energy, nutrition and human performance*. Fifth edition. Lippincott, Williams & Wilkins.

123. McCargar, L. J., & Crawford, S. M. (1992). Metabolic and anthropometric changes with weight cycling in wrestlers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(11), 1270-1275.
124. McMorris, T., & Ken, P. (1994). Effect of exercise on simple reaction times of recreational athletes. *Perceptual Motor Skills*, 78(1), 123-130.
125. McMurray, R. G., Proctor, C. R., & Wilson, W. L. (1991). Effect of the caloric deficit and dietary manipulation on aerobic and anaerobic exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 12(2), 167-172. doi:10.1055/s-2007-1024662
126. Mendes, S. H., Tritto, A. C., Guilherme, J. P., Solis, M. Y., Vieira, D. E., Franchini, E., ... Artioli, G. G. (2013). Effect of rapid weight loss on performance in combat sport male athletes: does adaptation to chronic weight cycling play a role?, *British Journal of Sports Medicine*, 47(18), 1155-1160. doi: 10.1136/bjsports-2013-092689
127. Měkota, K., & Novosad, J. (2005). *Motorické schopnosti*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
128. Miarka, B., Julio, U. F., Vecchio, F. B. D., Calmet, M., & Franchini, E. (2010). Técnica y táctica em judo: una revision [Technique and tactics in judo: a review]. *Revista de Artes Marciales Asiáticas*, 5, 427-431 [English abstract].
129. Midgley, R. (1979). *The complete encyclopaedia of exercises*. London: Paddington Press.
130. Mířková, L. (2004). *Vývoj svalové síly v průběhu léčebné rehabilitace –* Disertační práce. Masarykova univerzita - Lékařská fakulta. Brno.
131. Morimoto, K. (1997). *Stress-kiki no yobo-igaku* (in Japanese). Tokyo: NHK books.
132. Musil, J. (1994). *Molekulové základy klinické biochemie*. Praha: Grada Avicenum.
133. Nakajima, T., Wakayama, H., Iida, E., & Matsumoto, D. (1998). The relationship between body fat and basic physical fitness for female athletes. (part 2). In: *National Judo Conference International Research Symposium Annals*. United States Olympic Training Center, Colorado Springs, p.12.
134. Nakamura, I., Yamaguchi, K., Shigeoka, T. et al. (2005). Comparison of Performance between Male and Female in 2003 World Judo Championships.

- Bulletin of the Association for the Scientific Studies on Judo*, Kodokan, Report 10, 77-85.
135. Neiman, D. C., & Pedersen, B. K. (1999). Exercise and immune function. Recent developments. *Sports Medicine*, 27(2), 73-80.
  136. Nikolau, L. (1977). Vklad a issledovaniya forsirovanoj sbavki vcsa tela pered sorevnovanijami po vidam sporta provodjaščimsa po vesovym kategoriam. Wroclaw.
  137. Nováková, H. (1998). Postural stability and flexibility of senior. *Acta Universitatis Carolinae Kinanthropologica*, 34(1), 27-35.
  138. Ohta, S., Nakaji, S., Suzuki, K., Totsuka, M., Umeda, T., & Sugawara, K. (2002). Depressed humoral immunity after weight reduction in competitive judoists. *Luminescence* 17(3), 150-157.
  139. Ohyabu, Y., Nakano, S., Matsunaga, Y., Sato, N., & Honda, Y. (1987). Cardiac silhouette in well-trained Japanese judo athletes. *International Journal of Sports Cardiology*, 4(1), 43-46.
  140. Oöpik, V., Pääsuke, M., Sikku, T., Timpmann, S., Medijainen, L., Ereline, J., ... Gapejeva, E. (1996). Effect of rapid weight loss on metabolism and isokinetic performance capacity. A case study of two well trained wrestlers. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 36(2), 127-131.
  141. Oppliger, R. A., Nielsen, D. H., Hoegh, J. E., & Vance, C. T. (1991). Bioelectrical impedance prediction of fat free mass for high school wrestlers validated. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 23(4), S73.
  142. Paillard, T., Costes-Salon, C., Lafont, C., & Dupui, P. (2002). Are there differences in postural regulation according to the level of competition in judoists? *British Journal of Sports Medicine*, 36(4), 304-305.
  143. Pałka, T., Lech, G., Sterkowicz, S., Tyka, A., & Krawczyk, R. (2010). Effect of Physical Endurance on the Course of Fight and Level of Sports Performance in Cadet Judokas. *Archives of Budo*, 6(3), 123-128.
  144. Park, S. H., Roemmich, J. N., & Horswill, C. A. (1990). A season of wrestling and weight loss by adolescent wrestlers: Effect on anaerobic arm power. *Journal of Applied Sport Science Research*, 4, 1-4.
  145. Pařízková, J. (1998). Složení těla, metody měření a využití ve výzkumu a lékařské praxi. *Medicina Sportiva Bohemica & Slovaca*, 7(1), 1-6.

146. Pavlík, J., Sebera, M., Stochl, J., Vespalec, T., & Zvonař, M. (2010). *Vybrané kapitoly z antropomotoriky*. 1. Vyd. Brno: Masarykova Univerzita.
147. Perna, F. M., Antoni, M. H., Kumar, M., Cruess, D. G., & Schneiderman, N. (1998). Cognitive-behavioral intervention effects on mood and cortisol during exercise training, *Annals of Behavioral Medicine*, 20(2), 92-98.
148. Perrin, P., Deviterne, D., Hugel, F., & Perrot, C. (2002). Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control. *Gait and Posture*, 15(2), 187-194.
149. Placheta, Z., Siegelová, J., & Štejfá, M. (1999). *Zátěžová diagnostika v ambulanci a klinické praxi*. Praha: Grada Publishing.
150. Pocecco, E., Gatterer, H., Ruedl, G., & Burtscher, M. (2012). Specific exercise testing in judo athletes. *Archives of Budo*, 8(3), 133-139.
151. Prouteau, S., Pelle, A., Collomp, K., Benhamou, L., & Courteix, D. (2006). Bone density in elite judoists and effects of weight cycling on bone metabolic balance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38(4), 694-700.  
doi:10.1249/01.mss.0000210207.55941.fb
152. Prouteau, S., Ducher, G., Serbescu, C., Benhamou, L., & Courteix, D. (2007). Gender differences in the psychological response to weight cycling in elite judoists. *Biology of Sport*, 24(2), 91-104.
153. Průša, R., Čepová, J., & Petřtylová, K. (2002). *Průručka laboratorních vyšetření*. 1. vyd. Praha: Triton.
154. Rankin, J. W., Ocel, J. V., & Craft, L. L. (1996). Effect of weight loss and refeeding diet composition on anaerobic performance in wrestlers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 28(10), 1292-1299. doi:10.1097/00005768-199610000-00013
155. Ransone, J., & Hughest, B. (2004). Body-Weight Fluctuation in Collegiate Wrestlers: Implications of the National Collegiate Athletic Association Weight-Certification Program. *Journal of Athletic Training*, 39(2), 162-168.
156. Rédei, G. P. (2008). *Encyclopedia of Genetics, Genomics, Proteomics, and Informatics*. 3rd Edition: Springer.
157. Ricci, T. A., Heymsfield, S. B., Pierson, R. N., Stahl, T., Chowdhury, H. A., & Shapses, S. A. (2001). Moderate energy restriction increases bone resorption in

- obese postmenopausal women. *American Journal of Clinical Nutrition*, 73(2), 347–352.
158. Riegerová, J., Přidalová, M. & Ulbrichová, M. (2006). *Aplikace fyzické antropologie v tělesné výchově a sportu*. 3. vyd. Olomouc: Hamex.
159. Roche, F. A., Heymsfield, S. B., & Lohman, T. G. (1996). *Human Body Composition*. Champaign: Human Kinetics.
160. Rokyta, R. (2000). *Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech*. Praha: ISV.
161. Sato, H., Suzuki, K., Nakaji, S., Sugawara, K., Totsuka, M., & Sato, K. (1998). Effects of acute endurance exercise and 8 week training on the production of reactive oxygen species from neutrophils in untrained men. *Japanese Journal of Hygiene*, 53(2), 431-440.
162. Sánchez, Á. G., Domínguez, A. S., Turpin, J. A. P., Tormo, A. M. C., & Llorca, C. S. (2011). Importance of hand-grip strength as an indicator for predicting the results of competitions of young judokas. *Archives of Budo*, 7(3), 167-172.
163. Sbriccoli, P., Bazzucchi, I., Di Mario, A., Marzattinocci, G., & Felici, F. (2007). Assessment of maximal cardiorespiratory performance and muscle power in the Italian Olympic judoka. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 738-744.
164. Scott, W., Rutt, R., & Weltman, A. (1990). Physiological effects of rapid weight loss regimen practiced by college wrestlers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(2), 229-234.
165. Scott, J. R., Horswill, C. A., & Dick, R. W. (1994). Acute weight gain in collegiate wrestlers following a tournament weigh-in. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 26(9), 1181-1185.
166. Sekulic, D., Krstulovic, S., Katic, R., & Ostojic, L. (2006). Judo training is more effective for fitness development than recreational sports for 7-year-old boys. *Pediatric Exercise Science*, 18(3), 329-338.
167. Sertić, H., Segedi, I., & Milanović, D. (2006). Anthropological and fitness status of Croatian judoists. *Archives of Budo*, 2, 24-27.
168. Sharkey, B. J., & Gaskill, S. E. (2006). *Sport Physiology for Coaches*. Champaign: Human Kinetics.

169. Sharp, N. C. C., & Koutedakis, Y. (1988). Anaerobic power and capacity measurements of the upper body in elite judo players, gymnasts and rowers. *Australian Journal of Science & Medicine in Sport*, 19(3), 9-13.
170. Shishida, F. (2012). A Judo that Incorporates Kendo: Jigoro Kano's Ideas and Their Theoretical Development. *Archives of Budo*, 8(4), 225-233.
171. Schmidt, W. D., Piencikowski, C. L., & Vandervest, R. E. (2005). Effects of a competitive wrestling season on body composition, strength, and power in National Collegiate Athletic Association Division III college wrestlers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(3), 505-508.
172. Schneiderka, P., Jirsa, M., Kazda, A., Kocna, P., Mašek, Z., Nekulová, M. ... Zima, T. (2004). *Kapitoly z klinické biochemie*. Praha: Karolinum.
173. Sikorski, W. (1985). Aktualne problem treningu i walki sportwej w judo. Prace i Materiały. Tom V. Warszawa: Instytut Sportu, [in Polish].
174. Sikorski, W., Mickiewicz, G., Majle, B., & Laksa, C. (1987). Structure of the contest and work capacity of the judoists. In: Internatl Congress on Judo - *Contemporary Problems of Training and Judo Contest Proceedings*. European Judo Union, Spała-Poland, 58-65.
175. Silbernagl, S., & Despopoulos, A. (2004). *Atlas fyziologie člověka*. Praha: Grada Avicenum.
176. Silva, A. M., Fields, D. A., Heymsfield, S. B., & Sardinha, L. B. (2011). Relationship between changes in total-body water and fluid distribution with maximal forearm strength in elite judo athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(9), 2488-2495.
177. Sinning, W. E. (1996). Body composition in athletes. In: Roche, A. F.; Heymsfield, S. B.; Lohman, T. G. *Human body composition*. Champaign: Human Kinetic.
178. Smith, M. S., Dyson, R., Hale, T., Harrison, J. H., & McManus, P. (2000). The effects in humans of rapid loss of body mass on a boxing-related task. *European Journal of Applied Physiology*, 83(1), 34-39. doi: 10.1007/s004210000251
179. Srdínko, René. (1987). *Malá škola juda*. Praha: Olympia.
180. Stablová, A., Skorocká, I., & Bunc, V. (2003). *Bioimpeanční metody používané v Laboratoři sportovní motoriky*. Pohybové aktivity jako prostředek ovlivňování

člověka, dostupné z WWW: <http://www.ftvs.cuni.cz/eknihy/sborniky/2003-11-20/rtf/P1-010%20-%20Stab-skor1p-e.rtf>

181. Steen, S. N., Oppliger, R. A., & Brownell, K. D. (1988). Metabolic effects of repeated weight loss and regain in adolescent wrestlers. *Journal of American Medical Association*, 260(1), 47-50. doi:10.1001/jama.1988.03410010055034
182. Steen, S. N., & Brownell, K. D. (1990). Patterns of weight loss and regain in wrestlers: Has the tradition changed? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(6), 762-768.
183. Sterkowicz, S., Zuchowicz, A., & Kubica, R. (1999). Levels of anaerobic and aerobic capacity indices and results for the special fitness test in judo competitors. *Journal of Human Kinetics*, 2, 115-135.
184. Sterkowicz, S., Rukasz, W., Weiss, P., & Sertic, H. (2008). Wellness in Male and Female Versus Judo Training (a Pilot Study). *Archives of Budo*, 4, 50-55.
185. Sterkowicz, S., Lech, G., Jaworski, & Ambroży, T. (2011). Coordination motor abilities of judo contestants at different age. IASK 12-th International Scientific Conference of Sport Kinetics; 2011 September 22-24<sup>th</sup> University School of Physical Education in Krakow Poland, 199-200.
186. Suzuki, K., Sato, H., Kikuchi, T., Abe, T., Nakaji, S., Sugawara, K., Sato, K., & Yamaya, K. (1996). Capacity of circulating neutrophils to produce reactive oxygen species after exhaustive exercise. *Journal of Applied Physiology*, 81(3), 1213-1222.
187. Svendsen, O. L., Hassagr, C., & Christiansen, C. (1993). Effect of an energy-restrictive diet, with or without exercise, on lean tissue mass, resting metabolic rate, cardiovascular risk factors, and bone in overweight postmenopausal women. *American Journal of Medicine*, 95(2), 131-140.
188. Szyguła, Z. (2006). Nieprawidłowe praktyki żywieniowe i odwodnienie u sportowców. *Medicina Sportiva Practica*, 7(3), 35-40.
189. Štěpánek, J. et al. (1990). *Judo (metodický popis)*. Praha: Tělovýchovná škola.
190. Takeuchi, M. T., Nakajima, H., Tanaka, H., Wakayama, Y., Moriwaki, R., Okada, H., ... Tsuzawa, H. (1999). Case study on the fundamental physical fitness in competitive performance and university judo athletes in Japan. In: *Proceedings of the 1<sup>st</sup> IJF Conference, Birmingham*.

191. Thomas, S. G., Cox, M. H., LeGal, Y. M., Verde, T. J., & Smith, H. K. (1989). Physiological profiles of the Canadian National Judo Team. *Canadian Journal of Sport Science*, 14(3), 142-147.
192. Thomas, J. R., & Nelson, J. K. (1996). *Research methods in physical activity*. Champaign, IL: Human Kinetics.
193. Toda, M., Morimoto, K., Fukuda, S., Umeda, T., Nakaji, S., & Suguwara, K. (2001). The Effect of the Weight Reduction on the Salivary Cortisol Levels of Judo Players, *Environmental Health and Preventive Medicine*, 6(2), 113-116. doi:10.1007/BF02897956.
194. Totsuka, M., Naganuma, S., Suzuki, K., Nakaji, S., Sato, S., & Sugawara, S. (1996). Rapid adaptation of creatine kinase responses to repeated daily endurance exercise. *Journal of Physical Fitness, Nutrition and Immunology*, 6, 187-190.
195. Trivic, T., Drid, P., & Obadov, S. (2009). Aerobic capacity of male judokas in comparison with university students of the Faculty of Sport and Physical Education. *Archives of Budo*, 5, 143-146.
196. Umeda, T., Nakaji, S., Sugawara, K., Yamamoto, Y., Saito, K., Honjo, S., ... Totsuka, M. (1999). Gender difference in physical and psychological stress responses among college judoists undergoing weight reduction. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 4(3), 146-150. doi:10.1007/BF02932271
197. Umeda, T., Nakaji, S., Shimoyama, T., Yamamoto, Y., Totsuka, M., & Sugawara, K. (2004). Adverse effects of energy restriction on myogenic enzymes in judoists. *Journal of Sports Science*, 22(4), 329-338. doi:10.1080/0264041031000140446
198. Utter, A. C., Stone, M. H., O'Bryant, H., Suminski, R., & Ward, B. (1998). Sport-seasonal changes in body composition, strength and power of college wrestlers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12(4), 266-271.
199. Utter, A. C., Scott, J. R., Oppliger, R. A., Visich, P. S., Goss, F. L., Marks, B. L., ... Smith, B. W. (2001). A comparison of leg-to-leg bioelectrical impedance and skinfolds in assessing body fat in collegiate wrestlers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(2), 157-160.
200. van den Berg, J., & Nelly, G. (2006). Performance on a simple reaction time task while sleep-deprived. *Perceptual and Motor Skills*. 102(2), 589-596.



201. Vardar, S. A., Tezel, S., Öztürk, L., & Kaya, O. (2007). The relationship between body composition and anaerobic performance of elite young wrestlers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6(CSSI-2), 34-38.
202. Vignerová, J., & Bláha, P. (2001). Sledování růstu českých dětí a dospívajících (Norma, vyhublost a obezita). Praha: SZÚ.
203. Violan, M. A., Small, E. W., Zetaruk, M. N., & Micheli, L. J. (1997). The effect of karate training on flexibility, muscle strength, and balance in 8 to 13-year-old boys. *Pediatric Exercise Science*, 9(1), 55-64.
204. Walberg, J. L., Leidy, M. K., Sturgill, D. J., Hinkle, D. E., & Ritchey, S. J. & Sebolt, D. R. (1988). Macronutrient content of a hypoenergy diet affects nitrogen retention and muscle function in weight lifters. *International Journal of Sports Medicine*, 9(4), 261-266.
205. Wang, Z. M., Pierson, P. N., Heymsfield, S. B. (1992). The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *American Journal of Clinical Nutrition*, 56, 19-28.
206. Weissinger, E., Housh, T. J., Johnson, G. O., & Evans, S. A. (1991). Weight loss behavior in high school wrestling: Wrestler and parent perceptions. *Pediatric Exercise Science*, 3(1), 64-73.
207. Widerman, P. M., & Hagan, R. D. (1982). Body weight loss in a wrestler preparing for competition: a case report. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 14(6), 413-418.
208. Wilmore, J. H., & Costill, D. L. (2004). *Physiology of Sport and Exercise*. Champaign: Human Kinetics.
209. Wolska, B., Jagiełło, W., & Smulskij, W. (2010). Factor structure of physical efficiency in female judo competitors at various stages of long-standing training. *Archives of Budo*, 6(1), 25-31.
210. Wroble, R. R., & Moxley, D. P. (1998). Acute weight gain and its relationship to success in high school wrestlers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(6), 949-951.
211. Yaegaki, M., Umeda, T., Takahashi, I., Matsuzaka, M., Sugawara, N., Shimaya, S., ... Nakaji, S. (2007). Change in the capability of reactive oxygen species production by neutrophils following weight reduction in female judoists. *British Journal of Sports Medicine*, 41(5), 322-327. doi:10.1136/bjism.2006.032029

212. Yoshioka, Y., Umeda, T., Nakaji, S., Kojima, A., Tanabe, M., Mochida, N., & Sugawara, K. (2006). Gender differences in the psychological response to weight reduction in judoists. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 16(2), 187-198.
213. Young, B., Lowe, J. S., Stevens, A., Health, J. W. (2006). *Wheater's functional histology: A text and colour atlas*. Fifth edition. Elsevier Limited. 437 p.
214. Zelenka, V., Seliger, V., Pauer, M., & Bartůněk, Z. (1979). Fyzická zdatnost populace ČSSR ve věku 18-45 roků, hodnoty izometrické svalové síly. *Teorie a praxe tělesné výchovy*, 27(1), 44-49.

## SEZNAM TABULEK, GRAFŮ, OBRÁZKŮ

- Tabulka 1. Možné příčiny zvýšené nebo snížené koncentrace imunoglobulinů IgG, IgA a IgM
- Tabulka 2. Základní charakteristika výzkumného souboru anketního dotazování
- Tabulka 3. Základní charakteristika laboratorně testovaného souboru
- Tabulka 4. Zjištěné informace ohledně redukčního procesu
- Tabulka 5. Nejčastěji se vyskytující problémy při redukce tělesné hmotnosti
- Tabulka 6. Změny v základních parametrech tělesného složení vlivem redukce tělesné hmotnosti
- Tabulka 7. Změny v dalších parametrech tělesného složení vlivem redukce tělesné hmotnosti
- Tabulka 8. Změny v zastoupení svalstva v jednotlivých tělních segmentech vlivem redukce tělesné hmotnosti
- Tabulka 9. Změny v tloušťce kožních řas vlivem redukce tělesné hmotnosti
- Tabulka 10. Změny v obvodových parametrech vlivem redukce tělesné hmotnosti
- Tabulka 11. Změny v izometrické svalové síle jednotlivých svalových skupin vlivem redukce tělesné hmotnosti
- Tabulka 12. Změny v posturální stabilitě vlivem redukce tělesné hmotnosti
- Tabulka 13. Změny v reakční době u horní i dolní končetiny na zrakový i sluchový podnět vlivem redukce tělesné hmotnosti
- Tabulka 14. Změny v krevním obrazu vlivem redukce tělesné hmotnosti
- Tabulka 15. Změny v biochemických parametrech vlivem redukce tělesné hmotnosti

Graf 1. Nejčastěji uváděné zdroje informací ohledně redukčního procesu (v %)

Graf 2. Nejčastější způsoby předsoutěžní redukce tělesné hmotnosti (v %)

Obrázek 1. Průměrný somatotyp českých elitních judistů (Coufalová, 2009)

Obrázek 2. Rozdíl v průchodu elektrického proudu o nízké a vysoké frekvenci biologickými tkáněmi

Obrázek 3. Hematokrit – objem formovaných krevních elementů vyjádřený  
v procentech celkového množství krve

Obrázek 4. Tetrapolární konfigurace elektrod u InBody 720 ([www.biospace.cz](http://www.biospace.cz))

Obrázek 5. Lokalizace měřených kožních řas podle Pařízkové (1998)

Obrázek 6. Zařízení na měření reakční doby dolní končetiny na vizuální podnět

Obrázek 7. Tlaková deska FootScan

Obrázek 8. Ruční dynamometr pro měření síly stisku ruky

Obrázek 9. Dynamometr Biomedicínské laboratoře UK FTVS

# SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1. Souhlas etické komise

Příloha 2. Informovaný souhlas probanda

Příloha 3. Rozdělení závodníků v judu podle věku a tělesné hmotnosti

Příloha 4. Anketa ohledně redukce tělesné hmotnosti

Příloha 5. Bioimpedanční přístroj InBody 720

Příloha 6. Ukázka výsledkového protokolu analýzy tělesného složení

Příloha 7. Ukázka výsledkového protokolu měření reakční doby

Příloha 8. Populační normy pro svalovou sílu [kp] u mužů (Zelenka et al., 1979)



UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU  
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6-Vešelavín  
tel.: 220 171 111  
<http://www.ftvs.cuni.cz/>

## Žádost o vyjádření etické komise UK FTVS

k projektu výzkumné, doktorské, diplomové (bakalářské) práce, zahrnující lidské účastníky

**Název:** Tělesný profil judistů a jeho změny vlivem redukce tělesné hmotnosti

**Forma projektu:** doktorská práce

**Autor** (hlavní řešitel): Mgr. Klára Coufalová  
spoluřešitelé: /

**Školitel** (v případě studentské práce): Doc. MUDr. Jan Heller, CSc.

**Popis projektu** (max. 10 řádek)  
Projekt je zaměřen na zjištění vlivu před soutěžní redukce tělesné hmotnosti na antropometrické parametry, tělesné složení, maximální izometrickou svalovou sílu, reakční dobu, posturální stabilitu a biochemické parametry v krvi u elitních judistů.  
**Zajištění bezpečnosti pro posouzení odborníky:**  
Z invazivních metod bude prováděn pouze odběr kapky krve z bříška prstu a dále odběr dvou vzorků venózní krve k biochemickým rozborům. Odběry provede vyškolený zdravotník.  
**Etické aspekty výzkumu**  
Výsledky budou zpracovány a vyhodnoceny anonymně. V prezentaci výsledků a jejich dokumentaci nebudou uveřejněny osobní informace. O tomto procesu měření a způsobu prezentace výsledků byl každý proband informován před započítím výzkumu.  
**Informovaný souhlas** (příložen)

V Praze dne 11.1. 2014

Podpis autora:

## Vyjádření etické komise UK FTVS

**Složení komise:** Doc. MUDr. Staša Bartůňková, CSc.  
Prof. Ing. Václav Bunc, CSc.  
Prof. PhDr. Pavel Slepíčka, DrSc.  
Doc. MUDr. Jan Heller, CSc.

Projekt práce byl schválen Etickou komisí UK FTVS pod jednacím číslem: ..... 022/2014

dne: ..... 17.1.2014

Etická komise UK FTVS zhodnotila předložený projekt a **neshledala žádné rozpory** s platnými zásadami, předpisy a mezinárodními směrnici pro provádění biomedicínského výzkumu, zahrnujícího lidské účastníky.

**Řešitel projektu splnil podmínky nutné k získání souhlasu etické komise.**

razítko školy  
UNIVERZITA KARLOVA v Praze  
Fakulta tělesné výchovy a sportu  
Josef Martího 31, 162 52, Praha 6

1

podpis předsedy EK

## Příloha 2. Informovaný souhlas probanda



UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE  
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU  
Josef Martího 31, 162 52 Praha 6 -Velešlavín  
tel.: 220 171 111  
<http://www.ftvs.cuni.cz/>

### INFORMOVANÝ SOUHLAS PROBANDA

V rámci disertační práce budou měřeny antropometrické parametry, tělesné složení, maximální izometrická svalová síla, reakční doba, posturální stabilita a budou odebrány vzorky kapilární i venózní krve ke zjištění biochemických parametrů. Cílem práce je zjistit změny v uvedených parametrech vlivem předsoutěžní redukce tělesné hmotnosti. V první řadě budou změřeny obvodové rozměry hlavních tělesných segmentů (pas, boky, stehno, lýtko, paže), dále budeme měřit tloušťku kožních řas kaliperem a tělesné složení bioimpedančním přístrojem InBody 720. Dále bude testována posturální stability na tlakové desce FootScan a měřena reakční doba horní i dolní končetiny na zrakový a sluchový podnět. Následně budeme testovat svalovou sílu horních i dolních končetin a trupu. Nakonec bude provedena jediná invazivní metoda a to odběr vzorků kapilární a venózní krve. Veškerá tyto měření budou prováděna dvakrát, tedy ve dvou dnech a to jednak před redukcí tělesné hmotnosti a poté poslední den této redukce vždy v dopoledních hodinách. Doba trvání celého měření nepřesáhne 3 hodiny. Měření bude prováděno v laboratorních podmínkách Biomedicínské laboratoře UK FTVS a Laboratoře sportovní motoriky UK FTVS za účasti školeného personálu, čímž se minimalizují možná rizika. V projektu bude spolupracováno s Ústřední vojenskou nemocnicí v Praze, kde budou analyzovány vzorky venózní krve.

Odměna za účast na celém měření je 400 Kč.

Výsledky budou zpracovány a vyhodnoceny anonymně. V prezentaci výsledků a jejich dokumentaci nebudou uveřejněny osobní informace. O tomto procesu měření a způsobu prezentace výsledků bude každý proband informován před započítím výzkumu.

Já, níže podepsaný (-ná):

.....

Souhlasím, že jsem byl/a v rozhovoru s řešitelem výzkumu dostatečně a srozumitelně seznámen/a s účelem a cílem výzkumu.

Výzkum bude prováděn za účelem výzkumné práce v rámci postgraduálního studia studentem doktorandského studia oboru kinantropologie, UK FTVS v Praze.

Byl/a jsem informován/a o tom, jakou formou bude výzkum probíhat.

Byl/a jsem informován/a o způsobu dokumentace a prezentace výsledků této studie, byl/a jsem informován/a o tom, že veškeré mnou poskytnuté osobní údaje budou dokumentovány bez uvedení mého jména a příjmení.

Bylo mi umožněno si vše rozvážit a zeptat se na vše, co považuji za podstatné.

Příloha 3. Rozdělení závodníků v judu podle věku a tělesné hmotnosti

Název kategorie	Věk	Hmotnost do ... [kg]	Délka zápasu [min]
Přípravka	5 až 8 let	10% limitu nižší váhy	2:00
Mláďata	9 až 10 let	10% limitu nižší váhy	2:00
Mladší žáci	11 až 12 let	27, 30, 34, 38, 42, 46, 50, 55, 60, +60	3:00
Mladší žákyně	11 až 12 let	28, 32, 36, 40, 44, 48, 52, 57, +57	3:00
Starší žáci	13 až 14 let	38, 42, 46, 50, 55, 60, 66, 73, +73	3:00
Starší žákyně	13 až 14 let	36, 40, 44, 48, 52, 57, 63, +63	3:00
Dorostenci	15 až 16 let	46, 50, 55, 60, 66, 73, 81, 90, +90	4:00
Dorostenky	15 až 16 let	44, 48, 52, 57, 63, 70, +70	4:00
Junioři	17 až 19 let	60, 66, 73, 81, 90, 100, +100	4:00
Juniorky	17 až 19 let	48, 52, 57, 63, 70, 78, +78	4:00
Senioři	20 let a starší	60, 66, 73, 81, 90, 100, +100	5:00
Seniorky	20 let a starší	48, 52, 57, 63, 70, 78, +78	4:00
Masters - muži	od 30 let	60, 66, 73, 81, 90, 100, +100	3:00 a méně
Masters - ženy	od 30 let	48, 52, 57, 63, 70, 78, +78	3:00 a méně

Rozdělení kategorií masters podle věku

Název kategorie	Věk	Hmotnost do ... [kg]	Délka zápasu [min]
Muži M1	30 až 34 let	60, 66, 73, 81, 90, 100, +100	3:00
Ženy F1	30 až 34 let	48, 52, 57, 63, 70, 78, +78	3:00
Muži M2	35 až 39 let	60, 66, 73, 81, 90, 100, +100	3:00
Ženy F2	35 až 39 let	48, 52, 57, 63, 70, 78, +78	3:00
Muži M3	40 až 44 let	60, 66, 73, 81, 90, 100, +100	3:00
Ženy F3	40 až 44 let	48, 52, 57, 63, 70, 78, +78	3:00
Muži M4	45 až 49 let	60, 66, 73, 81, 90, 100, +100	3:00
Ženy F4	45 až 49 let	48, 52, 57, 63, 70, 78, +78	2:00
Muži M5	50 až 54 let	60, 66, 73, 81, 90, 100, +100	3:00
Ženy F5	50 až 54 let	48, 52, 57, 63, 70, 78, +78	2:00
Muži M6	55 až 59 let	60, 66, 73, 81, 90, 100, +100	2:00
Ženy F6	55 až 59 let	48, 52, 57, 63, 70, 78, +78	2:00
Muži M7	60 až 64 let	60, 66, 73, 81, 90, 100, +100	2:00
Ženy F7	60 až 64 let	48, 52, 57, 63, 70, 78, +78	2:00
Muži M8	65 až 69 let	60, 66, 73, 81, 90, 100, +100	2:00
Ženy F8	65 až 69 let	48, 52, 57, 63, 70, 78, +78	2:00
Muži M9	70 až 74 let	60, 66, 73, 81, 90, 100, +100	2:00
Ženy F9	70 až 74 let	48, 52, 57, 63, 70, 78, +78	2:00
Muži M10	nad 75 let	60, 66, 73, 81, 90, 100, +100	2:00
Ženy F10	nad 75 let	48, 52, 57, 63, 70, 78, +78	2:00



## **ANKETA K REDUKCI HMOTNOSTI**

*Prosím o vyplnění následující ankety. Veškerá data budou zpracována a publikována anonymně. Na konci je prostor pro Vaše připomínky, doplňující údaje, ozkoušené způsoby redukce, tipy a nápady.*

### **A**

- I. Pohlaví? .....
- II. Kolik ti je let? .....
- III. Ve kterém městě momentálně žiješ? .....
- IV. Jakému z bojových sportů se věnuješ? .....
- V. Kolik let se tomuto sportu věnuješ? .....
- VI. Jakého jsi dosáhl technického stupně (kyu/dan)? .....
- VII. Jaká je tvoje závodní hmotnostní kategorie? .....
- VIII. Jaká je tvoje současná normální hmotnost? .....
- IX. Kolikrát týdně v současnosti trénuješ (vč. kondiční a jiné přípravy)? .....
- X. Kolikrát týdně (dlouhodoběji) jsi trénoval při svém nejvyšším nasazení? .....
- V jakém věkovém období to bylo? .....
- XI. Kolik závodů v tomto sportu absolvuješ za rok? .....
- XII. Vypiš své největší sportovní úspěchy .....
- .....

### **B**

1. Kolikrát za rok redukuješ svojí hmotnost před soutěží? .....
2. O kolik kilogramů běžně před závody redukuješ svojí hmotnost? .....
3. Jaká byla tvoje maximální redukce hmotnosti? .....
4. Jak dlouho trvá tvoje běžná redukce hmotnosti před soutěží? .....
5. O kolik kilogramů nejvíce bys byl ochotný redukovat svoji hmotnost (např. před velmi důležitou soutěží)? .....
6. Ovlivní u tebe důležitost soutěže použitou taktiku redukce hmotnosti (např. délku redukce, stravování při redukci, trénování při redukci, použití výživových doplňků, volba nebo zařazení jiné metody redukce, atd.)?

ANO NE

*Pokud ANO jak* .....

.....

7. Udržuješ si soutěžní hmotnost, pokud máš několik turnajů za sebou?

ANO NE

8. Sleduješ svoji tělesnou hmotnost průběžně?

ANO NE

9. Užíváš nějaké výživové doplňky mimo redukční období?

ANO NE

*Pokud ANO prosím uveď jaké* .....

.....

10. Užíváš nějaké výživové doplňky v redukční období? (zaškrtněte)

ANO NE

*Pokud ANO prosím uveď jaké* .....

.....

11. Uveď, s jakými největšími problémy se při redukci potýkáš.

.....

.....

12. Uveď, jaké jsou tvoje subjektivní pocity při redukci (psychické stavy, nálady,...).

.....

.....

13. Podle čeho se řídíš při redukci hmotnosti (zaškrtni, možno více odpovědí):

- informace z literatury

- informace z médií
- rady od trenérů
- rady od výživových specialistů
- rady od lékařů
- rady a zkušenosti starších kolegů-sportovců
- vlastní metoda – uveď

.....  
 .....

14. Jakou metodu při své redukci hmotnosti používáš? (zaškrtni, možno více odpovědí):

- omezení příjmu potravy
- změna ve složení stravy
- užívání preparátů pomáhající snižovat hmotnost
- užívání výživových doplňků
- omezení pitného režimu
- oblékání více vrstev na trénink
- saunování
- zvýšení pohybové aktivity
- snížení pohybové aktivity
- vlastní metoda – uveď

.....  
 .....

Poznámky (vlastní zkušenosti s redukcí hmotnosti, vlastní postup, tipy a triky, komentáře):

.....  
 .....  
 .....  
 .....

Děkuji za vyplnění dotazníku!

Mgr. Klára Coufalová  
 Biomedicínská laboratoř FTVS UK  
[coufalova@ftvs.cuni.cz](mailto:coufalova@ftvs.cuni.cz)  
 +420 775 653 686

Příloha 5. Bioimpedanční přístroj InBody 720



Příloha 6. Ukázka výsledkového protokolu analýzy tělesného složení

# InBody 720 Analýza složení těla

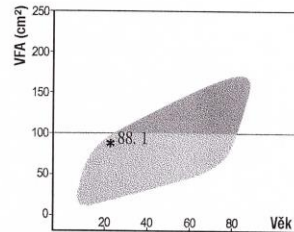
I.D.	VĚK	VÝŠKA	POHLAVÍ	DATUM/ČAS
X	21	188cm	Male	03.02.2012 12:36:20(174)

## Analýza složení těla

	Hodnoty	Celková tělesná voda	Hmotnost netukové tkáně	Odhad netukové tkáně	Váha	Normální rozsah
ICW (ℓ) <i>Mezik buněčná voda</i>	34.9	55.3	71.2	75.3	82.9	27.1 ~ 33.1
ECW (ℓ) <i>Mimo buněčná voda</i>	20.4					16.6 ~ 20.4
Bílkovina (kg)	15.1	11.7 ~ 14.3				
Minerál (kg)	5.01	4.04 ~ 4.94				
Hmotnost tělesného tuku	7.5	9.3 ~ 18.7				

Minerály jsou určeny odhadem.

## Oblast vnitřního tuku



## Analýza tuku ve svalech

	Pod	Normální	Nad	JEDNOTKA: %	Normální rozsah
Váha (kg)	55-100	82.9	130-205		66.1 ~ 89.5
SMM (kg) <i>Hmotnost kosterního svalstva</i>	70-110	43.5	130-170		33.6 ~ 41.0
Hmotnost tělesného tuku (kg)	40-100	7.5	160-520		9.3 ~ 18.7

## Diagnóza obezity

	Pod	Normální	Nad	Normální rozsah
BMI (kg/m²) <i>Index tělesné hmotnosti</i>	10-25	23.4	30-55	18.5 ~ 25.0
PBF (%) <i>Procento tělesného tuku</i>	0-20	9.1	25-50	10.0 ~ 20.0
WHR <i>Poměr pasu k bokům</i>	0.70-0.90	0.88	1.00-1.20	0.80 ~ 0.90

## Rovnováha štíhlosti

	Pod	Normální	Nad	JEDNOTKA: %	Segmentový otok	Otok
Pravá paže (kg)	55-115	4.64	130-160	123.4	ECF/TBF: 0.331, ECW/TBW: 0.378	ECF/TBF: 0.41, ECW/TBW: 0.46
Levá paže (kg)	55-115	4.47	130-160	118.7	0.329, 0.376	0.38, 0.43
Trup (kg)	70-110	33.4	120-140	111.3	0.322, 0.368	0.35, 0.40
Pravá noha (kg)	70-120	11.8	130-140	113.2	0.323, 0.370	0.31, 0.36
Levá noha (kg)	70-120	11.6	130-140	111.3	0.320, 0.367	0.28, 0.30

Segmentový otok jsou určeny odhadem.

## Nutriční vyhodnocení

Bílkoviny	<input checked="" type="checkbox"/> Normální	<input type="checkbox"/> Nedostažující
Minerály	<input checked="" type="checkbox"/> Normální	<input type="checkbox"/> Nedostažující
Tuk	<input type="checkbox"/> Normální	<input checked="" type="checkbox"/> Nedostažující

## Měření váhy

Váha	<input checked="" type="checkbox"/> Normální	<input type="checkbox"/> Pod	<input type="checkbox"/> Nad
SMM	<input type="checkbox"/> Normální	<input checked="" type="checkbox"/> Silný	<input type="checkbox"/> Pod
Tuk	<input type="checkbox"/> Normální	<input checked="" type="checkbox"/> Pod	<input type="checkbox"/> Nad

## Diagnóza obezity

BM (kg/m²)	<input checked="" type="checkbox"/> Normální	<input type="checkbox"/> Pod	<input type="checkbox"/> Nad
		<input type="checkbox"/> Extrémně nad	
PBF (%)	<input checked="" type="checkbox"/> Normální	<input type="checkbox"/> Nad	<input type="checkbox"/> Extrémně nad
WHR	<input checked="" type="checkbox"/> Normální	<input type="checkbox"/> Nad	<input type="checkbox"/> Extrémně nad

## Rovnováha těla

Horní	<input checked="" type="checkbox"/> Vyvážená	<input type="checkbox"/> Lehce nevyvážená	<input type="checkbox"/> Extrémně nevyvážená
Dolní	<input checked="" type="checkbox"/> Vyvážená	<input type="checkbox"/> Lehce nevyvážená	<input type="checkbox"/> Extrémně nevyvážená
Horní - Dolní	<input checked="" type="checkbox"/> Vyvážená	<input type="checkbox"/> Lehce nevyvážená	<input type="checkbox"/> Extrémně nevyvážená

## Rovnováha těla

Horní	<input type="checkbox"/> Normální	<input checked="" type="checkbox"/> Vynutitá	<input type="checkbox"/> Slabý
Dolní	<input type="checkbox"/> Normální	<input checked="" type="checkbox"/> Vynutitá	<input type="checkbox"/> Slabý
Sval	<input type="checkbox"/> Normální	<input checked="" type="checkbox"/> Svalový	<input type="checkbox"/> Slabý

## Diagnóza zdraví

Tělesná voda	<input checked="" type="checkbox"/> Normální	<input type="checkbox"/> Pod
Otok	<input checked="" type="checkbox"/> Normální	<input type="checkbox"/> Lehký otok
Model života	<input checked="" type="checkbox"/> Normální	<input type="checkbox"/> Stav pohotovosti
		<input type="checkbox"/> Růžička

## Přehled výsledků složení těla

DATUM/ČAS	Váha	SMM	Tuk	Skóre ECW/TBW
03/02/12 12:36	82.9	43.5	7.5	89

## Dodatečné údaje

Obesity Degree=100%	90 ~ 110
BCM = 49.9 kg	38.8 ~ 47.5
BMC = 4.10 kg	3.33 ~ 4.07
BMR = 1997kcal	1739 ~ 2043
A C = 32.3cm	
AMC = 30.3cm	

## Kontrola váhy

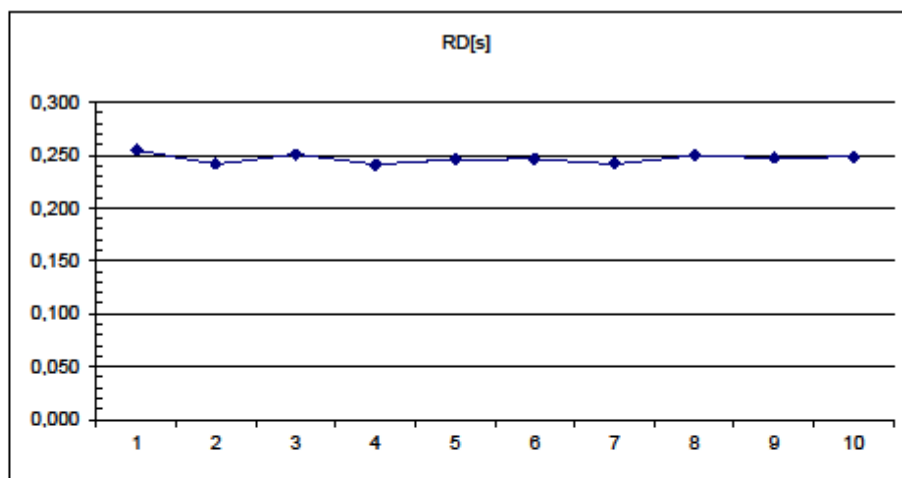
Cílová váha	82.9 kg
Kontrola váhy	0.0 kg
Kontrola tuku	0.0 kg
Kontrola svalů	0.0 kg
Skóre tělesné zdatnosti	89 Body

## Impedance

Z	RA	LA	TR	RL	LL
1kHz:	284.8	299.3	26.3	266.9	283.0
5kHz:	277.8	292.3	25.3	262.3	276.5
50kHz:	241.7	254.1	20.4	223.5	231.9
250kHz:	216.1	227.1	16.8	198.9	205.3
500kHz:	208.6	218.9	15.7	192.8	199.0
1MHz:	202.8	212.6	15.0	187.8	193.8
X	14.4	15.4	2.1	14.8	17.3
50kHz:	25.3	26.8	3.5	25.2	28.6
250kHz:	19.1	20.6	2.3	19.7	16.8

Příloha 7. Ukázka výsledkového protokolu měření reakční doby

Reakční doba		sluch		PVE	
Jméno	X	Pořadí	Čekání	RD[s]	Kont[s]
Příjmení	Y	2	2,880	0,255	0,112
		3	3,509	0,242	0,120
Datum narození	dd.mm.rrrr	5	4,772	0,251	0,138
Věk [r]	24,96	6	3,733	0,241	0,128
Poznámka	DK	7	2,329	0,246	0,120
Sport		9	4,392	0,246	0,138
Tým		13	2,081	0,242	0,152
Datum testu	31.10.11	16	4,765	0,250	0,128
Čas testu	9:32	17	4,543	0,247	0,128
		18	0,974	0,249	0,138
Počet pokusů	20	<b>Průměr</b>	<b>3,396</b>	<b>0,247</b>	<b>0,130</b>
Vyřadit min/max	1	<b>S.D.</b>	<b>1,235</b>	<b>0,004</b>	<b>0,011</b>
Min. čekání [s]	0,5				
Max. čekání [s]	5,0				
Počet neplat. pokusů	0				



Příloha 8. Populační normy pro svalovou sílu [kp] u mužů (Zelenka et al., 1979)

Age [years]	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	35	45
Handgrip R	41.2	41.9	42.6	43.3	43.9	44.5	45.1	45.7	46.2	46.7	47.2	47.7	48.1	48.5	48.9	49.2	50.6	51.4
Handgrip L	38.5	39.1	39.6	40.1	40.6	41.1	41.6	42.0	42.4	42.8	43.2	43.6	44.0	44.3	44.7	45.0	46.3	47.7
Arm flexion R	19.8	21.9	23.9	25.7	27.5	29.1	30.6	32.0	33.2	34.4	35.4	36.3	37.1	37.8	38.3	38.7	39.1	30.8
Arm flexion L	23.1	24.1	25.0	25.9	26.7	27.4	28.1	28.8	29.3	29.9	30.3	30.7	31.1	31.4	31.6	31.8	31.8	27.7
Arm extension R	16.7	17.6	18.5	19.4	20.1	20.9	21.5	22.1	22.7	23.1	23.6	23.9	24.2	24.5	24.6	24.8	24.5	19.4
Arm extension L	17.2	18.1	18.9	19.7	20.4	21.0	21.6	22.2	22.7	23.1	23.5	23.8	24.0	24.2	24.4	24.4	24.0	18.8
Trunk extension	61.4	65.2	68.8	72.2	75.4	78.3	81.1	83.5	85.8	87.8	89.6	91.2	92.5	93.6	94.5	95.2	95.1	77.8
Trunk flexion	57.2	61.3	65.2	68.8	72.2	75.3	78.2	80.9	83.3	85.4	87.3	89.0	90.4	91.5	92.4	93.1	92.7	73.4
Knee flexion R	36.0	36.7	37.3	37.9	38.4	38.9	39.3	39.6	39.9	40.2	40.4	40.6	40.7	40.7	40.8	40.7	39.7	33.9
Knee flexion L	34.9	35.6	36.2	36.8	37.3	37.8	38.2	38.6	38.9	39.2	39.4	39.6	39.7	39.8	39.8	39.8	38.9	33.3
Knee extension R	45.2	47.2	49.1	50.9	52.5	54.1	55.5	56.7	57.9	58.9	59.8	60.5	61.2	61.7	62.1	62.3	61.6	50.7
Knee extension L	44.2	46.2	48.0	49.7	51.3	52.7	54.1	55.3	56.4	57.3	58.1	58.8	59.4	59.9	60.2	60.4	59.5	48.4
Sum of 12 strengths	435.4	454.9	473.1	490.4	506.3	521.1	534.8	547.4	558.7	568.7	577.8	585.7	592.4	597.9	602.3	605.4	603.6	513.3
Sum of 12 stren./kg	7.64	7.43	7.32	7.29	7.28	7.32	7.38	7.45	7.50	7.57	7.62	7.68	7.72	7.76	7.78	7.80	7.70	6.49