

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury

DIPLOMOVÁ PRÁCA  
(magisterská)

Univerzita Palackého v Olomouci  
Fakulta tělesné kultury

VPLYV SUPLEMENTÁCIE KREATÍNOM NA ZMENU  
MAXIMÁLNEJ SILY A SOMATICKÝCH PARAMETROV  
Diplomová práca  
(magisterská)

Autor: Bc. Marek Zrubec, Rekreologie  
Vedúci práce: doc. PhDr. Michal Botek, Ph.D.

Olomouc 2019

Meno a priezvisko autora: Bc. Marek Zrubec

Názov diplomovej práce: Vplyv suplementácie kreatínom na zmenu maximálnej sily a somatických parametrov

Pracovisko: Katedra rekreologie

Vedúci diplomovej práce: doc. PhDr. Michal Botek, Ph.D.

Rok obhajoby diplomovej práce: 2019

Abstrakt: Diplomová práca skúmala vplyv suplementácie kreatínom v kombinácií so silovo-hypertroficky zameraným tréningovým programom pomocou randomizovaného, jednoducho zaslepeného, placeboom kontrolovaného výskumu na počte subjektov ( $n = 10$ ). Skupina suplementujúca kreatínom zaznamenala signifikantne významný nárast silových schopností v teste maximálnej sily vrchnej časti trupu v porovnaní so skupinou suplementujúcou placebo. V teste maximálnej sily dolných končatín a hodnotách skúmaných somatických parametrov kreatínová skupina nedosiahla štatisticky významné výsledky v porovnaní s placebo skupinou.

Kľúčové slová: silové schopnosti, tlak na lavičke, hlboký drep, obvodové parametre, telesná hmotnosť, percento telesného tuku, telesné zloženie, doplnok výživy

Súhlasím so zapožičiavaním záverečnej písomnej práce v rámci knižničných služieb.

Author's first name and surname: Bc. Marek Zrubec

Title of the thesis: *Effects of creatine supplementation on changes of maximal strength and somatic parameters*

Department: Department of Recreation and Leisure Studies

Supervisor: doc. PhDr. Michal Botek, Ph.D.

The year of presentation: 2019

Abstract: Master thesis examined the effects of creatine supplementation in combination with strength-hypertrophy specialized training program through randomized, single-blinded, placebo controlled trial on number of subjects (n = 10). The creatine supplementing group demonstrated a significant increase in strength in the maximal upper-body strength test compared to the placebo supplementing group. In the maximal lower-body strength test and examined values of the somatic parameters, the creatine group did not achieve statistically significant results compared to placebo group.

Keywords: physical strength, bench press, deep squat, circumference measurements, body weight, body fat percentage, body composition, dietary supplement

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prehlasujem, že som záverečnú písomnú prácu spracoval samostatne s odbornou pomocou doc. PhDr. Michala Botka, Ph.D. a uviedol som všetky použité literárne a odborné zdroje a riadil sa zásadami vedeckej etiky.

V Olomouci dňa 20. apríla 2019

.....

Moje veľké poďakovanie patrí doc. PhDr. Michalovi Botkovi, Ph.D. za pomoc a cenné rady, ktoré mi poskytol pri spracovaní záverečnej práce. Moje poďakovanie patrí taktiež RNDr. Jakubovi Krejčímu, Ph.D. za pomoc pri štatistickom spracovaní získaných dát.

# OBSAH

1 ÚVOD .....	8
2 TEORETICKÝ ROZBOR KREATÍNU .....	9
2.1 Charakteristika kreatínu.....	9
2.2 Suplementácia kreatínom .....	10
2.3 Kreatín a jeho dávkovanie .....	12
2.4 Kreatín a jeho načasovanie .....	14
2.5 Kreatín a jeho vplyv na silové schopnosti .....	15
2.6 Kreatín a jeho vplyv na telesné zloženie .....	17
2.7 Kreatín a jeho vplyv na zadržiavanie vody .....	19
2.8 Kreatín a jeho vedľajšie účinky .....	20
2.9 Kreatín a renálna funkcia.....	21
2.10 Zhrnutie .....	23
3 TEORETICKÝ ROZBOR SILOVÉHO TRÉNINGU.....	25
3.1 Sila a silové schopnosti športovca .....	25
3.2 Rozdelenie silových schopností.....	25
3.3 Rozvoj silových schopností .....	27
3.4 Metódy rozvoja maximálnej sily .....	28
4 CIELE A VÝSKUMNÉ OTÁZKY .....	31
4.1 Hlavný cieľ práce.....	31
4.2 Vedľajšie ciele práce .....	31
4.3 Výskumné otázky .....	31
5 METODIKA PRÁCE.....	33
5.1 Charakteristika výskumnej situácie .....	33
5.2 Charakteristika výskumného súboru .....	33
5.3 Organizácia a priebeh výskumu .....	34
5.4 Metódy získavania výskumných údajov.....	35
5.5 Experimentálny podnet.....	37
5.5.1 Suplementácia kreatínom.....	37
5.5.2 Tréningový program.....	39
5.6 Charakteristika použitých cvičení .....	44
5.7 Metódy spracovania a vyhodnotenia získaných výsledkov.....	48

6	VÝSLEDKY PRÁCE .....	49
6.1	Východiskové hodnoty subjektov .....	49
6.2	Hodnotenie zmien maximálnej sily a somatických parametrov .....	50
	u placebo skupiny .....	
6.2.1	Hodnotenie zmien placebo skupiny v priebehu výskumu.....	50
6.2.2	Hodnotenie zmien placebo skupiny na konci výskumu .....	51
6.3	Hodnotenie zmien maximálnej sily a somatických parametrov .....	52
	u kreatínovej skupiny.....	
6.3.1	Hodnotenie zmien kreatínovej skupiny v priebehu výskumu .....	52
6.3.2	Hodnotenie zmien kreatínovej skupiny na konci výskumu.....	53
6.4	Hodnotenie zmien pocíťovanej bolesti medzi skupinami .....	54
6.4.1	Hodnotenie zmien pocíťovanej bolesti po tréningovej jednotke.....	54
6.4.2	Hodnotenie zmien pocíťovanej bolesti ráno na druhý deň po tréningovej .....	56
	jednotke .....	
6.5	Zmeny hodnôt somatických parametrov .....	57
6.5.1	Telesná hmotnosť.....	58
6.5.2	Percento telesného tuku.....	59
6.5.3	Obvod trupu .....	59
6.5.4	Obvod pása.....	60
6.5.5	Obvod stehna.....	61
6.5.6	Obvod paže.....	62
6.6	Zmeny hodnôt maximálnej sily .....	62
6.6.1	Tlak v ľahu na vodorovnej lavici s obojručnou činkou.....	63
6.6.2	Hlboký drep s obojručnou činkou za hlavou.....	64
6.7	Výskumné otázky .....	64
7	DISKUSIA .....	67
8	ZÁVERY .....	72
9	SÚHRN .....	74
10	SUMMARY .....	75
11	REFERENČNÝ ZOZNAM .....	76
12	TABUĽKY .....	88
13	PRÍLOHY .....	90



# 1 ÚVOD

Maximálna sila je fascinujúcou pohybovou schopnosťou. Výsledok ľubovoľného merania absolútnej sily je úplne objektívny, a preto je to nespochybniteľný ukazovateľ toho, kto je silnejší a kto slabší. V genetickom kóde človeka je zabudovaná túžba po súperení, a práve fakt, kto je silnejší a kto je slabší, bol v pozornosti ľudstva už od praveku. Po tom, ako sa v 20. storočí dostala túžba po peknom, silnom a zdatnom tele do popredia, ocitáme sa v dobe, kedy je tréningových metód či doplnkov výživy k dispozícii toľko, že aj pre človeka, ktorý sa v danom odvetví pohybuje, je často problém zorientovať sa. Navyše, keďže predajcami promované účinky doplnkov výživy majú ďaleko od skutočnosti, je ťažké správne si vybrať. Keďže niektoré meta-analýzy doplnkov výživy naznačili, že jediným preukázateľne užitočným doplnkom výživy na trhu je kreatín, rozhodli sme sa v našej práci spojiť dva záujmy, a to kreatín a silu.

## 2 TEORETICKÝ ROZBOR KREATÍNU

### 2.1 Charakteristika kreatínu

Kreatín (kyselina  $\alpha$ -methylguanido-octová) je organická zlúčenina, endogénne syntetizovaná pečeňou, obličkami a podžalúdkovou žľazou z troch aminokyselín: arginínu, glycínu a metionínu. S prvými krokmi syntézy z arginínu a glycínu v obličkách a následne ďalšími krokmi zahrňajúcimi metionín v pečeni (Wyss & Kaddurah-Daouk, 2000). Čo sa týka histórie, kreatín objavil v roku 1832 francúzsky chemik Michel-Eugène Chevreul (Balsom, Soderlund & Ekblom, 1994).

Kreatín zohráva dôležitú úlohu pri poskytovaní rýchlej energie a je tiež známy vďaka svojmu využitiu na podporu duševného výkonu v mozgu. Uskladňuje sa poväčšine v kostrovom svalstve ako kreatínfosfát, fosfát s vysokou energiou, ktorý sa podieľa na rapidnej resyntéze adenosíntrifosfátu počas svalovej kontrakcie. Svalové a kostné tkanivá vyžadujú vysokú hladinu energie na iniciovanie rýchlych pohybov a obzvlášť benefitujú zo suplementácie kreatínom (Gualano, Artioli, Poortman & Lancha, 2010).

Balsom et al. (1994) charakterizujú kreatín ako prirodzený dusíkatý amín, ktorý je u ľudí produkovaný pečeňou. Ďalej uvádzajú, že kreatín sa uchováva v ľudskom tele v dvoch formách, a to ako voľný kreatín alebo kreatínfosfát (kreatín pripojený k fosfátovému iónu).

Kreatín uložený v kostrovom svalstve sa spája s fosfátom a formuje kreatínfosfát (CP). CP systém pufruje hladiny ATP, čím zvyšuje kapacitu vysoko-intenzívnej záťaže (Wyss & Kaddurah-Daouk, 2000). CP systém produkuje krátkodobú energiu a je kompletne vyčerpaný v prvých 10 sekundách akútnej práce (Bogdanis, Nevill, Boobis & Lakomy, 1996; Greenhaff, Bodin, Sonderlund & Hultman, 1994; Jagim et al., 2012).

Balsom et al. (1994) rovnako uvádzajú že, kostrové svalstvo udržiava takmer 95% celkových zásob kreatínu, a tým zabezpečuje dostatok ATP na približne 10 sekúnd vysoko-intenzívnej práce. Približne polovica obsahu kreatínu v pracujúcich svaloch môže byť obnovená v rámci jednej minúty zotavenia, avšak úplne doplnenie kreatínfosfátových zásob môže trvať až šesť minút (Flanagan, 2007; Greenhaff et al., 1994).

Kreatín môžeme nájsť v mnohých zdrojoch potravy, ako napríklad treska, tuniak, losos, hovädzie mäso, bravčové mäso alebo sled', v stopovom množstve aj v krevetách, brusniciach a mlieku (Grande & Graves, 2005). Kreatín je endogénne produkovaný

v množstve približne 1 gram/deň a pri konzumácii pestrej stravy sa môže prijať ešte 1 gram/deň navyše (Persky & Brazeau, 2001).

Celkové zásoby kreatínu u priemerného jedinca vážiaceho 70 kilogramov tvoria približne 120 gramov, avšak za istých okolností je možné tieto zásoby zvýšiť až na 160 gramov (Greenhaff, 1997; Hultman, Bergstrom, Spreit & Soderlund, 1990). Brosnan J. T., da Silva a Brosnan M. E. (2011) rovnako aj ako Bembien a Lamont (2005) uvádzajú podobné, a to, že priemerný muž má zásoby kreatínu v tele v intervale 120 až 140 gramov. Rozpätie sa môže meniť na základe typu svalových vlákien (Persky & Brazeau, 2001) a celkového množstva svalovej hmoty (Brosnan et al., 2011). Vegetariáni majú z pravidla nižšie zásoby kreatínu (Burke et al., 2008).

Telo rozloží približne 1 – 2 % týchto zásob (1 – 2 gramy) za jeden deň na kreatinín a tento proces sa deje v kostrovom svalstve (Brunzel, 2003). Kreatinín je následne vylúčený z tela vo forme moču (Brunzel, 2003; Burke, Smith-Palmer, Holt, Head & Chilibeck, 2001). Cooper, Naclerio, Allgrove a Jimenez (2012) uvádzajú, že množstvo endogénne vyprodukovaného kreatínu a prijatého zo stravy, sa zvyčajne rovná produkcii kreatinínu z degradácie kreatínfosfátu a kreatínu, čo hovorí o rovnováhe príjmu a výdaja.

Ako výživový doplnok sa kreatín najčastejšie vyskytuje vo forme kreatínu monohydrátu ( $C_4H_9N_3O_2 \cdot H_2O$ ), ktorý vzniká pridaním molekuly vody do molekuly kreatínu z dôvodu slabej chemickej stability kreatínu v jeho čistej forme. Ako už bolo spomenuté, kreatín monohydrát sa podieľa na syntéze kreatínfosfátu, dôležitej zlúčeniny, ktorá je zapojená do resyntézy adenosíntrifosfátu (ATP) v systéme anaeróbnej alactickej energie (Persky & Brazeau, 2001). Kreider et al. (2017) uvádzajú, že práve kreatín monohydrát je najobľúbenejším výživovým doplnkom používaným atlétmi.

## **2.2 Suplementácia kreatínom**

Suplementácia kreatínovým doplnkom výživy zvyšuje hladiny voľného kreatínu a kreatínfosfátu vo svaloch, a tým potencionálne umožňuje zlepšenie resyntézy ATP, ako aj zvýšenie možného objemu vykonanej práce (Harris, Soderlund & Hultman, 1992; Hultman, Soderlund, Timmons, Cederblad & Greenhaff, 1996; Willoughby & Rosene, 2001).

Cooper et al. (2012) uvádzajú, že suplementácia kreatínom zvyšuje výkon v mnohých fitness a športových aktivitách explozívneho charakteru. Ďalej uvádzajú, že

vd'aka veľkej dostupnosti a obľúbenosti kreatínových doplnkov výživy je využitie kreatínu veľmi široko zastúpené medzi rôznymi vekovými kategóriami, výkonnostnými úrovňami a druhmi športov.

Podľa Greenhaffa et al. (1994), suplementácia kreatínom pomáha zvýšiť frekvenciu resyntézy svalového kreatínu. Autori uvádzajú, že po piatich dňoch suplementácie kreatínu je telo schopné resyntezovať svalový kreatín vo zvýšenej frekvencii. Ako náhle je svalový kreatín vyčerpaný cvičením, CP systém nie je schopný vhodne produkovať energiu, pokiaľ nie je svalový kreatín resyntezovaný. Suplementácia kreatínom teda zohráva kľúčovú úlohu pri podpore frekvencie a množstva resyntézy kreatínu počas vykonávania fyzickej aktivity (Greenhaff et al., 1994).

Zásoby kreatínu v kostrovom svalstve sa dokážu vd'aka suplementácií kreatínom zvýšiť až o 20% (Greenhaff, 1997). Podobné tvrdí aj Kreider (2007), ktorý uvádza, že jedinci, ktorí majú menšie zásoby kreatínu, napríklad vegetariáni, alebo jednoducho jedinci, ktoríedia málo mäsa a rýb, môžu zaznamenať 20 až 40 percentný nárast v zásobách kreatínu pri jeho suplementácii, zatiaľ čo tí, ktorí majú stravu relatívne bohatú na mäso a ryby môžu svoje zásoby zvýšiť len o 10 až 20%.

Na trhu existuje množstvo foriem kreatínových suplementov, medzi ktoré patrí napríklad: kreatín + HMB, kreatín + hydrogenuhličitan sodný, kreatín magnézium-cholát, kreatín + glutamín, kreatín + glycerol, kreatín + beta-alanín, kreatín ethyl ester a mnohé ďalšie. Viacero štúdií ukázalo, že tieto formy kreatínu nemajú žiadny dodatočný pozitívny efekt oproti tradičnému kreatínu monohydrátu, pokiaľ ide o nárast sily, výkonnosti či zmeny telesného zloženia (Falk, Heelan, Thyfault & Koch, 2003; Greenwood, Kreider, Earnest, Rassmussen & Almada, 2003; Hoffman et al., 2006; Kreider, Melton et al., 2003; Lehmkuhl et al., 2003; Mero, Keskinen, Malvela & Sallinen, 2004; Peeters, Lantz & Mayhew, 1999; Selsby, DiSilvestro & Devor, 2004; Stout et al., 2006).

Buford, Kreider, Stout & Greenwood (2007) uvádzajú, že obrovské množstvo štúdií, ktoré zaznamenalo pozitívne výsledky zo suplementácie kreatínom monohydrátom, nás vedie ku konštatovaniu, že práve kreatín monohydrát je v súčasnosti najefektívnejším doplnkom výživy na budovanie čistej svalovej hmoty a na zlepšenie výkonu v činnostiach s charakterom vysokej intenzity záťaže. Týmito vplyvmi sa širšie zaoberáme v nasledujúcich kapitolách. Zdá sa však, že suplementácia kreatínom neprináša spomínané benefity u subjektov pod 18 rokov (Buford et al., 2007).

Pokiaľ ide o obdobie po ukončení suplementácie, zdá sa, že pokles zásob kreatínu na východiskovú úroveň nastáva približne 4 až 6 týždňov po ukončení suplementácie (Candow et al., 2004; Vandenberghe et al., 1997). Hultman et al. (1996) podobne uvádzajú, že zvýšené zásoby kreatínu vo svaloch sa pomaly začínajú vracat' na východiskové hodnoty po 5 až 8 týždňoch od ukončenia suplementácie.

Prerušenie suplementácie má síce za následok potlačenie endogénnej produkcie kreatínu, avšak hodnoty produkcie sa vrátia do normálu krátko po tom, ako sa suplementácia zastaví (Persky & Brazeau, 2001; Terjung et al., 2000). Neexistuje evidencia o tom, že zásoby kreatínu klesnú pod východiskovú úroveň po ukončení suplementácie. Tento fakt naznačuje, že aj keď sa endogénna produkcia kreatínu môže počas suplementácie znížiť, z dlhodobého hľadiska k potlačeniu produkcie vlastného kreatínu nedochádza (Kim H. J., Kim C. K., Carpentier & Poortmans, 2011; Kreider, 2003).

### **2.3 Kreatín a jeho dávkovanie**

Dávkovanie kreatínu je široko diskutovanou témou. Veľkosť dávky závisí predovšetkým od danej fázy suplementácie, či už ide o nasycovacu alebo udržiavacu fázu (Aedma, Timpmann, Lätt & Ööpik, 2015; Herda et al., 2009; Jagim et al., 2012).

Počas nasycovacej fázy jedinci prijímajú veľké množstvo kreatínu denne za účelom rýchleho zvýšenia zásob kreatínofosfátu a vyvolania rapídnych zmien vo výkonnosti (Aedma et al., 2015; Greenhaff et al., 1994; Wiroth et al., 2001).

Ako dobre zabehnutý protokol nasycovacej fázy opisuje Greenhaff (1997) suplementáciu kreatínom v dávke 20 g/deň, rozdelenú na 4 – 5 menších dávok v priebehu dňa. Robinson (2000) a Syrotuik et al. (2000) taktiež uvádzajú ako štandardnú dávku 20 g/deň počas nasycovacej fázy, rozdelenú na niekoľko dávok denne. Ďalej uvádzajú, že štandardná dávka počas udržiavacej fázy sa pohybuje v rozmedzí od 3 g/deň po 5 g/deň.

Najčastejšie popisovaným protokolom suplementácie kreatínu v odbornej literatúre je protokol charakteristický suplementáciou kreatínom v dávke 5 g/deň, 4 krát denne po dobu 5 až 7 dní s následným príjmom kreatínu v dávke 3 – 5 g/deň po zvyšok trvania suplementácie (Kreider, Leutholtz & Greenwood, 2004; Williams, Kreider & Branch, 1999). Štúdie ukazujú 10 až 40 percentné navýšenie zásob svalového kreatínu a kreatínofosfátu pri tomto protokole (Greenhaff, 2001; Kreider, Leutholtz et al., 2004).

Bolo však naznačené, že by bolo vhodnejšie individualizovať dávkovanie na základe telesnej hmotnosti, z dôvodu, že kreatín je uložený v kostrovom svalstve (Rawson, Stec, Frederickson & Miles, 2011). Tento prispôsobený protokol hovorí o dávke 0,03g kreatínu monohydrátu na kilogram telesnej hmotnosti, užívanej 4 až 5 krát denne po dobu 5 až 7 dní (Rawson et al., 2011).

Pokiaľ ide o nutnosť použitia nasycovacej fázy niektoré štúdie ukazujú, že použitie štandardnej dávky na udržiavaciu fázu počas dlhšieho obdobia má podobné výsledky v porovnaní so štandardným použitím nasycovacej fázy (Herda et al., 2009; Peeters et al., 1999).

Toto potvrdzuje aj štúdia, v ktorej Hultman et al. (1996) konkrétne porovnávali zvýšenie zásob svalového kreatínu medzi skupinou, ktorá použila nasycovaciu fázu a skupinou, ktorá suplementovala kreatínom len v dávkach štandardných pre udržiavaciu fázu počas celej štúdie. Skupina, ktorá suplementovala kreatín monohydrát v dávkach 20 g/deň počas nasycovacej fázy s následnou udržiavaciu fázou, pozostávajúcou zo suplementácie v dávke 2 g/deň, zaznamenala zvýšenie zásob svalového kreatínu o 20% po 30 dňoch v porovnaní so skupinou, ktorá suplementovala kreatín monohydrát v dávke len 3 g/deň počas celej štúdie. Rozdiel bol však v rýchlosti dosiahnutia maximálnej kapacity zásob kreatínu, a to 6 dní v skupine s nasycovacou fázou v porovnaní s 28 dňami v skupine s konštantným príjmom 3 g/deň počas celej štúdie.

Primárnym významom zvýšenia dávky kreatínu (nasycovacej fázy) je teda zrýchlené zvýšenie zásob svalového kreatínu (Greenhaff et al., 1994; Hultman et al., 1996).

V odbornej literatúre sa ďalej uvádza, že pri suplementácií kreatínom by mala dávka prekročiť množstvo 2 g/deň na iniciovanie všetkých benefitov spojených so suplementáciou kreatínu. Toto tvrdenie podporuje štúdia (Rawson et al., 2011), skúmajúca vplyv nízkej dávky kreatínu (približne 2,3 g/deň) po dobu 6 týždňov, ktorá nezaznamenala signifikantné rozdiely medzi skupinami (experimentálna a placebo) v parametroch telesnej hmotnosti, percenta tuku, celkového množstva vody a ani maximálnej sily pred a po skončení výskumu. Táto štúdia teda naznačuje, že dávka 2 g/deň, nie je dostačujúca na iniciovanie všetkých benefitov spojených so suplementáciou kreatínu (Rawson et al., 2011).

## 2.4 Kreatín a jeho načasovanie

Téma načasovania užívania kreatínu neprináša až také jednoznačné závery ako spôsob jeho dávkovania. Antonio a Ciccone (2013) skúmali vplyv načasovania užitia kreatínu na telesné zloženie a maximálnu silu. Pri porovnaní užitia 5 gramov kreatínu monohydrátu tesne pred tréningom a 5 gramov kreatínu monohydrátu bezprostredne po tréningu došli k záveru, že konzumácia kreatínového doplnku výživy po tréningovej jednotke má lepší vplyv na telesné zloženie a silu ako konzumácia pred tréningom.

V ich štúdií sa subjektom v oboch skupinách zvýšila telesná hmotnosť, zvýšil sa objem čistej svalovej hmoty, znížilo sa percento telesného tuku a došlo aj k nárastu maximálnej sily pri teste v tlaku na lavičke. Avšak skupina suplementujúca kreatín monohydrát bezprostredne po tréningu zaznamenala signifikantne lepšie výsledky v parametroch prírastkov čistej svalovej hmoty a nárastu maximálnej sily. Rozdiely medzi skupinami v parametroch percenta telesného tuku a telesnej hmotnosti nedosiahli signifikantnú hodnotu.

Na druhej strane, Candow et al. (2014) a ich štúdiá, ktorej cieľom bolo tiež zistiť vplyv načasovania užitia kreatínu (v dávke 0,1 g/kg telesnej hmotnosti) bezprostredne pred tréningom v porovnaní s užitím po tréningu u jedincov vykonávajúcich odporový tréning po dobu 12 týždňov, však nezaznamenala signifikantné rozdiely medzi týmito skupinami.

Aj napriek tomu, že tieto dve spomínané štúdie priniesli opačné výsledky, Forbes, Waltz a Candow (2014) uvádzajú, že vážnym nedostatkom obidvoch je, že ich výskum nezahŕňal placebo skupinu na porovnanie výsledkov.

Ďalej, Cribb a Hayes (2006) a ich štúdiá, ktorá skúmala vplyv užitia kreatínu pred tréningom a po tréningu v dávke 0,05g /kg telesnej hmotnosti v porovnaní s užitím kreatínu v rovnakej dávke ráno a večer, ukázala, že suplementácia kreatínom pred a po tréningu viedla k signifikantne lepším výsledkom v parametroch nárastu čistej svalovej hmoty a zväčšenia zásob svalového kreatínu. Zdá sa, že tento efekt mohol byť spôsobený lepším prekrvením svalstva počas tréningu, a tým zlepšenej distribúcie kreatínu do pracujúcich svalov (Cribb & Hayes, 2006).

Forbes et al. (2014) konštatujú, že aj napriek tomu, že počet štúdií zameraných na vplyv načasovania užívania kreatínu je limitovaný, zdá sa, že suplementácia pred a po odporovom tréningu zohráva významnú úlohu pri zmene telesného zloženia a svalovej

sily s mierne lepšími výsledkami v prospech suplementácie kreatínom po tréningu v porovnaní so suplementáciou pred tréningom.

## 2.5 Kreatín a jeho vplyv na silové schopnosti

Najčastejším výkonovým aspektom asociovaným so suplementáciou kreatínom je práve maximálna sila (Bemben et al., 2010; Burke et al., 2003; Herda et al., 2009; Vandenberghe et al., 1997). Maximálna sila sa zisťuje testom jednorázového maxima (one-repetition maximum, ďalej ako 1RM) alebo inými testovacími technikami zahrňujúcimi testovanie maxima v rozsahu troch až piatich opakovaní. Tieto testovania sa stávajú perfektnými kandidátmi na zlepšenie popri suplementácií kreatínom (Antonio & Ciccone, 2013; Herda et al., 2009).

Zhrnutie štúdií skúmajúcich vplyv suplementácie kreatínu v kombinácii s odporovým tréningom na maximálnu silu hornej časti tela v teste tlaku na lavičke prinieslo nasledovné výsledky v testoch 1RM až 3RM (n = počet subjektov v štúdií; wmd = rozdiel v hodnotách medzi experimentálnou a placebo skupinou, v prospech experimentálnej skupiny): Kelly a Jenkins (n = 18, wmd +6,4 kg); Noonan, Berg, Latin, Wagner a Reimers (n = 26, wmd +7,2 kg); Pearson, Hamby, Russel a Harris (n = 16, wmd +6,7 kg); Peeters et al. (n = 25, wmd +10,3 kg); Stone et al. (n = 20, wmd +7,4 kg); Vandenberghe et al. (n = 19, wmd +6 kg); Volek et al. (n = 19, wmd +7,6 kg).

Absolútny nárast v maximálnej sile v teste tlaku na lavičke teda činil v priemere o 6,85 kilogramov viac u experimentálnej skupiny ako u placebo skupiny pri celkovom počte 143 subjektov (Kelly & Jenkins, 1998; Noonan et al., 1999; Pearson et al., 1999; Peeters et al., 1999; Stone et al., 1999; Vandenberghe et al., 1997; Volek et al., 1999).

Dempsey, Mazzone a Meurer (2002) vo svojej meta-analýze ďalej uvádzajú, že v týchto štúdiách nebol zaznamenaný signifikantne významný dodatočný nárast v silovom výkone po 9. až 12. týždni suplementácie oproti 4. až 8. týždňu.

Zhrnutie štúdií skúmajúcich vplyv suplementácie kreatínu v kombinácii s odporovým tréningom na maximálnu silu dolných končatín v teste hlbokého drepu prinieslo nasledovné výsledky v teste 1RM: Pearson et al. (n = 16, wmd +17 kg); Stone et al. (n = 20, wmd +4,9 kg); Vandenberghe et al. (n = 19, wmd = +12 kg); Volek et al. (n = 19, wmd = +8,5 kg).



Absolútny nárast v maximálnej sile v teste hlbokého drepu teda predstavoval o 9,76 kilogramov viac u experimentálnej skupiny ako u placebo skupiny pri celkovom počte 74 subjektov (Pearson et al., 1999; Stone et al., 1999; Vandenberghe et al., 1997; Volek et al., 1999).

Dempsey et al. (2002) ďalej v meta-analýze uvádzajú, že v týchto štúdiách nebol zaznamenaný signifikantne významný dodatočný nárast v silovom výkone po 5. až 6. týždni suplementácie oproti 10. až 12. týždňu.

Souza-Junior et al. (2011) uvádzajú vo svojej štúdii, v ktorej subjekty vykonávali odporový tréning spolu so štandardným protokolom suplementácie kreatínom, že došlo k signifikantným zlepšeniam v 1RM v teste tlaku na lavičke ako aj v teste hlbokého drepu a taktiež aj k výraznému zvýšeniu celkového tréningového objemu (veľkosť odporu x počet opakovaní).

Volek et al. (1999) rovnako zaznamenali signifikantný nárast v silovom výkone po ukončení 12 týždňovej suplementácie kreatínom v kombinácii s ťažkým odporovým tréningom. Suplementácia pozostávala z dávky 25 g/deň počas nasycovacej fázy a z dávky 5 g/deň počas udržiavacej fázy.

Herda et al. (2009) pozorovali 8% nárast maximálnej sily v testoch jednorazového maxima sily dolných končatín po 30-dňovej kreatínovej intervencii. Aj ďalší autori konštatujú vo svojich výskumoch, že suplementácia kreatínom vedie k nárastu maximálnej sily v hornej ale aj spodnej časti tela (Bemben et al., 2010; Tarnopolsky et al., 2007).

Meta-analýza (Rawson & Volek, 2003) porovnávajúca 22 štúdií, z ktorých 17 zaznamenalo a 5 nezaznamenalo signifikantne vyšší nárast silových schopností v experimentálnej skupine užívajúcej kreatínový doplnok v kombinácii s odporovým tréningom oproti placebo skupine vykonávajúcej len odporový tréning, zistila, že priemerné navýšenie výkonu pri testovaní sily jednorazovým maximom bolo 8 %, s až 14% navýšením v testoch silovej vytrvalosti u experimentálnych skupín v porovnaní s placebo skupinami.

Vyššie uvedené štúdie mali zväčša dlhodobý charakter. Pokiaľ ide o krátkodobé štúdie, výsledky nie sú celkom jednoznačné. Izquierdo, Ibanez, Gonzalez-Badillo & Gorostiaga (2002) a ich krátkodobá štúdia skúmajúca vplyv suplementácie kreatínu monohydrátu v dávke 20 g/deň počas 5 dní, zaznamenala 11 % nárast v maximálnej sile v teste jednorazového maxima polovičného drepu, avšak táto krátkodobá suplementácia nemala vplyv na maximálnu silu v testoch tlaku na lavičke.

Ďalšia krátkodobá štúdia skúmajúca účinok nasycovacej fázy suplementácie kreatínom, v ktorej subjekty užívali kreatín monohydrát v dávke 20 g/deň po dobu 7 dní, nezaznamenala signifikantne významnú zmenu v testoch maximálnej sily v tlaku na lavičke medzi placebo skupinou a skupinou suplementujúcou kreatínom po ukončení 7-dňovej nasycovacej fázy (Zuniga et al., 2012). Tieto štúdie naznačujú, že vplyv krátkodobej suplementácie kreatínom nemá až také presvedčivé výsledky v porovnaní s dlhodobou suplementáciou.

Čo sa týka opäť dlhodobej suplementácie, tá podľa Kreidera (2003) vedie k celkovému zlepšeniu kvality tréningu, vedúcemu k zvýšeniu sily a výkonu v intervale od 5 do 15 percent. Autor konkrétne uvádza, že suplementácia zvyšuje maximálnu silu (5-15%), prácu vykonanú počas série maximálneho úsilia svalovej kontrakcie (5-15%), výkon v jednorazovom šprinte (1-5%) a prácu vykonanú počas opakovaných šprintov (5-15%).

Konštatovaním vplyvu kreatínu na rozvoj silových schopností podľa Kreidera (2003) je fakt, že z 300 štúdií vyhodnocujúcich vplyv kreatínu v kombinácii s odporovým tréningom, až 70% týchto štúdií zaznamenalo signifikantný nárast v silových schopnostiach.

## **2.6 Kreatín a jeho vplyv na telesné zloženie**

Štúdie ukazujú, že suplementácia kreatínom v kombinácii s ťažkým odporovým tréningom vedie k zlepšeniu fyzického výkonu, nárastu svalovej hmoty a zlepšeniu svalovej morfológie (Dempsey et al., 2002; Kreider, 2003; van Loon et al., 2003; Volek et al., 1999; Volek & Rawson, 2004).

Jagim et al. (2012) vysvetľujú potencionálny pozitívny efekt vplyvu kreatínu na svalovú hypertrofiu tým, že zvýšené množstvo svalového kreatínu umožňuje nárast v kapacite vykonanej práce, čo jednotlivcom dáva väčší priestor na naberanie čistej svalovej hmoty.

V dlhodobých štúdiách, subjekty, ktoré suplementovali kreatínom vo forme kreatínu monohydrátu, nadobudli dvakrát viac čistej svalovej hmoty a telesnej hmotnosti (1 – 2 kilogramy svalovej hmoty počas 4 až 12 týždňového tréningového programu) ako subjekty, ktoré užívali placebo (Jones, Atter & Georg, 1999; Kirksey, Stone, Warren & Johnson, 1999; Noonan et al., 1998; Stone et al., 1999).

Štúdiá sledujúca vplyv suplementácie kreatínom na 23 mužoch po dobu 6 týždňov taktiež prišla k výsledkom signifikantného zvýšenia množstva čistej svalovej hmoty u experimentálnej skupiny oproti placebo skupine (Becque, Lochmann & Melrose, 2000). K rovnakým výsledkom prišli aj Peeters et al. (1999) pri ich rovnako 6 týždňovom výskume.

Burke et al. (2008) sledovali efekt 8 týždňového ťažkého odporového tréningového protokolu v kombinácii so suplementáciou kreatínom s protokolom pozostávajúcim zo 7-dňovej nasycovacej fázy (0,25 g kreatínu / deň / kilogram čistej svalovej hmoty) nasledovanej 49-dňovou udržiavaciou fázou (0,06 g kreatínu / deň / kilogram čistej svalovej hmoty) v skupine vegetariánov a nevegetariánov. Výsledky jeho štúdie ukázali signifikantný nárast svalovej hmoty u oboch kreatínových skupín v porovnaní s placebo skupinou (2,2 kg vs. 0,6 kg). Navyše skupina vegetariánov zaznamenala vyšší nárast v množstve čistej svalovej hmoty oproti nevegetariánom (2,4 kg vs 1,9 kg).

Zdá sa teda, že nárast svalovej hmoty je výsledkom zlepšenej schopnosti výkonu práce vysokej intenzity prostredníctvom zvýšenia dostupnosti kreatínfosfátu a zlepšenej ATP syntézy. Tento fakt umožňuje jedincom trénovať tvrdšie, čo vedie k väčšej svalovej hypertrofii (Kreider, Almada, Antonio & Broeder, 2004; Willoughby & Rosene, 2001; Willoughby & Rosene, 2003).

Kreider (2007) ďalej uvádza, že viaceré štúdie indikujú, že správna suplementácia kreatínom zvyšuje telesnú hmotnosť o 1 až 2 kilogramy v prvom týždni suplementácie. Príkladom takejto štúdie je Izquierdo et al. (2002), ktorí zaznamenali signifikantne vyšší nárast v telesnej hmotnosti experimentálnej skupiny suplementujúcej kreatínom (v dávke 20 g/deň) oproti placebo skupine aj napriek tomu, že táto krátkodobá štúdia trvala len 5 dní.

Zdá sa však, že prvotný nárast telesnej hmotnosti pozorovaný pri suplementácii kreatínom je spôsobený zadržiavaním vody a taktiež znížením produkcie moču v prvotnej fáze suplementácie (Becque et al., 2000; Francaux & Poortmans, 1999; Hultman et al., 1996; Ziegenfuss et al., 2002).

Meta-analýza (Branch, 2003) ukazuje, že zo 67 štúdií, ktoré boli zamerané na vplyv suplementácie kreatínu na telesné zloženie, 43 štúdií uviedlo nárast v parametroch telesnej hmotnosti a čistej svalovej hmoty a zvyšných 24 nezaznamenalo žiadne zmeny v týchto parametroch. Branch (2003) však ďalej uvádza, že je dôležité poznamenať, že veľké množstvo týchto štúdií skúmalo kreatín v kombinácii s odporovým tréningom,

o ktorom je známe, že priamo pôsobí na telesné zloženie a teda nárast v spomínaných parametroch bol zaznamenaný aj u placebo skupín.

Tento fakt podporujú aj výsledky niektorých štúdií, ktoré prinášajú rozporuplné výsledky, čo sa týka zmeny telesného zloženia medzi kreatínovými a placebo skupinami, keď obe vykonávali odporový tréning. Príkladom takejto štúdie je Kresta et al. (2014), ktorých 4 týždňová štúdia zameraná na suplementáciu kreatínu u fyzicky aktívnych žien ukázala, že suplementácia mala vplyv na množstvo čistej svalovej hmoty v priebehu času, avšak nebol zaznamenaný žiadny signifikantne významný rozdiel medzi experimentálnou a kontrolnou skupinou v tomto parametre.

Ďalšou podobnou štúdiou je výskum Hoffmana et al. (2006), v ktorej skúmali zmeny telesného zloženia pomocou Dexa skenu na vysokoškolských hráčoch amerického futbalu počas 10 týždňovej suplementácie kreatínom. Výsledky nepreukázali rozdiel medzi experimentálnou skupinou suplementujúcou kreatínom, experimentálnou skupinou suplementujúcou kreatínom v kombinácii s beta-alanínom a ani kontrolnou skupinou v parametroch čistej svalovej hmoty a percenta telesného tuku.

Cooper et al. (2012) však aj napriek niekoľkým nejednoznačným výsledkom štúdií, konštatujú, že suplementácia kreatínom v kombinácii s odporovým tréningom zlepšuje nielen maximálnu silu, silovú vytrvalosť ale aj svalovú hypertrofiu.

## **2.7 Kreatín a jeho vplyv na zadržiavanie vody**

Suplementácia kreatínom je často spájaná s takzvaným „zavodnením“. Tento názor nie je v odbornej literatúre úplne jednoznačne potvrdený ani vyvrátený. Zdá sa však, že zväčšenie zásob svalového kreatínu je zvyčajne spojené aj s nárastom intracelulárnej tekutiny vďaka osmotickému charakteru kreatínu (Hultman et al., 1996; Volek et al., 1997).

Brilla, Rankin a Sebolt (2003) uvádzajú, že zvýšenie intercelulárnej tekutiny je typicky asociované s absorpciou kreatínu v dôsledku osmotickej povahy kreatínu. Pri vstrebávaní kreatínu je totižto voda taktiež absorbovaná do bunky, a tým navýši obsah intracelulárnej tekutiny (Brilla et al., 2003).

Štúdia vykonaná na hráčoch amerického futbalu, ktorí vykonávali odporový tréning doplnený o suplementáciu kreatínom po dobu 9 týždňov zaznamenala významné navýšenie množstva intracelulárnej tekutiny počas nasycovacej fázy ako aj počas

udržiavacej fázy suplementácie (Bemben M. G., Bemben D. A., Loftiss & Knehans, 2001).

Na druhej strane, 9 týždňová štúdia sledujúca suplementáciu kreatínom nezaznamenala významné zmeny v množstve intracelulárnej a extracelulárnej tekutiny u vysokoškolských mužov (Francaux et al., 1999).

Suplementácia kreatínom teda môže alebo nemusí mať vplyv na obsah vody v tele. Zmeny sa zdajú byť veľmi nevýrazné pri porovnaní experimentálnych a kontrolných skupín (Bemben et al., 2001). Tento efekt môže súvisieť s faktom, že niektorí jedinci nereagujú na suplementáciu kreatínom, a preto nie sú schopní prijať prebytočný kreatín (Greenhaff, 1997; Rawson et al., 2011).

Vo všeobecnosti, ak však dôjde k významným zmenám vďaka suplementácii kreatínom, zmeny v množstve intracelulárnej tekutiny sú sprevádzané aj nárastom čistej svalovej hmoty (Bemben et al., 2001; Becque et al., 2000; Francaux et al., 1999).

## **2.8 Kreatín a jeho vedľajšie účinky**

S nárastom využitia kreatínových doplnkov výživy sa zároveň objavili aj obavy z možných škodlivých účinkov (Allen, 2012; Jäger, Purpura, Shao, Inoue & Kreider, 2011; McGuine, Sullivan & Bernhardt, 2001; Robinson, 2000).

V súvislosti so suplementáciou kreatínom bolo spomenuté množstvo negatívnych vedľajších účinkov, ako napríklad: svalové kŕče, poruchy pečene, svalové poranenia, poruchy obličiek a gastrointestinálne ťažkosti (Grande et al., 2005; Kim et al., 2011).

Zdá sa však, že svalové kŕče môžu byť spôsobené skôr intenzitou cvičenia ako suplementáciou kreatínom a udržiavanie správnej hydratácie organizmu môže redukovať toto riziko (Kim et al., 2011). Naopak, Dalbo, Roberts, Stout a Kerksick (2008) uvádzajú, že suplementácia kreatínom má pozitívny vplyv v rámci prevencie svalových kŕčov a dehydratácie.

Pokiaľ ide o poškodenie pečene a tkanív, toto bolo pozorované len u myší, čo naznačuje, že získané výsledky môžu byť špecifické len pre daný druh a nemusia sa prenášať na ľudí (Kim et al., 2011).

Okrem toho je pravdepodobnejšie, že zvýšené hodnoty kreatínkinázy, ktoré sú asociované so svalovými poraneniami, sú spôsobené ťažkým tréningom, a nie suplementáciou kreatínom (Kim et al., 2011).

Kim et al. (2011) dodávajú, že neexistuje dostatočné množstvo dôkazov, ktoré by podporovalo hypotézu vzniku gastrointestinálnych ťažkostí či poškodení obličiek spôsobených užívaním kreatínu.

Štúdia (Robinson, 2000) skúmajúca akútne i chronické následky suplementácie kreatínom a možné potencionálne vedľajšie účinky porovnávala požitie buď nasycovacej fázy pozostávajúcej z dávky kreatínu 20 g/deň po dobu 5 dní alebo požitie dávky 3 g/deň po dobu 9 týždňov. Všetky merania funkcií pečene, obličiek či úrovne poškodenia svalových vlákien, boli v norme pre zdravých jedincov u oboch skupín. Koncentrácia kreatínu vo vzorkách krvi bola výrazne zvýšená, ale vrátila sa na východiskovú úroveň po 6 týždňoch od ukončenia suplementácie (Robinson, 2000).

Ďalšia štúdia skúmajúca potencionálne negatívne vedľajšie účinky kreatínu dospela k podobným záverom. Jedinci, ktorí užívali kreatín monohydrát v dávke 20 g/deň po dobu 7 dní, mali výrazne zvýšené množstvo vylučovaného kreatínu z moču súčasne s 20% nárastom zásob svalového kreatínu. Avšak nebola pozorovaná žiadna elevácia v hodnotách pečeneových či obličkových funkcií, čo naznačuje, že suplementácia kreatínom nezvyšuje riziko vzniku pečeneového, obličkového alebo svalového poškodenia u zdravých jedincov (Jäger et al., 2011).

A teda, aj napriek tomu, že jedinci suplementujúci kreatínom môžu zaznamenať dehydratáciu, svalové kŕče, poškodenie pečene či obličiek, zranenia svalovo-kostrového systému či gastrointestinálne ťažkosti, odborná literatúra naznačuje, že títo jedinci nemajú zvýšené riziko, ale dokonca môžu mať nižšie riziko podobných symptómov ako tí, ktorí kreatínom nesuplementujú (Brenner, Rankin & Sebolt, 2000; Greenwood M., Kreider R. B., Greenwood L. & Byars, 2003a, 2003b; Greenwood, Kreider, Melton et al., 2003; Kreider, Willoughby et al., 2003).

Jediným signifikantne významným vedľajším účinkom suplementácie kreatínom sa teda javí nárast telesnej hmotnosti (Williams et al., 1999; Kreider, Leutholtz et al., 2004; Kreider et al., 2003).

## **2.9 Kreatín a renálna funkcia**

Najčastejším dodnes spomínaným potencionálnym vedľajším účinkom kreatínu je poškodenie obličiek. Buford et al. (2007) uvádzajú, že strach z tohto doplnku výživy bol generovaný médiami na základe dát prevzatých zo samostatných štúdií (n = 1).

Poortmans a Francaux (2000) uvádzajú, že tvrdenia o škodlivom účinku kreatínových doplnkov výživy na obličky sa objavili v roku 1998. Po týchto tvrdeniach bola publikovaná štúdia, že suplementácia kreatínom poškodila obličkové funkcie u 25 ročného muža, aj napriek tomu, že tento jedinec v minulosti trpel dvoma rôznymi ochoreniami obličiek (Pritchard & Kalra, 1998). O tri dni neskôr francúzske športové noviny L'Equipe vydali článok s názvom „La creatine dangereuse?“ (Nebezpečný kreatín) obsahujúci tvrdenie, že suplementácia kreatínom je u všetkých ľudí škodlivá na obličky. Následne niekoľko európskych novín prevzalo túto správu a uverejnilo ju. Od tohto momentu ďalšie samostatné štúdie (n = 1) publikovali, že kreatín monohydrát ako doplnok výživy pôsobí škodlivo na obličkové funkcie (Koshy, Giswold & Scheenberger, 1999; Thorsteinsdottir, Grande & Garovic, 2006).

Yoshizumi & Tsourounis (2004) sa však vyjadrili, že v týchto samostatných štúdiách neboli dodržané odporúčané dávky a vyskytli sa jedinci, ktorí mali v minulosti zdravotné komplikácie, medzi ktorými boli aj ochorenia obličiek či absolvovanie nefrotoxickej liečby.

Na druhej strane, veľké kontrolované štúdie, zaoberajúce sa potencionálnym škodlivým účinkom kreatínovej suplementácie v krátkodobom (5 dní), strednodobom (14 dní) a dlhodobom (10 mesiacov až 5 rokov) horizonte publikovali, že neexistuje evidencia, ktorá by naznačovala, že práve suplementácia kreatínom má škodlivý vplyv na obličkové funkcie u zdravých jedincov (Poortmans et al., 1997; Poortmans & Francaux, 1999; Poortmans et al., 2005).

A teda, aj napriek tomu, že suplementácia kreatínom jemne zvyšuje hodnoty kreatinínu, nemá negatívny dopad na renálnu funkciu a zdravie vo všeobecnosti u zdravých jedincov, pokiaľ sú dodržané odporúčané dávky (Bizzarini & Angelis, 2004; Pline & Smith, 2005; Poortmans & Francaux, 2000; Yoshizumi & Tsourounis, 2004).

Buford et al. (2007) toto tvrdenie potvrdzujú, keď píše, že neexistuje evidencia, ktorá by podporovala tvrdenie, že suplementácia kreatínom v normálnom rozpätí (menej ako 25 g/deň) spôsobuje renálnu dysfunkciu u zdravých jedincov. Jäger et al. (2011) však dodávajú, že jedinci s už existujúcou renálnou dysfunkciou môžu mať zvýšené riziko zhoršenia ich súčasného stavu pri suplementácií kreatínom.

## 2.10 Zhrnutie

Kreatín, organická zlúčenina s ergogénnymi vlastnosťami, bola cieľom stoviek výskumov od roku 1992 (Tarnopolsky, 2010).

Suplementácia kreatínom zvyšuje hladinu kreatínfosfátu vo svaloch, čím potencionálne zlepšuje resyntézu ATP, čo môže mať za následok zvýšenie možného objemu vykonanej práce (Harris et al., 1992; Hultman et al., 1996; Willoughby et al., 2001).

Táto schopnosť jedinca zvýšiť zásoby kreatínu sa líši v závislosti od rôznych charakteristík, ako je úroveň výkonnosti, stravovacie návyky či individualita – a znamená, že existujú jedinci, ktorí nereagujú na suplementáciu kreatínom (Greenhaff, 1997; Rawson et al., 2011).

Medzi mnohými formami kreatínu ako doplnku výživy, je práve kreatín monohydrát považovaný za zlatý štandard (Kreider et al., 2017).

Spôsobov dávkovania kreatínu je viacero. A aj napriek tomu, že protokol len s dávkami charakteristickými pre udržiavaciu fázu počas celého trvania suplementácie je schopný doplniť zásoby kreatínu na rovnakú úroveň ako protokol zahŕňajúci aj nasycovaciu fázu (Peeters et al., Herda et al., 2009), z dôvodu rýchlejšieho dosiahnutia maximálnej kapacity zásob kreatínu pri použití nasycovacej fázy (Greenhaff et al., 1994; Hultman et al., 1996) je efektívnejšie použiť štandardný protokol suplementácie.

Štandardný protokol sa vyznačuje suplementáciou kreatínu v dávke 5 g/deň, 4 krát denne po dobu 5 až 7 dní s následným príjmom kreatínu v dávke 3 – 5 g/deň po zvyšok trvania suplementácie (Kreider, Leutholtz et al., 2004; Williams et al., 1999). Čo sa týka načasovania užívania kreatínu, aj napriek tomu, že počet štúdií zameraných na tento element suplementácie je relatívne malý, javí sa, že užitie dávky kreatínu po tréningovej jednotke má lepší vplyv na benefity spojené so suplementáciou ako užitie v akýkoľvek iný čas (Forbes et al., 2014).

Najčastejšie spomínaným benefitom spojeným so suplementáciou kreatínu v odbornej literatúre je práve výkonový rast v maximálnej sile (Bemben et al. 2010; Burke et al., 2003; Herda et al. 2009; Vandenberghe et al. 1997). Zdá sa, že suplementácia s kreatínom v kombinácii s odporovým tréningom vedie k 5 až 15% navýšeniu silového výkonu (Kreider, 2003).



Pokiaľ ide o zmenu telesného zloženia, ktoré sa často spája so suplementáciou kreatínu, štúdie ukazujú pomerne rozporuplné výsledky v porovnaní s jasným pozitívnym vplyvom na silové schopnosti. Zdá sa však, že aj napriek nie úplne jednoznačným výsledkom štúdií, suplementácia kreatínom má pozitívny vplyv nielen na silový výkon, ale aj na zmenu telesného zloženia (Branch, 2003; Burke et al., 2008; Cooper et al., 2012).

Tieto benefity spojené so suplementáciou kreatínom sa javia byť bez vedľajších účinkov v krátkodobom aj dlhodobom horizonte, čo, na základe doterajších poznatkov, robí suplementáciu kreatínom zdraviu neškodnou pre zdravých jedincov (Kim et al., 2011; Jäger et al., 2011; Greenwood, Kreider, Earnest et al., 2003).

Pri zhrnutí vyššie spomenutých „pre“ a „proti“ kreatínu, ako doplnku výživy, niet sa čomu čudovať, že práve kreatín monohydrát je najobľúbenejším výživovým doplnkom používaným atlétmi (Kreider et al., 2017).

## **3 TEORETICKÝ ROZBOR SILOVÉHO TRÉNINGU**

### **3.1 Sila a silové schopnosti športovca**

V odbornej literatúre je možné nájsť viacero definícií sily a silových schopností. Dôležité je však odlíšiť pojem sila ako základný pojem mechaniky (fyzikálna veličina) a sila ako pohybová schopnosť – schopnosť človeka, viazaná na fyziologické vlastnosti svalu, ako je dráždivosť a psychické aspekty, teda pohybové činnosti (Dovalil et al., 2008).

Sila ako pohybová schopnosť vyplýva z kontraktilnej vlastnosti svalového tkaniva človeka. Prejavuje sa v prekonávaní, brzdení alebo udržiavaní rovnováhy vonkajších síl, pôsobiacich na organizmus človeka (Kampmiller, Vanderka, Laczo & Peráček, 2012).

Zaciorskij (1971) definuje silu ako schopnosť prekonať vonkajší odpor svalovým úsilím.

Čo sa týka silovej schopnosti, je to schopnosť prekonať svalovým úsilím vysoký vonkajší odpor bremena alebo hmotnosti vlastného tela, a to statickým alebo dynamickým režimom svalovej činnosti (Pavlík, 1999).

Čelikovský et al. (1990) uvádzajú podobné a to, že silové schopnosti sú komplexom integrovaných vnútorných vlastností umožňujúcich prekonať odpor vonkajších a vnútorných síl podľa zadanej pohybovej úlohy.

Podľa Havela a Hnízdila (2009) je silová schopnosť základnou a rozhodujúcou schopnosťou jedinca, bez ktorej sa nemôžu ostatné schopnosti prejavovať pri pohybovej činnosti.

### **3.2 Rozdelenie silových schopností**

Silové schopnosti majú rôzne rozdelenia na základe rôznych kritérií. Napríklad rozdelenie silových schopností v špecifických pohybových činnostiach podľa ich vnútorného prejavu je nasledovné (Havel & Hnízdil, 2009):

- a) maximálna sila – je najväčšia sila, ktorú je schopný vyvinúť nervovosvalový systém pri maximálne voľnej kontrakcii.
- b) rýchla sila – schopnosť nervovosvalového systému dosiahnuť čo najväčší silový impulz v časovom intervale, v ktorom sa musí pohyb realizovať.

- c) štartovná sila – veľkosť sily, ktorá bola dosiahnutá do 50 sekúnd od zahájenia kontrakcie, teda schopnosť dosiahnuť vysokú úroveň sily už na začiatku kontrakcie v čo najkratšom čase.
- d) explozívna sila – schopnosť dosiahnuť maximálne zrýchlenie v záverečnej fáze pohybu.
- e) reaktívna sila – schopnosť umožňujúca svalový výkon, pri ktorom sa uplatňuje cyklus natiahnutia-skrátenia svalu, ktorý vyvolá zvýšenie silového impulzu.
- f) vytrvalostná sila – schopnosť uplatňovať svalovú silu opakovane po dlhšiu dobu bez výrazného zníženia jej úrovne.

Dovalil et al. (2008) zase rozdeľujú silové schopnosti nasledovne:

- a) absolútna sila (maximálna) – schopnosť spojená s najvyšším možným odporom. Môže byť realizovaná pri dynamickej svalovej činnosti (koncentrickej alebo excentrickej) alebo statickej svalovej činnosti.
- b) rýchla a výbušná sila (explozívna) – schopnosť spojená s prekonávaním nemaximálneho odporu vysokou až maximálnou rýchlosťou. Môže byť realizovaná pri dynamickej (koncentrickej) svalovej činnosti.
- c) vytrvalostná sila – schopnosť prekonávať nemaximálny odpor opakovaním pohybu v daných podmienkach alebo dlhodobo udržiavať odpor. Môže byť realizovaná pri dynamickej svalovej činnosti (koncentrickej alebo excentrickej) alebo statickej svalovej činnosti.

Silové schopnosti môžeme ďalej rozdeliť podľa typu svalovej kontrakcie, ktorá sa vykonáva (Lehnert, Novosad, Neuls, Langer & Botek, 2010) na:

- a) dynamickú svalovú kontrakciu, pri ktorej sa mení dĺžka svalu. Táto svalová kontrakcia sa ďalej delí na koncentrickú svalovú kontrakciu (sval sa skracuje), excentrickú svalovú kontrakciu (sval sa naťahuje), plyometrickú svalovú kontrakciu (nastáva po tom čo, po koncentrickej fáze nasleduje do 250 ms excentrická fáza), izokinetickú (pohyb sa uskutočňuje stále rovnakou, nemeniacou sa rýchlosťou, ktorá je zvolená na špeciálnom prístroji).
- b) statickú svalovú kontrakciu, pri ktorej sa dĺžka svalu nemení, avšak mení sa napätie (svalový tonus).

### 3.3 Rozvoj silových schopností

Celkové množstvo svalových vlákien, priemer svalových vlákien, pomer v akom sú jednotlivé typy svalových vlákien zastúpené vo svale, počet zapojených svalových vlákien (vnútro svalová koordinácia), súhra svalových skupín (medzisvalová koordinácia) a psychické vlastnosti – to sú hlavné determinanty určujúce kvalitu silového prejavu.

I keď počet svalových vlákien a ich druh je u jedinca nemenný, tréningom je možné ovplyvniť ich priemer. Svalové vlákna sú taktiež schopné mierne dobre sa adaptovať na iný typ zaťaženia (Chandler & Brown, 2008). Aby však bola dosiahnutá požadovaná adaptácia, je potrebná stimulácia.

Stimulácia silových schopností je potom podmienená vyvolaním vysokého napätia v zaťažovanom svale. Následným opakovaním podnetov počas posilňovacích cvičení dochádza k adaptačným zmenám vo svale, ktoré sa navonok prejavujú na úrovni silových schopností (Dovalil, 2002).

Silové schopnosti je potom možno zväčšiť 2 – 3 násobne, a to buď zväčšovaním svalovej hmoty, zdokonaľovaním nervovosvalovej koordinácie (vnútro svalová a medzisvalová koordinácia) alebo zmenou v skladbe svalov (Korček, 1988).

Na rozvoji silových schopností sa podieľa viacero faktorov, napríklad intenzita zaťaženia, koordinácia činnosti rôznych svalových skupín, interval odpočinku ale aj genetika.

Práve intenzita zaťaženia je jedným z najdôležitejších faktorov v silovom tréningu. Intenzita vyššia ako 80% z jednorazového maxima je potrebná na aktivovanie čo najväčšieho množstva motorických jednotiek, a tak robí silový tréning účinným v oblasti prírastkov svalovej hmoty a maximálnej sily (Kampmiller et al., 2012).

Podobne opisujú Häkkinen, Komi a Kauhanen (1986), keď uvádzajú, že na dosiahnutie prírastkov v silových schopnostiach u silovo trénovaných športovcov, je potrebné zaťaženie o intenzite vyššej ako 80% z jednorazového maxima.

Ďalším dôležitým faktorom pri rozvoji silových schopností je interval odpočinku. Dôvod, prečo je interval odpočinku taký dôležitý, spočíva v tom, že nedostatočne dlhá prestávka medzi sériami neumožní dostatočnú regeneráciu (odplavenie metabolitov a znovuoobnovenie zásob ATP a CP). Následne organizmus nie je schopný tolerovať požadované zaťaženie a naďalej je rozvíjaná práca s vyššou koncentráciou laktátu v krvi,

čo znižuje výkon. Na druhej strane, ak je pauza medzi sériami prídlhá, vzniká riziko vychladnutia svalov, čo môže viesť k zraneniu (Havel & Hnízdil, 2009).

Šedivý (2002) považuje za najideálnejší interval odpočinku medzi sériami interval 1 až 3 minúty. Uvádza, že po jednej minúte sa svalová sila obnoví o 72%, do troch minút by mala byť obnovená kompletne. Preto zachovanie správneho rytmu pri cvičení pomáha k zvýšeniu celkovej svalovej sily.

Ďalším dôležitým faktorom je koordinácia činnosti rôznych svalových skupín a stav samotných svalov. Vďaka tréningu a vytvoreniu zodpovedajúcich podmienených reflexov získava nervový systém schopnosť privádzať do súčasného s'ahu celú svalovú hmotu, ktorá uskutočňuje potrebný pohybový akt pri realizácii veľkých alebo až maximálnych silových pôsobení (Straus, 1989).

Napokon dôležitú úlohu v rozvoji silových schopností zohráva aj genetika. Silové schopnosti sú určené geneticky zhruba na 65%. Viac ovplyvniteľná tréningom je sila statická, ktorá je geneticky daná približne na 55%, menej ovplyvniteľná je sila explozívno-dynamická, ktorá je dedične určená asi na 75% (Havlíčková, 2006).

### **3.4 Metódy rozvoja maximálnej sily**

Maximálna sila je charakteristická prekonávaním hraničných odporov malou rýchlosťou. Je základom pre ostatné druhy sily a označuje sa ako základný silový potenciál. Limitujúcimi faktormi sú množstvo svalovej hmoty a nervovosvalová koordinácia. Pre účely tréningovej praxe ju môžeme ďalej rozdeliť na silu absolútnu, t.j. maximálnu hmotnosť zdvihnutého bremena a relatívnu, t.j. maximálnu hmotnosť zdvihnutého bremena delenú hmotnosťou jedinca (Perič & Dovalil, 2010).

Čo sa týka rozvoja maximálnej sily, na zvyšovanie športovej výkonnosti sa využíva veľké množstvo tréningových metód, ich variantov a kombinácií. Jednotlivé metódy vyvolávajú špecifické nervovosvalové adaptácie a ovplyvňujú vždy istú časť silového spektra. Metódy silového tréningu sa líšia predovšetkým v hodnotách metodotvorných činiteľov, ktorými sú veľkosť odporu, počet opakovaní, doba cvičenia, interval odpočinku, či druh a rýchlosť svalovej kontrakcie (Lehnert et al., 2010).

Pri počte opakovaní 1 – 3 a odpore blížiacom sa k 100% 1RM rozvíjame prevažne maximálnu a relatívnu silu. Znížením odporu a zvýšením počtu opakovaní na 3 – 5 súbežne stimulujeme rozvoj maximálnej sily a čiastočne aj svalovú hypertrofiu. Počet

opakovaní 5 – 8 je silovo trénovaný športovec schopný vykonať s odporom okolo 80% 1RM. Takýto stimul je optimálny pre súbežný rozvoj maximálnej sily a svalovej hypertrofie. Ak znížime hmotnosť odporu a športovec bude schopný realizovať 6 – 10 opakovaní, ešte stále pomerne výrazne stimulujeme rozvoj maximálnej sily a súbežne dochádza k výraznej sarkoplazmatickej hypertrofii. Keď je športovec schopný vykonať približne 15 opakovaní, znamená to, že pracuje s odporom na úrovni približne 65% 1RM. Pri takomto zaťažení sú prírastky maximálnej sily iba malé, hypertrofia je výrazná a dochádza k pomerne veľkej únave, nielen energetickej. Takýto tréning je vhodný najmä pre športy, kde je potrebný výrazný svalový rozvoj. Pri odpore nižšom ako 60% 1 RM je športovec schopný realizovať aj viac ako 20 opakovaní do zlyhania. Takéto zaťaženie nevedie k významným prírastkom svalovej sily ani hypertrofie, stimuluje však svalovú vytrvalosť (Vanderka, 2013).

Podľa Zatsiorského a Kraemera (2006) sa maximálna sila ideálne rozvíja pri počte opakovaní 1 až 5. Intenzita by mala byť 90 až 100% z jednorazového maxima. Interval odpočinku medzi sériami by mal byť pomerne dlhý, v trvaní 3 až 5 minút. Autori taktiež považujú za ideálnu pauzu medzi tréningami tých istých svalových skupín 24 až 48 hodín, čo je pomerne krátka doba. Z toho vyplýva, že 3 – 4 tréningové jednotky v týždňovom mikrocykle tvoria vhodný objem zaťaženia.

Choutka a Dovalil (1987) uvádzajú, že ak sa dodržia parametre: veľkosť odporu 95 – 100 % z jednorazového maxima, malá rýchlosť pohybu, počet opakovaní 1 – 3, potom toto krátkodobé úsilie vysokej intenzity zvyšuje množstvo aktivovaných svalových vlákien a tým aj maximálnu silu. Avšak vzhľadom na krátke trvanie podnetov sa nestačia v dostatočnej miere aktivizovať výmenné biologické procesy, a preto táto metóda nevedie k väčšej hypertrofii svalstva.

V našej diplomovej práci sme sa pri výskume inšpirovali konkrétnymi metodickými zásadami určenými na rozvoj maximálnej sily uvádzanými v publikácii Kampmiller et al. (2012). Autori spomínajú tieto dva varianty, a to:

I. varianta na rozvoj maximálnej sily:

- intenzita 95 – 100 % z 1RM
- počet opakovaní 1 – 2
- počet sérií 3 – 6
- interval odpočinku 1 – 2 minúty
- týždenná frekvencia 2 – 3 x

II. varianta na rozvoj maximálnej sily:

- intenzita 85 – 95 % z 1RM
- počet opakovaní 3 – 6
- počet sérií 3 – 6
- interval odpočinku 2 minúty
- týždenná frekvencia 3 – 4 x

## **4 CIELE A VÝSKUMNÉ OTÁZKY**

### **4.1 Hlavný cieľ práce**

Hlavným cieľom diplomovej práce je zhodnotiť efekt suplementácie kreatínom v kombinácii so silovo-hypertroficky zameraným tréningovým programom na rast maximálnej sily a zmenu somatických parametrov.

### **4.2 Vedľajšie ciele práce**

Vedľajším cieľom diplomovej práce je zhodnotiť zmeny v parametroch maximálnej sily a taktiež zmeny antropometrických charakteristík v intervale 4 týždňov po ukončení užívania kreatínového doplnku výživy.

Vedľajším cieľom diplomovej práce je taktiež aj zhodnotenie odozvy organizmu na pociťovanú bolesť počas a po tréningovej jednotke pomocou psychometrických dát.

### **4.3 Výskumné otázky**

- VO1 Dôjde k signifikantnému zvýšeniu silových schopností u experimentálnej skupiny v porovnaní s kontrolnou skupinou po 4 týždňoch suplementácie kreatínom?
- VO2 K akým zmenám somatických parametrov\* dôjde u experimentálnej skupiny v porovnaní s kontrolnou skupinou po 4 týždňoch suplementácie kreatínom?
- VO3 K akým zmenám silových schopností dôjde u experimentálnej skupiny na konci výskumného obdobia v súvislosti s ukončením suplementácie kreatínom?
- VO4 K akým zmenám somatických parametrov\* dôjde u experimentálnej skupiny na konci výskumného obdobia v súvislosti s ukončením suplementácie kreatínom?



VO5 Ovplyvní suplementácia kreatínom subjektívne vnímanie bolesti počas a po tréningovej jednotke?

*Poznámka:* \* Somatickými parametrami máme na mysli telesnú hmotnosť, percento telesného tuku a obvodové parametre trupu, pása, paže a stehna.

## **5 METODIKA PRÁCE**

### **5.1 Charakteristika výskumnej situácie**

Praktická časť našej diplomovej práce zahŕňala výskumný projekt pozostávajúci z aplikácie 8 týždňového tréningového programu zameraného na rozvoj maximálnej sily vrchnej časti trupu ako aj dolných končatín na výskumnom súbore ( $n = 10$ ). Výskumný súbor bol ďalej rozdelený na experimentálnu ( $n = 5$ ) a kontrolnú skupinu ( $n = 5$ ) formou náhodného výberu. Aplikovanie tréningového programu bolo obohatené o suplementáciu kreatínovým doplnkom výživy u experimentálnej skupiny v prvých štyroch týždňoch výskumu.

### **5.2 Charakteristika výskumného súboru**

Výber subjektov do výskumného projektu prebehol formou náboru. Na zaradenie do výskumu museli byť dodržané viaceré podmienky.

Potencionálny testovací subjekt musel mať v čase náboru minimálne jednoročné skúsenosti s odporovým tréningom bez dlhodobjšieho vyradenia z tréningového procesu v posledných 6-tich mesiacoch pred plánovaným začiatkom výskumu. Tento faktor bol jedným z kľúčových, z dôvodu, že sme nechceli, aby výsledky nášho testovania boli skreslené vďaka iným neuromuskulárnym faktorom ako napríklad zlepšenie množstva a frekvencie aktivácie motorických jednotiek, ktoré sú význačné u jedincov bez predošlého odporového tréningu. Pretože ako Vanderka a Kampmiller (2012) uvádzajú, zvyšovanie svalovej sily na začiatku tréningového procesu u začiatočníkov je výrazné vďaka dvom faktorom, a to množstvu zapojených motorických jednotiek a frekvencii ich aktivácie. Podobne uvádzajú Dovalil et al. (2008), a to, že prvá fáza silovej adaptácie má charakter medzisvalovej koordinácie a nie hypertrofiie, tá prichádza až po mesiacoch tréningu.

Ďalší faktor, ktorý zohrával úlohu pri výbere subjektov do výskumu, bola absencia užívania kreatínového doplnku výživy v minulosti. Subjekt musel mať nulovú históriu užívania akéhokoľvek kreatínového doplnku výživy v období minimálne 1 roku pred začatím výskumu.

Ďalším sledovaným faktorom pred prijatím daného jedinca do výskumného súboru bol vyhovujúci zdravotný stav. Okrem kompletnej fyzickej, psychickej a duševnej pohody, ako zdravie definuje Svetová zdravotnícka organizácia, sme kládli dôraz aj na absenciu histórie užívania nefrotoxických medikamentov a absenciu akéhokoľvek ochorenia obličiek v živote jedinca.

10 jedincov spĺňalo požiadavky, a tak vznikol výskumný súbor ( $n = 10$ ). Priemerný vek subjektov ( $n = 10$ ) v čase zahájenia výskumu bol 23,9 rokov. Ďalej, celý výskumný súbor pozostával z jedincov mužského pohlavia. Výskumný súbor bol následne rozdelený na experimentálnu skupinu, ktorá suplementovala kreatínom a kontrolnú skupinu, ktorá aplikovala placebo. Rozdelenie prebehlo formou náhodného výberu tak, že jednotlivým subjektom bolo priradené číslo a na základe žrebovania bol daný subjekt zaradený buď do experimentálnej alebo kontrolnej skupiny.

Na rozdiel od výskumníkov, subjekty neboli oboznámené s faktom, že im je podávané placebo, preto môžeme náš výskum označiť za jednoducho zaslepený. Keďže všetky merania a testovania majú objektívny charakter, nepovažovali sme za potrebné vykonať náš výskum obojstranne zaslepenou formou.

### **5.3 Organizácia a priebeh výskumu**

Hlavná časť výskumu trvala 8 týždňov. Pred, uprostred t.j. 4 týždne po začatí, zároveň 4 týždne pred plánovaným ukončením a po tejto perióde prebehli vstupné, priebežné a výstupné testovania a merania. Prvé testovania a merania prebehli 2 dni pred plánovaným začiatkom hlavnej časti výskumu. Toto meranie antropometrických charakteristík a silových schopností malo za úlohu zistiť úroveň východiskových hodnôt subjektov. Hlavná časť výskumu započala dva dni po prvotnom zbere dát a predstavovala aplikáciu 8 týždňového tréningového programu zameraného na rozvoj maximálnej sily a svalovej hypertrofiie. Tréningový program bol identický pre obe výskumné skupiny, teda pre experimentálnu aj kontrolnú. Tréningovému programu sa bližšie venujeme v kapitole 5.5.2.

Za experimentálny činiteľ považujeme suplementáciu kreatínovým doplnkom výživy. Suplementácia prebiehala v experimentálnej skupine ( $n = 5$ ) od prvého dňa hlavnej časti výskumu po dobu štyroch týždňov. To znamená, že experimentálna skupina užívala kreatín v prvých 4 týždňoch vykonávania tréningového programu a následne

pokračovala v aplikácii placebo namiesto kreatínu v ďalších 4 týždňoch vykonávania tréningového programu, teda až do jeho ukončenia. Kontrolnej skupine bolo aplikované placebo od začiatku až po koniec hlavnej časti výskumého obdobia. Suplementácii kreatínom a placebo sa detailnejšie venujeme v kapitole 5.5.1.

Druhé testovanie prebehlo v zlomovom momente výskumu – pri prechode zo suplementácie kreatínom na placebo v experimentálnej skupine, t.j. v strede hlavnej časti výskumu, inak povedané, 4 týždne po jeho začiatku a 4 týždne pred jeho ukončením. Posledné a záverečné testovania a merania prebehli 2 dni po skončení hlavnej časti výskumu.

Súčasťou organizačného procesu bolo taktiež poučenie subjektov o nutnosti zachovať svoj zvyčajný stravovací a pitný režim počas celého trvania výskumu.

Okrem 3 hlavných testovacích dní, ktoré prebiehali pod kontrolou výskumníkov, subjekty aplikovali psychometrické testovanie sami na sebe počas celého trvania výskumu. Konkrétne išlo o vyplňanie meradla vnímanej bolesti na vizuálnej analógovej škále (VAS). Na numerickej škále od 0 do 10 subjekty vyznačovali mieru vnímanej bolesti. Tento samostatne prebiehajúci zber psychometrických dát sa uskutočnil bezprostredne po každej tréningovej jednotke a po zobudení v nasledujúci deň a taktiež po každom tréningu. S tromi tréningovými jednotkami v týždni subjekt teda aplikoval meranie celkom 6 krát za týždeň.

## **5.4 Metódy získavania výskumných údajov**

Na testovanie maximálnej sily sa najčastejšie používa testovanie pomocou jednorazového maxima (z angl. One-repetition-maximum), skrátene 1RM. Pojem jednorazové maximum prvýkrát definoval a použil DeLorme (1945). Ako uvádzajú Choutka a Dovalil (1987), testovanie je súčasťou riadenia tréningového procesu a má sa vykonávať plánovane, t.j. v určitých časových termínoch pevne stanovených v tréningových programoch. Preto sme na získanie výskumných údajov kládli zvýšený dôraz. Získavanie údajov prebiehalo nasledovne.

Testovanie silových schopností a meranie antropometrických charakteristík prebiehalo vždy v rovnaký deň ako meranie antropometrických parametrov pred testovaním silových schopností z dôvodu, aby merania neboli ovplyvnené zmenami spôsobenými fyzickým zaťažením. Meranie hmotnosti subjektov bolo vykonané

pomocou kalibrovanej váhy. Percento telesného tuku sa meralo digitálnym kalibrovaným kaliperom určeným na meranie hrúbky kožných rias, ktorý bol obsluhovaný zaučeným personálom. Ako posledné boli vykonané merania obvodov hrudníka, pása, pravej paže a pravého stehna pomocou obvodometra. Neskôr v ten istý deň boli vykonané testovania silových schopností subjektov.

Pred začiatkom testovania prebehlo krátke rozcvičenie pozostávajúce z veslovania na 1000 metrov na indoorovom veslovacom trenažéri, ktoré malo pripraviť organizmus na prichádzajúcu záťaž. Nasledovala diagnostika maximálnej sily s testovaním sily vrchnej časti trupu pred testovaním dolných končatín.

Testovanie bolo inšpirované Vanderkom (2013), subjekty pri ňom začali vykonávať cvičenia s olympijskou činkou o hmotnosti 20 kilogramov. Po každej úspešnej diagnostickej sérii sa záťaž zvýšila o 10 kilogramov. Subjekty vykonávali vždy len jedno opakovanie. Prestávka medzi diagnostickými sériami sa pohybovala v intervale približne dvoch až troch minút. Ak subjekt nezvládol technicky správne vykonať opakovanie s danou záťažou, nasledovalo zníženie hmotnosti o 5 kilogramov. Podľa toho, či bol pokus úspešný alebo nie, mal subjekt ešte možnosť zvýšiť alebo znížiť záťaž o 2,5 kg a vykonať posledný pokus. Ak bol posledný pokus úspešný, hmotnosť bola zaznamenaná ako maximálna hmotnosť, ktorú dokáže subjekt 1 krát prekonať (1 RM). Ak bol tento pokus neúspešný, subjektu bola ako 1 RM zaznamenaná posledná záťaž, ktorú technicky správne prekonal. Testovanie pozostávalo z nasledovných diagnostických cvičení určených na zistenie sily svalstva vrchnej časti trupu a sily svalstva dolných končatín:

Test 1. Tlak v ľahu na vodorovnej lavici s obojručnou činkou, skrátene „tlak na lavičke“ (obrázok 11 v prílohách):

Testovaný jedinec je v pozícii ľah na vodorovnej lavičke s chodidlami opretými o zem. Krížová časť chrbtice aj hlava sú položené na lavičke po celý čas vykonávania cvičenia. Činka je uchopená nadhmatom na šírku väčšiu než šírka ramien. Následne je činka spúšťaná pomalým kontrolovaným pohybom ku hrudi, po jej dotknutí jedinec dvíha činku späť do východiskovej polohy. Pri spúšťaní je vykonávaný nádych, pri dvíhaní výdych (Delavier, 2008).

Test 2. Hlboký drep s obojručnou činkou za hlavou, skrátene „hlboký drep“ (obrázok 12 v prílohách):

Testovaný jedinec stojí pod činkou nachádzajúcou sa na stojane, následne si činku pritlačí k lichobežníkovému svalu. Uchopí činku tak, že lakte smerujú mierne dozadu.

Hlboký nádych (pre zachovanie vnútrohrudníkového tlaku, zabraňujúceho pádu trupu vpred), naklonením panvy dopredu jemne prehne chrbát a napne brušné svalstvo. Pohľadom mieriacim vpred zdvíha činku zo stojanu. Urobí jeden až dva kroky vzad a zastane s chodidlami smerujúcimi mierne od seba, rozkročenými na šírku ramien. Nasleduje drep, pričom trup sa predkloní tak, že os trupu prebieha spojnicou bedrových kĺbov. Po celý čas vykonávania cvičenia sa treba sústrediť na to, aby bol chrbát vystretý, pretože ako uvádza Grasgruber a Cacek (2008), nesprávna technika pri cvičení hlboký drep so závažím môže viesť k trvalému poraneniu, hlavne v oblasti chrbtice. Testovaný jedinec klesá s činkou tak hlboko až uhol kolenného kĺbu bude zvierat' 50 stupňov, následne sa jedinec zdvíha späť do východiskovej polohy. Pred alebo počas klesania je vykonaný nádych a počas vytlačania sa späť nahor je vykonaný výdych (Delavier, 2008).

Štyridsaťosem hodín pred všetkými tromi testovaniami maximálnej sily subjekty aplikovali takzvaný kľudový režim, ktorý sa vyznačuje absolútnym fyzickým kľudom alebo aspoň neúčast'ou na fyzickej aktivite, ktorá by mohla ovplyvniť zber dát.

Pokiaľ ide o psychometriku, na zber psychometrických dát bola použitá vizuálna analógová škála (VAS). Táto metrická škála, zameraná na zistenie úrovne vnímanej bolesti, mala hodnoty od 0 po 10, pričom 0 znamenala stav bez bolesti, hodnoty 1 až 3 znamenali miernu bolesť, hodnoty 4 až 6 strednú bolesť, hodnoty 7 a 8 silnú bolesť a hodnoty 9 a 10 označovali neznesiteľnú bolesť. Subjekty vyznačovali mieru vnímanej bolesti na tejto škále dvakrát v spojení s jednou tréningovou jednotkou, a to, prvýkrát bezprostredne po tréningu, kedy bolo cieľom zberu zistiť úroveň vnímanej bolesti počas tréningu a druhýkrát ráno na druhý deň po tréningovej jednotke za účelom zistenia dopadu tréningovej jednotky na pociťovanú bolesť. Zber dát popisovanou formou prebiehal počas celého výskumu v oboch výskumných skupinách.

## **5.5 Experimentálny podnet**

### **5.5.1 Suplementácia kreatínom**

Suplementácia kreatínom bola v našom výskume kľúčovým experimentálnym činiteľom. Práve tento kľúčový element výskumnej situácie rozdeľoval subjekty na experimentálnu a kontrolnú skupinu. Ako už bolo spomenuté, experimentálna skupina suplementovala kreatínovým doplnkom výživy počas prvých 4 týždňov aplikácie nášho

8 týždňového tréningového programu, následne bola suplementácia nahradená placebom počas zvyšných 4 týždňov vykonávania stanovenej tréningovej štruktúry.

Kontrolná skupina, ktorá vykonávala identický tréningový program, však aplikovala placebo počas celého 8 týždňového trvania výskumu. Keďže bola štúdia jednoducho zaslepená, subjekty si neboli vedomí faktu, že užívajú placebo.

Na základe preštudovania odbornej literatúry sme pred začatím výskumu stanovili suplementačný plán. Použitá forma kreatínu bola kreatín monohydrát, považovaný za zlatý štandard medzi rôznymi formami kreatínových doplnkov výživy (Kreider, 2017). Konkrétny doplnok výživy niesol názov Creatine Monohydrate Elite od výrobcu MyProtein, číslo šarže W832142936, vyrobené 11/2018. Rozhodli sme sa práve pre tento konkrétny produkt obsahujúci neochutený kreatín monohydrát z dôvodu, že je pravidelne testovaný spoločnosťou Informed-Sport.com, ktorá testuje športové doplnky výživy. Aj napriek tomu, že táto spoločnosť vyhlasuje, že nimi testované produkty neznamenajú 100% garanciu, že testované produkty neobsahujú žiadne zo zložiek, ktoré sú zakázané Svetovou antidopingovou agentúrou WADA, uvádzajú, že riziko kontaminácie suplementu sa u nimi preverených produktov znižuje z 1:10 až na 1:5000.

Čo sa týka štruktúry suplementácie, použili sme najčastejšie používaný protokol suplementácie kreatínom popisovaný v odbornej literatúre (Kreider, Leutholtz et al., 2004; Williams et al., 1999). Suplementačný plán obsahoval nasycovaciu a udržiavaciu fázu. Počas nasycovacej fázy subjekty užívali 20 gramov kreatínu denne, rozdelených do štyroch 5 gramových dávok v priebehu dňa. Konkrétne aplikovali jednu dávku ráno, na obed, popoludní a večer v netréninový deň a jednu dávku ráno, pred tréningom, po tréningu a pred spaním v tréningový deň. Táto nasycovacia fáza trvala 7 dní, po jej ukončení nasledovala udržiavacia fáza po dobu 21 dní.

Počas udržiavacej fázy subjekty užívali 5 gramov kreatínu denne, teda len jednu dávku denne. Táto jedna dávka bola aplikovaná v popoludňajších hodinách v netréninový deň a v tréningový deň bola užitá po tréningu. Po 1 týždni nasycovacej fázy a 3 týždňoch udržiavacej fázy bola suplementácia kreatínom v experimentálnej skupine nahradená suplementáciou placebom po dobu zvyšných 4 týždňov.

Čo sa týka spôsobu podávania kreatínu, kreatín monohydrát bol zmiešaný s glukózou v pomere 1:1, teda jedna dávka obsahovala 5 gramov kreatínu monohydrátu a 5 gramov glukózy. Túto chuťovo sladkú dobre rozpustnú zmes bielej farby užívali subjekty po zmiešaní s 1 - 2 decilitrami vody, čo predstavovalo aplikáciu jednej dávky v experimentálnej skupine v prvých 4 týždňoch výskumu.

Počas celého trvania výskumu užívala kontrolná skupina placebo, experimentálna skupina ho užívala v druhej polovici, t.j. v posledných 4 týždňoch výskumu. Placebo bolo v našom výskume zložené len z jednej látky, a to glukózy. Jedna dávka placeba obsahovala 10 gramov glukózy. Kreatín monohydrát je bez chuti, farbou, rozpustnosťou a štruktúrou na pohľad ťažko rozpoznateľný od glukózy, a preto sa nám glukóza javila ako vhodná forma placeba ku kreatínovo-glukózovej zmesi v pomere 1:1.

### **5.5.2 Tréningový program**

Tréningový program bol základným pilierom nášho výskumu. Používal sa po dobu 8 týždňov vo frekvencii 3 tréningových jednotiek za týždeň.

Dovalil et al. (2008) definujú tréningovú jednotku ako hlavnú organizačnú formu tréningu, základný prvok jeho stavby. Tréningové jednotky boli zamerané ako na rozvoj silových schopností, tak aj svalovej hypertrofie. Každá tréningová jednotka (TJ) obsahovala aspoň jedno z diagnostických cvičení, určených na rozvoj maximálnej sily. Navyše, dve z troch tréningových jednotiek v týždni, obsahovali cvičenia určené na rozvoj svalovej hypertrofie nasledovných svalových partií: stehenné svalstvo, prsné svalstvo, chrbtové svalstvo, ramenné svalstvo a svalstvo paží.

Náš tréningový program bol zostavený tak, aby svaly dolných končatín a svalstvo trupu boli zaťažované 2 krát do týždňa. Dodatočne bol náš tréningový program rozdelený na dva po sebe sa opakujúce 4 týždňové mezocykly.

Choutka a Dovalil (1987) charakterizujú mezocyklus ako strednodobý cyklus športového tréningu, ktorý je spravidla štvortýždňový. Nami stanovený mezocyklus bol zložený z dvoch tréningových variantov, z ktorých každý prebiehal 2 týždne. Tieto dva varianty tréningu sa líšia iba intenzitou zaťaženia diagnostických cvičení a výberom cvičení zameraných svalovú hypertrofiu, ostatné elementy tréningového programu sú medzi variantmi identické. Takéto rozdelenie prinieslo variabilitu do tréningového programu bez toho, aby bolo zapríčinilo rozličnosť v tréningovom procese. Mezocyklus sa teda konkrétne skladá z tréningového variantu č. 1, aplikovaného po dobu 2 týždňov, po ktorom nasleduje aplikácia tréningového variantu č. 2 v trvaní ďalších 2 týždňov. Tento mezocyklus sa opakuje dvakrát po sebe, a tým kompletne vyplňa nami stanovený 8 týždňový tréningový program.



Tréningovej štruktúre spolu s jednotlivými cvičeniami, počtom sérií a opakovaní sa detailnejšie venujeme v tabuľkách 1 a 2. Uvádza sa tu však len hlavná časť tréningovej jednotky. Pred začatím každej tréningovej jednotky vykonávali subjekty okrem hlavnej časti aj prípravu na fyzickú aktivitu, takzvané „rozcvičenie“.

Dovalil et al. (2008) definujú rozcvičenie ako cvičenie alebo komplex cvičení, ktoré majú postupne pripraviť organizmus na nasledovnú pohybovú činnosť a predpokladané zaťaženie, t.j. uviesť ho do takého stavu, aby bol pripravený na riešenie tréningových či súťažných úloh. Rozcvičenie prebiehalo formou veslovania v rozsahu 1000 metrov na indoorovom veslovacom trenažéri a pred začatím každého cvičenia formou nácvičnej série so zaťažením do 30% z očakávaného zaťaženia.

Po ukončení hlavnej časti tréningového programu nasledovalo takzvané „ukľudnenie“ vo forme statického strečingu. Šebej (2001) uvádza, že strečing prináša úžitok z hľadiska dlhodobej perspektívy ako forma prevencie zranení a zväčšenia rozsahu pohybu.

Časový odstup medzi tréningovými jednotkami bol minimálne 48 hodín. Medzi každou tréningovou jednotkou bol stanovený kľudový režim, čo znamená, že v čase odpočinku medzi tréningovými jednotkami subjekty nevykonávali žiadnu fyzicky náročnú pohybovú aktivitu, ktorá by mohla ovplyvniť ich tréningový výkon.

Vzorová tréningová štruktúra obsahovala všetky tri tréningové jednotky v týždni absolvované v rovnakom čase daného dňa vrátane 48 hodinovej tréningovej inaktivity medzi prvým a druhým a taktiež druhým a tretím tréningom v týždni a 72 hodinovej pauzy po treťom tréningu. Tréningový program bol rovnaký pre experimentálnu aj kontrolnú skupinu.

V nasledujúcich tabuľkách je uvedený tréningový program, ktorí vykonávali subjekty nášho výskumného súboru.

Tabuľka 1. Tréningový variant č. 1

<b>TJ v týždni</b>	<b>Zameranie</b>	<b>Cvičenie</b>	<b>Intenzita zaťaženia</b>	<b>Počet opakovaní<sup>a</sup></b>	<b>Počet sérií<sup>b</sup></b>	<b>Interval odpočinku</b>
1.	Rozvoj maximálnej sily trupu	Tlaky v ľahu na vodorovnej lavici s obojručnou činkou	85 – 95 % 1 RM	3 - 6	5	2 – 3 minúty
	Rozvoj hypertrofie trupu	Upažovanie v ľahu s jednoručnými činkami	65 – 80 % 1 RM	8 – 12	3	1 – 2 minúty
		Príťahy hornej kladky širokým úchopom ku hrudníku	65 – 80 % 1 RM	8 – 12	4	1 – 2 minúty
		Tlaky nad hlavu v sede s jednoručnými činkami	65 – 80 % 1 RM	8 – 12	4	1 – 2 minúty
		Bicepsový zdvih s obojručnou činkou v stoj	65 – 80 % 1 RM	8 – 12	4	1 – 2 minúty
		Tripcesové sťahovanie kladky nadhmatom	65 – 80 % 1 RM	8 – 12	4	1 – 2 minúty

2.	Rozvoj maximálnej sily dolných končatín	Hlboký drep s obojručnou činkou za hlavou	85 – 95 % 1 RM	3 - 6	5	2 – 3 minúty
	Rozvoj hypertrofie dolných končatín	Legpress na šikmej lavici	65 – 80 % 1 RM	8 – 12	3	1 – 2 minúty
		Predkopávanie v sede na stroji	65 – 80 % 1 RM	8 – 12	3	1 – 2 minúty
		Zakopávanie v ľahu na stroji	65 – 80 % 1 RM	8 – 12	4	1 – 2 minúty
3.	Rozvoj maximálnej sily trupu	Tlaky v ľahu na vodorovnej lavici s obojručnou činkou	85 – 95 % 1 RM	3 - 6	6	2 – 3 minúty
	Rozvoj maximálnej sily dolných končatín	Hlboký drep s obojručnou činkou za hlavou	85 – 95 % 1 RM	3 - 6	6	2 – 3 minúty

*Poznámka:*

a) Opakovanie – vykonávanie cvičenia, ktoré sa skladá z dvoch častí, napríklad zdvíhanie a spúšťanie alebo tlak a uvoľnenie. To záleží na vykonávanom cvičení, je to teda spojenie excentrickej a koncentrickej svalovej kontrakcie (Smejkal, 1994).

b) Séria – niekoľko opakovaní jedného cvičenia vykonávaného bez prestávky (Smejkal, 1994).

Tabuľka 2. Tréningový variant č. 2

<b>TJ v týždni</b>	<b>Zameranie</b>	<b>Cvičenie</b>	<b>Intenzita zaťaženia</b>	<b>Počet opakovaní</b>	<b>Počet sérií</b>	<b>Interval odpočinku</b>
1.	Rozvoj maximálnej sily trupu	Tlaky v ľahu na vodorovnej lavici s obojručnou činkou	90 – 100% 1 RM	1 – 3	5	2 – 3 minúty
	Rozvoj hypertrofie trupu	Tlaky v ľahu na vodorovnej lavici s jednoručným i činkami	65 – 80 % 1 RM	8 – 12	3	1 – 2 minúty
		Príťahy hornej kladky úzkym úchopom ku hrudníku	65 – 80 % 1 RM	8 – 12	4	1 – 2 minúty
		Upažovanie v stoji s jednoručným i činkami	65 – 80 % 1 RM	8 – 12	4	1 – 2 minúty
		Bicepsový zdvih s obojručnou EZ činkou na Scottovej lavici	65 – 80 % 1 RM	8 – 12	4	1 – 2 minúty
		Tricepsový zdvih s obojručnou činkou v ľahu	65 – 80 % 1 RM	8 – 12	4	1 – 2 minúty

2.	Rozvoj maximálnej sily dolných končatín	Hlboký drep s obojručnou činkou za hlavou	90 – 100% 1 RM	1 – 3	5	2 – 3 minúty
	Rozvoj hypertrofie dolných končatín	Výpady s jednoručným i činkami	65 – 80 % 1 RM	8 – 12	3	1 – 2 minúty
		Predkopávanie v sede na stroji	65 – 80 % 1 RM	8 – 12	3	1 – 2 minúty
		Mŕtvy ťah s vystretými nohami s jednoručným i činkami	65 – 80 % 1 RM	8 – 12	4	1 – 2 minúty
3.	Rozvoj maximálnej sily trupu	Tlaky v ľahu na vodorovnej lavici s obojručnou činkou	90 – 100% 1 RM	1 – 3	6	2 – 3 minúty
	Rozvoj maximálnej sily dolných končatín	Hlboký drep s obojručnou činkou za hlavou	90 – 100% 1 RM	1 – 3	6	2 – 3 minúty

## 5.6 Charakteristika použitých cvičení

V nasledujúcej kapitole presne popisujeme cvičenia uvedené v tabuľke 1 a 2. Každé z opísaných cvičení má svoje určité postavenie a cieľ v stanovenom tréningovom programe. V prílohe je navyše tabuľka 10, ktorá hovorí o jednotlivých svaloch prioritne aktivovaných danými cvičeniami.

Tlaky v ľahu na vodorovnej lavici s obojručnou činkou – ležíme chrbtom na tréningovej lavici so štyrmi opornými bodmi (hlava, hrudná časť chrbtice, krížová časť chrbtice a chodidlá), následne uchopíme obojručnú činku nadhmatom, na šírku väčšiu

ako je šírka ramien. Zdvihneme činku zo stojanu a pomalým kontrolovaným pohybom ju začíname spúšťať až na úroveň hrudníka. Po jeho dotknutí vytlačíme činku späť do východiskovej polohy, teda do vystretých paží nad hrudníkom. Dbáme na to, aby sa počas vykonávania cvičenia nepohol ani jeden z oporných bodov a lakte smerovali nadol a smerom von od trupu. Pri zdvíhaní nahor vykonávame výdych a pri spúšťaní nadol nádych.

Upažovanie v ľahu s jednoručnými činkami – ležíme chrbtom na vodorovnej tréningovej lavici so štyrmi opornými bodmi (hlava, hrudná časť chrbtice, krížová časť chrbtice a chodidlá), v oboch rukách držíme jednoručné činky, ktoré z predpaženia pomalým kontrolovaným pohybom spúšťame nadol do upaženia. Dlane smerujú nahor, pri dosiahnutí úrovne maximálneho možného upaženia ťahom vraciame činky do východiskovej polohy. Pri ťahu smerom nahor vykonávame výdych a pri pohybe nadol hlboký nádych.

Príťahy hornej kladky širokým úchopom ku hrudníku – posadíme sa tvárou ku stroju, zaprieme sa stehnami o penové valce a nadhmatom uchopíme tyč na šírku väčšiu ako je šírka ramien. Vypneme hrud' dopredu, sťahujeme tyč ku hrudnej kosti a lakte mierne tlačíme dozadu. So záberom vykonávame výdych, pri návrate nádych.

Tlaky nad hlavu v sede s jednoručnými činkami – posadíme sa na lavicu, uchopíme jednoručné činky do rúk a oprieme chrbát o opornú časť lavice. Jednoručné činky dostaneme do východiskovej polohy, pri ktorej sú vedľa tela vo výške ramien s dlanami smerujúcimi dopredu a laktami nadol. Následne paže vedieme zvisle nahor, až kým sa takmer neprepnú a nespoja, po dosiahnutí hornej polohy cvičenia činky opatrne spúšťame do východiskovej polohy. So záberom nahor vykonávame výdych, pri spúšťaní nadol nádych.

Bicepsový zdvih s obojručnou činkou v stoj – stojíme vzpriamene, podhmatom držíme obojručnú činku v šírke o niečo väčšej, než je šírka ramien. Ohnutím paží v lakt'och opatrne zdvíhame činku. Počas pohybu sa snažíme izometrickou kontrakciou svalov zadku, chrbta a brušných svalov zachovať stabilitu trupu. Pri zdvíhaní činky vykonávame výdych a pri spúšťaní nádych.

Tripcesové sťahovanie kladky nadhmatom – postavíme sa tvárou ku kladkovému stroju a uchopíme držadlo nadhmatom približne na šírku ramien. V miernom predklone ohneme paže a dostaneme tým kladku nahor, paže pritlačíme k telu a následne kontrakciou extenzorou paží sťahujeme kladku zhora až do spodnej polohy, pri ktorej sú paže úplne prepnuté. Počas vykonávania cvičenia dbáme na to, aby boli paže po celý čas

pritlačené k telu a lakte smerovali kolmo nadol. Pri vystieraní paží vykonávame výdych, pri ohýbaní nádych.

Legpress na šikmej lavici – chrbtom sa oprieme do šikmej lavice, chodidlá sú mierne od seba umiestnené na kovovej plošine, po odistení poistky začíname pomalým kontrolovaným pohybom spúšťať plošinu tak hlboko, až sa nám stehná takmer dotknú hrudníka, následne tlačíme do plošiny, až kým sa nevráti do východiskovej polohy, so záberom výdych a pri pohybe plošiny nadol nádych.

Predkopávanie v sede na stroji – sedíme na stroji a pažami sa držíme držiadiel, nohy sú pokrčené, členok je umiestnený pod penovým valcom. Cvičenie začíname vystieraním nôh až do vodorovnej polohy, následne opäť krčíme nohy a vraciame ich do východiskovej polohy, so záberom výdych a pri pohybe späť nádych.

Zakopávanie v ľahu na stroji – ľahneme si bruchom na lavicu stroja, uchopíme držiadlá, natiahneme nohy a umiestnime členky pod čalúnené valce. Kontrakciou zadnej časti stehien skrčíme nohy a snažíme sa, aby sa valce dotkli zadku, následne opatrne vraciame nohy do východiskovej polohy. Pri zdvíhaní vykonávame výdych a pri pohybe naspäť nádych.

Tlaky v ľahu na vodorovnej lavici s jednoručnými činkami – uchopíme jednoručné činky nadhmatom a ľahneme si chrbtom na vodorovnú lavicu tak, že máme štyri oporné body (hlavu, lopatky, zadok a chodidlá). Dostaneme jednoručné činky do východiskovej polohy, pri ktorej sa činky nachádzajú pred hrudníkom na vystretých pažiach. Pomaly a kontrolovane spúšťame činky smerom nadol až do polohy, keď sa činky nachádzajú vedľa tela na úrovni hrudníka alebo mierne pod. Následne kontrakciou prsného svalstva vytlačíme jednoručné činky späť do východiskovej polohy. S tlakom nahor vykonávame výdych, pri spúšťaní nadol nádych.

Príťahy hornej kladky úzkym úchopom ku hrudníku – posadíme sa tvárou k stroju a zaprieme sa stehnami o penové valce, následne uchopíme držiadlo na úzko. Vypneme hrud' dopredu, mierne zakloníme trup a ťaháme držiadlo ku hrudnej kosti. So záberom vykonáme výdych, pri návrate nádych.

Upažovanie v stoj s jednoručnými činkami – stojíme so vzpriameným trupom v miernom stoj rozkročnom a v oboch rukách držíme jednoručnú činku, paže sa nachádzajú vedľa tela. Paže upažíme do vodorovnej polohy, zostávajú mierne pokrčené v lakt'och. Po dosiahnutí vodorovnej polohy paží, jednoručné činky opatrne spúšťame do východiskovej polohy. So záberom smerom nahor vykonávame výdych, pri spúšťaní nádych.

Bicepsový zdvih s obojručnou EZ činkou na Scottovej lavici – sedíme na Scottovej lavici a paže máme opreté o oporu. Uchopíme podhmatom obojručnú EZ činku a ohnutím paží v lakt'och zdvíhame predlaktie. So záberom nahor výdych, pri návrate nádych.

Tricepsový zdvih s obojručnou činkou v ľahu – uchopíme obojručnú činku a ľahneme si na tréningovú lavicu. Obojručnú činku dostaneme do východiskovej polohy, pri ktorej je činka na prepnutých pažiach nad hrudníkom. Ohnutím paží v lakt'och spúšťame činku tesne nad čelo, prípadne jemne za hlavu. Dbáme na to, aby sa lakte počas pohybu od seba nevzdialili a smerovali smerom k nohám. Po dosiahnutí spodnej fázy pohybu činku zdvíhame späť do východiskovej polohy. Pri spúšťaní vykonávame nádych, pri zdvíhaní výdych.

Výpady s jednoručnými činkami – uchopíme do každej ruky jednoručné činky a postavíme sa do mierneho stoja rozkročného. Vykonáme dlhý výkrok dopredu, pri ktorom sa snažíme držať trup čo najviac vzpriamene. Keď sa stehno vykročenej nohy dostane do vodorovnej polohy alebo nižšie, intenzívnou kontrakciou sa vraciame do východiskovej polohy.

Mŕtvy ťah s vystretými nohami s jednoručnými činkami – zaujmeme mierny stoj rozkročný tvárou k obojručnej činke ležiacej na zemi. Predkloníme trup, prehneme sa v chrbte a čo možno najviac prepneme nohy. Následne nadhmatom uchopíme vystretými pažami činku a vzpriamime trup do zvislej polohy. Pohyb sa odohráva v bedrách a chrbát zostáva rovný po celý čas pohybu. Opäť sa predkloníme sa vrátíme činku do východiskovej polohy bez toho, aby sa dotkla zeme. Nádych vykonávame pred záberom, výdych pri spúšťaní.

Hlboký drep s obojručnou činkou za hlavou – stojíme pod činkou, ktorá je umiestnená na stojane, zodvihneme činku zo stojanu, urobíme pár krokov vzad, stoj rozkročný je na šírku ramien a chodidlá smerujú jemne od seba, pomalým kontrolovaným pohybom spúšťame činku tak hlboko až uhol v kolennom kĺbe nedosiahne 50 stupňov, následne činku vytlačáme späť do východiskovej polohy. Dbáme na to, aby po celý čas vykonávania cvičenia bol chrbát vystretý, kolená smerovali von, hmotnosť bola sústredená do piat a kolená nepresiahli úroveň chodidiel. Nádych vykonávame pri pohybe nadol, so záberom smerom nahor vykonávame výdych.



## 5.7 Metódy spracovania a vyhodnotenia získaných výsledkov

Pri spracovaní výsledkov bola použitá analýza rozptylu (ANOVA) pre opakované merania s faktormi týždeň (úrovne 1. týždeň až 8. týždeň) a suplementácia (úrovne kreatín a placebo). Pre porovnanie rozdielov medzi jednotlivými týždňami alebo formami suplementácie bolo použité LSD testy.

Hladina štatistickej významnosti bola stanovaná na  $\alpha = 0,05$ . Pre štatistické spracovanie bola použitá aplikácia Statistica 13.4 (TIBCO Software, Palo Alto, Spojené štáty americké).

Veľkosť účinku (effect size) zmien bola určená ako Cohenovo *d*.

Pre klasifikáciu veľkosti účinku bola použitá škála od Hopkinsa, Marshalla, Batterhama a Hanina (2009):  $< 0,2$  (triviálna),  $\geq 0,2$  (malá),  $\geq 0,6$  (stredná),  $\geq 1,2$  (veľká).

## 6 VÝSLEDKY PRÁCE

### 6.1 Východiskové hodnoty subjektov

Tabuľka 3. Porovnanie východiskových hodnôt subjektov pred začiatkom hlavnej časti výskumného obdobia

Premenná	Kreatín	Placebo		Klasifikácia <i>d</i>	
	Priemer ± SD	<i>p</i>	<i>d</i>		
Telesná hmotnosť [kg]	84,7 ± 5,6	82,3 ± 4,3	0,473	0,48	Malá
Telesný tuk [%]	13,4 ± 1,8	13,7 ± 1,6	0,802	-0,16	Triviálna
Obvod paže [cm]	39,9 ± 1,7	39,5 ± 0,6	0,640	0,31	Malá
Obvod pása [cm]	86,8 ± 3,4	86,2 ± 2,8	0,756	0,20	Malá
Obvod stehna [cm]	60,0 ± 2,8	59,9 ± 3,0	0,966	0,03	Triviálna
Obvod trupu [cm]	111,7 ± 3,0	112,0 ± 2,1	0,870	-0,11	Triviálna
Tlak na lavičke [kg]	115,5 ± 8,7	108,5 ± 10,5	0,284	0,73	Stredná
Hlboký drep [kg]	127,0 ± 16,4	121,0 ± 21,2	0,630	0,32	Malá
VAS po TJ [body]	59 ± 4	57 ± 2	0,290	0,72	Stredná
VAS ráno [body]	13 ± 1	11 ± 1	<b>0,002*</b>	2,79	Veľká

*Poznámka:* SD – smerodajná odchýlka

*p* – hladina štatistickej významnosti

*d* – Cohenovo *d* (veľkosť účinku)

\* *p* < 0,05

V tabuľke 3 sú uvedené východiskové hodnoty subjektov. S týmito hodnotami vstupovali testovaní jedinci do hlavnej časti výskumného obdobia. Na základe týchto

údajov je možné vidieť, že experimentálna skupina suplementujúca kreatínom a kontrolná skupina suplementujúca placebo boli od seba štatisticky nevýznamne odlišné v somatických parametroch telesnej hmotnosti, percenta telesného tuku, obvodových ukazovateľov paže, pása, stehna i trupu. Taktiež boli štatisticky nevýznamne odlišné v hodnotách maximálnej sily v testoch tlak na lavičke a hlboký drep ako aj v hodnotách pociťovanej bolesti počas tréningovej jednotky. Jedinými štatisticky významnými hodnotami, ktorými sa od seba tieto dve skupiny na začiatku výskumu odlišovali boli hodnoty pociťovanej bolesti ráno na druhý deň po tréningovej jednotke.

## 6.2 Hodnotenie zmien maximálnej sily a somatických parametrov u placebo skupiny

V tejto kapitole sú uvedené zmeny kontrolnej (placebo) skupiny, ktorá aplikovala identický silovo-hypertroficky zameraný tréningový program ako aj experimentálna skupina, s tým rozdielom, že suplementovala placebo po celý čas výskumného obdobia, teda v týždňoch 1 až 8.

### 6.2.1 Hodnotenie zmien placebo skupiny v priebehu výskumu

Tabuľka 4. Hodnotenie zmien subjektov placebo skupiny po 4 týždňoch v porovnaní so vstupným testovaním

<b>Premenná</b>	<b>Priemer ± SD</b>	<b><i>p</i></b>	<b><i>d</i></b>	<b>Klasifikácia <i>d</i></b>
Telesná hmotnosť [kg]	0,2 ± 0,6	0,401	0,04	Triviálna
Telesný tuk [%]	-0,0 ± 0,3	0,772	-0,02	Triviálna
Obvod paže [cm]	-0,0 ± 0,3	0,872	-0,02	Triviálna
Obvod pása [cm]	-0,1 ± 0,8	0,711	-0,04	Triviálna
Obvod stehna [cm]	0,4 ± 0,4	0,080	0,12	Triviálna
Obvod trupu [cm]	-0,0 ± 0,6	0,943	-0,01	Triviálna

Tlak na lavičke [kg]	2,0 ± 2,1	0,053	0,21	Malá
Hlboký drep [kg]	5,5 ± 3,5	<b>0,003*</b>	0,29	Malá

*Poznámka:* SD – smerodajná odchýlka

*p* – hladina štatistickej významnosti

*d* – Cohenovo *d* (veľkosť účinku)

\* *p* < 0,05

Na základe výsledkov uvedených v tabuľke 4 môžeme konštatovať, že u skupiny suplementujúcej placebo po celý čas výskumu došlo len k jedinej signifikantne významnej zmene hodnôt po 4 týždňoch od začiatku aplikovania silovo-hypertroficky zameraného tréningového programu a to zmene parametru maximálnej sily v teste hlboký drep. Všetky zmeny somatických parametrov ostali pod úrovňou štatistickej významnosti.

## 6.2.2 Hodnotenie zmien placebo skupiny na konci výskumu

Tabuľka 5. Hodnotenie zmien subjektov placebo skupiny po 8 týždňoch v porovnaní so vstupným testovaním

<b>Premenná</b>	<b>Priemer ± SD</b>	<b><i>p</i></b>	<b><i>d</i></b>	<b>Klasifikácia <i>d</i></b>
Telesná hmotnosť [kg]	0,5 ± 0,6	0,050	0,11	Triviálna
Telesný tuk [%]	-0,2 ± 0,3	0,204	-0,11	Triviálna
Obvod paže [cm]	0,1 ± 0,3	0,522	0,06	Triviálna
Obvod pása [cm]	-0,6 ± 0,8	0,114	-0,20	Triviálna
Obvod stehna [cm]	0,4 ± 0,4	0,054	0,14	Triviálna
Obvod trupu [cm]	0,1 ± 0,6	0,670	0,05	Triviálna
Tlak na lavičke [kg]	4,0 ± 2,1	<b>0,001*</b>	0,41	Malá

Hlboký drep [kg]	7,0 ± 3,5	<b>0,000*</b>	0,37	Malá
------------------	-----------	---------------	------	------

*Poznámka:* SD – smerodajná odchýlka

*p* – hladina štatistickej významnosti

*d* – Cohenovo *d* (veľkosť účinku)

\* *p* < 0,05

Na základe výsledkov uvedených v tabuľke 5 môžeme konštatovať, že u skupiny suplementujúcej placebom po celý čas výskumu došlo k dvom signifikantne významným zmenám hodnôt na konci výskumného obdobia, teda po 8 týždňoch od jeho začiatku, kedy subjekty začali s aplikovaním silovo-hypertroficky zameraného tréningového programu a týmito zmenami sú oba parametre maximálnej sily, teda testy hlbokého drepu a tlaku na lavičke. Všetky zmeny somatických parametrov ostali pod úrovňou štatistickej významnosti.

### 6.3 Hodnotenie zmien maximálnej sily a somatických parametrov u kreatínovej skupiny

V tejto kapitole sú uvedené zmeny experimentálnej (kreatínovej) skupiny, ktorá aplikovala identický silovo-hypertroficky zameraný tréningový program ako aj kontrolná skupina, s tým rozdielom, že suplementovala kreatínom v týždňoch 1 až 4, s následnou suplementáciou placebom v týždňoch 5 až 8.

#### 6.3.1 Hodnotenie zmien kreatínovej skupiny v priebehu výskumu

Tabuľka 6. Hodnotenie rozdielov medzi zmenami u subjektov kreatínovej a placebo skupiny po 4 týždňoch v porovnaní so vstupným testovaním

Premenná	Priemer ± SD	<i>p</i>	<i>d</i>	Klasifikácia <i>d</i>
Telesná hmotnosť [kg]	0,7 ± 0,6	0,063	0,14	Triviálna
Telesný tuk [%]	-0,1 ± 0,3	0,610	-0,06	Triviálna
Obvod paže [cm]	0,3 ± 0,3	0,124	0,22	Malá

Obvod pása [cm]	-0,4 ± 0,8	0,479	-0,12	Triviálna
Obvod stehna [cm]	0,5 ± 0,4	0,110	0,16	Triviálna
Obvod trupu [cm]	0,8 ± 0,6	0,069	0,29	Malá
Tlak na lavičke [kg]	3,5 ± 2,1	<b>0,020*</b>	0,36	Malá
Hlboký drep [kg]	1,5 ± 3,5	0,505	0,08	Triviálna

*Poznámka:* SD – smerodajná odchýlka

*p* – hladina štatistickej významnosti

*d* – Cohenovo *d* (veľkosť účinku)

\*  $p < 0,05$

Na základe výsledkov uvedených v tabuľke 6 môžeme konštatovať, že jedinou štatisticky významnou zmenou medzi týmito dvoma skupinami bola hodnota maximálnej sily v teste tlaku na lavičke, kde sa kreatínová skupina signifikantne zlepšila v porovnaní s placebo skupinou. Zvyšné zmeny hodnôt nedosiahli štatistickej významnosti.

### 6.3.2 Hodnotenie zmien kreatínovej skupiny na konci výskumu

Tabuľka 7. Hodnotenie rozdielov medzi zmenami u subjektov kreatínovej a placebo skupiny po 8 týždňoch v porovnaní so vstupným testovaním

Premenná	Priemer ± SD	<i>p</i>	<i>d</i>	Klasifikácia <i>d</i>
Telesná hmotnosť [kg]	0,1 ± 0,6	0,703	0,03	Triviálna
Telesný tuk [%]	-0,1 ± 0,3	0,541	-0,07	Triviálna
Obvod paže [cm]	0,1 ± 0,3	0,733	0,05	Triviálna
Obvod pása [cm]	-0,3 ± 0,8	0,550	-0,10	Triviálna
Obvod stehna [cm]	0,7 ± 0,4	<b>0,027*</b>	0,23	Malá

Obvod trupu [cm]	0,3 ± 0,6	0,484	0,11	Triviálna
Tlak na lavičke [kg]	2,0 ± 2,1	0,159	0,21	Malá
Hlboký drep [kg]	3,0 ± 3,5	0,191	0,16	Triviálna

*Poznámka:* SD – smerodajná odchýlka

$p$  – hladina štatistickej významnosti

$d$  – Cohenovo  $d$  (veľkosť účinku)

\*  $p < 0,05$

Na základe výsledkov uvedených v tabuľke 7 môžeme konštatovať, že jedinou štatisticky významnou zmenou medzi týmito dvoma skupinami bola hodnota obvodu stehna, kde sa kreatínová skupina signifikantne zlepšila v porovnaní s placebo skupinou. Zvyšné zmeny hodnôt nedosiahli štatistickej významnosti.

## 6.4 Hodnotenie zmien pocíťovanej bolesti medzi skupinami

V tejto kapitole sú uvedené zmeny pocíťovanej bolesti na VAS škále medzi experimentálnou a kontrolnou skupinou.

### 6.4.1 Hodnotenie zmien pocíťovanej bolesti po tréningovej jednotke

Tabuľka 8. Hodnotenie rozdielov VAS škály po TJ medzi zmenami u subjektov kreatínovej skupiny a zmenami placebo skupiny v aktuálnom týždni v porovnaní s prvým týždňom

Týždeň	Priemer ± SD	$p$	$d$	Klasifikácia $d$
2	-1 ± 10	0,865	-0,20	Triviálna
3	-4 ± 10	0,223	-1,41	Veľká
4	-10 ± 10	<b>0,005*</b>	-3,27	Veľká
5	-5 ± 10	0,212	-1,52	Veľká

6	-4 ± 10	0,257	-1,31	Veľká
7	2 ± 10	0,559	0,68	Stredná
8	2 ± 10	0,492	0,79	Stredná

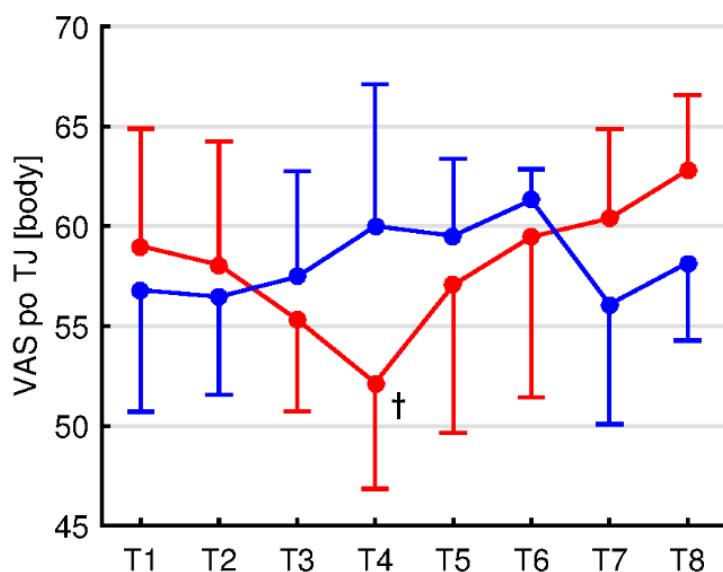
*Poznámka:* SD – smerodajná odchýlka

$p$  – hladina štatistickej významnosti

$d$  – Cohenovo  $d$  (veľkosť účinku)

\*  $p < 0,05$

Na základe výsledkov uvedených v tabuľke 8 môžeme konštatovať, že jediný štatisticky významný rozdiel v hodnotách medzi týmito dvoma skupinami nastal v 4. týždni výskumného obdobia, kde kreatínová skupina pociťovala signifikantne menšiu bolesť počas tréningovej jednotky ako placebo skupina. Pre správnu interpretáciu výsledkov týchto psychometrických dát však doplníme výsledky aj o graf (obrázok 1).



*Vysvetlivky:* červená farba – subjekty experimentálnej (kreatínovej) skupiny

modrá farba – subjekty kontrolnej (placebo) skupiny

† štatisticky významný rozdiel medzi zmenou u subjektov kreatínovej skupiny a zmenou u placebo skupiny

Obrázok 1. Hodnoty pociťovanej bolesti na VAS škále počas tréningovej jednotky v jednotlivých týždňoch



Na základe výsledkov znázornených na obrázku 1 je možné pozorovať klesajúcu tendenciu hodnôt pocítovanej bolesti u kreatínovej skupiny od začiatku (1. týždeň) suplementácie kreatínom až do doby ukončenia (4. týždeň) tejto suplementácie, kedy naopak hodnoty pocítovanej bolesti u kreatínovej skupiny majú stúpajúcu tendenciu. Ako už bolo spomenuté, signifikantnej významnosti rozdielov medzi skupinami však dosiahol len 4. týždeň.

#### 6.4.2 Hodnotenie zmien pocítovanej bolesti ráno na druhý deň po tréningovej jednotke

Tabuľka 9. Hodnotenie rozdielov VAS škály ráno na druhý deň po TJ medzi zmenami u subjektov kreatínovej skupiny a zmenami placebo skupiny v aktuálnom týždni v porovnaní s prvým týždňom

Týždeň	Priemer $\pm$ SD	<i>p</i>	<i>d</i>	Klasifikácia <i>d</i>
2	-2 $\pm$ 6	0,453	-1,89	Veľká
3	-4 $\pm$ 6	0,085	-4,39	Veľká
4	-6 $\pm$ 6	<b>0,003*</b>	-7,65	Veľká
5	-5 $\pm$ 6	<b>0,014*</b>	-6,62	Veľká
6	-1 $\pm$ 6	0,536	-1,57	Veľká
7	0 $\pm$ 6	0,877	0,640	Malá
8	-3 $\pm$ 6	0,121	-3,95	Veľká

*Poznámka:* SD – smerodajná odchýlka

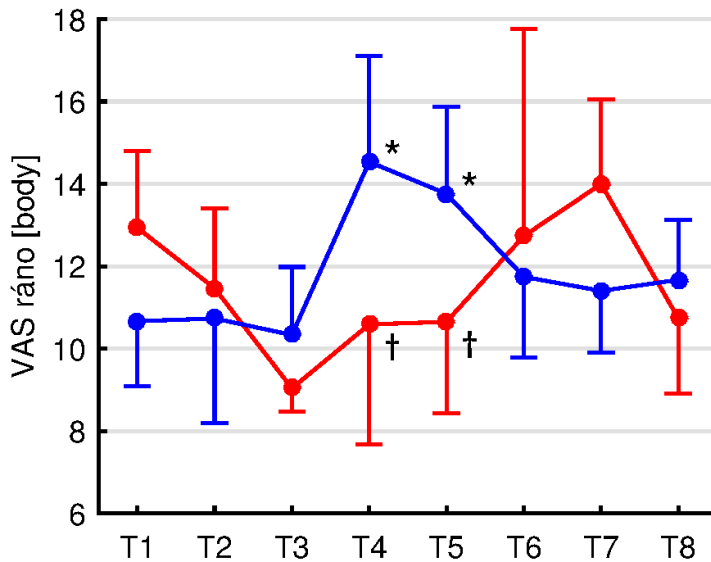
*p* – hladina štatistickej významnosti

*d* – Cohenovo *d* (veľkosť účinku)

\* *p* < 0,05

Na základe výsledkov uvedených v tabuľke 9 môžeme konštatovať, že štatisticky významné rozdiely v hodnotách medzi týmito dvoma skupinami nastali v 4. a 5. týždni

výskumného obdobia, kde kreatínová skupina vníma menšiu pociťovanú bolesť ráno na druhý deň po tréningovej jednotky ako placebo skupina. Pre správnu interpretáciu výsledkov týchto psychometrických dát však doplníme výsledky aj o graf (obrázok 2).



*Vysvetlivky:* červená farba – subjekty experimentálnej (kreatínovej) skupiny  
 modrá farba – subjekty kontrolnej (placebo) skupiny  
 † štatisticky významný rozdiel medzi zmenou u subjektov kreatínovej skupiny a zmenou u placebo skupiny  
 \* štatisticky významná zmena oproti vstupnému meraniu u placebo skupiny

Obrázok 2. Hodnoty pociťovanej bolesti na VAS škále ráno na druhý deň po tréningovej jednotke v jednotlivých týždňoch

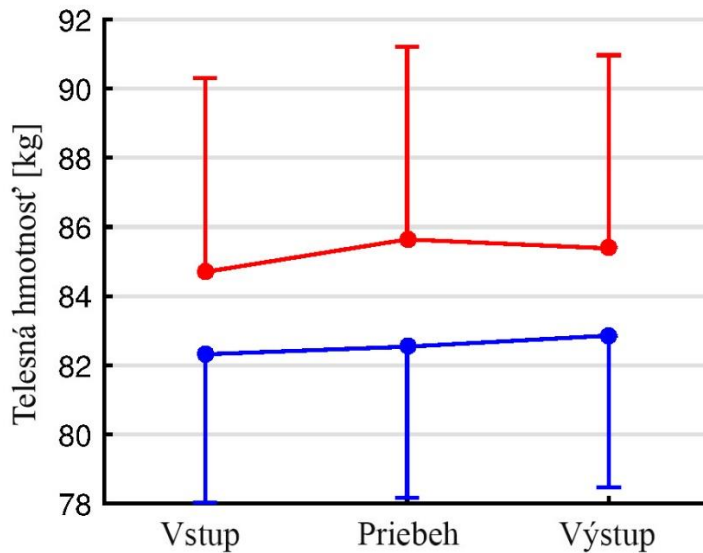
Na základe výsledkov znázornených na obrázku 2 je možné pozorovať klesajúcu tendenciu hodnôt pociťovanej bolesti u kreatínovej skupiny v prvých 3 týždňoch od začiatku suplementácie kreatínom s následnou stúpajúcou tendenciou v ďalších týždňoch (4 až 8), kde však 4. a 5. týždeň dosiahol, ako už bolo spomenuté, štatisticky významne nižšie hodnoty pociťovanej bolesti ako placebo skupina.

## 6.5 Zmeny hodnôt somatických parametrov

V tejto kapitole sú jednotlivo uvedené zmeny hodnôt nami skúmaných somatických parametrov subjektov oboch skupín a to konkrétne parametrov telesnej hmotnosti,

percenta telesného tuku, obvodu trupu, obvodu pása, obvodu pravej paže a obvodu pravého stehna.

### 6.5.1 Telesná hmotnosť

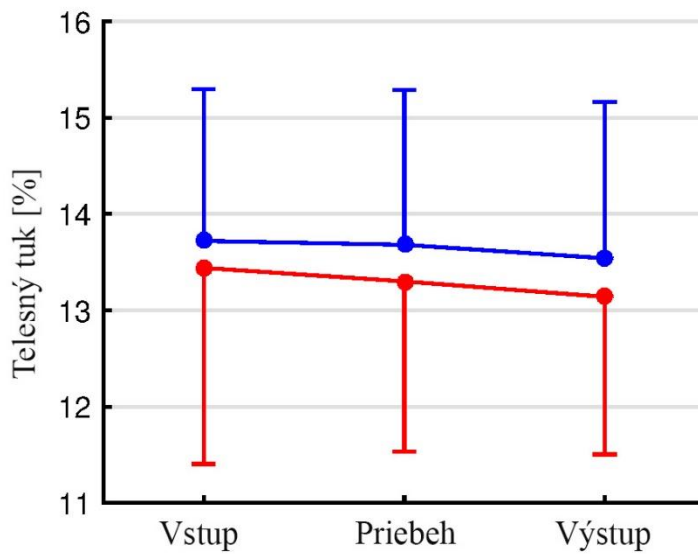


Vysvetlivky: červená farba – subjekty experimentálnej (kreatínovej) skupiny  
modrá farba – subjekty kontrolnej (placebo) skupiny

Obrázok 3. Zmeny hodnôt telesnej hmotnosti u oboch skupín pred začiatkom, po 4 týždňoch a po 8 týždňoch výskumného obdobia

Rozdiely medzi skupinami v parametre telesná hmotnosť nedosiahli signifikantnej významnosti.

### 6.5.2 Percento telesného tuku

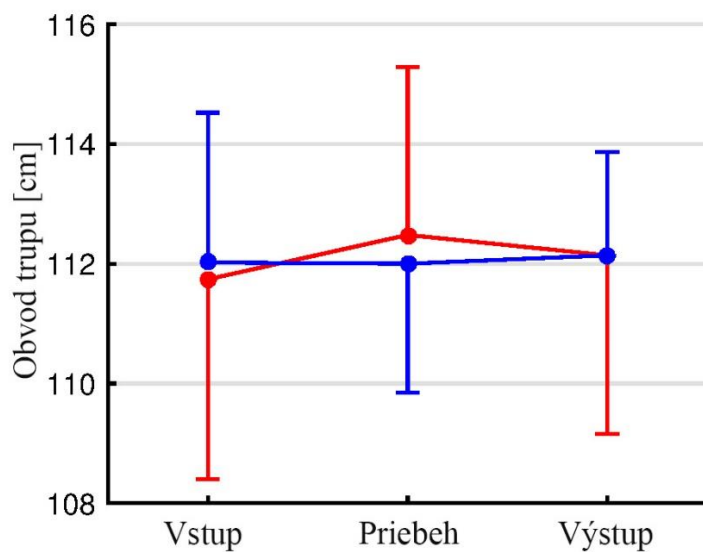


Vysvetlivky: červená farba – subjekty experimentálnej (kreatínovej) skupiny  
modrá farba – subjekty kontrolnej (placebo) skupiny

Obrázok 4. Zmeny hodnôt percenta telesného tuku u oboch skupín pred začiatkom, po 4 týždňoch a po 8 týždňoch výskumného obdobia

Rozdiely medzi skupinami v parametre percenta telesného tuku nedosiahli signifikantnej významnosti.

### 6.5.3 Obvod trupu

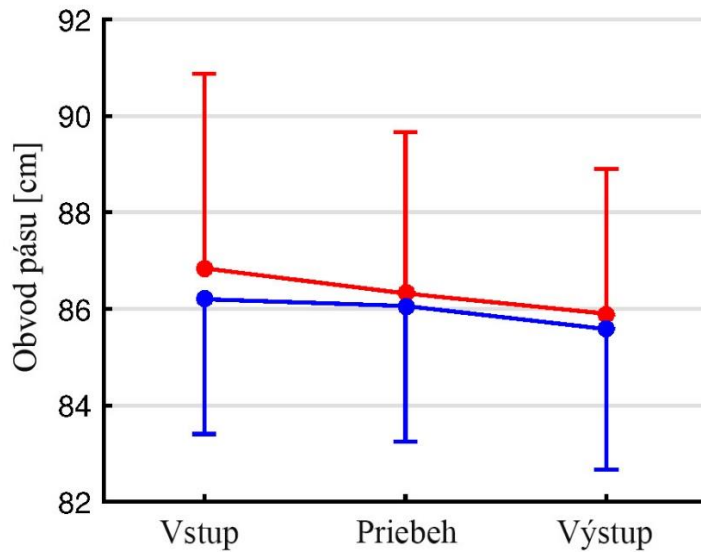


Vysvetlivky: červená farba – subjekty experimentálnej (kreatínovej) skupiny  
modrá farba – subjekty kontrolnej (placebo) skupiny

Obrázok 5. Zmeny hodnôt obvodu trupu u oboch skupín pred začiatkom, po 4 týždňoch a po 8 týždňoch výskumného obdobia

Rozdiely medzi skupinami v parametre obvodu trupu nedosiahli významnosti.

#### 6.5.4 Obvod pásu

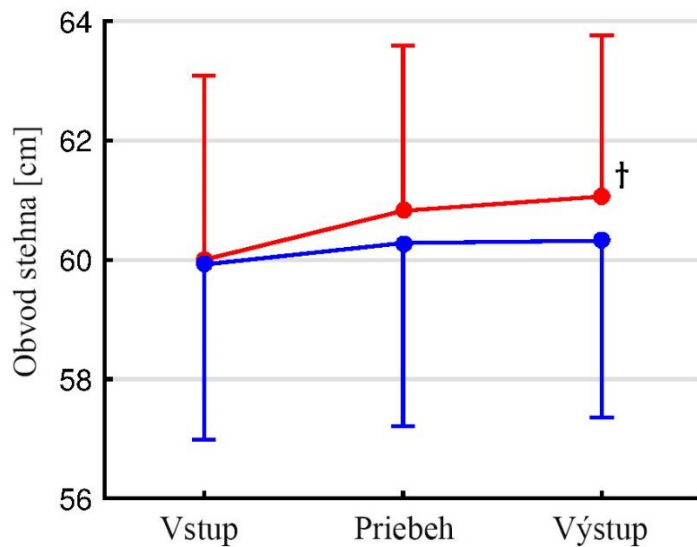


Vysvetlivky: červená farba – subjekty experimentálnej (kreatínovej) skupiny  
modrá farba – subjekty kontrolnej (placebo) skupiny

Obrázok 6. Zmeny hodnôt obvodu pásu u oboch skupín pred začiatkom, po 4 týždňoch a po 8 týždňoch výskumného obdobia

Rozdiely medzi skupinami v parametre obvodu pásu nedosiahli významnosti.

### 6.5.5 Obvod stehna

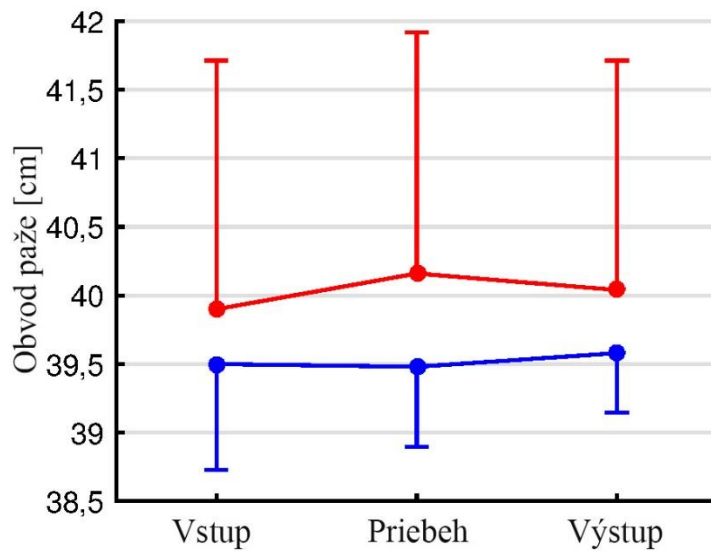


*Vysvetlivky:* červená farba – subjekty experimentálnej (kreatínovej) skupiny  
modrá farba – subjekty kontrolnej (placebo) skupiny  
† štatisticky významný rozdiel medzi zmenou u subjektov kreatínovej skupiny a zmenou u placebo skupiny

Obrázok 7. Zmeny hodnôt obvodu stehna u oboch skupín pred začiatkom, po 4 týždňoch a po 8 týždňoch výskumného obdobia

Na základe výsledkov znázornených na obrázku 7 môžeme konštatovať, že zmena hodnôt parametru obvodu stehna dosiahol signifikantnej významnosti na konci výskumného obdobia v prospech experimentálnej (kreatínovej) skupiny.

### 6.5.6 Obvod paže



Vysvetlivky: červená farba – subjekty experimentálnej (kreatínovej) skupiny  
modrá farba – subjekty kontrolnej (placebo) skupiny

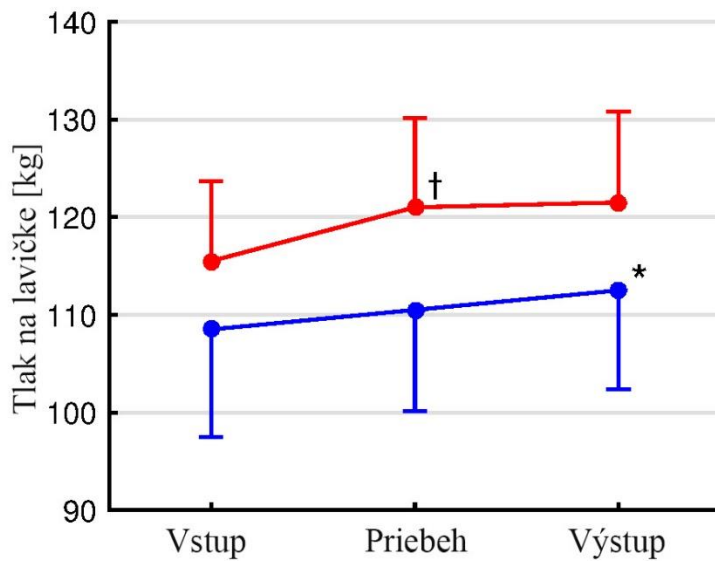
Obrázok 8. Zmeny hodnôt obvodu paže u oboch skupín pred začiatkom, po 4 týždňoch a po 8 týždňoch výskumného obdobia

Rozdiely medzi skupinami v parametre obvodu paže nedosiahli signifikantnej významnosti.

### 6.6 Zmeny hodnôt maximálnej sily

V tejto kapitole sú jednotlivo uvedené zmeny hodnôt maximálnej sily subjektov oboch skupín pomocou nami určených testov na zistenie úrovne maximálnej sily trupu (tlak na lavičke) a dolných končatín (hlboký drep).

### 6.6.1 Tlak v ľahu na vodorovnej lavici s obojručnou ěinkou



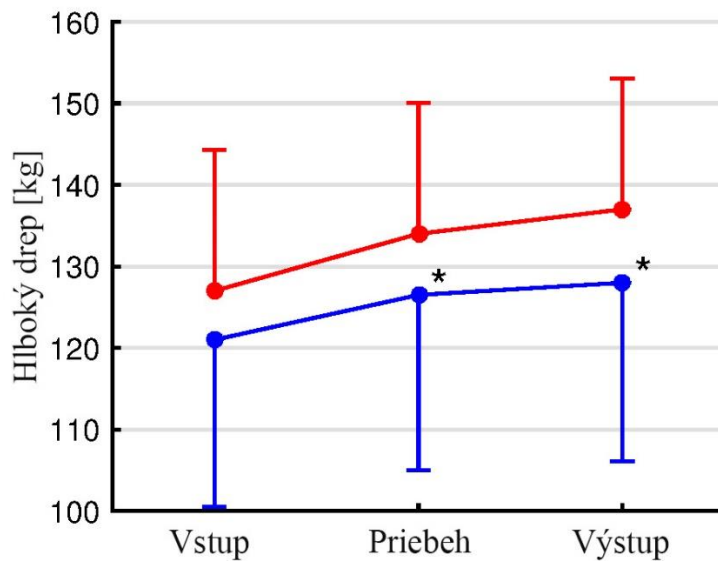
*Vysvetlivky:* ěervená farba – subjekty experimentálnej (kreatínovej) skupiny  
modrá farba – subjekty kontrolnej (placebo) skupiny  
† štatisticky významný rozdiel medzi zmenou u subjektov kreatínovej skupiny a zmenou u placebo skupiny  
\* štatisticky významná zmena oproti vstupnému meraniu u placebo skupiny

Obrázok 9. Zmeny hodnôt maximálnej sily v teste tlaku na lavičke u oboch skupín pred začiatkom, po 4 týždňoch a po 8 týždňoch výskumného obdobia

Na základe výsledkov znázornených na obrázku 9 môžeme konštatovať, že experimentálna skupina sa signifikantne významne zlepšila oproti kontrolnej skupine v parametre maximálnej sily trupu v teste tlaku na lavičke v priebežnom testovaní (po 4 týždňoch), teda v čase, kedy suplementovala kreatínom. Avšak na konci výskumného obdobia, teda po ukončení suplementácie kreatínom experimentálna skupina už nevykazovala signifikantne lepšie hodnoty ako kontrolná skupina. Ćo sa týka kontrolnej skupiny, je dôležité poznamenať, že aj napriek absencii suplementácie kreatínom, táto placebo skupina dosiahla signifikantne významné zlepšenie v parametre maximálnej sily trupu v teste tlaku na lavičke na konci výskumného obdobia.



### 6.6.2 Hlboký drep s obojručnou činkou za hlavou



Vysvetlivky: červená farba – subjekty experimentálnej (kreatínovej) skupiny  
modrá farba – subjekty kontrolnej (placebo) skupiny  
\* štatisticky významná zmena oproti vstupnému meraniu u placebo skupiny

Obrázok 10. Zmeny hodnôt maximálnej sily v teste hlbokého drepu u oboch skupín pred začiatkom, po 4 týždňoch a po 8 týždňoch výskumného obdobia

Na základe výsledkov znázornených na obrázku 10 môžeme konštatovať, že experimentálna skupina nezaznamenala signifikantné zlepšenie oproti kontrolnej skupine v parametre maximálnej sily dolných končatín v teste hlbokého drepu ani v priebežnom, ani v testovaní na konci výskumného obdobia. Čo sa týka kontrolnej skupiny, je dôležité poznamenať, že aj napriek absencii suplementácie kreatínom, táto placebo skupina dosiahla signifikantne významné zlepšenie v parametre maximálnej sily dolných končatín v teste hlbokého drepu ako aj v priebežnom tak aj v testovaní na konci výskumného obdobia.

### 6.7 Výskumné otázky

Dôjde k signifikantnému zvýšeniu silových schopností u experimentálnej skupiny v porovnaní s kontrolnou skupinou po 4 týždňoch suplementácie kreatínom?

Na základe získaných výsledkov môžeme konštatovať, že došlo k signifikantnému zvýšeniu silových schopností u experimentálnej skupiny v porovnaní s kontrolnou skupinou v teste tlaku v ľahu na vodorovnej lavici s obojručnou činkou, kedy sa kreatínová skupina zlepšila v priemere o 3,5 kg ( $p = 0,020$ ) oproti placebo skupine. Zlepšenie kreatínovej skupiny v teste hlbokého drepu s obojručnou činkou za hlavou v porovnaní s placebo skupinou však nedosiahlo štatistickej významnosti.

K akým zmenám somatických parametrov dôjde u experimentálnej skupiny v porovnaní s kontrolnou skupinou po 4 týždňoch suplementácie kreatínom?

Na základe získaných výsledkov môžeme konštatovať, že experimentálna skupina po 4 týždňoch suplementácie kreatínom nedosiahla signifikantne významných rozdielov v hodnotách somatických parametrov (telesná hmotnosť, percento telesného tuku, obvod trupu, obvod pása, obvod stehna a obvod paže) v porovnaní s kontrolnou skupinou.

K akým zmenám silových schopností dôjde u experimentálnej skupiny na konci výskumného obdobia v súvislosti s ukončením suplementácie kreatínom?

Na základe získaných výsledkov sa zdá, že ukončenie suplementácie kreatínom čiastočne ovplyvnilo silové schopnosti, pretože signifikantný rozdiel, ktorý dosiahla experimentálna skupina počas suplementácie kreatínom v teste tlaku na lavičke v porovnaní s kontrolnou skupinou už nedosahoval signifikantnej významnosti 4 týždne po ukončení suplementácie. V teste hlbokého drepu experimentálna skupina nedosiahla signifikantné rozdiely oproti kontrolnej skupine a preto nie je možné merať vplyv ukončenia suplementácie na silové schopnosti dolných končatín. Avšak na základe grafov (obrázok 9 a 10) je možné vidieť, miera zlepšenia jednak v teste tlaku na lavičke ako aj v teste hlbokého drepu bola väčšia za obdobie kedy experimentálna skupina suplementovala kreatínom, ako za obdobie kedy bola suplementácia nahradená placebom.

K akým zmenám somatických parametrov dôjde u experimentálnej skupiny na konci výskumného obdobia v súvislosti s ukončením suplementácie kreatínom?

Na základe získaných výsledkov sa nedá jasne určiť vplyv ukončenia suplementácie kreatínom na zmeny somatických parametrov, pretože ani jeden pozorovaný somatický parameter u experimentálnej skupiny nedosiahol štatistickej významnosti v porovnaní s kontrolnou skupinou počas obdobia suplementácie kreatínom. Zaujímavým faktom ale

ostáva, že po ukončení suplementácie sa významne zmenil parameter obvodu stehna v prospech experimentálnej skupiny v porovnaní s kontrolnou skupinou.

Ovplyvní suplementácia kreatínom subjektívne vnímanie bolesti počas a po tréningovej jednotke?

Na základe získaných výsledkov sa zdá, že suplementácia kreatínom by mohla mať potenciálny priaznivý účinok na subjektívne vnímanie bolesti počas tréningovej jednotky ako aj ráno na druhý deň po tréningovej jednotke.

## 7 DISKUSIA

Po spracovaní dát získaných počas výskumného obdobia sme sa dostali k značnému množstvu výsledkov, ktoré sme interpretovali v predchádzajúcej kapitole. Pre lepšie pochopenie získaných výsledkov je však potrebné vziať do súvislostí znalosti, ktoré boli načrtnuté v teoretickej časti diplomovej práce.

Výskumná časť diplomovej práce implementovala dva metodotvorné činitele. Prvým bol silovo-hypertroficky zameraný tréningový program. Je dlho známym faktom, že periodizovaný tréningový program na rozvoj silových schopností skutočne vedie k zlepšeniu atribútov svalovej sily (Branch, 2003). Znalosť tohto faktu je potrebná k pochopeniu výsledkov nášho výskumu. Druhým metodotvorným činiteľom a zároveň experimentálnym činiteľom bola suplementácia kreatínom. Na základe faktu, že všetky subjekty výskumného súboru aplikovali už spomenutý tréningový program, predpokladali sme, že eventuálne dôjde k zvýšeniu úrovne maximálnej sily ako aj zlepšeniu somatických parametrov v experimentálnej ako aj kontrolnej skupine. Naše sústredenie bolo teda zamerané na význam suplementácie kreatínom v tomto procese, avšak bez toho aby sme zanevreli na vyhodnotenie dát aj u kontrolnej skupiny. Po spracovaní výsledkov sme teda prišli k viacerým záverom.

Vďaka použitým testom na zistenie maximálnej sily môžeme výsledky rozdeliť na maximálnu silu vrchnej časti trupu a maximálnu silu dolných končatín. V teste tlaku v ľahu na vodorovnej lavici s obojručnou činkou sme prišli k záverom, že experimentálna (kreatínová) skupina dosiahla signifikantne významnú zmenu oproti kontrolnej (placebo) skupine v priebežnom testovaní, teda v čase kedy suplementovala kreatínom. Zlepšenie v parametre maximálnej sily vrchnej časti trupu bolo v priemere o 3,5 kg väčšie v porovnaní s placebo skupinou. Nás však zaujímalo aj to, aký vplyv na tieto zmeny bude mať ukončenie suplementácie a preto sme testovanie zopakovali aj na konci výskumného obdobia, teda po 4 týždňoch od ukončenia suplementácie. V tejto perióde, experimentálna skupina stále hodnotovo prevyšovala kontrolnú skupinu, v priemer o 2 kg, avšak tento výsledok nedosiahol štatistickej významnosti. Za zmienku stojí aj fakt, že kontrolná skupina dosiahla na konci výskumného obdobia (po 8 týždňoch) signifikantne významné zlepšenie (v priemere o 4 kg) v porovnaní s východiskovými hodnotami pred začiatkom hlavnej časti výskumu. Na základe týchto výsledkov sa teda zdá, že periodizovaný silovo-hypertroficky zameraný tréningový program jednoznačne vedie k zlepšeniu výkonu

maximálnej sily vrchnej časti trupu. Na základe nami dosiahnutých výsledkov sa ďalej zdá, že suplementácia kreatínom v kombinácií so spomenutým typom tréningu vedie k signifikantne významne lepšiemu rozvoju maximálnej sily vrchnej časti trupu. Avšak na základe faktu, že výsledky experimentálnej skupiny po 4 týždňoch od ukončenia suplementácie kreatínom už nedosiahli signifikantnej významnosti v porovnaní s kontrolnou skupinou sa môžeme domnievať, že možné zlepšenie rozvoja maximálnej sily vrchnej časti trupu platí len v období suplementovania kreatínovým doplnkom výživy, a po jeho ukončení je rozdiel medzi suplementujúcimi a nesuplementujúcimi jedincami signifikantne nevýznamný.

Čo sa týka rozvoja maximálnej sily dolných končatín, ktorý sme skúmali testom hlbokého drepu s obojručnou činkou za hlavou, dospeli sme k čiastočne odlišným výsledkom v porovnaní s maximálnou silou vrchnej časti trupu. Rovnako ako aj v teste tlaku na lavičke, kontrolná skupina dosiahla signifikantne významného rozvoja silových schopností aj v teste zameranom na maximálnu silu dolných končatín, tentokrát však dosiahla signifikantne významné výsledky už po 4 týždňoch (zlepšenie v priemere o 5,5 kg oproti východiskovým hodnotám), ktoré potvrdila aj po 8 týždňoch (zlepšenie v priemere o 7,0 kg oproti východiskovým hodnotám), opäť so signifikantnou významnosťou. Experimentálna skupina však tentokrát nedosiahla signifikantne významného zlepšenia oproti kontrolnej skupine ani v priebežnom ani vo výstupnom testovaní, kedy sa zlepšila v priemere len o 1,5 kg v priebežnom a o 3 kg vo výstupnom testovaní oproti placebo skupine. Na základe týchto výsledkov môžeme teda opäť konštatovať, že periodizovaný silovo-hypertroficky zameraný tréningový program jednoznačne vedie k zlepšeniu výkonu maximálnej sily dolných končatín. Tentokrát sa však zdá, že suplementácia kreatínom v kombinácií so daným typom tréningového programu neprináša signifikantne významné zlepšenie oproti samotnej aplikácii tréningového programu. Čo sa týka vplyvu ukončenia suplementácie kreatínom na hodnoty maximálnej sily dolných končatín, tento parameter nie je možné zhodnotiť, keďže experimentálna skupina nedosiahla štatisticky významné zlepšenie oproti placebo skupine v perióde, kedy kreatínom suplementovala.

Nami dosiahnuté výsledky v parametroch maximálnej sily sa teda čiastočne zhodujú s rozsiahlymi závermi odbornej literatúry na toto téma. Konštatovanie Kreidera (2003), že kreatín v kombinácií s odporovým tréningom vedie k signifikantnému nárastu v silových schopnostiach sme potvrdili aj našimi výsledkami. Avšak, to, že suplementácia kreatínom je tým kľúčovým faktorom v náraste silových schopností, sme až tak

jednoznačne neboli schopný potvrdiť, keďže naše výsledky ukazujú len na signifikantné zlepšenie v teste na maximálnu silu vrchnej časti trupu, bez signifikantného zlepšenia v teste na maximálnu silu dolných končatín u experimentálnej skupiny v porovnaní s kontrolnou skupinou. Tieto naše zistenia sú teda v rozpore so zisteniami autorov (Bemben et al., 2010, Dempsey et al., 2002; Tarnopolsky et al., 2007), ktorí pozorovali nárast maximálnej sily nie len v teste vrchnej časti trupu, čo sa podarilo aj nám, ale aj v teste dolných končatín. Čo sa týka vplyvu ukončenia suplementácie na dosiahnuté zlepšenie silových schopností, tento fakt nie je možné porovnať s inými zdrojmi, pretože sme sa v odbornej literatúre nedohľadali k spomínanému poznatku.

Výskum našej diplomovej práce taktiež obsahoval meranie hodnôt somatických parametrov testovaných subjektov. Nami sledované somatické parametre boli telesná hmotnosť, percento telesného tuku, obvod paže, obvod pása, obvod stehna a obvod trupu. Kontrolná skupina sa len vďaka vykonávaniu tréningového programu zlepšila v takmer všetkých hodnotách, avšak ani jeden z výsledkov nedosiahol štatistickej významnosti. Experimentálna skupina zaznamenala mierne lepšie hodnoty po 4 týždňoch suplementácie kreatínom v kombinácii s odporovým tréningom, keď zvýšila telesnú hmotnosť v priemere o 0,9 kg (placebo 0,2 kg), znížila percento tuku o -0,1 kg (placebo -0,0 kg), zväčšila obvodové parametre pravej paže o 0,3 cm (placebo 0,0 cm), pravého stehna o 0,9 cm (placebo 0,4 cm), trupu o 0,8 cm (placebo 0,0 cm) a zmenšila obvodový parameter pása o -0,5 cm (placebo -0,1 cm). Avšak ani jeden zo spomenutých somatických parametrov nedosiahol štatistickej významnosti. Navyše, po ukončení suplementácie kreatínom sa vyššie uvedené rozdiely medzi skupinami zmenšili. Zaujímavým poznatkom je však fakt, že aj napriek tomu, že kreatínová skupina nedosiahla signifikantne významné zmeny oproti placebo skupiny v čase, keď skutočne kreatínom suplementovala, po ukončení suplementácie sa táto skupina signifikantne významne odlišovala v obvodovom parametre pravého stehna od kontrolnej skupiny, kedy dosiahla v priemere o 0,7 cm ( $p = 0,027$ ) väčší priemer v obvode stehna. Nami získané výsledky zmien somatických parametrov vplyvom suplementácie kreatínom sú teda štatisticky nevýznamné a môžeme sa nimi prikloniť k autorom ako Hoffman et al. (2006) či Kresta et al. (2014), ktorí taktiež nezaznamenali signifikantne významné rozdiely medzi skupinami, kde obe vykonávali odporový tréningu, avšak jedna suplementovala kreatínom a druhá placebo.

Posledným skúmaným faktorom v nadväznosti na suplementáciu kreatínom bola vnímaná bolesť počas tréningovej jednotky a vnímaná bolesť ráno na druhý deň po

tréningovej jednotke. Čo sa týka pociťovanej bolesti počas tréningovej jednotky, podľa tabuľky 8, jediným štatisticky významným týždňom bol 4. týždeň vo výskumnom období, kedy kreatínová skupina pociťovala signifikantne menšiu bolesť oproti kontrolnej skupine počas vykonávania nami určeného odporového tréningu. Avšak na základe grafu (obrázok 1), je možné vidieť klesajúcu tendenciu vnímanej bolesti subjektov experimentálnej skupiny od začiatku suplementácie kreatínom až do doby, kedy bola suplementácia ukončená, kedy naopak začína pociťovaná bolesť rásť týždeň po týždni. Aj napriek tomu, že tieto výsledky nedosiahli okrem jedného týždňa signifikantnej významnosti, stojí za zváženie, či si tieto psychometrické dáta nezaslúžia viac pozornosti. Hodnoty pociťovanej bolesti ráno na druhý deň po tréningovej jednotke majú podobnú trajektóriu, kde hodnoty pociťovanej bolesti kreatínovej skupiny opäť klesali prvé 3 týždne od začiatku suplementácie. Aj napriek faktu, že po 3. týždni začali hodnoty mierne stúpať, práve 4. a 5. týždeň dosiahli štatisticky významného rozdielu oproti kontrolnej skupine.

Napriek tomu, že štatistická významnosť nehovorí v prospech pozitívneho vplyvu suplementácie kreatínom na pociťovanú bolesť, na základe grafov (obrázok 1 a 2) sa môžeme nazdávať, že suplementácia kreatínom by mohla mať pozitívny efekt na vnímanú bolesť počas tréningovej jednotky ako aj ráno na druhý deň po tréningovej jednotke. Je však dôležité poznamenať, že východiskové hodnoty oboch skupín pred začiatkom hlavného výskumného obdobia sa od seba štatisticky významne líšili v parametre pociťovanej bolesti ráno na druhý deň po tréningovej jednotke. Ďalej, nami zistené výsledky sme neboli schopní porovnať s inými zdrojmi, pretože sme sa k podobným poznatkom vplyvu suplementácie kreatínu na pociťovanú bolesť v odbornej literatúre nedohľadali.

## **Limity práce**

Autor si je vedomý možných limitov práce spojených s výskumnou časťou diplomovej práce. Autor si uvedomuje, že nízky počet subjektov ( $n = 10$ ) vo výskumnom súbore mohol do značnej miery ovplyvniť dosiahnuté výsledky. Pretože, ako uvádzajú Greenhaff (1997) a Rawson et al. (2011), niektorí jedinci na suplementáciu kreatínom nereagujú, čo pri nízkom počte subjektov experimentálnej skupiny ( $n = 5$ ) mohlo viesť ku skresleným výsledkom.

Na dosiahnutie relevantnejších výsledkov by mal budúci výskum podobný nášmu obsahovať väčšie množstvo subjektov.

Taktiež, na základe informácií získaných počas písania teoretického časti diplomovej práce sa autor dostal k poznatkom, že pokles zásob kreatínu na východiskovú úroveň nastáva približne 4 až 6 týždňov po ukončení suplementácie (Candow et al., 2004; Vandenberghe et al., 1997). Z tohto dôvodu, jeden zo skúmaných parametrov, a to vplyv ukončenia suplementácie kreatínom na zmeny silových schopností a somatických parametrov mohol byť zle metodicky sledovaný.

Na dosiahnutie relevantnejších výsledkov by mal preto budúci výskum podobný nášmu sledovať spomínané parametre v dlhšom časovom horizonte ako tomu bolo v našom výskume.



## 8 ZÁVERY

Stanované ciele a položené výskumné otázky smerovali náš výskum smerom k ich naplneniu a objasneniu. Následne po štatistickom spracovaní nadobudnutých dát sme sa dostali k nasledovným záverom.

Náš silovo-hypertroficky zameraný tréningový program viedol k signifikantne významnému nárastu maximálnej sily vrchnej časti trupu aj dolných končatín v oboch výskumných skupinách.

Tento silovo-hypertroficky zameraný tréningový program v kombinácii so suplementáciou kreatínom viedol k signifikantne významnému nárastu maximálnej sily vrchnej časti trupu v teste tlaku v ľahu na vodorovnej lavici s obojručnou činkou v porovnaní s aplikáciou len samotného už spomenutého tréningového programu.

Dosiahnutý štatisticky významný rozdiel maximálnej sily vrchnej časti trupu medzi skupinami, v prospech kreatínovej, v teste tlaku v ľahu na vodorovnej lavici s obojručnou činkou klesol pod úroveň štatistickej významnosti 4 týždne po ukončení suplementácie kreatínom.

Kombinácia silovo-hypertroficky zameraného tréningového programu a suplementácie kreatínom nespôsobila štatisticky významný rozdiel maximálnej sily v teste hlbokého drepu s obojručnou činkou za hlavou v porovnaní len so samotnou aplikáciou už spomenutého tréningového programu.

Samotný silovo-hypertroficky zameraný tréningový program nespôsobil štatisticky významného zmeny skúmaných somatických parametrov (telesná hmotnosť, percento telesného tuku, obvod trupu, obvod pása, obvod stehna, obvod paže). Dodatočne, suplementácia kreatínom v kombinácii s týmto typom tréningového programu taktiež nedosiahla štatisticky významné zmeny skúmaných somatických parametrov v porovnaní so samotným tréningovým programom.

Výsledky psychometrických dát vnímanej bolesti počas tréningovej jednotky a ráno na druhý deň po tréningovej jednotke naznačili možné potencionálne pozitívne účinky suplementácie kreatínom v tomto parametre, avšak na základe výsledkov štatistickej významnosti týchto dát nie je možné vyvodit' jednoznačné závery.

Aj napriek tomu, že nami dosiahnuté výsledky neodrážali všetky poznatky iných autorov, ktorí opisujú výrazne účinky suplementácie kreatínom nie len na silové schopnosti ale aj na zmeny telesného zloženia, sme presvedčení, že kreatín v kombinácii

s odporovým tréningom môže byť bezpečný a nápomocný doplnok výživy širokej škále jedincov zainteresovaných v rozličných druhoch športov, v rôznych smeroch ich športového výkonu.

Ďalším výskumom podobným nášmu môžeme odporučiť dodatočné skúmanie vplyvu suplementácie kreatínom na pociťovanú bolesť počas a po tréningovej jednotke a taktiež skúmanie vplyv ukončenia suplementácie na zmeny dosiahnutých hodnôt počas suplementácie.

## 9 SÚHRN

Táto diplomová práca vznikla na základe autorovho záujmu o športový tréning, konkrétne o tréning zameraný na rozvoj maximálnej sily, s prvkami z hypertrofického typu tréningu. Tento záujem u autora podnietil otázku, aký doplnok výživy, z toľkého množstva aké je promované predajcami, je naozaj schopný zlepšiť športový výkon a podporiť pozitívne zmeny telesného zloženia bez akejkoľvek negatívnej stránky spojenej s užívaním daného suplementu. Na základe rešerše na danú tému, autor dospel k poznatku, že takýmto suplementom by mohol byť práve kreatín monohydrát. Cieľ diplomovej práce bol v ten moment stanovený.

Výskumný súbor ( $n = 10$ ), pozostávajúci z mladých mužov so skúsenosťami s odporovým tréningom bol rozdelený na skupinu suplementujúcou kreatínom ( $n = 5$ ) a skupinu suplementujúcou placebom ( $n = 5$ ). Obe skupiny začali s vykonávaním periodizovaného silovo-hypertroficky zameraného tréningového programu po dobu 8 týždňov. Tesne pred, v priebehu (po 4 týždňoch) a na konci tejto 8 týždňovej periódy boli vykonané zbery dát. Po štatistickom spracovaní získaných dát sme dospeli k výsledkom a záverom, ktoré sú v kontexte s inými publikáciami odbornej literatúry podrobne vyhodnotené a diskutované v predchádzajúcich kapitolách.

## 10 SUMMARY

This master thesis was based on the author's interest in sports training, specifically training specialized in development of maximal strength, with elements of hypertrophy training. This interest in the author aroused the question of what dietary supplement, out of so many promoted by sellers, is really capable of improving sport performance and encourage positive changes in body composition without any negative side of the supplement. Based on the research on the subject, author has come to the conclusion that such a supplement could be creatine monohydrate. Aim of the thesis was set in that moment.

Study sample ( $n = 10$ ) consisting of young men experienced in resistance training, was divided into a creatine supplementing group ( $n = 5$ ) and a placebo supplementing group ( $n = 5$ ). Both group began to perform periodized strength-hypertrophy specialized training program for length of 8 weeks. Data collection was performed just before, during (after 4 weeks) and at the end of this 8 week period.. After the statistical processing of the obtained data, we have came the results and conclusions, which are, in the context of other literature publications, evaluated in detail and discussed in the previous chapters.

## 11 REFERENČNÝ ZOZNAM

- Aedma, M., Timpmann, S., Lätt, E., & Ööpik, V. (2015). Short-term creatine supplementation has no impact on upper-body anaerobic power in trained wrestlers. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 12. doi: 10.1186/s12970-015-0107-6
- Allen, P. J. (2012). Creatine metabolism and psychiatric disorders: Does creatine supplementation have therapeutic value? *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 36(5), 1442-1462. doi: 10.1016/j.neubiorev.2012.03.005
- Antonio, J., & Ciccone, V. (2013). The effects of pre versus post workout supplementation of creatine monohydrate on body composition and strength. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 10(36). doi: 10.1186/1550-2783-10-36
- Balsom, P., Soderlund, K., & Ekblom, B. (1994). Creatine in humans with special reference to creatine supplementation. *Sports Medicine*, 18, 268-280.
- Becque, M. D., Lochmann, J. D., & Melrose, D. R. (2000). Effects of oral creatine supplementation on muscular strength and body composition. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32, 654-658.
- Bemben, M. G., Bemben, D. A., Loftiss, D. D., & Knehans, A. W. (2001). Creatine supplementation during resistance training in college football athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(10), 1667-1673.
- Bemben, M. G., & Lamont, H. (2005) Creatine supplementation and exercise performance: recent findings. *Sport Medicine*, 35, 107-125.
- Bemben, M. G., Witten, M. S., Carter, J. M., Eliot, K. A., Knehans, A. W., & Bemben, D. A. (2010). The effects of supplementation with creatine and protein on muscle strength following a traditional resistance training program in middle-aged and older men. *The Journal of Nutrition, Health and Aging*, 14(2), 155-159.
- Bizzarini, E., & De Angelis, L. (2004). Is the use of oral creatine supplementation safe?. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 44, 411-416.
- Bogdanis, G. C., Nevill, M. E., Boobis, L. H., Lakomy, H. K. (1996). Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. *Journal of Applied Physiology*, 80(3), 876-884.

- Branch, J. D. (2003). Effect of creatine supplementation on body composition and performance: A meta-analysis. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *13*, 198-226.
- Brenner, M., Rankin, J., & Sebolt, D. (2000). The effect of creatine supplementation during resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *14*(2), 213-226. doi:10.2147/OAJSM.S123529.eCollection 2017
- Brilla, L., Giroux, M., Taylor, A., & Knutzen, K. (2003). Magnesium-creatine supplementation effects on body water. *Metabolism*, *52*(9), 1136-1140. doi.org:10.1016/S00260495(03)00188-4
- Brosnan, J. T., da Silva, R. P., & Brosnan, M. E. (2011). The metabolic burden of creatine synthesis. *Amino Acids*, *40*, 1325-1331.
- Brunzel, N. A. (2003). Renal function: Nonprotein nitrogen compounds, function tests, and renal disease. *Clinical Chemistry*, *1*, 373-399.
- Buford, T. W., Kreider, R. B., Stout, J. R., & Greenwood, M. (2007). International society of sports nutrition position stand: Creatine supplementation and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *4*(6). doi: 10.1186/1550-2783-4-6
- Burke, D. G., Candow, D.G., Chilibeck, P. D., MacNeil, L. G., Roy, B. D., Tarnopolsky, M. A., & Ziegenfuss, T. (2008). Effect of creatine supplementation and resistance-exercise training on muscle insulin-like growth factor in young adults. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *18*, 389-398.
- Burke, D. G., Chilibeck, P. D., Parise, G., Candow, D. G., Mahoney, D., & Tarnopolsky, M. (2003). Effect of creatine and weight training on muscle creatine and performance in vegetarians. *Journal of Medicine and Science in Sports and Exercise*, *35*(11), 1946-1955.
- Burke, D. G., Smith-Palmer, T., Holt, L. E., Head, B., & Chilibeck, P. D. (2001). The effect of 7 days of creatine supplementation on 24-hour urinary creatine excretion. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *15*, 59-62.
- Candow, D. G., Chilibeck, P. D., Chad, K. E., Chrusch, M. J., Davison, K. S., & Burke, D. G. (2004). Effect of ceasing creatine supplementation while maintaining resistance training in older men. *Journal of Aging and Physical Activity*, *12*, 219-31.

- Candow, D. G., Zello, G. A., Ling, B., Farthing, J. P., Chilibeck, P. D., McLeod, K., Harris, J., & Johnson, S. (2014). Comparison of creatine supplementation before versus after supervised resistance training in healthy older adults. *Research in Sports Medicine, 22*(1), 61-74.
- Cooper, R., Naclerio, F., Allgrove, J., & Jimenez, A. (2012). Creatine Supplementation with specific view to exercise/sports performance: an update. *Journal of the International Society of Sports Nutrition, 9*(33). doi: 10.1186/1550-2783-9-33
- Cribb, P. J., & Hayes, A. (2006). Effects of supplement timing and resistance exercise on skeletal muscle hypertrophy. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 38*(11), 1918-25.
- Čelikovský, S., et al. (1990). *Antropomotorika pro studující tělesnou výchovu*. Praha: SPN.
- Dalbo, V., Roberts, M., Stout, J., & Kerksick, C. (2008). Putting to rest the myth of creatine supplementation leading to muscle cramps and dehydration. *British Journal of Sports Medicine, 42*, 567-573.
- Delavier, F. (2008). *Posilování – anatomický průvodce*. České Budejovice: Kopp.
- DeLorme, T. L. (1945). Restoration of muscle power by heavy resistance exercises. *The Journal of Bone and Joint Surgery, 27*(4), 645-667.
- Dempsey, R., Mazzone, & M., Meurer, L. (2002). Does oral creatine supplementation improve strength? A meta-analysis. *The Journal of Family Practice, 51*, 945-951.
- Dovalil, J. (2002). Kondiční příprava. In J. Dovalil et al., *Výkon a trénink ve sportu*. Praha: Olympia.
- Dovalil, J. et al. (2008). *Lexikon sportovního tréninku* (2nd ed.). Praha: Karolinum.
- Falk, D. J., Heelan, K. A., Thyfault, J. P., & Koch, A. J. (2003). Effects of effervescent creatine, ribose, and glutamine supplementation on muscular strength, muscular endurance, and body composition. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 17*, 810-816.
- Flanagan, E. P. (2007). Creatine supplementation: implications for the competitive weightlifter. *Strength and Conditioning Journal, 29*, 60-66.

- Forbes, S. C., Waltz, X., & Candow, D. G. (2014). Creatine timing on muscle mass and strength: Appetizer or Dessert? *Agro Food Industry Hi Tech*, 25(4), 19-20.
- Francaux, M., & Poortmans, J. R. (1999). Effects of training and creatine supplement on muscle strength and body mass. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 80(2), 165-168. doi: 10.1007/s00421005057
- Grande, B. M., & Graves, B. S. (2005). Creatine supplementation: forms, function, and effects. *Strength and Conditioning Journal*, 27, 62-68.
- Grasgruber, P., & Cacek, J. (2008). *Sportovní geny: antropometrie a fyziologie sportu, sport a rasa, doping* (1st ed). Brno: Computer press.
- Greenhaff, P. L. (1997). The nutritional biochemistry of creatine. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 2, 610-618.
- Greenhaff, P. L. (2001). Muscle creatine loading in humans: Procedures and functional and metabolic effects. *6th International Conference on Guandino Compounds in Biology and Medicine*. Cincinnati: OH 2001.
- Greenhaff, P. L., Bodin, K., Soderlund, K., & Hultman, E. (1994). Effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle phosphocreatine resynthesis. *The American Journal of Physiology*, 266(5), 725-730.
- Greenwood, M., Kreider, R., Earnest, C., Rasmussen, C., & Almada, A. (2003). Differences in creatine retention among three nutritional formulations of oral creatine supplements. *Journal of Exercise Physiology Online*, 3, 37-43.
- Greenwood, M., Kreider, R. B., Greenwood, L., & Byars, A. (2003a). Cramping and injury incidence in collegiate football players are reduced by creatine supplementation. *Journal of Athletic Training*, 38, 216-219.
- Greenwood, M., Kreider, R. B., Greenwood, L., & Byars, A. (2003b). The effects of creatine supplementation on cramping and injury occurrence during college baseball training and competition. *Journal of Exercise Physiology Online*, 6, 16-23.
- Greenwood, M., Kreider, R. B., Melton, C., Rasmussen, C., Lancaster, S., Cantler, E., Milnor, P., & Almada, A. (2003). Creatine supplementation during college football training does not increase the incidence of cramping or injury. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 244, 83-88.



- Gualano, B., Artioli, G. G., Poortmans, J. R., & Lancha, J. (2010). Exploring the therapeutic role of creatine supplementation. *Amino Acids*, 38, 31-44. doi: 10.1007/s00726-009-0263-6
- Harris, R. C., Soderlund, K., & Hultman, E. (1992). Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clinical Science*, 83(3), 367-74.
- Havel, Z., & Hnízdl, J. (2009) *Rozvoj a diagnostika silových schopností*. Ústí nad Labem: Katedra tělesné výchovy PF UJEP.
- Havlíčková, L. (1993). *Fyziologie tělesné zátěže II: Speciální část*. Praha: Karolinum.
- Häkkinen, K., Komi, P. V., & Kauhanen, H. (1986). Electromyographic and force production characteristics of leg extensor muscles of elite weight lifters during isometric, concentric, and various stretch-shortening cycle exercises. *International Journal of Sports Medicine*, 7(3), 144-151.
- Herda, T. J., Beck, T. W., Ryan, E. D., Smith, A. E., Walter, A. A., Hartman, M. J., Stout, J. R., & Cramer, J. T. (2009). Effects of creatine monohydrate and polyethylene glycosylated creatine supplementation on muscular strength, endurance, and power output. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(3), 818-826. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181a2ed11
- Hoffman, J., Ramatess, N., Kang, J., Mangine, G., Faigenbaum, A., Stout, J. (2006). Effect of creatine and beta-alanine supplementation on performance and endocrine responses in strength/power athletes. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 16, 430-446.
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(1), 3-13. doi: 10.1249/MSS.0b013e31818cb278
- Hultman, E., Bergstrom, J., Spreit, L., & Soderlund, K. (1990). Energy metabolism and fatigue. *Biochemistry of Exercise*, 7, 73-92.
- Hultman, E., Soderlund, K., Timmons, J. A., Cederblad, G., & Greenhaff, P. L. (1996). Muscle creatine loading in men. *Journal of Applied Physiology*, 81, 232-237.
- Chandler, T. J., & Brown, L. E. (2008). *Conditioning for strength and human performance*. Philadelphia, PE: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins.

- Choutka, M., & Dovalil, J. (1987). *Sportovní trénink* (1st ed.). Praha: Olympia.
- Izquierdo, M. M., Ibanez, J. M., Gonzalez-Badillo, J. J., & Gorostiaga, E. M. (2002). Effects of creatine supplementation on muscle power, endurance, and spring performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *34*, 332-343.
- Jagim, A. R., Oliver, J. M., Sanchez, A., Galvan, E., Fluckey, J., Riechman, S., Greenwood, M., Kelly, K., Meininger, C., Rasmussen, C., & Kreider, R. B. (2012). A buffered form of creatine does not promote greater changes in muscle creatine content, body composition, or training adaptations than creatine monohydrate. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *9*, 43. doi: 10.1186/1550-2783-9-43
- Jäger, R., Purpura, M., Shao, A., Inoue, T., & Kreider, R. B. (2011). Analysis of the efficacy, safety, and regulatory status of novel forms of creatine. *Amino Acids*, *40*(5), 1369–1383. doi: 10.1007/s00726-011-0874-6
- Jones, A. M., Atter, T., & Georg, K. P. (1999). Oral creatine supplementation improves multiple sprint performance in elite ice-hockey players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *39*, 189-96.
- Kampmiller, T., Vanderka, M., Laczó, E., & Peráček, E. (2012). *Teória športu a didaktika športového tréningu*. Bratislava: ICM Agency.
- Kelly, V. G., & Jenkins, D. G. Effect of oral creatine supplementation on near-maximal strength and repeated sets of high-intensity bench press exercise. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *12*(2), 109-115.
- Kim, H. J., Kim, C. K., Carpentier, A., & Poortmans, J. R. (2011). Studies on the safety of creatine supplementation. *Amino Acids*. *40*(5), 1409-18.
- Kirksey, K. B., Stone, M. H., Warren, B. J., & Johnson, R. L. (1999). The effects of 6 weeks of creatine monohydrate supplementation in collegiate track and field athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *13*, 148-156.
- Korček, F. (1988). *Teória a didaktika športu*. Bratislava: Šport, slovenské telovýchovné vydavateľstvo.
- Koshy, K. M., Giswold, E., & Scheenberger, E. E. (1999). Interstitial nephritis in a patient taking creatine. *The New England Journal of Medicine*, *340*, 814-815.

- Kreider, R. B. (2003). Effects of creatine supplementation on performance and training adaptations. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 244, 89-94.
- Kreider, R. B. (2007). Creatine in Sports. *Essentials of Sport Nutrition & Supplements*, 8, 23-25.
- Kreider, R. B., Almada, A. L., Antonio, J., & Broeder C. (2004). ISSN exercise & sport nutrition review: research and recommendations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 1, 1-44.
- Kreider, R. B., Kalman, D. S., Antonio, J., Ziegenfuss, T. N., Wildman, R., Collins, R., & Lopez, H. L. (2017). International Society of Sports Nutrition position stand: safety and efficacy of creatine supplementation in exercise, sport, and medicine. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 6(13), 14-18.
- Kreider, R. B., Leutholtz, B. C., & Greenwood, M. (2004) Creatine. *Nutritional Ergogenic Aids*, (18), 81-104.
- Kreider, R. B., Melton, C., Rasmussen, C. J., Greenwood, M., Lancaster, S., Cantler, E. C., Milnor, P., & Almada, A. L. (2003). Long-term creatine supplementation does not significantly affect clinical markers of health in athletes. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 244, 95-104.
- Kreider, R. B., Willoughby, D., Greenwood, M., Parise, G., Payne, E., & Tarnopolsky, M. (2003). Effects of serum creatine supplementation on muscle creatine and phosphagen levels. *Journal of Exercise Physiology Online*, 6, 24-33.
- Kresta, J. Y., Oliver, J. M., Jagim, A. R., Fluckey, J., Riechman, S., Kelly, K., Meininger, C., Mertens-Talcott, S. U., Rasmussen, C., & Kreider, R. B. (2014). Effects of 28 days of beta-alanine and creatine supplementation on muscle carnosine, body composition and exercise performance in recreationally active females. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 11(1), 55. doi: 10.1186/s12970-014-0055-6
- Lehmkuhl, M., Malone, M., Justice, B., Trone, G., Pistilli, E., Vinci, D., Haff, E. E., Kilgore, J. L., & Haff, G. G. (2003). The effects of 8 weeks of creatine monohydrate and glutamine supplementation on body composition and performance measures. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17, 425-438.
- Lehnert, M., Novosad, J., Neuls, F., Langer, F., & Botek, M. (2010). *Trénink kondice ve sportu* (1st ed.) Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.

- McGuine, T., Sullivan, J., & Bernhardt, D. (2001). Creatine supplementation in high school football players. *Clinical Journal of Sports Medicine*, *11*(4), 247–253.
- Mero, A. A., Keskinen, K. L., Malvela, M. T., & Sallinen, J. M. (2004). Combined creatine and sodium bicarbonate supplementation enhances interval swimming. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *18*, 306-310.
- Noonan, D., Berg, K., Latin, R. W., Wagner, J. C., & Reimers, K. (1998). Effects of varying dosages of oral creatine relative to fat free body mass on strength and body composition. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *12*, 104-108.
- Pavlík, J. (1999). *Poznámka k definici a strukture silových schopností člověka*. Praha: Česká kinantropologická společnost.
- Pearson, D. R., Hamby, D. G., Russel, W., & Harris, T. (1999). Long-term effects of creatine monohydrate on strength and power. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *31*(8), 1147-1156.
- Peeters, B. M., Lantz, C. D., & Mayhew, J. L. (1999). Effect of oral creatine monohydrate and creatine phosphate supplementation on maximal strength indices, body composition, and blood pressure. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *13*, 3-9.
- Perič, T., & Dovalil, J. (2010). *Sportovní trénink* (1st ed.). Praha: Grada.
- Persky, A., & Brazeau, G. (2001). Clinical pharmacology of the dietary supplement creatine monohydrate. *Pharmacological Reviews*, *53*, 161-176.
- Pline, K., & Smith, C. (2005). The effect of creatine intake on renal function. *Annals of Pharmacotherapy*, *39*, 1093-1096.
- Poortmans, J. R., Auquier, H., Renaut, V., Durussel A., Saugy, M., & Brisson, G. R. (1997). Effect of short-term creatine supplementation on renal responses in men. *European Journal of Applied Physiology*, *76*, 566-567.
- Poortmans, J. R., & Francaux, M. (1999). Long-term oral creatine supplementation does not impair renal function in healthy athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *31*, 1108-1110.
- Poortmans, J. R., & Francaux, M. (2000). Adverse effects of creatine supplementation: fact or fiction? *Sports Medicine*, *30*, 155-170.

- Poortmans, J. R., Kumps, A., Duez, P., Fofonka A., Carpentier, A., & Francaux, M. (2005). Effect of oral creatine supplementation on urinary methylamine, formaldehyde, and formate. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *37*, 1717-1720.
- Pritchard, N. R., & Kalra, P. A. (1998). Renal dysfunction accompanying oral creatine supplements. *Lancet*, *351*, 1252-1253.
- Rawson, E. S., Stec, M. J., Frederickson, S. J., & Miles, M. P. (2011). Low-dose creatine supplementation enhances fatigue resistance in the absence of weight gain. *Nutrition*, *27*, 451-455.
- Rawson, E. S., & Volek, J. S. (2003). Effects of creatine supplementation and resistance training on muscle strength and weightlifting performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *17*, 822-831.
- Robinson, T. M. (2000). Dietary creatine supplementation does not affect some haematological indices, or indices of muscle damage and hepatic and renal function. *British Journal of Sports Medicine*, *34*(4), 284-288. doi: 10.1136/bjsm.34.4.284
- Selsby, J. T., DiSilvestro, R. A., & Devor, S. T. (2004). Mg<sup>2+</sup>- creatine chelate and a low-dose creatine supplementation regimen improve exercise performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *18*, 311-315.
- Smejkal, J. (1994). *Kulturistika – cviky*. Pardubice: Svět kulturistiky.
- Souza-Junior, T. P., Willardson, J. M., Bloomer, R., Leite, R. D., Fleck, S. J., Oliveira, P. R., & Simão, R. (2001). Strength and hypertrophy responses to constant and decreasing rest intervals in trained men using creatine supplementation. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *8*(1), 17.
- Stone, M. H., Sanborn, K., Smith, L. L., O'Bryant, H. S., Hoke, T., Utter, A. C., Johnson, R. L., & Boros, R. (1999). Effects of in-season (5 weeks) creatine and pyruvate supplementation on anaerobic performance and body composition in American football players. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *9*, 146-65.
- Stout, J. R., Cramer, J. T., Mielke, M., O'Kroy, J., Torok, D. J., & Zoeller, R. F. (2006). Effects of twenty-eight days of beta-alanine and creatine monohydrate supplementation on the physical working capacity at neuromuscular fatigue threshold. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *20*(4), 928-931.

- Straus, J. (1989). *Trenér zápasu*. Praha: Československý svaz tělesné výchovy, Český ústřední výbor.
- Syrotuik, D., Bell, G., Burnham, R., Sim, L., Calvert, R., & Maclean, I. (2000). Absolute and relative strength performance following creatine monohydrate supplementation combined with periodized resistance training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(2). doi: 10.1186/1550-2783-8-17
- Šebej, F. (2001). *Strečing*. Bratislava: Timy Partners.
- Šedivý, K. (2002). *Konečně mohutný*. Pardubice: Svět kulturistiky.
- Tarnopolsky, M. A. (2010). Caffeine and creatine use in sport. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 57(2), 1-8. doi: 10.1159/000322696
- Tarnopolsky, M. A., Zimmer, A., Paikin, J., Safdar, A., Aboud, A., Pearce, E., Roy, B., & Doherty, T. (2007). Creatine monohydrate and conjugated linoleic acid improve strength and body composition following resistance exercise in older adults. *PLoS ONE*, 2(10), 991. doi: 10.1371/journal.pone.0000991
- Terjung, R. L., Clarkson, P., Eichner, E. R., Greenhaff, P. L., Hespel, P. J., Israel, R. G., & Kraemer, W. J. (2000). American College of Sports Medicine roundtable. The physiological and health effects of oral creatine supplementation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(3), 706-17.
- Thorsteinsdottir, B., Grande, J. P., & Garovic, V. D. (2006). Acute renal failure in a young weight lifter taking multiple food supplements including creatine monohydrate. *Journal of Renal Nutrition*, 16(4), 341-345.
- van Loon, L., Oosterlaar, A., Hartgens, F., Hesselink, M., Snow, R. J., & Wagenmakers, A. J. (2003). Effects of creatine loading and prolonged creatine supplementation on body composition, fuel selection, sprint and endurance performance in humans. *Clinical Science*, 104, 153-162.
- Vandenbergh, K., Goris, M., Van Hecke, P., van Leemputte, M., Vangerven, L., & Hespel, P. (1997). Long-term creatine intake is beneficial to muscle performance during resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 83, 2055-2063.
- Vanderka, M. (2013). *Silový trénink pre výkon*. Bratislava: Slovenská vedecká spoločnosť pre telesnú výchovu a šport.

- Vanderka, M., & Kampmiller, T. (2012). *Kondičná príprava (kondičný tréning)*. Bratislava: ICM Agency.
- Volek, J. S., Duncan, N., Mazzetti, S., Staron, R., Putukian, M., Gómez, A. L., Pearson, D. R., Fink, W. J., & Kraemer, W. J. (1999). Performance and muscle fiber adaptation to creatine supplementation and heavy resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *31*, 1147-1156 .
- Volek, J. S., Kraemer, W. J., Bush, J. A., Botes, M., Incledon, T., Clark, K. L., Lynch, J. M., & Knuttgen, K. G. (1997). Creatine supplementation enhances muscular performance during high-intensity resistance exercise. *Journal of the American Dietetic Association*, *97*, 765-770.
- Volek, J. S., & Rawson, E. (2004). Scientific basis and practical aspects of creatine supplementation for athletes. *Nutrition*, *20*, 609-614.
- Williams, M. H., Kreider, R., & Branch, J. D. (1999). *Creatine: The power supplement*. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- Willoughby, D. S., & Rosene, J. (2001). Effects of oral creatine and resistance training on myosin heavy chain expression. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *33*, 1674-1681.
- Willoughby, D. S., & Rosene, J. (2003). Effects of oral creatine and resistance training on myogenic regulatory factor expression. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *35*, 923-929.
- Wiroth, J. B., Bermon, S., Andreï, S., Dalloz, E., Hébuterne, X., & Dolisi, C. (2001). Effects of oral creatine supplementation on maximal pedalling performance in older adults. *European Journal of Applied Physiology*, *84*(6), 533-539.
- Wyss, M., & Kaddurah-Daouk, R. (2000). Creatine and creatinine metabolism. *Physiology Review*, *80*(3), 1107-1213.
- Yoshizumi, W., & Tsourounis, C. (2004). Effects of creatine supplementation on renal function. *Journal Of Herbal Pharmacotherapy*, *4*, 1-7.
- Zaciorskij, V. M. (1971). *Tělesné vlastnosti sportovce*. Praha: UK.
- Zatsiorsky, V., & Kraemer, W. (2006). *Science and Practice of Strength Training* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.

- Ziegenfuss, T. N., Rogers, M., Lowery, L., Mullins, N., Mendel, R., Antonio, J., & Lemon, P. (2002). Effect of creatine loading on anaerobic performance and skeletal muscle volume in NCAA Division I athletes. *Nutrition, 18*, 397-402.
- Zuniga, J. M., Housh, T. J., Camic, C. L., Hendrix, C. R., Mielke, M., Johnson, G. O., Housh, D. J., & Schmidt, R. J. (2012). The effects of creatine monohydrate loading on anaerobic performance and one-repetition maximum strength. *Journal of Strength and Conditioning Research, 26*(6), 1651-1656. doi: 10.1519/JSC.0b013e318234eba1



## 12 TABULKY

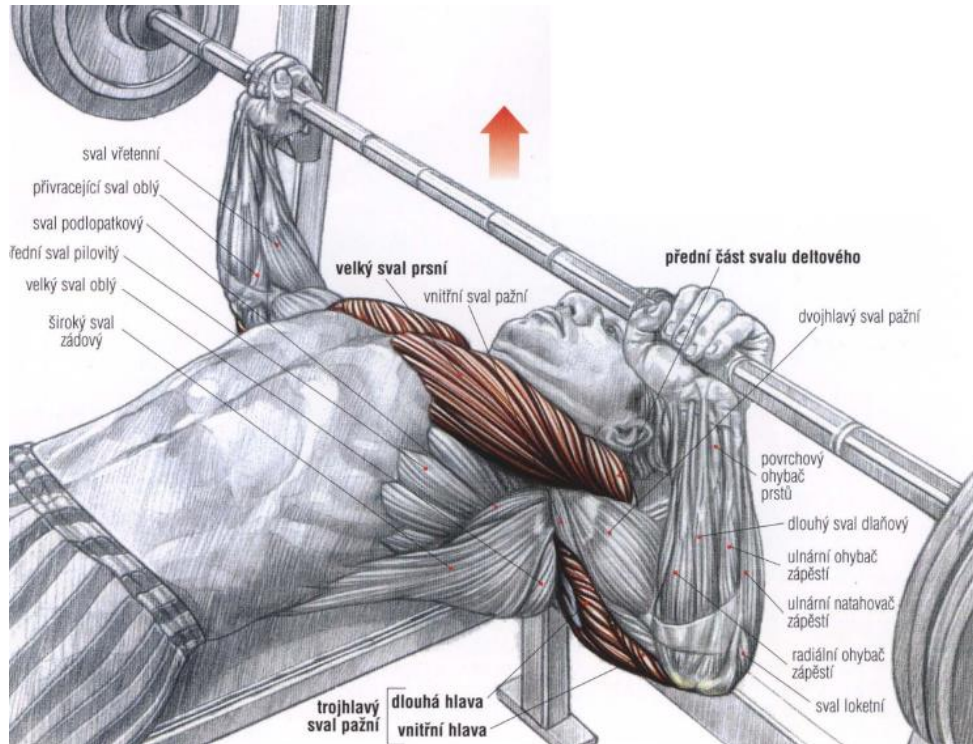
Tabuľka 10. Prioritne zapájané svalstvo v konkrétnych cvičeniach použitých v tréningovom programe

Cvičenie	Prioritne zapájané svalstvo
Tlaky v ľahu na vodorovnej lavici s obojručnou činkou	Veľký prsný sval ( <i>m. Pectoralis major</i> ), Deltový sval ( <i>m. Deltoideus</i> ), Trojhlavý sval ramena ( <i>m. Triceps brachii</i> )
Upažovanie v ľahu s jednoručnými činkami	Veľký prsný sval ( <i>m. Pectoralis major</i> ), Deltový sval ( <i>m. Deltoideus</i> )
Prítahy hornej kladky širokým úchopom ku hrudníku	Najväčší sval chrbta ( <i>m. Latissimus dorsi</i> ), Malý oblý sval ( <i>m. Teres major</i> ), Dvojhlavý sval ramena ( <i>m. Biceps brachii</i> ), Hlboký sval pažný ( <i>m. Brachialis</i> )
Tlaky nad hlavu v sede s jednoručnými činkami	Deltový sval ( <i>m. Deltoideus</i> )
Bicepsový zdvih s obojručnou činkou v stoji	Dvojhlavý sval ramena ( <i>m. Biceps brachii</i> ), Ramenný sval ( <i>m. Brachialis</i> ), Vretenný sval ( <i>m. Brachioradialis</i> )
Tricepsové sťahovanie kladky nadhmatom	Trojhlavý sval ramena ( <i>m. Triceps brachii</i> ), Lakt'ový sval ( <i>m. Anconeus</i> )
Hlboký drep s obojručnou činkou za hlavou	Štvorhlavý stehenný sval ( <i>m. Quadriceps femoris</i> ), Najväčší sedací sval ( <i>m. Gluteus maximus</i> ), Stredný sedací sval ( <i>m. Gluteus medius</i> )
Legpress na šikmej lavici	Štvorhlavý stehenný sval ( <i>m. Quadriceps femoris</i> ), Najväčší sedací sval ( <i>m. Gluteus maximus</i> ), Dvojhlavý stehenný sval ( <i>m. Biceps femoris</i> )
Predkopávanie v sede na stroji	Štvorhlavý stehenný sval ( <i>m. Quadriceps femoris</i> )
Zakopávanie v ľahu na stroji	Dvojhlavý stehenný sval ( <i>m. Biceps femoris</i> ), Dvojhlavý sval lýtkový ( <i>m. Gastrocnemius</i> ),

	Pološlachovitý sval ( <i>m. Semitendinosus</i> ), Poloblanitý sval ( <i>m. Semimembranosus</i> )
Tlaky v ľahu na vodorovnej lavici s jednoručními činkami	Veľký prsný sval ( <i>m. Pectoralis major</i> ), Deltový sval ( <i>m. Deltoideus</i> ), Trojhlavý sval ramena ( <i>m. Triceps brachii</i> )
Príťahy hornej kladky úzkym úchopom ku hrudníku	Najväčší sval chrbta ( <i>m. Latissimus dorsi</i> ), Malý oblý sval ( <i>m. Teres major</i> ), Dvojhlavý sval ramena ( <i>m. Biceps brachii</i> ), Hlboký sval pažný ( <i>m. Brachialis</i> )
Upažovanie v stoji s jednoručními činkami	Deltový sval ( <i>m. Deltoideus</i> ), Lichobežníkový sval ( <i>m. Trapezius</i> )
Bicepsový zdvih s obojručnou EZ činkou na Scottovej lavici	Dvojhlavý sval ramena ( <i>m. Biceps brachii</i> ), Ramenný sval ( <i>m. Brachialis</i> ), Vretenný sval ( <i>m. Brachioradialis</i> )
Tricepsový zdvih s obojručnou činkou v ľahu	Trojhlavý sval ramena ( <i>m. Triceps brachii</i> ), Lakt'ový sval ( <i>m. Anconeus</i> )
Výpady s jednoručními činkami	Dvojhlavý stehenný sval ( <i>m. Quadriceps femoris</i> ), Najväčší sedací sval ( <i>m. Gluteus maximus</i> )
Mŕtvy ťah s vystretými nohami s jednoručními činkami	Dvojhlavý stehenný sval ( <i>m. Quadriceps femoris</i> ), Najväčší sedací sval ( <i>m. Gluteus maximus</i> ), Pološlachovitý sval ( <i>m. Semitendinosus</i> ), Poloblanitý sval ( <i>m. Semimembranosus</i> )

## 13 PRÍLOHY

Obrázok 11 Tlak v ľahu na vodorovnej lavici s obojručnou činkou (Delavier, 2008)



Obrázok 12 Hlboký drep s obojručnou činkou za hlavou (Delavier, 2008)

