

# KOMISIJA ZA PREGLED I ODBRANU DOKTORSKE DISERTACIJE

## NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU FAKULTETA

**Predmet:** Izveštaj Komisije za pregled i odbranu doktorske disertacije Saše Đurića.

Na 14. sednici Nastavno-naučnog veća Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja održanoj 28.09.2017. godine, u skladu sa čl. 29 i 30 Statuta Fakulteta, doneta je Odluka o formiranju Komisije za pregled i odbranu doktorske disertacije Saše Đurića, pod naslovom: "UTICAJ TRENINGA SA RAZLIČITIM VRSTAMA OPTEREĆENJA NA MEHANIČKE OSOBINE MIŠIĆA" (02-br. 3270/16 od 29.09.2017. godine). Komisija je formirana u sastavu:

- Dr Slobodan Jarić, redovni profesor – gostujući profesor, Univerzitet u Beogradu - Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, MENTOR,
- Dr Miloš Kukolj, redovni profesor u penziji, član komisije,
- Dr Aleksandar Nedeljković, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu – Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, član komisije
- Dr Ivan Ćuk, docent, Visoka sportska i zdravstvena škola, Beograd, član komisije.

Nakon pregleda dostavljenog materijala Komisija podnosi Nastavno-naučnom veću sledeći

### I Z V E Š T A J:

#### **Biografija**

Saša Đurić rođen je 27. aprila 1989. godine u Čačku. Završio je Osnovnu školu „Milan Blagojević“ u Lučanima 2004. godine, kao i Gimnaziju „Sveti Sava“ u Požegi 2008. godine, kao odličan učenik. Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu upisuje 2008. godine nakon završene gimnazije. Osnovne akademske studije završava u roku, 2012. godine, sa najvišim prosekom ocena na generaciji 9,52. Master akademske studije upisuje 2012 godine, koje takođe završava u roku 2013. godine sa najvišim prosekom ocena na generaciji 9,67. Usavršavanje nastavlja

na doktorskim akademskim studijama od 2013. godine, na kojima je uspešno položio sve ispite, takođe sa najvišim prosekom ocena na generaciji 10,0.

Do polaska na fakultet, aktivno se bavio odbojkom kao igrač, preko 10 godina. Najveći postignuti uspeh su dve zlatne medalje - jedna na Državnom prvenstvu Republike Srbije i druga na Olimpijskim školskim igrama Republike Srbije u kategoriji pionira. U stručnom smislu, trenutno se usavršava i radi kao odbojkaški trener. Radio je u nekoliko odbojkaških klubova, kao i na samom Fakultetu kao trener ženske ekipe sa kojom je u sezoni 2015/2016. osvojio drugo mesto na prvenstvu Prve univerzitetske odbojkaške lige. U sezoni 2016/2017. radio je kao glavni trener pionirki i kadetkinja u Odbojkaškom klubu Crvena Zvezda u Beogradu. Sa pionirskom selekcijom osvojio je prvo mesto na prvenstvu Republike Srbije, dok su kadetkinje postale vicešampioni države. Od aprila 2017. godine predvodi žensku odbojkašku reprezentaciju Univerziteta u Beogradu kao selektor.

U toku osnovnih akademskih studija obavljao je funkciju predsednika Studentskog parlamenta školske 2010/11. i 2011/12. Za vreme master studija obavljao je funkciju studenta prodekana, školske 2012/2013. Za vreme studiranja na doktorskim studijama, od februara 2014. godine, zaposlen je kao istraživač saradnik na Fakultetu sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu u okviru projekta Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije pod nazivom: "Mišićni i neuralni faktori humane lokomocije i njihove adaptivne promene". Autor je više od 20 naučnih publikacija na međunarodnim konferencijama, kao i u nacionalnim i vrhunskim međunarodnim naučnim časopisima.

#### **Spisak objavljenih radova:**

1. Grbic, V., **Djuric, S.**, Knezevic, O. M., Mirkov, D. M., Nedeljkovic, A., & Jaric, S. (2017). A Novel Two-Velocity Method for Elaborate Isokinetic Testing of Knee Extensors. *International Journal of Sports Medicine*, 38 (10), 741-746.
2. Dobrijevic, S., Ilic, V., **Djuric, S.**, & Jaric, S. (2017). Force-velocity relationship of leg muscles assessed with motorized treadmill tests: Two-velocity method. *Gait & Posture*, 56, 60-64.
3. Zivkovic, M. Z., **Djuric, S.**, Cuk, I., Suzovic, D., & Jaric, S. (2017). Muscle force-velocity relationships observed in four different functional tests. *Journal of Human Kinetics*, 56 (1), 39-49.
4. Zivkovic, M. Z., **Djuric, S.**, Cuk, I., Suzovic, D., & Jaric, S. (2017). A simple method for assessment of muscle force, velocity, and power producing capacities from functional movement tasks. *Journal of Sports Sciences*, 35 (13), 1287-1293.

5. **Djuric, S.**, Cuk, I., Sreckovic, S., Mirkov, D., Nedeljkovic, A., & Jaric, S. (2016). Selective Effects of Training Against Weight and Inertia on Muscle Mechanical Properties. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(7), 927-932.
6. Sreckovic, S., Cuk, I., **Djuric, S.**, Nedeljkovic, A., Mirkov, D., & Jaric, S. (2015). Evaluation of force–velocity and power–velocity relationship of arm muscles. *European Journal of Applied Physiology*, 115 (8), 1779-1787.
7. **Djuric, S.**, Janicijevic, D., Majstorovic, N., & Ilic, D. (2015). Postural status of female volleyball players aged 12 to 16 years. *Physical culture: Journal of Sport sciences & Physical Education*, 69 (2), 110-118
8. Živković, M. & **Đurić, S.** (2015). Developmental coordination disorder on the physical education class. *Book of Proceedings*. Nis: Faculty of sport and physical education, 143-148.
9. Ilić, D., **Đurić, S.** (2014). Postural status model younger school age children. *Activities in Physical Education and Sport*, 4 (2), 120-124.
10. Janković, A., Ilić, D., Nešić, G., **Đurić, S.** (2014). Detection of feet status in football school participants aged 11 to 13. *Activities in Physical Education and Sport*, 42 (2), 134-139.
11. **Đurić, S.**, Ilić, D., Nešić, G. (2013). The detection of the foot status among the volleyball players of the schoolage. *Activities in Physical Education and Sport*, 3 (1), 35-40.
12. Ilić, D., Valdevit, Z, **Đurić, S.** (2013). The feet status of the Serbian female handball national team. *Research in Kinesiology*, 41 (2), 227-231.
13. Vuković, A., Obradović, M., **Đurić, S.**, & Mudrić, M. (2013). Morphological and motor status of young karate athletes. *Godišnjak Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja*, 19, 66-80.
14. Bugarski, S., **Đurić, S.**, Marković, S. (2013). Changes in motor skills of young football players in different age groups and different positions. *Proceedings*. Banja Luka: Fakultet fizičkog vaspitanja i sporta, 4, 104-112.
15. Marković, S., Bugarski, S., **Đurić, S.**, Simić, M. (2013). The influence of different teaching contents of the intensity of the introductory part of the lesson. *Proceedings*. Novi Sad: Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, 303-308.
16. Ilić, D., Cvjetković, D., **Đurić, S.** (2012). The presence of the body deformities among the students of swimming school. *Proceedings*. Belgrade: Faculty of Sport and Physical Education, 594-599.
17. Nešić, G., Obradović, M., Sikimić, M., Ilić, V., Majstorović, N., **Đurić, S.** (2012). Comparative analysis of certain morphological characteristics and motor skills of girls' volleyball cadet's team of Serbia and Montenegro. *Proceedings*. Belgrade: Faculty of Sport and Physical Education, 143-148.

## Analiza rada

Doktorska disertacija obuhvata 99 strana, 3 tabele, 13 slika i 7 priloga u skladu sa Pravilnikom o doktorskim studijama Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja, kao i sa Uputstvom o formiranju repozitorijuma doktorskih disertacija koji je usvojio Senat Univerziteta u Beogradu. Disertacija je rezultat dosledno realizovanog projekta predviđenog u okviru elaborata teme doktorske disertacije i sadrži Zahvalnicu, Rezime na srpskom jeziku, Rezime na engleskom jeziku, Pregled skraćenica, a zatim poglavlja: Uvod, Istraživanja mehaničkih osobina mišića i efekata treninga sa različitim vrstama opterećenja, Problem, predmet, cilj i zadaci istraživanja, Hipoteze istraživanja, Efekti treninga sa gravitacionom, inercionom i kombinovanom vrstom opterećenja na mišićnu snagu i silu (Eksperiment 1) sa posebnim Uvodom, Metodama, Rezultatima, Diskusijom i Zaključcima, Selektivni efekti treninga sa gravitacionom i inercionom vrstom opterećenja na mehaničke osobine mišića (eksperiment 2) sa posebnim Uvodom, Metodama, Rezultatima i Diskusijom i Zaključcima, Opšti zaključak, Literatura, Prilozi, Biografija autora sa spiskom objavljenih radova i Pogovor.

U **Uvodu**, u okviru koga je izdvojeno zasebno poglavlje sa pregledom istraživanja mehaničkih osobina mišića i efekata treninga sa različitim vrstama opterećenja (strane 1-26), obrazložena je tema doktorske disertacije kroz navođene relevantne literature. U obrazloženju teme autor je u objašnjavanju mehaničkih osobina mišića naveo da ispoljavanje sile kao posledica naprezanja mišića, zavisi od više faktora: (1) fiziološkog preseka mišića, (2) dužine mišića, (3) promene dužine mišića i brzine promene, (4) dužine poluge na kojoj mišić deluje, (5) dejstva centralnim ili perifernim pripojem mišića, (6) režima rada mišića, (7) veličine spoljašnjeg opterećenja, (8) jačine suprotstavljanja mišića agonista, (9) broja uključenih motoneurona, (10) frekvencije pražnjenja motoneurona itd (Kukulj, 2006). Posebnu pažnju je obratio na faktore kao što su vreme kontrakcije, promena dužine mišića i brzina skraćenja mišića. U biomehanici su uticaji pomenutih faktora na ispoljavanje mišićne sile, poznati pod nazivom mišićne relacije sila-dužina, sila-vreme i sila-brzina.

U vezi sa relacijom sila-dužina, autor navodi da ovu relaciju treba posmatrati u odnosu na ukupnu silu koja se u mišiću generiše, a koja predstavlja sumu aktivne i pasivne komponente mišićne sile. Zaključuje da se sa povećanjem dužine mišića ukupna sila, u najvećem delu, povećava što je prikazano i grafikonom. Navodi se još i da oblik ove mišićne relacije neznatno varira kada su u pitanju različite mišićne grupe, zbog razlika u aktivnoj (fiziološki poprečni presek, ugao pod kojim se pripajaju mišićna vlakna) i pasivnoj komponenti mišićne sile (Gareis, Moshe, Baratta, Best, & D'Ambrosia, 1992).

Mišićna relacija sila-vreme odnosi se na kašnjenje u razvoju mišićne sile celog mišićno-tetivnog aparata i autor ovo kašnjenje definiše kao vreme koje protekne od pojave nadražaja, pa sve

do početka razvoja ili do postizanja maksimalne sile (Knudson, 2007). Navodi se da se vremensko kašnjenje koje karakteriše mišićnu relaciju sila-vreme može podeliti na dva dela. Prvi deo kašnjenja odnosi se na povećanje aktivacije mišića, i ponekada se drugačije naziva aktivno stanje ili dinamika mišićne ekscitacije. Drugi deo kašnjenja podrazumeva vreme koje je potrebno da mišić razvije mišićnu silu i često se drugačije naziva dinamika mišićne kontrakcije.

Ranija istraživanja relacije sile i brzine mišićnih kontrakcija, izvršena na izolovanim mišićnim grupama (Fenn i Marsh, 1935) i Hill (1938), sugerišu da ona ima hiperboličan karakter. Takođe, kompleksan oblik ima i relacija maksimalne snage i brzine kontrakcije mišića u uslovima umerenog spoljašnjeg opterećenja pri srednjim brzinama skraćenja mišića.

Suprotno tome, novija istraživanja ukazuju da je relacija između sile mišića i brzine skraćenja mišića linearna – istraživanja su vršena na bicikl ergometru (Driss i sar., 2002; Driss i Vandewalle, 2013; Nikolaidis, 2012), na dinamometarima i kolicima sa otporom (Yamauchi i sar., 2009; Samozino i sar., 2012, 2014), pri pokretima rukama (Hintzy i sar., 2003; Nikolaidis, 2012), odnosno, pri čučnjevima i skokovima uvis (Vandewalle i sar., 1987; Rahmani i sar., 2001; Sheppard i sar., 2008). Razlike u nalazima istraživanja relacije sile i brzine kontrakcije mišića u složenim pokretima mogu biti pripisane dinamici segmenata tela (Bobbert, 2012), pre nego neuralnim mehanizmima (Yamauchi i Ishii, 2007).

Na osnovu ovih istraživanja izvesno je da relacija sile i brzine skraćenja mišića može biti utvrđena u uslovima vršenja složenih pokreta maksimalnom brzinom sa različitim opterećenjima. Opterećenja treba da budu u opsegu koji će omogućiti ispoljavanje maksimalne sile i maksimalne brzine. Dobijeni podaci mogu biti modelirani jednačinama linearne regresije ( $F(V) = F_0 - aV$ ;  $P(V) = F(V) V = F_0 V - aV^2$  i  $P_{max} = (F_0 V_0)/4$ ).

Imajući u vidu da je za razumevanje mehaničkih mogućnosti i neuralnih mehanizama mišića nogu u uslovima vršenja balističkih pokreta (skokovi, bacanja), obrazložene su metode za procenu linearne relacije sile i brzine kontrakcije mišića ( $F$ - $V$  relacija), kao i njeni parametri ( $F_0$ ,  $V_0$ ,  $P_{max}$  i  $a$ ). Za obrazloženje teme značajno je istaći da izvođenje vežbi sa opterećenjem može obezbediti uslove za dobijanje linearne relacije sile i brzine mišićne kontrakcije i omogućiti sveobuhvatnu procenu mišićne sile, brzine i snage različitih populacija, kao i za procenu efekata različitih treninga i intervencija u rehabilitaciji (Yamauchi i sar., 2009; Nikolaidis 2012; Cormie i sar., 2011b; Driss i Vandewalle, 2013).

Autor se nadalje bavi silom, snagom i brzinom kao motoričkim sposobnostima, s obzirom da ove mehaničke osobine mišića imaju velikog udela u uspešnosti vršenja fizičkih aktivnosti. Pomenute motoričke sposobnosti ne treba posmatrati kao odvojene entitete, jer su međusobno povezane. O tome svedoče mnogobrojne studije koje ukazuju na povezanost između sile i snage. Rezultati

transverzalnih studija su pokazali da ispitanici koji ispoljavaju veće mišićne sile imaju veće kapacitete za ispoljavanje mišićne snage, od ispitanika koji ispoljavaju manje sile (Baker & Newton, 2006, 2008; Cormie, McBride, & McCaulley, 2009; Cormie, McGuigan, & Newton, 2010b; McBride, Triplett-McBride, Davie, & Newton, 1999; M. H. Stone et al., 2003). Takođe, utvrđeno je da trening za razvoj mišićne sile kod netreniranih i umereno treniranih ispitanika, nije doprineo samo povećanju maksimalne sile već i povećanju maksimalne snage (Cormie, McGuigan, & Newton, 2010a; Häkkinen, Komi, & Alen, 1985; Kaneko, Fuchimoto, Toji, & Suei, 1983; McBride, Triplett-McBride, Davie, & Newton, 2002; Moss, Refsnes, Abildgaard, Nicolaysen, & Jensen, 1997; M. Stone, Johnson, & Carter, 1979; Toji & Kaneko, 2004; Toji, Suei, & Kaneko, 1997; Wilson, Newton, Murphy, & Humphries, 1993).

S obzirom na predmet predloženog istraživanja, autor se posebno bavi vrstama opterećenja i njihovom primenom u treningu. Navodi da trening sa opterećenjem obuhvata širok dijapazon modaliteta treninga, uključujući trening sa masom sopstvenog tela i raznim vrstama spoljašnjeg opterećenja. Veličina opterećenja kada se koristi samo masa sopstvenog tela može se dozirati položajem segmenata tela, brzinom izvođenja pokreta, kao i promenom kraka sile prilikom izvođenja određenih pokreta. Sa druge strane, spoljašnje opterećenje u treningu odnosi se na izvođenje pokreta pod uticajem određene vrste spoljašnjih otpora. U odnosu na prirodu delovanja opterećenja na ispoljavanje mišićne sile (Pipes, 1978), opterećenje se može podeliti u tri različite kategorije: konstantno opterećenje, opterećenje sa mogućnošću prilagođavanja i varijabilno opterećenje (Frost, Cronin, & Newton, 2010). Konstantno (izoinercijalno opterećenje) zavisi od mase objekta koji se savlađuje (npr. podiže) i trenutno je najviše korišćena vrsta opterećenja za povećanje mišićne sile i snage u sportu. Opterećenje sa mogućnošću prilagođavanja (izokinetičko opterećenje) omogućava ispoljavanje maksimalne sile tokom celog opsega pokreta (Zatsiorsky, 1995). Varijabilno opterećenje predstavlja opterećenje čiji se intenzitet menja (povećava ili smanjuje) sa amplitudom pokreta. Najbolji primer ove vrste opterećenja predstavljaju različite vrste elastičnih guma, opruga, kao pneumatskih opterećenja.

Autor kao posebno važnu za predmet predloženog istraživanja navodi i činjenicu da je konstantno opterećenje najčešće korišćeno u treningu, kao i to da intenzitet otpora zavisi isključivo od mase opterećenja, što dovodi do zaključka da pri ovoj vrsti opterećenja postoje dve komponente koje utiču na intenzitet, a to su gravitaciona i inerciona komponenta. Gravitaciona komponenta opterećenja ima vertikalni pravac i prouzrokovana je gravitacionom silom, dok inerciona komponenta ima pravac i obrnuti smer od ubrzanja segmenata tela ili celog tela. Iz navedenog sledi da će od pravca, smeru i ubrzanja pokreta zavisiti koje će i u kojoj meri pojedine komponente delovati. Autor ovde još ističe da opterećenje u treningu najčešće potiče od podignute mase ( $m$ ) koja uključuje

segmente tela i dodatno opterećenje. Vežbe sa takvim opterećenjem zahtevaju ispoljavanje mišićne sile:  $F(t) = m g + m a(t) = G + I(t)$ ;  $g$  predstavlja gravitaciono ubrzanje,  $G$  težinu tj. gravitacionu silu, a  $I$  inercionu komponentu opterećenja. Gravitaciona komponenta predstavlja konstantnu silu, dok se inerciona komponenta menja u vremenu proporcionalno ubrzanju centra mase tela. Dakle, intenzitet gravitacione komponente najviše zavisi od pravca pokreta (u vertikalnom pravcu je najveća), dok intenzitet inercione komponente zavisi od ubrzanja i mase koja se ubrzava (što su veće vrednosti proizvoda mase i ubrzanja, veći je i intenzitet inercione komponente).

Autor se dalje bavi karakteristikama treninga gde navodi da mnogobrojni faktori mnogu uticati na adaptaciju tela vežbača na trening sa opterećenjem. Jedan od tih faktora jeste i specifičnost sprovedenog treninga, koja obuhvata sposobnost tela da se adaptira na taj način što će ciljano doći do poboljšanja onih motoričkih sposobnosti koje su najbližije stresoru koji do njih dovodi. Takođe u odnosu na karakteristike mišićnog dejstva navodi da njegova specifičnost govori u prilog tome da je poboljšanje ispoljene mišićne sile u određenoj meri specifično u odnosu na tip mišićne akcije koja se koristi u treningu (npr. izometrijska, izokinetička itd). Na karakteristike mišićnog dejstva, pored mišićnih, utiču i neuralne adaptacije koje rezultuju regrutacijom mišića na najefikasniji način, kako bi se mišić kontrahovao na određeni način. Specifičnost ispoljavanja brzine podrazumeva da trening sa opterećenjem dovodi do optimalnog povećanja sile i snage pri onim brzinama pri kojima se sprovodi trening.

U daljem obrazlaganju teme autor se poziva na ranija istraživanja mehaničkih osobina mišića i efekata treninga sa različitim vrstama opterećenja, gde se sa aspekta dosadašnjih nalaza posebno osvrće na: (1) F-V relaciju kod izolovanih mišića i jednozglobnih pokreta, (2) F-V relaciju kod višezglobnih pokreta, (3) Efekte treninga sa različitim vrstama opterećenja na mehaničke osobine mišića. Konačno, autor u jednoj kritičkoj analizi dosadašnjih istraživanja uočava njihove nedostatke, gde ističe da se nedostaci dosadašnjih istraživanja ogledaju, pre svega, u nepostojanju studije koja direktno poredi efekte treninga dobijene primenom gravitacionog i inercionog opterećenja. Takođe, iako je u većini studija dobijena visoka linearnost F-V relacije kod višezglobnih pokreta i umerena do visoka pouzdanost i konkurentna validnost njenih parametara, prema dostupnoj literaturi ne postoji studija koja je upravo tu relaciju koristila za procenu efekata treninga. Upotrebom linearne F-V relacije za procenu rezultata treninga, dobila bi se sveobuhvatnija slika praćenja eventualnog poboljšanja mehaničkih osobina mišića ispitanika. Konačno, autor ukazuje na nedostatke dosadašnjih istraživanja koji se zasnivaju pre svega na određenim metodološkim nedostacima u pogledu preciznijeg ograničavanja uticaja svake zasebne komponente opterećenja. Navedene činjenice, autor je iskoristio u formulisanje problema koji treba istražiti.

**Problem istraživanja** može biti predstavljen kroz dva segmenta. Prvi segment odnosio se na nedovoljnu istraženost uticaja treninga sa različitim vrstama opterećenja na mehaničke osobine mišića. Drugim rečima, nema saglasnosti u rezultatima dosadašnjih istraživanja, kao ni pouzdanih podataka o efektima primene gravitacione, inercione i kombinovane vrste opterećenja u treningu na ispoljavanje sile, brzine i snage. Nekonzistentnost rezultata u istraživanjima može se objasniti metodološkim razlozima (primena različitih metoda, različitih varijabli, uslovi merenja i dr). Drugi segment problema istraživanja odnosio se na mogućnost opisivanja zakonomernosti ispoljavanja F-V relacije i njena primena u postupcima procene (testiranja) stanja mehaničkih osobina mišića, odnosno efekata treninga sa različitim vrstama opterećenja. U vezi s tim, trebalo je istražiti da li je na osnovu linearnosti F-V relacije moguće detektovati razlike u mehaničkim osobinama mišića (sila, brzina i snaga) nastalih pod uticajem različitih vrsta opterećenja (gravitaciona, inerciona i kombinovana). Na osnovu problema, postavljeni su predmet, ciljevi i zadaci istraživanja.

**Predmet istraživanja** bio je uticaj treninga sa gravitacionom, inercionom i kombinovanom vrstom opterećenja na ispoljavanje snage i sile pri pomenutim opterećenjima. Takođe, analiziran je i uticaj navedenog treninga na mehaničke osobine mišića kao što su sila, brzina i snaga, primenom linearne F-V relacije pri motoričkom zadatku izbačaj tega sa grudi.

#### **Ciljevi istraživanja:**

*Glavni cilj* ovog istraživanja bio je da se utvrde i analiziraju efekti treninga sa različitim vrstama opterećenja na mehaničke osobine mišića.

Pojedinačni *ciljevi* istraživanja realizovani su kroz dva eksperimenta.

*Cilj 1:* Da se istraže efekti treninga izbačaja sa grudi pri različitim vrstama opterećenja na mišićnu snagu i silu (*Eksperiment 1*).

*Cilj 2:* Da se ispita linearnost F-V relacije kod izbačaja tega sa grudi (*Eksperiment 2*).

*Cilj 3:* Da se na osnovu tako dobijene F-V relacije procene efekti treninga sa različitim vrstama opterećenja na mišićnu silu, brzinu i snagu (*Eksperiment 2*).

**Zadaci istraživanja** koje je trebalo sprovesti kako bi se realizovali postavljeni ciljevi istraživanja su sledeći:

1. Formirati grupe ispitanika na osnovu definisanih kriterijuma.
2. Prikupiti antropometrijske podatke.
3. Proceniti maksimalan potisak tega sa grudi (*IRM*).



4. Proceniti srednje i maksimalne vrednosti  $P$  pri gravitacionoj, inercionoj i kombinovanoj vrsti opterećenja kod izbačaja sa grudi pri opterećenju koje odgovara masi 40 kg.
5. Proceniti srednje vrednosti  $F$  i  $V$  pri 8 opterećenja kod izbačaja tega sa grudi.
6. Primeniti trening izbačaja sa grudi u trajanju 8 nedelja.
7. Proceniti  $IRM$  nakon treninga.
8. Proceniti srednje i maksimalne vrednosti  $P$  pri gravitacionoj, inercionoj i kombinovanoj vrsti opterećenja kod izbačaja sa grudi pri opterećenju koje odgovara masi 40 kg nakon treninga.
9. Proceniti srednje vrednosti  $F$  i  $V$  pri 8 opterećenja kod izbačaja tega sa grudi nakon treninga.
10. Proceniti linearnost F-V relacije pre i posle treninga.
11. Izračunati individualne i usrednjene vrednosti parametara linearne F-V relacije:  $F_0$ ,  $V_0$  i  $P_{max}$ .
12. Izvršiti statističku analizu dobijenih podataka.
13. Prikazati i interpretirati dobijene rezultate.

U vezi sa postavljenim ciljevima, a na osnovu detaljne analize relevantne literature, postavljene su **hipoteze** koje su bile ispitane u 2 eksperimenta.

***Eksperiment 1 - Efekti treninga sa gravitacionom, inercionom i kombinovanom vrstom opterećenja na mišićnu snagu i silu:***

U vezi sa *Ciljem 1:*

*Hipoteza 1.1:* Trening će doprineti značajnom povećanju snage i sile kod sve tri grupe ispitanika.

*Hipoteza 1.2:* Relativni prirasti u snazi biće veći od relativnih prirasta u sili.

*Hipoteza 1.3:* Trening će najviše doprineti prirastu snage ispitanika pri vrsti opterećenja kojim su ispitanici trenirali.

***Eksperiment 2 - Selektivni efekti treninga sa gravitacionom i inercionom vrstom opterećenja na mehaničke osobine mišića:***

U vezi sa *Ciljem 2:*

*Hipoteza 2.1:* F-V relacija kod izbačaja tega sa grudi biće približno linearna.

U vezi sa *Ciljem 3:*

*Hipoteza 2.2:* F-V relacija biće dovoljno osetljiva da detektuje razlike nastale primenom treninga sa različitim vrstama opterećenja usmerenog na razvoj mišićne sile, brzine i snage.

U okviru realizovanja istraživanja, *Eksperiment 1* je uključivao merenja i proces treninga u trajanju 8 nedelja. Sva merenja i trening sprovedeni su u Metodičko-istraživačkoj laboratoriji (MIL) Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu. Poglavlje 5 napisano je na osnovu poslatog rada u vrhunski međunarodni časopis (M21) pod nazivom: „*Effects of constant, inertial, and combined resistance training on power and strength*“. Problem istraživanja koji ispitan u okviru *Eksperimenta 1* dodatno je obrazložen u okviru zasebnog Uvoda. Između ostalog se navodi da su metode treninga i testiranja koje se odnose na mišićne kapacitete da proizvedu  $P$  i  $F$  su u fokusu istraživanja decenijama unazad (Jaric, 2015; Kaneko et al., 1983; Vandewalle et al., 1987), te da su predmet mnogobrojnih studija bile metode koje dovode do povećanja mišićnih kapaciteta pri različitim složenim pokretima kao što su skokovi (Markovic & Jaric, 2007; Markovic et al., 2013; Samozino, Edouard, et al., 2014), dizanje tegova (Cormie et al., 2007), izbačaji (Leontijevic et al., 2013; Siegel, Gilders, Staron, & Hagerman, 2002; Sreckovic et al., 2015), vožnja bicikla (Driss et al., 2002; Zivkovic, Djuric, Cuk, Suzovic, & Jaric, 2017) ili hodanje (Dobrijevic, Ilic, Djuric, & Jaric, 2017). Međutim, još uvek postoji debata kada je u pitanju opterećenje u treningu (npr. procenat *IRM-a*), kao i vrsta opterećenja koja dovodi do željenih adaptacija mišićne  $P$ . Kako bi pružili odgovore na pitanja proistekla iz prethodnih istraživanja, cilj ove studije bio je da se istraže prirasti u snazi ( $P_{avg}$  i  $P_{max}$ ) i u sili (*IRM*) specifični u odnosu na opterećenje, nakon treninga izbačaja sa grudi primenom gravitacione, inercione i kombinovane vrste opterećenja. Na osnovu primenjenog opterećenja koje navodno dovodi do povećanja ispoljene  $P$  (približno 50 % *IRM-a*) i nalaza prethodne studije, postavljena je *Hipoteza 1.1* - da će trening doprineti značajnom povećanju snage i sile kod sve tri grupe ispitanika. Dalje, pošto prirast u  $P$  zavisi od promena i u  $F$  i u  $V$  ( $P = F \cdot V$ ), svaki prirast u  $V$  dovodi do većeg prirasta u  $P$ , nego kada je u pitanju samo prirast u  $F$ . U skladu sa tim, postavljena je *Hipoteza 1.2* – da će relativni prirasti u snazi biti veći nego relativni prirasti u sili. Konačno, na osnovu različitih kinematičkih i kinetičkih obrazaca kod motoričkog zadatka izbačaj sa grudi pri različitim vrstama opterećenja, postavljena je *Hipoteza 1.3* – da će trening najviše doprineti prirastu snage ispitanika pri vrsti opterećenja kojim su ispitanici trenirali. Nalazi studije bi trebalo da unaprede naše razumevanje prirasta u  $P$  i  $F$  potencijalno specifičnih u odnosu na opterećenje, koji potiču od mehaničkih svojstava primenjenih vrsta opterećenja posebno značajnih u treningu i rehabilitaciji.

U **Metodama** koje su date odvojeno za *Eksperiment 1* navedeno je da je studija bila eksperimentalnog dizajna. Istraživanje je uključivalo merenja koja su sprovedena 7 dana pre i 7 dana nakon treninga. Trening je trajao 8 nedelja. Sva merenja, kao i trening sprovedeni su u Metodičko-istraživačkoj laboratoriji (MIL) Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu, na modifikovanoj Smit mašini. Potrebna veličina uzorka procenjena je na efektima sličnog opsega opterećenja primenjenog pri motoričkom zadatku izbačaj tega sa grudi (Leontijevic et al., 2013;

Sreckovic et al., 2015). Pokazano je da je potrebna veličina uzorka od 3 do 9 ispitanika (za alfa nivo 0,05 i statističku snagu 0,80) kako bi se dobili značajni efekti opterećenja na  $P$  i  $F$  (Cohen, 1988). Ipak, zbog planiranih višestrukih analiza, angažovano je 48 ispitanika, studenata Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu muškog pola [ $20,5 \pm 2,0$  godina (srednja vrednost  $\pm$  standardna devijacija)]. Ispitanici su slučajnim izborom raspoređeni u četiri grupe: gravitacionu ( $GGr$ ), inercionu ( $IGr$ ), kombinovanu ( $G+IGr$ ) i kontrolnu grupu ( $KGr$ ). Tabelarno su prikazane osnovne morfološke karakteristike i maksimalna sila ispitanika za sve četiri grupe. Protokol eksperimenta činio je pretest, trening trajanja 8 nedelja koji je sproveden na 3 eksperimentalne grupe, ali ne i na kontrolnoj grupi, i posttest. Pretest je sproveden u dva dana, između kojih su ispitanici imali odmor trajanja 48 sati. Prvog dana obavljeno je prikupljanje antropometrijskih podataka, procena  $IRM$ -a i upoznavanje (familiarizacija) sa motoričkim zadatkom izbačaj sa grudi. Drugog dana pretesta ispitanici su testirani izvođenjem izbačaja sa grudi pri tri različite vrste opterećenja. Prvi i drugi dan posttesta obuhvatili su testiranje  $IRM$ -a i izbačaja tega sa grudi, bez familiarizacije (odmor između prvog i drugog dana bio je 48 sati). S obzirom da se maksimalna snaga kod izbačaja tega sa grudi postiže pri opterećenju koje odgovara 50%  $IRM$ -a (Baker, 2001a, 2001b; Baker et al., 2001a; Bevan et al., 2010; Cronin, McNair, & Marshall, 2001), primenjene su tri vrste opterećenja koje su odgovarale masi 40 kg. Kako bi se obezbedile tri različite vrste opterećenja u svrhe treninga i testiranja, upotrebljena je kombinacija tegova i dugih elastičnih guma na modifikovanoj Smit mašini. Različiti načini korišćenja guma i tegova ilustrovani su grafički radi lakšeg razumevanja. Treninzi izbačaja sa grudi sprovedeni su tokom 8 nedelja, tri puta nedeljno. Pojedinačni trening trajao je oko sat vremena. Svakom treningu prethodila je već opisana standardizovana procedura rastezanja i zagrevanja. Primenjeno opterećenje koje je odgovaralo masi 40 kg i obim od 7 ponavljanja po seriji su ostali isti tokom treninga, dok se broj serija povećavao i to na sledeći način: 6 serija tokom prve i druge nedelje, 7 serija tokom treće i četvrte nedelje, 8 serija tokom pete i šeste nedelje i 9 serija tokom sedme i osme nedelje. Pauza između uzastopnih ponavljanja bila je oko 5 s, dok je pauza između serija bila oko 5 min. Ispitanicima je data instrukcija da izbace šipku najviše što mogu. Ispitanici iz  $KGr$  dobili su instrukciju da zadrže dotadašnji nivo fizičkih aktivnosti u toku trajanja eksperimenta.

**Rezultati** istraživanja za *Eksperiment 1* dati su grafički i tabelarno. Tipični profili  $P$  i  $F$  koji su dobijeni izvođenjem pokušaja reprezentativnog ispitanika pri sve tri pomenute vrste opterećenja ukazuju da su najmanje mišićne  $P$  i  $F$  ispoljene prilikom savladavanja inercione vrste opterećenja, dok su najveća  $F$  i najduže trajanje pokreta uočeni prilikom izvođenja sa kombinovanom vrstom opterećenja. Primenjeni trening rezultovao je značajnim prirastima varijabli  $P_{avg}$  i  $P_{max}$  kod sve tri eksperimentalne grupe. Promene nastale u  $F$  procenjene kroz  $IRM$  bile su značajne, ali umerene kod sve tri eksperimentalne grupe (relativni prirast od 5 do 9 %;  $VE$  od 0,39 do 0,75; videti *Tabelu 3*).

Nije bilo razlika kod *KGr*. Iako je apsolutni prirast bio veći kod *G+IGr* ( $7,5\pm 5,0$  kg) nego kod *IGr* ( $3,8\pm 5,7$  kg) i *GGr* ( $5,4\pm 4,0$  kg), primenjena jednostruka ANOVA ukazala je da nije bilo značajnih razlika između tri eksperimentalne grupe ( $F_{2,33} = 1,7; p > 0,05; \mu_p = 0,095$ ). Poređenje apsolutnih prirasta u *P* posmatranih kod tri eksperimentalne grupe pri različitim vrstama opterećenja ukazuje na glavni efekat faktora “opterećenje” ( $F_{2,66} = 4,690; p < 0,05; \mu_p = 0,124$  za *Pavg* i  $F_{2,66} = 9,6; p < 0,01; \mu_p = 0,226$  za *Pmax*), ali ne i faktora „grupa“ ( $F_{2,33} = 0,6; p > 0,05; \mu_p = 0,036$  za *Pavg* i  $F_{2,33} = 0,7; p > 0,05; \mu_p = 0,041$  za *Pmax*). Od posebne važnosti su značajne interakcije ( $F_{4,66} = 6,0; p < 0,01; \mu_p = 0,265$  za *Pavg* i  $F_{4,66} = 4,7; p < 0,01; \mu_p = 0,221$  za *Pmax*).

Kao **zaključak**, rezultati istraživanja ukazuju da čak i kod fizički aktivnih ispitanika trening sa umerenim opterećenjem može dovesti do značajnih prirasta u mišićnoj snazi. Prirasti u sili bili su relativno mali, ukazujući da su neki drugi faktori kao što su prirasti u brzini, verovatno doprineli značajnim prirastima u snazi. Međutim, posebna novina studije jeste dizajn primenjenih opterećenja koji je omogućio uticaj različitih vrsta opterećenja kao što su gravitaciona i inerciona. Iako nijedna od primenjenih vrsta opterećenja nije pokazala prednost u odnosu na druge kada su u pitanju prirasti u snazi i sili, dobijeni rezultati potvrdili su da su prirasti u snazi specifični u odnosu na primenjeno opterećenje: najveći prirasti uočeni su pri izvođenju pokreta sa opterećenjem sa kojim je sproveden trening. Stoga, dobijeni rezultati mogu imati velikog značaja za razumevanje efekata različitih vrsta opterećenja na mišićno-skeletni aparat. Takođe, dobijeni nalazi mogu imati ulogu u promeni procedura treninga i rehabilitacije u cilju unapređenja motoričkih sposobnosti relevantnih za specifičnu vrstu spoljašnjeg opterećenja.

U okviru realizovanja istraživanja efekata treninga sa različitim vrstama opterećenja na mehaničke osobine mišića, ***Eksperiment 2*** je uključivao merenja i proces treninga trajanja 8 nedelja. Sva merenja i trening sprovedeni su u Metodičko-istraživačkoj laboratoriji (MIL) Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu. Poglavlje 6 napisano je na osnovu publikovanog rada u vrhunskom međunarodnom časopisu (M21) – *International Journal of Sports Physiology and Performance* pod nazivom: „*Selective Effects of Training Against Weight and Inertia on Muscle Mechanical Properties*“. Problem istraživanja koji ispitivan u okviru *Eksperimenta 2* dodatno je obrazložen u okviru zasebnog Uvoda. Između ostalog se navodi da je posmatrano u odnosu na tip opterećenja i njihova mehanička svojstva, najčešće primenjeno spoljašnje opterećenje u treningu potiče od podignute mase (*m*) koja tipično uključuje segmente tela i dodatnu masu. Nasuprot tome je opterećenje koje je pretežno zasnovano na konstantnoj *F* i stoga “imitira” samo težinu (gravitaciono opterećenje). Najčešće su u treningu sportista korišćene relativno kratke elastične gume i opruge koje su pružale otpor koji se menjao sa promenom amplitude pokreta, ali je ipak isključivao inerciju zbog svoje male mase (Page et al., 1993; Saeterbakken et al., 2014). Konačno, inerciono opterećenje bez

težine se retko primenjuje u treningu, jer se javlja samo pri brzim zamascima i odgurivanjima izvršenim uglavnom u horizontalnoj ravni [npr. horizontalni izbačaji, odgurivanja ili udarci (Liu et al., 2011)] ili pri treningu sa zamajcem (Naczek et al., 2013). Značaj ovih vrsti opterećenja implicitno je prepoznat čak i u razvoju svemirske tehnologije, pošto je proizveden uređaj za vežbanje sa otporom u poznatom centru za razvoj svemirske tehnologije NASA. Uređaj je dizajniran tako da omogući zaseban uticaj gravitacione i inercione komponente opterećenja (Loehr et al., 2011). I pored toga, specifični efekti treninga sa gravitacionom i inercionom vrstom opterećenja nisu istraženi iako predstavljaju osnovna mehanička svojstva segmenata tela i dodatnih spoljašnjih objekata. Stoga je glavni cilj ovog istraživanja bio da se ispituju do sada neispitani selektivni efekti treninga koji podrazumevaju primenu različitih vrsta opterećenja, na mehaničke osobine mišića ruku. Da bi se ispitali efekti treninga ispitanici su trenirali izbačaj sa grudi u različitim uslovima koji su podrazumevali trening sa primenom gravitacione, kombinovane i inercione vrste opterećenja. Nakon toga je procenjena F-V relacija treniranih mišićnih grupa kako bi se ispitali selektivni efekti pomenutih treninga na razvoj  $F$ ,  $V$  i  $P$ . Na osnovu svega navedenog postavljene su dve hipoteze: *Hipoteza 2.1* - da će F-V relacija kod izbačaja tega sa grudi biti približno linearna i *Hipoteza 2.2* - da će F-V relacija biti dovoljno osetljiva da detektuje razlike nastale primenom treninga sa različitim vrstama opterećenja usmerenog na razvoj mišićne sile, brzine i snage.

**Metode** primenjene u *Eksperimentu 2* identične su metodama primenjenim u *Eksperimentu 1*. To konkretno znači da je korišćen isti uzorak ispitanika, uz korišćenje istih procedura i istih postupaka obrada i statističke analize podataka. Isti je bio i trenažni program koji je korišćen, dok je razlika bila isključivo u zavisnoj varijabli na kojoj su se pratili efekti treninga. U *Eksperimentu 2* zavisnu varijablu činili su parametri  $F_0$ ,  $V_0$  i  $P_{max}$ , koji su se dobijali iz relacije sila-brzina koja je određivana na osnovu podataka dobijenih primenom 7 različitih veličina opterećenja.

**Rezultati** dobiveni u okviru *Eksperimenta 2* prikazani su grafički. Tipični kinetički i kinematički profili koji se odnose na tri tipa opterećenja u treningu pokazuju da je inerciona vrsta opterećenja rezultovala najvećom brzinom izbačaja, dok su gravitaciona, a pogotovo kombinovana vrsta opterećenja, rezultovala ispoljavanjem veće sile. Kada su F-V relacije 3 reprezentativna ispitanika dobijene na 8 opterećenja tokom pretesta i posttesta upoređene između reprezentativnih ispitanika iz različitih grupa, uočeno je da je usled treninga došlo do povećanja  $P_{max}$  (tj. proizvoda  $F_0$  i  $V_0$ ) kod sva tri reprezentativna ispitanika. Od značaja jeste i činjenica da prirast  $P_{max}$  može poticati najviše od prirasta  $F_0$  ( $GGr$  ispitanik), prirasta  $V_0$  ( $IGr$  ispitanik) ili prirasta i  $F_0$  i  $V_0$  ( $G+IGr$  ispitanik). Glavni nalaz studije predstavlja efekat treninga baziranog na različitim vrstama opterećenja na parametre F-V relacije. Parametar  $F_0$  je ukazao da nema glavnog efekta faktora "grupa" ( $F_{3,44} = 0,36$ ;  $\eta^2 = 0,02$ ;  $p = 0,78$ ), dok su glavni efekti faktora „test“ ( $F_{3,44} = 33,68$ ;  $\eta^2 = 0,25$ ;  $p < 0,01$ ) i njihove

interakcije ( $F_{3,44} = 11,61$ ;  $\eta^2 = 0,25$ ;  $p < 0,01$ ) bili značajni. Prirast  $F_0$  naročito je bio istaknut kod ispitanika iz *GGr* i *G+IGr* (oba  $p < 0,01$ ). Kod  $V_0$  takođe nije bilo glavnog efekta faktora „grupa“ ( $F_{3,44} = 2,37$ ;  $\eta^2 = 0,08$ ;  $p = 0,08$ ), dok su glavni efekti faktora „test“ ( $F_{3,44} = 8,84$ ;  $\eta^2 = 0,09$ ;  $p < 0,01$ ) i njihove interakcije ( $F_{3,44} = 9,44$ ;  $\eta^2 = 0,29$ ;  $p < 0,01$ ) bili značajni. Značajan prirast  $V_0$  bio je naročito prisutan kod ispitanika iz *G+IGr* ( $p < 0,05$ ) i *IGr* ( $p < 0,01$ ). Kod  $P_{max}$  takođe nije bilo glavnog efekta faktora „grupa“ ( $F_{3,44} = 0,83$ ;  $\eta^2 = 0,04$ ;  $p = 0,49$ ), dok su glavni efekti faktora „test“ ( $F_{3,44} = 60,91$ ;  $\eta^2 = 0,32$ ;  $p < 0,01$ ) i njihove interakcije ( $F_{3,44} = 15,26$ ;  $\eta^2 = 0,24$ ;  $p < 0,01$ ) bili značajni. Sve eksperimentalne grupe, ali ne i kontrolna, značajno su povećale  $P_{max}$  u posttestu u odnosu na pretest (svi  $p < 0,01$ ). Jednostruka ANOVA primenjena na prirastima  $F_0$  ukazala je na razlike između grupa ( $F_{3,44} = 9,25$ ;  $\eta^2 = 0,36$ ;  $p < 0,01$ ). Rezultati govore u prilog tome da su ispitanici iz *GGr* i *G+IGr* imali veći prirast u  $F_0$  od ispitanika iz *IGr* (oba  $p < 0,01$ ). Takođe, prirast u  $V_0$  je pokazao značajne razlike između grupa ( $F_{3,44} = 8,89$ ;  $\eta^2 = 0,35$ ;  $p < 0,01$ ), gde su više napredovali ispitanici iz *G+IGr* ( $p < 0,05$ ) i *IGr* ( $p < 0,01$ ) u odnosu na ispitanike iz *GGr*. Analiza je ukazala da su razlike u  $P_{max}$  bile neznatno ispod nivoa značajnosti ( $F_{3,44} = 3,22$ ;  $\eta^2 = 0,16$ ;  $p = 0,053$ ). Uprkos tome, ispitanici iz *IGr* imali su značajno veći prirast od ispitanika iz *GGr* ( $p < 0,05$ ; značajno je što je vrednost  $\eta^2$  velika). Generalno posmatrano, rezultati su u skladu sa podacima dobijenim na reprezentativnim ispitanicima i navode na zaključak da je prirast u  $P_{max}$  kod ispitanika iz *G+IGr*, bio baziran na povećanju i  $F_0$  i  $V_0$ , prirast kod ispitanika iz *GGr* i *IGr* bio je baziran gotovo isključivo na prirastu  $F_0$ , odnosno  $V_0$ .

U **Zaključku** *Eksperimenta 2* ističe se da su rezultati studije ukazali na prednost upotrebe inercione vrste opterećenja u odnosu na gravitacionu, kada je u pitanju povećanje  $P$ . Posebno značajan i nov nalaz ogleda se u činjenici da dok trening sa gravitacionom vrstom opterećenja dovodi do povećanja  $P$  uglavnom kroz prirast u  $F$ , trening sa inercionom vrstom opterećenja dovodi do povećanja  $P$  uglavnom prirastom u  $V$ , dotle najčešće primenjena kombinovana vrsta opterećenja utiče na povećanje  $P$  kroz prirast u  $F$  i  $V$ . Iz metodološke perspektive, utvrđeno je da je posmatrana F-V relacija ne samo približno linearna, već takođe i dovoljno osetljiva da detektuje treningom prouzrokovane priraste u  $F$ ,  $V$  i  $P$ . Stoga, izvedeni su sledeći zaključci: (1) inerciona vrsta opterećenja je efektivnija u odnosu na gravitacionu vrstu opterećenja kada je u pitanju povećanje  $P$ , (2) gravitacionu i inercionu vrstu opterećenja bi trebalo primeniti u treningu u cilju selektivnog povećanja  $F$  i  $V$ , dok se (3) linearni F-V model dobijen pri izbačajima tega sa više opterećenja može preporučiti za procenu maksimalnog mehaničkog “izlaza”  $F$ ,  $V$  i  $P$  testiranih mišića.

Na osnovu sumiranja nalaza dobijenih u *Eksperimentima 1 i 2*, autor izvlači **4 opšta zaključka**:

1. Nalazi u oba eksperimenta su generalno konzistentni kada je u pitanju prirast u snazi. Naime, rezultati oba eksperimenta su ukazali da su sve tri eksperimentalne grupe imale značajan napredak u snazi, što je i bilo očekivano, jer je trening po intenzitetu opterećenja (oko 50 %

1RM-a) bio usmeren na razvoj snage. To potvrđuje i činjenica da su relativni prirasti u snazi bili veći od relativnih prirasta u sili.

2. Rezultati *Eksperimenta 1* ukazuju da su postojali specifični efekti treninga u odnosu na primenjeno opterećenje. Naime, najveći prirasti u snazi uočeni su kod ispitanika pri opterećenju pri kom su ispitanici i trenirali. Ipak, kada je reč o ispoljavanju snage pri intenzitetu opterećenja koje je korišćeno u treningu, nijedna od primenjenih vrsta opterećenja nije pokazala generalnu prednost u odnosu na preostale dve vrste opterećenja sa aspekta poboljšanja mišićne snage i sile.
3. Najvažniji nalaz *Eksperimenta 2* iz aspekta efekata treninga sa različitom vrstom opterećenja, jeste da su primenjeni treninzi doprineli značajnom prirastu snage ispitanika. Međutim, najznačajniji dobijeni nalaz mogao bi biti taj da je pomenuti prirast uglavnom bio baziran na prirastu u sili (nakon treninga sa gravitacionim opterećenjem), prirastu u brzini (nakon treninga sa inercionim opterećenjem), ili u istovremenom prirastu i u sili i u brzini (nakon treninga sa kombinovanim opterećenjem). U ovom slučaju dobijeni rezultati ukazuju da je primena inercione vrste opterećenja nešto efektivnija u odnosu na gravitacionu vrstu opterećenja kada je u pitanju prirast maksimalne snage (procenjene putem linearne F-V relacije). Treba napomenuti da su pomenuti efekti treninga dobijeni uprkos činjenici što su ispitanici bili fizički aktivni.
4. Iz metodološkog aspekta najznačajniji nalaz predstavlja činjenica da je F-V relacija dobijena prilikom izbačaja tega sa grudi približno linearna i da je kao takva dovoljno osetljiva da detektuje promene u ispoljavanju sile, brzine i snage nakon sprovedenog treninga.

Autor ukazuje i na **potencijalni značaj istraživanja**. Naime, rezultati ove studije mogu da doprinesu optimizaciji primenjenih opterećenja, a sve u cilju unapređenja onih mehaničkih osobina mišića koje su od važnosti za određenog sportistu, rekreativca ili rekonvalescenta. Takođe, rezultati studije mogu doprineti razumevanju specifičnosti adaptacije mišićnog sistema na različite vrste opterećenja koje su svakodnevno prisutne pri čovekovom kretanju, ali nisu dovoljno proučene. Drugi potencijalni značaj ogleda se u novom i značajnom nalazu koji se odnosi na mehanizme poboljšanja ispoljavanja snage kroz povećano ispoljavanje sile i brzine, a sve u zavisnosti od primenjenog opterećenja u treningu. Sa metodološkog aspekta, najznačajniji nalaz bi mogao biti taj da je linearni F-V model dobijen iz više primenjenih opterećenja, dovoljno osetljiv da detektuje treningom prouzrokovane priraste u sili, brzini i snazi. Takođe, ovakvi rezultati otvaraju mogućnost za razvijanje i unapređivanje novih metoda u praćenju efekata treninga, uz pomoć kojih bi se na relativno jednostavan način došlo do sveobuhvatnijih informacija o efektima primenjenog procesa treninga.

Na kraju, autor daje smernice za buduća istraživanja. S obzirom da su sve tri vrste opterećenja imale isto referentno opterećenje, odnosno da je samo 75 % opterećenja u treningu predstavljalo gravitacionu, odnosno inercionu vrstu opterećenja, razlike u efektima treninga nastale primenom različitih vrsta opterećenja, mogle bi biti izraženije nego što su razlike koje su dobijene u ovom istraživanju. Dakle, **prva smernica** može biti da se procentualno umanja referentno opterećenje (koje predstavlja kombinovanu vrstu opterećenja) i da se na taj način poveća uticaj zasebnih komponenti opterećenja, tj. gravitacione i inercione. **Druga smernica** može biti da se slično istraživanje sprovede na ispitanicima različitih populacija, pre svega netrenirane populacije i populacije neuroloških i ortopedskih pacijenata (jer je pretpostavka da bi efekti trebalo da budu još značajniji), a zatim i vrhunskih sportista specijalizovanih u pogledu mehaničkih osobina njihovih mišića. **Treća smernica** mogla bi biti da se u budućim istraživanjima koristi više opterećenja koji su usmereni na razvoj sile ili brzine, pa da se u takvim okolnostima prati uticaj treninga sa različitim vrstama opterećenja. Potrebno je sprovesti istraživanja kojim će se izučavati F-V relacije pri različitim vrstama opterećenja, kako bi se doprinelo boljem razumevanju funkcionisanja mišićno-skeletnog sistema pri različitim vrstama opterećenja i u različitim uslovima rada (**četvrta smernica**). Kao **peta smernica**, buduća istraživanja koja bi se bazirala na elektromiografskim i kinematičkim podacima mogla bi da daju odgovor na pitanje da li su promene usled treninga sa različitim vrstama opterećenja nastale na perifernom (naime, u morfologiji mišića) ili centralnom nivou (na nivou centralnog nervnog sistema, odnosno, obrasca neuralne aktivacije mišića). U budućim istraživanjima potrebno je primeniti metod „*Dva opterećenja*“ u cilju procene efekata treninga, jer bi se na taj način procenila važna mogućnost uprošćenja procedura testiranja, a zadržale bi se koristi koje postoje od primene linearnog F-V modela pri proceni osnovnih mehaničkih osobina mišića (**šesta smernica**).

U poglavlju **Literatura** (68 - 86) navedene su bibliografske jedinice (174) na osnovu kojih je formulisana teorijska osnova i metodološka struktura istraživanja i na osnovu kojih su diskutovani rezultati dobijeni u istraživanjima. Bibliografske jedinice su korektno navedene u tekstu i u spisku literature.

Poglavljje **Prilozi** (87 - 95) sadrži podatke predviđene Pravilnikom o doktorskim studijama Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja i Uputstvom o formiranju repozitorijuma doktorskih disertacija: (1) Kopija izjave o autorstvu; (2) Kopija izjave o istovetnosti štampane i elektronske verzije dokorskog rada; (3) Kopija izjave o korišćenju, (4) Kopija naslovne strane objavljenog rada, (5) Kopija odobrenja Etičke komisije Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu za realizaciju predloženih eksperimenata; (6) Kopija formulara za saglasnost ispitanika za učešće u eksperimentu su saglasnosti sa Helsinškom deklaracijom; (7) Kopija upitnika za procenu nivoa fizičke aktivnostikod ispitanika; kao i Biografiju autora sa spiskom objavljenih radova.



U **Pogovoru** (97) je navedeno da je Doktorska disertacija urađena je u okviru projekta pod nazivom: “*Mišićni i neuralni faktori humane lokomocije i njihove adaptivne promene*” (evidencioni broj 175037; rukovodilac projekta prof. dr Aleksandar Nedeljković), finansiranog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, Republike Srbije.

Materijal izložen u ovoj doktorskoj disertaciji većim delom je zasnovan na rezultatima koji su objavljeni ili dostavljeni vrhunskim međunarodnim časopisima i prezentovani na međunarodnim naučnim skupovima.

#### **Radovi objavljeni u celini u vrhunskim međunarodnim časopisima:**

Djuric, S., Cuk, I., Sreckovic, S., Mirkov, D., Nedeljkovic, A., & Jaric, S. (2016). Selective Effects of Training Against Weight and Inertia on Muscle Mechanical Properties. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(7), 927-932.

#### **Radovi dostavljeni vrhunskim međunarodnim časopisima:**

Djuric, S., Knezevic, O. M., Mirkov, D. M., Cuk, I., Nedeljkovic, A., & Jaric, S. (2017). Effects of constant, inertial, and combined resistance training on power and strength.

#### **Radovi prezentovani na međunarodnim skupovima:**

Djuric, S., Zivkovic, Z. M., Suzovic, D., & Nedeljkovic, A. (2015). Reliability and concurrent validity of the maximum force parameter obtained from the linear force-velocity relationship. *Proceedings*. Belgrade: Faculty of Sport and Physical Education, 209-215.

#### **Zaključak**

Problemi koji su elaborirani u realizovanom istraživanju pružili su afirmativne odgovore na suštinski važna pitanja iz oblasti mehaničkih osobina mišića. Konkretno, predmetom ove disertacije je obuhvaćeno razmatranje uticaja različitih efekata treninga zasnovanog na primeni različitih vrsta opterećenja, a u odnosu na njihove pojedinačne komponente (gravitacione i inercione). Tačnije, praćeni su efekti treninga na ispoljavanje maksimalne snage i sile mišića, kao i efekti treninga na parametre kojima se mehaničke osobine procenjuju indirektno na osnovu relacije između sile i brzine. Dalje su, sa specifičnim ciljevima i posebno hipotezama, jasno definisana pitanja na koje je trebalo dati odgovore, usko vezane za pomenutu temu istraživanja. U narednom delu dobijeni odgovori su upotrebljeni u cilju formulisanja generalnih zaključaka kao finalnog proizvoda ove doktorske disertacije.

U celini posmatrano, rezultati doprinose potpunijem sagledavanju problema mehaničkih osobina mišića, koje u velikoj meri određuju ne samo uspešnost u vrhunskom sportu, već i efikasnost u različitim zanimanjima.

### **Predlog Nastavno-naučnom veću Fakulteta**

Doktorska disertacija Saše Đurića proistekla je iz izučavanja izuzetno značajnog problema, koji sve više zaokuplja pažnju naučne javnosti. Istraživanja prikazana u okviru priložene doktorske disertacije u potpunosti su realizovana u skladu sa usvojenim projektom. Dobijeni rezultati omogućavaju objektivnu konkretizaciju istraživnog problema. Nalazi do kojih se došlo u okviru urađene doktorske disertacije na originalan način doprinose izučavanju mehaničkih osobina mišića, a posebno efekata treninga, značajnih ne samo u fizičkom vaspitanju i sportu, već posebno u medicini prilikom rehabilitacije povreda lokomotornog aparata. Takođe, korišćena metodologija predstavlja kvalitativni pomak u istraživanjima, s obzirom da se njenom primenom na odgovorajući način kontrolišu efekti primene različitih komponenti opterećenja (gravitacione i inercione).

Predlažemo da Nastavno-naučno veće Fakulteta prihvati Izveštaj Komisije, utvrdi predlog Odluke o pozitivno ocenjenoj doktorskoj disertaciji Saše Đurića pod naslovom “UTICAJ TRENINGA SA RAZLIČITIM VRSTAMA OPTEREĆENJA NA MEHANIČKE OSOBINE MIŠIĆA“ i, u skladu sa pozitivnim zakonskim propisima, uputi na dalje razmatranje nadležnom Veću naučnih oblasti Univerziteta u Beogradu.

U Beogradu, 10. 10. 2017. godine

Članovi Komisije:

---

Dr Slobodan Jarić, redovni profesor – gostujući profesor, Univerzitet u Beogradu - Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, mentor

---

Dr Miloš Kukolj, redovni profesor u penziji, član

---

Dr Aleksandar Nedeljković, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu - Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, član

---

Dr Ivan Ćuk, Visoka sportska i zdravstvena škola, Beograd, član