

**KOMISIJA ZA PREGLED I ODBRANU
DOKTORSKE DISERTACIJE**

РЕПУБЛИКА СРБИЈА
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ФАКУЛТЕТ СПОРТА И ФИЗИЧКОГ ВАСПИТАЊА
БЕОГРАД

Примљено	22.02.2018.		
Сл.бр.	Број	Прилог	Вредност
	02-1872/15		

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU FAKULTETA

Predmet: Izveštaj Komisije za pregled i odbranu doktorske disertacije mr Marka Ćosića.

Na 5. sednici Nastavno-naučnog veća Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja održanoj 07.02.2018. godine, u skladu sa čl. 29 i 30 Statuta Fakulteta, doneta je Odluka o formiranju Komisije za pregled i odbranu doktorske disertacije mr Marka Ćosića, pod naslovom: "UTICAJ VRSTE OPTEREĆENJA I MOTORIČKOG ZADATKA NA RELACIJU SILA-BRZINA" (02-br. 1872/15 od 07.02.2018. godine). Komisija je formirana u sastavu:

- Dr Aleksandar Nedeljković, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu – Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, mentor,
- Dr Vladimir Koprivica, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu - Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, član komisije,
- Dr Slobodan Jarić, redovni profesor - gostujući profesor, Univerzitet u Beogradu – Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja i Departman za kineziologiju i primenjenu fiziologiju, Univerzitet u Delaveru, Sjedinjene Američke Države, član komisije,
- Dr Dragan Radovanović, redovni profesor, Univerzitet u Nišu - Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, član komisije,
- Dr Olivera Knežević, naučni saradnik, Univerzitet u Beogradu - Institut za medicinska istraživanja, član komisije.

Nakon pregleda dostavljenog materijala Komisija podnosi Nastavno-naučnom veću sledeći

I Z V E Š T A J:

Biografija

Mr Marko Ćosić je rođen 18.09.1978. godine u Beogradu gde je završio osnovnu školu i XI beogradsku gimnaziju - sportsko odeljenje. Na Fakultetu sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu je diplomirao 2003. godine, gde je osnovne studije završio sa prosečnom ocenom 8,85. Na

istom Fakultetu je 2014. godine odbranio magistarsku tezu, gde je magistarske studije završio sa prosečnom ocenom 10.

Aktivno se bavio atletikom od 1992. godine u AK „Crvena zvezda“ u disciplinama trčanja preko prepona. Osvajač je medalja na državnim prvenstvima, u svim uzrasnim kategorijama od pionira do seniora. Ima nekoliko nastupa za juniorsku nacionalnu reprezentaciju.

Kao trener za sprint, prepone i štafeta trčanja u AK „Crvena zvezda“, trenirao je atletičare koji su osvajali medalje na prvenstvima Balkana, kao i titule državnih prvaka u konkurenciji pionira, juniora i seniora. Atletičari koje je trenirao postigli su više juniorskih nacionalnih rekorda. Za najboljeg trenera za seniore u izboru Atletskog saveza Beograda izabran je 2008. godine. Iste godine je izabran za saveznog kapitena (selektora) za sve nacionalne selekcije Atletskog saveza Srbije.

Od 2003. godine radi kao kondicioni trener u košarci. Bio je član stručnog štaba muške košarkaške reprezentacije Srbije, a radio je i u univerzitetskoj, mladoj, juniorskoj i kadetskoj selekciji. Ima osvojene zlatne medalje na prvenstvima Evrope 2005. i 2007. godine sa juniorskom reprezentacijom, kao i 2009. godine sa univerzitetskom selekcijom. Ima osvojen Kup Radivoja Koraća 2016. godine, a iste godine je bio član stručnog štaba San Antonio Sparsa (tima koji se takmiči u NBA košarkaškoj ligi) tokom Letnje lige.

Od 2017. godine je zaposlen na Fakultetu sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu u zvanju asistenta na predmetu Teorija sportskog treninga. Oženjen je Jelenom i ima sina Nemanju.

Spisak objavljenih radova:

Izvorni naučni članci

1. ĆOSIĆ, Marko, ĐURIĆ, Saša, ŽIVKOVIĆ, Milena, NEDELJKOVIĆ, Aleksandar. Force-velocity relationship of leg extensors obtained from three different types of load. Facta Universitatis. Series, Physical Education and Sport, ISSN 1451-740X. [Štampano izd.], 2017, vol. 15, no. 3, str. 467-480, ilustr., doi: 10.22190/FUPES1703467C. [COBISS.SR-ID 514897068]

2. ĆOSIĆ, Marko, KASUM, Goran, RADOVANOVIĆ, Saša, KOPRIVICA, Vladimir. Karakteristike ravnoteže osoba sa oštećenim čulom vida. Godišnjak, ISSN 1452-5917, 2013/2014, br. 20, str. 81-101. [COBISS.SR-ID 514750380]

Pregledni naučni članci

3. KOPRIVICA, Vladimir, ĆOSIĆ, Marko. Redefinisanje nekih osnovnih pojmova u teoriji sportskog treninga = Redefining some basic concepts in the theory of sports training. Antropološki

aspekti sporta, fizičkog vaspitanja i rekreacije, ISSN 1986-8146, 2011, vol. 2, str. 105-110.
[COBISS.SR-ID 512717996]

Stručni članci

4. ĆOSIĆ, Marko, KOPRIVICA, Vladimir. Specifičnosti strukture treninga kod sportista sa oštećenim vidom = Specifics of training structure for visually impaired athletes. Antropološki aspekti sporta, fizičkog vaspitanja i rekreacije, ISSN 1986-8146, 2011, str. 284-296. [COBISS.SR-ID 512754348]

Objavljena naučna izlaganja na konferenciji

5. ĆOSIĆ, Marko, KOPRIVICA, Vladimir. Ravnoteža sportista - reprezentativaca oštećenog vida. У: STOJILJKOVIĆ, Stanimir (ur.). Зборник радова = Conference Proceedings. Београд: Факултет спорта и физичког васпитања, 2011, str. 239-247. [COBISS.SR-ID 513119660]

Objavljeni sažetci naučnih izlaganja na konferenciji

6. KOPRIVICA, Vladimir, ĆOSIĆ, Marko. The problem of defining concepts in a theory of sports training = Problem definisanja pojmova u teoriji sportskog treninga. У: MANDARIĆ, Sanja (ur.), MOSKOVLJEVIĆ, Lidija (ur.), MARKOVIĆ, Miloš (ur.). Zbornik sažetaka. Beograd: Univerzitet, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja: = University, Faculty of Sport and Physical Education, 2017, str. 82-83. [COBISS.SR-ID 514893484]

7. KOPRIVICA, Vladimir, ĆOSIĆ, Marko. Redefinisanje nekih osnovnih pojmova u teoriji sportskog treninga = Redefining some basic concepts in the theory of sports training. У: SIMOVIĆ, Slobodan (ur.). Book of Summaries, (Antropološki aspekti sporta, fizičkog vaspitanja i rekreacije, ISSN 1986-8146). Banja Luka: University of Banja Luka, Faculty of physical education and sports, 2010, str. 95-96. [COBISS.SR-ID 513208236]

8. ĆOSIĆ, Marko, KOPRIVICA, Vladimir. Ravnoteža sportista - reprezentativaca oštećenog vida = Balance of athletes of representative level with visually impaired. У: STOJILJKOVIĆ, Stanimir (ur.). Зборник сажетак = Book of Abstracts. Београд: Факултет спорта и физичког васпитања: = Faculty of Sport and Physical Education, 2010, str. 74-75. [COBISS.SR-ID 513230252]

9. ĆOSIĆ, Marko, KOPRIVICA, Vladimir. Specifičnosti strukture treninga kod sportista sa oštećenim vidom = Specifics of training structure for visually impaired athletes. У: SIMOVIĆ, Slobodan (ur.). Book of Summaries, (Antropološki aspekti sporta, fizičkog vaspitanja i rekreacije,

Magistarski rad

10. ĆOSIĆ, Marko. Karakteristike hoda i ravnoteže sportista sa oštećenim čulom vida: magistarski rad. Beograd: [M. Ćosić], 2014. 115 listova, ilustr., graf. prikazi, tabele. <http://phaidrabg.bg.ac.rs/o:8512>. [COBISS.SR-ID 514643372]

Diplomski rad

11. ĆOSIĆ, Marko. Motorički razvoj sportski odabrane dece mlađeg školskog uzrasta : diplomski rad. Beograd: [M. Ćosić], 2003. 78 listova, graf. prikazi, tabele. [COBISS.SR-ID 512360876]

Ostali radovi

1. Ćosić, M., Lekić, N., i Rajković, M. (2014). Specifičnosti menadžmenta ljudskih resursa u sportskim klubovima, Međunarodna naučna konferencija: Menadžment 2014, Zbornik rezimea, Univerzitet Union u Beogradu, Fakultet za poslovno industrijski menadžment, str. 56.

2. Ćosić, M. i Rajković, M. (2013). Specifičnosti strategija sportskih klubova, IX Međunarodna naučna konferencija: Menadžment u sportu, Zbornik radova 1, Alfa Univerzitet u Beogradu, Fakultet za menadžment u sportu, str. 62-71.

3. Ćosić, M. (2013). Specifičnosti komunikacije u sportskim klubovima, IX Međunarodna naučna konferencija: Menadžment u sportu, Zbornik radova 2, Alfa Univerzitet u Beogradu, Fakultet za menadžment u sportu, str. 32-40.

4. Ćosić, M. (2012). Analiza spoljašnjeg okruženja sportskih organizacija, VIII Međunarodna naučna konferencija: Menadžment u sportu, Zbornik radova, Alfa Univerzitet u Beogradu, Fakultet za menadžment u sportu, str. 52-60.

5. Ćosić, M. (2012). Kontrola u sportskim organizacijama, VIII Međunarodna naučna konferencija: Menadžment u sportu, Zbornik radova, Alfa Univerzitet u Beogradu, Fakultet za menadžment u sportu, str. 61-68.

6. Ćosić, M. (2012). Specifičnosti menadžmenta u industriji sporta, Međunarodna naučna konferencija: Menadžment 2012, Zbornik radova, Univerzitet Union u Beogradu, Fakultet za poslovno industrijski menadžment, str. 131-137.

7. Ćosić, M. (2011). Vizija, misija i ciljevi u sportskim organizacijama, VII Međunarodna naučna konferencija: Menadžment u sportu, Zbornik radova, Alfa Univerzitet u Beogradu, Fakultet za menadžment u sportu, str. 111-123.

8. Ćosić, M. (2011). Etika u savremenom sportu, VII Međunarodna naučna konferencija: Menadžment u sportu, Zbornik radova, Alfa Univerzitet u Beogradu, Fakultet za menadžment u sportu, str. 98-110.

Analiza rada

Doktorska disertacija obuhvata 188 strana, 6 tabela, 35 slika, 3 priloga, biografiju autora, pogovor i 3 izjave autora datih u skladu 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, Teorijski pristup istraživanju, Problem, predmet, cilj i zadaci istraživanja, Hipoteze istraživanja, Metode istraživanja, Rezultati istraživanja, Diskusija, Zaključci, Značaj i potencijalna teorijska i praktična primena rezultata istraživanja, Literatura i Prilozi.

U **Uvodu** (strane 1-64), u okviru koga je izdvojeno zasebno poglavlje sa teorijskim pristupom istraživanju, obrazložena je tema doktorske disertacije kroz navođenje nalaza relevantne literature. U obrazloženju teme autor je na samom početku definisao osnovne pojmove kojima se operiše u obrazlaganju problema istraživanja. Prvo je objašnjen mehanizam mišićne kontrakcije sa posebnim osvrtom na mehaničke osobine mišića: silu, brzinu i snagu mišića. Zatim je obrazložena relacija sila-brzina uz navođenje svih karakteristika ove relacije kada se ona javlja prilikom izvođenja jednozglobnih, odnosno višezglobnih pokreta. Dalje obrazlaganje teme dato je kroz definiciju opterećenja u sportskom treningu i navođenje karakteristika opterećenja, komponenti opterećenja i posebno komponenti sile opterećenja. Na kraju definisan je pojam motoričkog zadatka, sa posebnim osvrtom na pojmove pokreta i kretanja, kao i na činioce koji utiču na motorički zadatak. Nakon definisanja osnovnih pojmova, autor je kroz pregled dosadašnjih istraživanja definisao i ograničio problem istraživanja. Ovom prilikom posebno je analizirana relevantna literatura koja se bavila problemima relacije sila-brzina u složenim pokretima, kao i ona koja se bavila problemima uticaja različitih komponenti opterećenja na mehaničke osobine mišića.

Relacija sila-brzina (eng. *force-velocity*, F-V relacija) predstavlja zavisnost sile mišića od brzine njegovog skraćenja. Što se više povećava brzina skraćenja mišića (v – apscisa, x - osa), mogućnost da mišić stvara silu se smanjuje (F - ordinata, y - osa). Drugim rečima, pri koncentričnoj kontrakciji, maksimalna sila (F_0) koju mišić produkuje na svojoj optimalnoj dužini se smanjuje sa

povećanjem brzine skraćanja i to sve dokle ne postigne kritičnu, maksimalnu brzinu skraćanja (V_0), kada mišić prestaje da generiše silu, odnosno gde je sila koju produkuje jednaka nuli (Zatsiorsky, 2008).

Relacija sila-brzina ima veliki uticaj na praksu treninga (Zatsiorsky & Kraemer, 2009, str. 31-32) iz nekoliko razloga: (1) U veoma brzim pokretima nemoguće je ispoljiti veliku silu. (2) Sila i brzina koje se razvijaju u srednjem opsegu krive odnosa sile i brzine zavise od izometrijske sile. Uticaj sile i brzine u dinamičkim uslovima na maksimalnu silu veći je u pokretima sa relativno velikim opterećenjem i malom brzinom. (3) Maksimalna snaga postiže se u srednjem opsegu sile i brzine. Snaga je maksimalna kada se ispolji na približno trećini najveće brzine i polovini vršne maksimalne sile, odnosno jednaka je šestini vrednosti koja se može postići ako se u isto vreme izvrši i maksimalna sila i postigne najveća brzina. Važnost i primenljivost relacije sila-brzina se ogleda i u tome što njeni parametri F_0 i V_0 , koji inače međusobno nisu povezani (Zatsiorsky & Kraemer, 2009, str. 31-32), određuju relaciju snaga-brzina, koja je određena maksimalnom izometrijskom silom (F_0), maksimalnom brzinom (V_0) i oblikom krive (a/F_0 ili b/V_0). Relacija sila-brzina, a samim tim i snaga-brzina, odnosno hiperbola i parabola kojom se prikazuju, imaju različit oblik kada opisuju relacije kod jednozglobnih, jednostavnih pokreta, i kada opisuju istu relaciju kod višezglobnih, složenih pokreta.

Kao jednu od osnovnih mehaničkih osobina mišića i jedan od najvažnijih faktora koji utiče na jačinu, relaciju sila-brzina istraživači proučavaju još od tridesetih godina XX veka. Može se reći da ona i dalje otvara nova pitanja. Praktično, relacija sila-brzina je za koncentričnu kontrakciju definisana još pre 80 godina (Fenn & Marsh, 1935; Hill, 1938), a Hilova jednačina se i danas najčešće koristi. Ona glasi (Zatsiorsky, 2008):

$$F=(F_0 \times b - a \times V)/(V+b)$$

gde je F maksimalna mišićna sila pri optimalnoj dužini mišića, F_0 maksimalna izometrijska sila pri optimalnoj dužini mišića (jačina mišića), V brzina skraćanja mišića, dok su a i b konstante (parametri) sile i brzine.

Hilova jednačina u svom realnom delu opisuje samo režim koncentrične kontrakcije ($V > 0$), dok za ekscentričnu ($V < 0$) predviđa veće sile nego što se dobijaju merenjem (Jarić, 1997).

Očigledno je da je kompleksnost krive relacije sila-brzina veoma usložnjavala njenu teorijsku i praktičnu primenu, ali takođe i njenu dalju primenu, pre svega u proceni snage mišića. Naime i relacija snaga-brzina koja se direktno dobija iz relacije sila-brzina, takođe je kompleksna parabola diskutabilna za teorijsku i praktičnu upotrebu. Drugim rečima, relativna kompleksnost obe relacije ograničava ne samo mogućnost njihove tačne procene iz različitih funkcionalnih kretanja, već takođe ograničava i njihovu primenu u modeliranju i optimizaciji različitih procedura, a takođe i pri

konstruisanju sportskog treninga i rehabilitacionih procesa (Jaric, 2015). Očigledno je da je sa praktičnog aspekta potrebno sagledati relaciju sila-brzina i u složenim, odnosno višezglobnim pokretima.

Za razliku od izolovanih mišića životinja, kao i relativno jednostavnih (jednozglobnih) pokreta kod ljudi (opružaći lakta ili kolena) čija se relacija sila-brzina predstavlja hiperboličnom krivom, kod različitih složenih, višezglobnih pokreta maksimalnog intenziteta, relacija sila-brzina je približno linearnog oblika. Samim tim je i primenljivija, kako direktno u teoriji i praksi, tako i indirektno preko relacije snaga-brzina, čija je parabola pravilnija i simetričnija. Naime, najveće vrednosti snage se u jednozglobnim pokretima dobijaju približno pri 1/3 brzine skraćanja mišića ($V_0/3$). Kod višezglobnih pokreta su te vrednosti na oko 1/2 brzine skraćanja mišića ($V_0/2$), odnosno maksimalne izometrijske sile ($F_0/2$). To dalje podrazumeva da je jednačina kojom se iz relacije sila-brzina izračunava maksimalna snaga:

$$P_0 = F_{opt} \times V_{opt} = F_0 \times V_0 / 4$$

Linearnost relacije sila-brzina kod višezglobnih pokreta nije nov fenomen. Naime, još 1928. je eksperimentalno dokazna linearna relacija između frekvencije okretanja pedala na bicikl-ergometru i kočione sile (Dickinson, 1928). Nakon toga, izvestan period nije bilo istraživanja kojima su tretirani složeni pokreti. Međutim, sa uviđanjem važnosti ove oblasti i samim tim sa porastom interesovanja, broj radova koji kao rezultat imaju približno linearnu relaciju sile i brzine, značajno se uvećao. Takva relacija je dobijena pri višezglobnim pokretima, odnosno: vožnjom bicikl-ergometra (Buttelli, Vandewalle, & Pérès, 1996; Vandewalle, Peres, Heller, Panel, & Monod, 1987; Driss, Vandewalle, Le Chevalier, & Monod, 2002; Ravier, Grappe, & Rouillon, 2004; Sargeant, Hoinville, & Young, 1981); veslačkim ergometrima (Sprague, Martin, Davidson, & Farrar, 2007); pedaliranju rukama, kao i rukama i nogama (Vanderthommen et al., 1997; Nikolaidis, 2012); guranju kolica (Hintzy, Tordi, Predine, Rouillon, & Belli, 2003); polučučnjevima (Rahmani, Viale, Dalleau, & Lacour, 2001); potiscima nogama (Yamauchi & Ishii, 2007; Yamauchi, Mishima, Nakayama, & Ishii, 2009; Samozino, Rejc, Di Prampero, Belli, & Morin, 2014); skokovima iz različitih vrsta čučnjeva (Cuk et al., 2014; Samozino et al., 2014); potiscima i vučenjem rukama (Sanchez-Medina, Gonzalez-Badillo, Perez, & Pallares, 2014); bacanjem lopte (van den Tillaar & Ettema, 2004).

Iako razlozi za linearnost relacije nisu do kraja utvrđeni, određeni autori jasno sugerišu da je izvor linearnosti pre dinamika segmenata tela (višezglobni pokreti), nego različiti nervno kontrolni mehanizmi (Bobbert, 2012).

Treneri, ali i drugi stručnjaci iz sporta i sportu bliskih oblasti, traže načine da na što efektivniji i efikasniji način unapređuju pojedine motoričke sposobnosti, kao što su sila, brzina, snaga i dr. Vodeći računa o principima trenažnog procesa, treneri primenjujući različita opterećenja (po

komponentama i karakteristikama) izazivaju željene adaptacione procese u organizmu sportiste. Važno je, stoga, analizirati na koji način različita opterećenja deluju na vežbača, kao i koje su to mogućnosti za unapređenje treniranja pomenutih sposobnosti. Naime, bilo da je prisutno dodatno, spoljašnje opterećenje, ili da je u pitanju samo opterećenje sopstvenog tela, mišićni sistem sportiste se suprotstavlja tom opterećenju i time obezbeđuje željenu promenu kretanja. To opterećenje je praktično sila koju on treba da savlada. Ta sila ima dve osnovne komponente i njih dve zajedno čine najveći deo opteređenja koje sportista treba da savlada. To su: (1) gravitaciona komponenta i (2) inerciona komponenta. Upravo ove dve komponente opterećenja će biti analizirane tokom ovog istraživanja, jer je potrebno utvrditi da li postoji i kako se ispoljava uticaj svake od njih na relaciju sila-brzina.

Gravitaciona komponenta uvek deluje ka centru zemlje, odnosno pravac pružanja joj je vertikalno na dole. Intenzitet joj zavisi pre svega od mase tela na koje deluje. Matematička formula koja opisuje gravitacionu komponentu je:

$$W = m \times g$$

gde je W gravitaciona komponenta opterećenja, odnosno težina tela (sistema), m je masa tela izražena u kilogramima, a g je ubrzanje zemljine teže i ono je konstantna veličina (na zemlji). Gravitaciona komponenta opterećenja je za jedan isti sistem uvek ista.

Pored gravitacione, neophodno je savladati i inercionu komponentu. Ona predstavlja otpor promeni trenutnog stanja sistema, u ovom slučaju otpor ubrzanju. Kao takva uvek deluje u smeru suprotnom od sile koja je izaziva (kretanja). Njen intenzitet direktno zavisi od mase tela (tog sistema) i ubrzanja (a) koje mu se saopštava:

$$I = m \times a$$

Praktično, inerciona komponenta se tokom trajanja pokreta menja u zavisnosti od ubrzanja. Ukoliko ubrzanja nema, nema ni inercione komponente opterećenja.

Uticaj pojedinih komponenti opterećenja moguće je izolovati na jedan od sledećih načina. Ukoliko se pokret vrši opružanjem, odnosno u vertikalnom pravcu u smeru ka gore, gravitaciona komponenta opterećenja se može povećati tako što se na ispitanika konstantno deluje dodatnom spoljnom silom i to u vertikalnom pravcu u smeru na dole. To se postiže dovoljno dugačkim elastičnim gumama (trakama, kablovima, ekspanzima) koji vuku vežbača na dole. Istovremeno povećanje i gravitacione i inercione komponente opterećenja se postiže dodavanjem dodatnog spoljašnjeg opterećenja u vidu tegova, prsluka i sl. Selektivno izolovanje samo inercione komponente opterećenja se takođe postiže korišćenjem tegova, odnosno šipke sa pločama (povećanje i inercione i gravitacione komponente), ali sa dodatnim korišćenjem elastičnih guma koje u ovom slučaju deluju u istom, vertikalnom pravcu, ali u smeru pokreta (na gore) i praktično poništavaju gravitacionu

komponentu opterećenja (koja deluje ka dole). Tri načina selektivnog izolovanja komponenti opterećenja omogućava sagledavanje uticaja svake od njih posebno na relaciju sila-brzina.

Pored toga, uviđa se i potreba da se istraži uticaj pojedinih komponenti opterećenja na relaciju sila-brzina u motoričkim zadacima izvedenih pokretima samo ruku, ili pokretima samo nogu. Naime, pored svih razlika i specifičnosti koje navedeni pokreti imaju, osnovna razlika je u tome što pri pokretima rukama, inerciona komponenta samih segmenata tela (šake, podlaktice i nadlaktice) zanemarljiva i celokupno inerciono opterećenje praktično potiče od spoljašnjeg opterećenja. Za mišiće nogu to nije slučaj, jer pored inercione komponente spoljašnjeg opterećenja, ispitanici savladavaju praktično i inercionu komponentu opterećenja koje potiče od mase njihovog tela (izuzev stopala i potkolenica).

Što se tiče razlika u relaciji sila-brzina koja se postiže pri pokretima rukama i nogama, istraživanja ukazuju da one postoje. Kod mišića nogu su zabeležene veće apsolutne vrednosti i maksimalne izometrijske sile (F_0) i brzine (v_0), zatim maksimalne snage (P_{max}), kao i relativne maksimalne snage (rP_{max}), dok je odnos brzine i maksimalne izometrijske sile (v_0/F_0) veći kod ruku (Nikolaidis, 2012). Praktično, ruke su imale više „brz“, a noge više „snažan“ profil. Generalno, relacija sila-brzina kod mišića ruku i nogu je po linearnosti veoma slična, ali se razlikuje u apsolutnim vrednostima njenih parametara, što nameće zaključak o neophodnosti posebnog testiranja relacije za mišiće ruku, odnosno nogu. Rezultati drugih istraživanja koja su se bavila sličnom problematikom na relativno sličan način, podržavaju koncept da sistem mišića donjih ekstremiteta može biti tako dizajniran da generiše maksimalni dinamički izlaz nasuprot opterećenja koja pre potiču od težine i inercije donjih ekstremiteta, nego od celog tela, odnosno koja su znatno ispod težine i inercije sopstvenog tela (Vuk, Markovic, & Jaric, 2011).

Iako ima veoma malo konkretnih istraživanja o efektima primene različitih vrsta opterećenja na relaciju sila-brzina, odnosno radova koji su sveobuhvatnim sagledavanjem problema istraživali primenu različitih vrsta opterećenja u motoričkim zadacima koji podrazumevaju angažovanje ruku, odnosno nogu, i njihov uticaj na relaciju sila-brzina, određeni zaključci se svakako mogu doneti na osnovu analize literature i istraživačkih radova koji su se bavili srodnim temama.

Naime, očigledno je da relacija sila-brzina koja se dobija pri višezglobnim pokretima relativno linearnog oblika, odnosno takva da je moguće na osnovu nje donositi određene zaključke i o onim parametrima koji nisu direktno mereni. Pored toga, zaključci prethodnih istraživanja ukazuju i na to da različite komponente opterećenja, odnosno konkretno gravitaciona i inerciona, imaju različit uticaj na relaciju sila-brzina.

Sa druge strane, različiti zaključci istraživanja navode na to da i dalje postoje određene nedoslednosti, kako u vezi sa linearnom relacijom sila-brzina i njenom teorijskom i praktičnom

upotrebom, tako i vezano za različite komponente opterećenja i efekte koje oni izazivaju. Problematika se dodatno usložnjava sa posmatranjem uticaja vrste opterećenja u odnosu na motoričke zadatke različitim ekstremitetima, odnosno pri višezglobnim pokretima rukama ili nogama.

Imajući navedeno u vidu, odnosno sadržaj poglavlja u kojima su definisani osnovni pojmovi, kao i pregled dosadašnjih istraživanja, i dalje ostaje otvoreno nekoliko pitanja. Pre svega, to je pitanje linearnosti relacije sila-brzina u uslovima primene različitih vrsta (komponenti) opterećenja pri složenim, višezglobnim pokretima rukama i nogama. Pored toga, relativno je otvoreno i pitanje utvrđivanja osnovnih parametara relacije sila-brzina (F_0 , V_0 , a , P), njihovih razlika, kao i njihove eksterne valjanosti u poređenju sa direktno procenjivanom maksimalnom izometrijskom silom (F_{max}) i jednim ponavljajućim maksimumom (1RM), takođe u zavisnosti od različitih vrsta opterećenja i u motoričkim zadacima koji podrazumevaju angažovanje ruku, odnosno nogu.

Problem istraživanja predstavlja linearnost relacije sila-brzina u različitim motoričkim zadacima, u zavisnosti od vrste primenjenog opterećenja.

Predmet istraživanja je ispitivanje uticaja vrste opterećenja i motoričkog zadatka na relaciju sila-brzina. Predmetom rada su obuhvaćeni uticaji različitih komponenti sile opterećenja, konkretno gravitacione i inercione, na relaciju sila-brzina u motoričkim zadacima izvedenim rukama, odnosno nogama.

Glavni (generalni) cilj istraživanja je da se ustanove i opišu efekti različitih vrsta opterećenja - gravitacionog, inercionog i kombinovanog - na relaciju sila-brzina u različitim motoričkim zadacima. Drugim rečima, da se ispitivanjem selektivnog uticaja različitih komponenti sile opterećenja - samo gravitacione, samo inercione, kao i gravitacione i inercione komponente opterećenja zajedno - utvrde, kvantifikuju i objasne efekti koje one prouzrokuju na relaciju sila-brzina pri izbačaju sa grudi (potisku), kao i pri skoku iz polučučnja (polučučnju). **Ostali (pojedinačni) ciljevi istraživanja** su da se: (1) Ispita linearnost relacije sila-brzina u uslovima primene različitih vrsta opterećenja pri složenim (višezglobnim) pokretima, odnosno da se linearnost relacije ispita u odnosu na: gravitacionu vrstu opterećenja (1-1); inercionu vrstu opterećenja (1-2); kombinovanu vrstu opterećenja (1-3); (2) Utvrde parametri relacije sila-brzina (F_0 , V_0 , a , P_{max}) i da se ispituju razlike tih parametara u zavisnosti od različitih vrsta opterećenja; (3) Izvrši generalizacija dobijenih nalaza u odnosu na različite motoričke zadatke, posebno za svaku vrstu opterećenja; (4) Ispita konkurentna validnost parametara relacije sila-brzina, odnosno povezanost F_0 sa: maksimalnom izometrijskom silom (F_{iso}) u odnosu na različite vrste opterećenja (4-1); jednim maksimalnim ponavljanjem (1RM) u odnosu na različite vrste opterećenja (4-2).

Na osnovu problema, predmeta, cilja i zadataka istraživanja, kao i na osnovu analizirane literature koja se bavi ovom problematikom, postavljene su sledeće **hipoteze**: (H1) Relacija sila-

brzina je linearnog oblika pri složenim (višezglobnim) pokretima; (H1-1) U uslovima primene gravitacione vrste opterećenja pri složenim pokretima, relacija sila-brzina je linearnog oblika; (H1-2) U uslovima primene inercione vrste opterećenja pri složenim pokretima relacija sila-brzina je linearnog oblika; (H1-3) U uslovima primene kombinovane vrste opterećenja pri složenim pokretima, relacija sila-brzina je linearnog oblika; (H2) Parametri relacije sila-brzina se razlikuju u zavisnosti od primene različitih vrsta opterećenja; (H2-1) Parametar F_0 relacije sila-brzina biće najveći u uslovima primene gravitacione vrste opterećenja; (H2-2) Parametar V_0 relacije sila-brzina biće najveći u uslovima primene inercione vrste opterećenja; (H2-3) Parametar α relacije sila-brzina, koji označava njen nagib, biće najveći u uslovima primene gravitacione, a najmanji u uslovima primene inercione vrste opterećenja; (H2-4) Parametar P_{max} relacije sila-brzina se ne razlikuje u zavisnosti od primene različitih vrsta opterećenja; (H3) U odnosu na različite motoričke zadatke izvedene rukama i nogama, nema razlika u odnosima između parametra relacije sila-brzina dobijenih u uslovima primene različitih vrsta opterećenja (dobijeni nalazi se mogu generalizovati u odnosu na različite motoričke zadatke); (H4) Stepen povezanosti (konkurentna validnost) parametara F_0 dobijenih iz relacije sila-brzina sa direktno procenjenim vrednostima maksimalne izometrijske sile (F_{iso}) i jednog maksimalnog ponavljanja (1RM) zavisice od vrste opterećenja pri kome je parametar F_0 procenjen; (H4-1) Parametar F_0 relacije sila-brzina pri kombinovanoj vrsti opterećenja, ima najveću povezanost sa direktno procenjenim vrednostima jednog maksimalnog ponavljanja (1RM); (H4-2) Parametar F_0 relacije sila-brzina pri gravitacionoj vrsti opterećenja, ima najveću povezanost sa direktno procenjenim vrednostima maksimalne izometrijske sile (F_{iso}).

U **Metodama istraživanja** (strane 70-99) navedeno je da je realizovano istraživanje transversalno eksperimentalnog karaktera (model eksperimenta sa jednom – zavisnom grupom), fundamentalnog stepena opštosti. Od istraživačkih metoda, kao osnovna, korišćena je pre svega empirijska metoda (eksplikativna metoda), dok je kao pomoćna korišćena statistička metoda (posebna metoda). Takođe, korišćene su i analiza i sinteza, indukcija i dedukcija, kao i klasifikacija (opšte uvodne metode). Što se tiče istraživačkih tehnika korišćeno je testiranje (kao opšta istraživačka tehnika), odnosno specifične istraživačke tehnike za procenu latentnog i menifestnog antropomotoričkog prostora, konkretno antropomotoričkih sposobnosti sa miogenim izlazom.

U eksperimentu je učestvovalo 15 ispitanika ($n=15$), studenata Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja Univeziteta u Beogradu. Ispitanici za ovo istraživanje bile su fizički aktivne osobe muškog pola koji su u okviru nastave na Fakultetu imali najmanje 6 časova nedeljno i koji su se dobrovoljno prijavili.

U toku realizacije istraživanja prvog dana su prikupljeni opšti podaci o ispitanicima, a takođe je vršena i familijarizacija ispitanika sa protokolima i testovima. Tokom drugog dana, odnosno tokom

prve eksperimentalne sesije, vršena je procena morfoloških karakteristika ispitanika (masa tela, visina tela, telesna kompozicija). Nakon toga, izvršena je i procena maksimalne izometrijske sile (F_{max}) sondom dinamometra u oba motorička zadatka, kao i procena jednog ponavljajućeg maksimuma za oba motorička zadatka (1RM). Tokom trećeg dana, odnosno tokom druge eksperimentalne sesije, vršeno je testiranje u oba motorička zadatka (i rukama i nogama) i to u jednoj, slučajno odabranoj vrsti opterećenja za svaki motorički zadatak posebno (samo gravitaciona, samo inerciona, ili jedna i druga komponenta zajedno) u svim predviđenim opsezima - 7 različitih opterećenja od 20 do 80% od 1RM - takođe slučajnim redosledom. Tokom četvrtog dana, odnosno tokom treće eksperimentalne sesije, vršeno je testiranje u oba motorička zadatka i to u jednoj od dve preostale vrste opterećenja za svaki motorički zadatak posebno i u svim predviđenim opsezima - 7 različitih opterećenja od 20 do 80% od 1RM, takođe slučajnim odabirom, kako komponente opterećenja, tako i redosleda opterećenja. Tokom poslednjeg dana, odnosno tokom četvrte eksperimentalne sesije, vršeno je testiranje u oba motorička zadatka i to u jedinoj preostaloj vrsti opterećenja (samo gravitaciona, samo inerciona, ili jedna i druga komponenta zajedno) u svim predviđenim opsezima - 7 različitih opterećenja od 20 do 80% od 1RM, takođe slučajnim redosledom.

Sve varijable u ovom istraživanju mogle su se svrstati u dve grupe varijabli. Prvu grupu činile su određene morfološke varijable. Pomoću njih su bile utvrđene određene morfološke karakteristike ispitanika. Drugu grupu činile su određene motoričke varijable, pomoću kojih su procenjivana određena svojstva mišića ruku i nogu.

Procena morfološkog statusa ispitanika vršena je na osnovu podataka koji su bili prikupljeni merenjem visine tela, mase tela, kao i na osnovu procene telesne kompozicije koja se dobijala neinvazivnom indirektnom metodom računanja. Procena telesne kompozicije (udela masnog tkiva) vršena je bioelektričnom impedancijom - BIA (In body 720, USA).

Varijable koje su prikupljane testom Potisak sa grudi na ravnoj klupi - BP (eng. *Bench Press*), odnosno testom Polučučanj - SS (eng. *Semi Squat*) su: (1) maksimalna jačina mišića mereno u izometrijskim uslovima, tj. maksimalna izometrijska sila - BP F_{max} , odnosno SS F_{max} ; (2) maksimalna jačina mišića mereno u izoinercijalnim uslovima, tj. jedan ponavljajući maksimum - BP 1RM, odnosno SS 1RM.

U testovima za procenu maksimalne izometrijske sile - Potisak sa grudi na ravnoj klupi (BP F_{max}) i Polučučanj (SS F_{max}) - za prikupljanje vrednosti maksimalne izometrijske sile korišćena je sonda dinamometra. U testovima za procenu jednog ponavljajućeg maksimuma - Potisak sa grudi na ravnoj klupi (BP 1RM) i Polučučanj (SS 1RM) - vrednosti jednog ponavljajućeg maksimuma direktno su određivane savladanim teretom, odnosno prostim sabiranjem savladanih tegova. U

celokupno podiguto opterećenje računata je i šipka koja predstavlja referentno opterećenje, kao i težina ploča koja je dodavana na šipku.

Varijable koje su prikupljane testom Izbačaj sa grudi na ravnoj klupi - BPT (eng. *Bench Press Throw*), odnosno testom Skok iz polučučnja - SJ (eng. *Squat Jump*) su: (1) pri povećanoj gravitacionoj komponenti opterećenja (BPT+G, odnosno SJ+G), i to u 7 različitih intenziteta od 20% do 80% - BPT+G%, odnosno SJ+G%; (2) pri povećanoj i gravitacionoj i inercionoj komponenti opterećenja (BPT+G+I, odnosno SJ+G+I), i to u 7 različitih intenziteta od 20% do 80% - BPT+G+I%, odnosno SJ+G+I%; (3) pri povećanoj inercionoj komponenti opterećenja (BPT+I, odnosno SJ+I), i to u 7 različitih intenziteta od 20% do 80% - BPT+I%, odnosno SJ+I%.

Parametri relacije sila-brzina pri izbačaju sa grudi na ravnoj klupi (BPT) i pri skoku iz polučučnja (SJ) u sve tri vrste selektivne primene komponenti opterećenja (gravitacione, gravitacione i inercione, inercione), prikupljeni su pomoću infra-crvenih kamera za 3D kinematičku analizu (Qualisys, Švedska). Putem njih snimani su signali vertikalnog pomeraja šipke u oba motorička zadatka, čime su se dobijali i podaci o brzini i ubrzanju šipke. Na osnovu brzine pomeraja šipke, metodom direktne dinamike određivani su svi potrebni parametri u jedinici vremena. Ukupnu silu predstavljao je zbir težine i inercije celog sistema, odnosno i šipke i tegova, ali i segmenata tela koji su se zajedno sa šipkom pomerali. Kod izbačaja sa grudi na ravnoj klupi to su samo ruke (nadlaktice, podlaktice i šake), dok su kod skoka iz polučučnja to ruke, glava, trup i natkolenice (celo telo izuzev stopala i potkolenica). Snaga je bila računata kao proizvod sile i brzine. Navedeni parametri – sila, brzina i snaga – računati su za svih 7 opterećenja (od 20-80% od 1RM) i to pri sve tri različite komponente opterećenja.

Rezultati istraživanja (strane 100-126) dati su grafički i tabelarno. Pre preliminarne analize rezultata utvrđeno je da, bez obzira na vrstu opterećenja, dva najmanja primenjena opterećenja (20 kg i 30 kg) imaju ometajući uticaj na rezultate, pre svega kod motoričkog zadatka rukama. Naime, naknadnom analizom je utvrđeno da je referentno opterećenje, koga su činili šipka (na koju su dodavani tegovi ili elastične gume) i segmenti tela koji su se zajedno sa šipkom pomerali, predstavljalo veći deo ukupnog opterećenja pri pokušajima sa opterećenjima ekvivalentnim masi tegova od 20 kg i 30 kg. Iz tog razloga, pošto skoro da nije bilo razlika između različitih vrsta opterećenja pri opterećenjima ekvivalentnim masi tegova od 20 kg i 30 kg, to je uticalo i na dobijene relacije sila-brzina i ukupne razlike između parametara pri različitim vrstama opterećenja. Što se tiče motoričkog zadatka nogama, razlike su manje i to samo za opterećenje ekvivalentno masi tegova od 30 kg, dok je kod onog od 20 kg i u ovom slučaju situacija ista kao i kod motoričkog zadatka rukama. Imajući u vidu da je ideja istraživanja bila da se na istim ispitanicima, na istoj aparaturi i pri istim opterećenjima analiziraju razlike nastale usled različitih vrsta opterećenja i motoričkog zadatka,

odlučeno je da se ta dva opterećenja izuzmu iz dalje analize i za motorički zadatak rukama i za motorički zadatak nogama. Praktično, celokupan tok obrade podataka je ponovo urađen i to sa 5 tačaka sa opterećenjima ekvivalentnim masi tegova od 40 kg, 50 kg, 60 kg, 70 kg i 80 kg, odnosno bez opterećenja ekvivalentnih masi tegova od 20 kg i 30 kg.

Rezultati realizovanog istraživanja dati su odvojeno u odnosu na postavljene ciljeve. Tako su odvojeno prikazani rezultati vezano za linearnost relacije sila-brzina, zatim rezultati vezano za parametre relacije sila-brzina, rezultati koji se odnose na mogućnost generalizacije parametara relacije sila-brzina, kao i rezultati vezano za konkurentnu validnost parametara relacije sila-brzina sa direktno procenjenim vrednostima maksimalne sile.

Rezultati studije pokazali su da je relacija sila-brzina linearna bez obzira na vrstu opterećenja, kao i vrstu motoričkog zadatka (BPT G $r=0,983$; BPT I $r=0,998$; BPT K $r=0,990$; SJ G $r=0,995$; SJ I $r=0,999$; BPT K $r=0,993$). Ispitivanje parametara je ukazalo na to da oni zavise od vrste primenjenog opterećenja i motoričkog zadatka. Za mišiće ruku su najveće vrednosti F_0 (972 ± 45) dobijene pri kombinovanoj vrsti opterećenja, dok su pri inercionoj to bile vrednosti V_0 ($3,0 \pm 0,3$). Takođe, najveća vrednost parametra a je bila pri gravitacionoj (434 ± 49) i kombinovanoj vrsti opterećenja (396 ± 56), dok je P_{max} bila najveća pri inercionoj (648 ± 66) i kombinovanoj vrsti opterećenja (604 ± 67). Kod mišića nogu najveće vrednosti F_0 su bile pri inercionoj (2272 ± 296) i gravitacionoj (2194 ± 193) vrsti opterećenja. Vrednost parametar a pri inercionoj (631 ± 214) vrsti opterećenja su bile veće samo u odnosu na gravitacionu vrstu opterećenja. Sve vrednosti posmatranih parametara su veće kod mišića nogu u odnosu na mišiće ruku, osim neznatno kod gravitacione vrste opterećenja za parametar a . Rezultati su potvrdili nalaze prethodnih istraživanja da se rezultati pri kombinovanoj vrsti opterećenja ne mogu generalizovati na različite motoričke zadatke (F_0 $r=0,134$; V_0 $r=0,476$; a $r=0,410$; P_{max} $r=0,460$). Međutim, postoji mogućnost generalizacije F_0 pri gravitacionoj ($r=0,673^{**}$), odnosno P_{max} pri inercionoj vrsti opterećenja ($r=0,524^*$). Najveća konkurentna validnost F_0 u odnosu na testove za procenu maksimalne sile je pri gravitacionoj vrsti opterećenja bez obzira da li se motorički zadatak izvodi rukama (Fiso BP $r=0,939^{**}$; 1RM BP $r=0,901^{**}$) ili nogama (Fiso SS $r=0,839^{**}$; 1RM SS $r=0,856^{**}$).

Rezultati studije su pokazali da je linearna relacija sila-brzina kod složenih pokreta stabilna bez obzira na motorički zadatak i na primenjenu vrstu opterećenja. Kod motoričkog zadatka rukama, kao potencijalno najbolje sredstvo za razvoj sile, pokazala se kombinovana, za razvoj brzine inerciona, dok su i jedna i druga vrsta opterećenja pogodne za razvoj snage mišića. Gravitaciona i inerciona vrsta opterećenja su se pokazale kao potencijalno rešenje za generalizaciju motoričkih zadataka rukama i nogama u smislu parametara maksimalne sile, odnosno snage. Takođe,

gravitaciona vrsta opterećenja se pokazala i kao najbolje rešenje za procenu maksimalne sile bez obzira na vrstu motoričkog zadatka.

U **Diskusiji** (strane 127-154), rezultati istraživanja ponovo su razmatrani odvojeno u odnosu na postavljene ciljeve. Dobijeni nalazi povezivani su sa nalazima prethodnih istraživanja uz davanje odgovarajućeg kritičkog osvrta. Korišćena je relevantna literatura na koju se autor najvećim delom pozivao i u Uvodu, prilikom obrazlaganja problema istraživanja. Na samome početku, pre diskutovanja glavnih nalaza realizovanog istraživanja, daju se različita metodološka razmatranja koja mogu ukazati na važnost nalaza ove studije, ali i ukazati na potencijalne nedostatke i ograničavajuće činioce.

Što se tiče linearnosti individualnih relacija sila-brzina one su pri oba motorička zadatka bile izuzetno visoke kao i u prethodnim studijama koje su ispitivale linearnost pri složenim pokretima (Cuk et al., 2014; García-Ramos et al., 2016; Jaskolska et al., 1999; Yamauchi et al., 2009), a u odnosu na neke i viša (Allison et al., 2013; Feeney et al., 2016; Rabita et al., 2015). Zapaža se da je linearnost relacije sila-brzina najveća pri inercionoj vrsti opterećenja, bez obzira na to da li je u pitanju motorički zadatak rukama ili nogama. To je možda i očekivano imajući u vidu da su pri inercionoj vrsti opterećenja zgusnutije eksperimentalne tačke pri različitim veličinama opterećenja (najmanja razlika između različitih opterećenja), a s obzirom na to da promena spoljašnjeg opterećenja ima uticaj na kinetičke i kinematičke šeme pokreta, maksimalni dinamički izlaz (snagu i količinu kretanja), kao i na opštu efikasnost mišićnog sistema (Cormie et al., 2011; Frost et al., 2010), može se reći da iz tog razloga nije bilo prevelike potrebe za adaptacijom obrasca pokreta na različita opterećenja, odnosno da su pokreti pri različitim nivoima opterećenja bili veoma slični. Značaj linearnosti relacija sila-brzina dobijenih pri selektivnoj primeni različitih vrsta opterećenja ukazuje da je odnos sile i brzine pri složenim pokretima relativno stabilan, bez obzira na vrstu primenjenog opterećenja, a svakako i motoričkog zadatka. Samim tim može se pretpostaviti da su zaključci prethodnih istraživanja koja su u obzir uzimala samo kombinovanu vrstu opterećenja, možda važeći i primenjivi i u uslovima selektivne primene gravitacione ili inercione vrste opterećenja.

Što se tiče parametara linearne relacije sila-brzina dobijenih u ovom istraživanju, pokazano je da pri različitim vrstama opterećenja postoje određene razlike između istih parametara relacije. Očekivano, one su izraženije kod mišića ruku imajući u vidu da je izraženija i razlika u uticaju pojedinih vrsta opterećenja iz razloga znatno manjeg referentnog opterećenja nego što je to bio slučaj pri motoričkom zadatku nogama. Ukoliko se porede usrednjene vrednosti parametara relacije sila-brzina dobijeni rukama i nogama, očekivano je dobijeno da su oni veći kod mišića nogu. Konstatacija se odnosi na sve posmatrane parametre (F_0 , V_0 , a i P_{max} - izuzev parametra a dobijenog pri gravitacionoj vrsti opterećenja neznatno veća kod ruku nego kod nogu). Ti nalazi su u skladu sa

prethodnim istraživanjima koji su poredili ruke i noge (Nikolaidis, 2012). Dalje, pored apsolutnih vrednosti parametara koje su veće kod mišića nogu, relativno je sličan i odnos apsolutnih vrednosti ako se uporede ruke i noge. Naime, ukoliko se uporede odnosi usrednjenih vrednosti F_0 , V_0 i P_{max} , dobijenih u oba motorička zadatka, dobija se da je najmanja razlika između ruku i nogu za parametar V_0 , a da je najveća razlika u korist nogu kod parametra P_{max} . Isti redosled odnosa je dobijen i u drugim studijama (Nikolaidis, 2012). Rezultati ovog istraživanja upućuju na zaključak da je snaga i ruku i nogu više zavisna od brzine, a manje od jačine. Iako je možda bilo očekivano da jačina ima većeg uticaja od brzine na snagu mišića nogu, odnosno da za razliku od ruku i nogu imaju „jak“ profil, rezultati ovog istraživanja su potvrdili da noge imaju „jak“ profil samo ako se posmatra u odnosu na ruke, ali je on i dalje „brz“. Imajući navedeno u vidu, zaključak ovog istraživanja je da je brzina ta koja određuje ne samo snagu ruku, već i snagu nogu. Drugim rečima, iako kod mišića ruku snaga više zavisi od brzine nego kod mišića nogu (odnos ruku i nogu), i pri pokretima nogama snaga više zavisi od brzine nego od jačine (odnos jačine i brzine). To je možda usled treninga i specijalizacije ispitanika na brzinu nasuprot jačini ili možda usled potrebe da se telo prilagodilo više onoj sposobnosti koja se može lakše unaprediti. Imajući navedeno u vidu, dobijeni rezultati su samo delimično u skladu sa hipotezom H2. Naime, hipoteza H2-1 je u celosti odbačena, zatim hipoteze H2-2 i H2-3 su delimično prihvaćene jer su u skladu sa dobijenim nalazima pri motoričkom zadatku rukama, ali ne i nogama, dok se hipoteza H2-4 takođe prihvata samo delimično, jer su u skladu sa dobijenim nalazima pri motoričkom zadatku nogama, ali ne i rukama.

Što se tiče mogućnosti generalizacije dobijenih nalaza na različite grupe mišića, suprotno očekivanom, dobijeni rezultati u ovoj studiji pokazali su se kao relativno nekonzistentni, odnosno nameće se zaključak da je mogućnost generalizacije ograničena ne samo za kombinovanu vrstu opterećenja, već i za gravitacionu i za inercionu vrstu opterećenja. Drugim rečima, utvrđeno je da se mišićni kapaciteti procenjeni kroz relaciju sila-brzina dobijeni pri motoričkom zadatku rukama, mogu samo delimično generalizovati u odnosu na procenjene kapacitete mišića nogu, te se iz tog razloga i hipoteza H3 prihvata samo delimično. Naime, iz različitih standardnih testova rukama i nogama, korišćenjem kombinovane vrste opterećenja uočen je umeren odnos između dobijenih parametara V_0 i P_{max} , kao i parametra a , dok je odnos između parametara F_0 bio slab. Ovi rezultati su u skladu sa ranijim nalazima (Zivkovic et al., 2017a). Jedini izuzetak što se tiče ove studije, može da bude u vezi sa odnosom između parametara V_0 koji su se pokazali malo jači (ali minimalno i dalje bez statističkog značaja) u ovoj studiji, a koja se može objasniti kao rezultat povećanog obima opterećenja koji pruža direktniju procenu parametara V_0 umesto da bude rezultat udaljene ekstrapolacije. Ipak, treba imati na umu da primetna umerena mogućnost generalizacije parametara relacije sila-brzina može biti u skladu sa nedavnim studijama koje otkrivaju slabu mogućnost generalizacije rezultata dobijenih preko pojedinih mišića mišićnog sistema (Bohannon, Foster, Pierce, Pilkiewicz, & Schmitt, 2008) ili

funkcionalnih pokreta (Pojednic et al., 2012). Važno je i napomenuti da različite varijable dobijene primenom različitih metoda mogu visoko da koreliraju u odnosu na isti mišić, ali nisko u odnosu na mišićni sistem uopšte (Bozic, Celik, Uygur, Knight, & Jaric, 2013; Prebeg et al., 2013). Slične nalaze su dobili i drugi autori koji iz tog razloga i predlažu da se odvojeno testiraju ruke i noge (Giovani & Nikolaidis, 2012; Nikolaidis, 2012; Nikolaidis et al., 2011). Generalno gledano, u ovom istraživanju je utvrđeno da se mišićni kapaciteti procenjeni kroz relaciju sila-brzina dobijeni pri motoričkom zadatku rukama, mogu samo delimično generalizovati u odnosu na procenjene kapacitete mišića nogu, što dalje otvara mnogobrojna pitanja i nerešene probleme za buduće istraživače. Sugestija u tom smislu je i zaključak ovog istraživanja da buduća istraživanja treba sprovoditi na potpuno neobučanim (ili čak na usko specijalizovanim po određenoj sposobnosti) ispitanicima. Naime, jedan od uzroka ovakvoj nedoslednosti i ograničavajući činilac ove studije svakako bi mogla biti i priroda istorije učesnika eksperimenta i činjenica da to su bili studenti koji su bili angažovani u različitim sportskim aktivnostima. Opšta priprema ili sa druge strane specijalizacija usled treninga bi mogla da doprinese različitom razvoju sile u mišićima ruku odnosno nogu, pa samim tim i da utiče na mogućnost generalizacije kapaciteta mišićnih svojstava.

Kada je reč o konkurentnoj validnosti praćenih parametara relacije sila-brzina, generalno gledano, u ovoj studiji je dobijena relativno visoka konkurentna validnost parametra F_0 i direktno procenjivane maksimalne sile. To je i očekivano imajući u vidu da su i drugi istraživači dobili nalaze o visokoj povezanosti linearne relacije sila-brzina i F_{iso} (Driss et al., 2002). Relativno visokoj konkurentnoj validnosti doprinela je i veličina primenjenih spoljašnjih opterećenja - približno do 80% i 60% od 1RM za ruke, odnosno noge – koja su bila veća u odnosu na prethodna istraživanja (Cuk et al., 2014; Feeney et al., 2016; Rahmani et al., 2004; Rahmani et al., 2001; Yamauchi, Mishima, Nakayama, & Ishii, 2010). To je omogućilo dobijanje parametara koji su približniji F_{iso} ili 1RM u odnosu na one kod kojih su dobijeni ekstrapolacijom udaljenijih tačaka od tačke preseka relacije sila-brzina sa ordinatom. Ukoliko se i kod motoričkog zadatka rukama i nogama pored vrednosti dobijene pri F_{iso} i 1RM sa parametrima F_0 , najpribližnije vrednosti se dobijaju pri kombinovanoj vrsti opterećenja. Ovakvi nalazi su verovatno posledica toga što su oba motorička zadatka rađena na istoj Smit mašini i sa tegovima (kombinovana vrsta opterećenja) samo što je različit način dobijanja (prikupljanja podataka) vrednosti – ekstrapolacija nasuprot direktnom sabiranju savladane mase tegova. Drugi razlog bi mogao da bude pretpostavka da je upravo kombinovana vrsta opterećenja najzastupljenija pri svakodnevnim aktivnostima čoveka, te su ispitanici i adaptirani na nju. Iako je pretpostavljeno da će parametar F_0 pri kombinovanoj vrsti opterećenja, imati najveću pozitivnu povezanost sa direktno procenjenim vrednostima 1RM (H4-1) ona je neočekivano podjednako visoka i sa F_{iso} . Sa druge strane, pretpostavka je bila da će parametar F_0 pri gravitacionoj vrsti opterećenja imati najveću pozitivnu povezanost sa direktno procenjenim vrednostima F_{iso} (H4-2), što je i

potvrđeno. Praktično, vezano za konkurentnu validnost parametara F_0 dobijenih iz relacije sila-brzina u odnosu na različite vrste opterećenja sa direktno procenjenim vrednostima F_{iso} i IRM , može se reći da su oni u najvećoj meri u skladu sa Hipotezom H_4 .

U **Zaključcima** (strane 154-156) autor navodi da su rezultati ove studije ustanovili jake i linearne relacije sila-brzina pri oba motorička zadatka - izbačaju sa grudi i skoku iz polučučnja, bez obzira na vrstu primenjenog opterećenja. Time se potvrđuju hipoteze H_{1-1} , H_{1-2} i H_{1-3} , odnosno Hipoteza H_1 u celini. Ovi rezultati ukazuju da bi linearna relacija sila-brzina mogla da se koristi za procenu mehaničkih svojstva mišića ruku i nogu u situaciji kada se primenjuju standardni motorički testovi bez obzira kojom vrstom opterećenja. Imajući u vidu da se u praksi sve češće u trenažnim planovima i programima primenjuju različite vrste opterećenja, očigledna je važnost ovakvog zaključka. Dalje, u zavisnosti od primenjene vrste opterećenja, parametri relacije sila-brzina se međusobno razlikuju (ali ne u potpunosti sa pretpostavkama), odnosno dobijeni rezultati su samo delimično u skladu sa hipotezom H_2 . Naime, hipoteza H_{2-1} je u celosti odbačena, zatim hipoteze H_{2-2} i H_{2-3} su delimično prihvaćene, jer su u skladu sa dobijenim nalazima pri motoričkom zadatku rukama ali ne i nogama, dok se hipoteza H_{2-4} takođe prihvata samo delimično, jer su u skladu sa dobijenim nalazima pri motoričkom zadatku nogama, ali ne i rukama. Drugim rečima, stoji konstatacija - isti parametri dobijeni iz linearne relacije sila-brzina razlikuju se u odnosu na vrstu opterećenja – koja je u skladu sa dosadašnjim istraživanjima i sugerise se da se linearni model može primenjivati u rutinskom testiranju za procenu mehaničkih osobina mišića, nezavisno od primenjene vrste opterećenja. Takođe, zaključak je da je mogućnost generalizacije u odnosu na različite motoričke zadatke izvedene rukama i nogama ograničena, što nije u skladu sa hipotezom H_3 . Drugim rečima, mehanička svojstva mišića mogu biti samo delimično generalizovana preko različitih testova i mišićnih grupa. Jedino gde se to može učiniti je generalizacija parametra F_0 pri gravitacionoj vrsti opterećenja i parametra P_{max} pri inercionoj vrsti opterećenja. Mogući ograničavajući činilac ove studije bi mogla da bude pre svega priroda istorije učesnika eksperimenta. Naime, oni su bili studenti Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja, koji su bili angažovani u različitim sportskim aktivnostima. Ta činjenica bi mogla da doprinese različitom razvoju sile u mišićima ruku odnosno nogu, što samim tim utiče na mogućnost generalizacije kapaciteta mišićnih svojstava. Na kraju, konkurentna validnost parametara F_0 dobijenih iz relacije sila-brzina u odnosu na različite vrste opterećenja, pokazala je različitu povezanost sa direktno procenjenim vrednostima F_{iso} i IRM , što je delimično u skladu sa hipotezom H_4 . Konkurentna validnost parametara F_0 bila je visoka u poređenju sa direktno procenjivanom silom pomoću dva testa – procenom F_{iso} i IRM u oba motorička zadatka. Međutim, dobijene razlike između istih parametara pri različitim vrstama opterećenja, kao i vrednosti konkurentne validnosti, govore u prilog tome da je za procenu maksimalne sile mišića najbolje koristiti gravitacionu vrstu opterećenja.

U poslednjem poglavlju autor ukazuje na **Značaj i potencijalnu teorijsku i praktičnu primenu rezultata istraživanja** (strane 157-161). Imajući u vidu da su u ovom istraživanju primenjene različite vrste opterećenja i da se pokazalo da se osnovni parametri relacije sila-brzina razlikuju u zavisnosti od primene različitih vrsta opterećenja, očigledno je da se selektivna primena određene komponente opterećenja može koristiti kao sredstvo za efektivno i efikasno unapređenje pojedinih sposobnosti – pomeranje nagiba relacije više ka sili ili brzini. Konkretno inerciona vrsta opterećenja pri motoričkom zadatku rukama obezbeđuje najveći izlaz brzine i snage, što svakako ima uticaj i na trenažnu praksu. Iako se iz određenog značaja istraživanja ne mora nužno izvesti zaključak o njegovoj naučnoj (teorijskoj) vrednosti i opravdanosti, u ovom slučaju su ta dva pojma veoma povezana. Korisnost rezultata ovog istraživanja ogleda se i u konkretnim zaključcima do kojih se došlo kroz istraživanje, jer ovo istraživanje predstavlja pre svega korak dalje u smislu sagledavanja problematike vezane za relaciju sila-brzina pri različitim vrstama opterećenja, odnosno povezivanja više oblasti u jednu. Samim tim, i određene nedoumice i protivurečnosti koje su uočene u dosadašnjim istraživanjima su bar donekle otklonjene. Možda i najvažnije je da su samo istraživanje i rad, ali i rezultati i zaključci do kojih se došlo, od koristi kao osnova za buduća istraživanja, jer se ovim istraživanjem otvorilo nekoliko pitanja. Imajući u vidu da je postavljanje pitanja početak traganja za odgovorima i rešenjima, postaje jasno koliko je važno postaviti pitanja i tragati za odgovorima na njih. Potrebno je ispitati kakav je uticaj različitih vrsta opterećenja na kinetičke i kinematičke parametre kod različitih motoričkih zadataka i mišićnih grupa. Ostaje i pitanje kolika su to najmanja opterećenja ili koliki je njihov najmanji opseg koji je potrebno primeniti da bi se dobila linearna relacija sila-brzina koja realno opisuje sposobnosti jačine, brzine i snage.

U poglavlju **Literatura** (162 - 179) navedene su bibliografske jedinice (168) 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.

Poglavlje **Prilozi** (180 - 188) sadrži podatke predviđene Pravilnikom o doktorskim studijama Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja i Uputstvom o formiranju repozitorijuma doktorskih disertacija: (1) Kopija odobrenja Etičke komisije Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu za realizaciju predloženih eksperimenata; (2) Kopija formulara za saglasnost ispitanika za učešće u eksperimentu, koji je u saglasnosti sa Helsinškom deklaracijom; (3) Kopija potvrde o prihvatanju rada; (4) Kopija izjave o autorstvu; (5) Kopija izjave o istovetnosti štampane i elektronske verzije dokorskog rada; (6) Kopija izjave o korišćenju, (6) Biografija autora, (7) Pogovor.

U **Pogovoru** (Strana 185) je navedeno da je Doktorska disertacija urađena 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 za objavljivanje u međunarodnim časopisima.

Rad objavljen u časopisu međunarodnog značaja verifikovanog posebnom odlukom (M24):

ĆOSIĆ, Marko, ĐURIĆ, Saša, ŽIVKOVIĆ, Milena, NEDELJKOVIĆ, Aleksandar. Force-velocity relationship of leg extensors obtained from three different types of load. Facta Universitatis. Series, Physical Education and Sport, ISSN 1451-740X. [Štampano izd.], 2017, vol. 15, no. 3, str. 467-480, ilustr., doi: 10.22190/FUPES1703467C. [COBISS.SR-ID 514897068]

Rad dostavljen međunarodnom časopisu (M23):

ĆOSIĆ, Marko, ĐURIĆ, Saša, ŽIVKOVIĆ, Milena, NEDELJKOVIĆ, Aleksandar, LEONTIJEVIĆ, Bojan, JARIĆ, Slobodan. Is test standardization important when arm and leg muscle mechanical properties are assessed through the force-velocity relationship? Submitted to Journal of Human Kinetics.

Objavljivanjem rada u naučnom časopisu, autor je ispunio uslov kojim se zahteva da urađena doktorska disertacija poseduje naučni značaj. Važno je istaći da je autor, mr Marko Ćosić, doktorsku disertaciju uradio u skladu sa Zakonom o visokom obrazovanju, koji je važio pre stupanja na snagu prethodnog zakona (Službeni glasnik RS, br. 76/2005), a iz razloga što je svoje školovanje na VII-2 stepenu (Magistratura) i VIII stepenu (Doktorat) započeo upravo za vreme važenja ovog zakona.

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 vrsta opterećenja i motoričkog zadatka. Vrste opterećenja razmatrane su u odnosu na njihove pojedinačne komponente (gravitacione i inercione), dok je uticaj motoričkog zadatka razmatran sa aspekta anažovanja mišićne grupe (mišići ruku i nogu). Tačnije, praćeni su uticaji vrste opterećenja i motoričkog zadatka na parametre kojima se mehaničke osobine mišića 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.

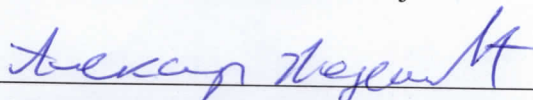
Predlog Nastavno-naučnom veću Fakulteta

Doktorska disertacija mr Marka Ćosića proistekla je iz izučavanja izuzetno značajnog problema, koji sve više zaokuplja pažnju naučne javnosti. Istraživanje prikazano u okviru priložene doktorske disertacije u potpunosti je realizovano 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 sa aspekta uticaja različitih vrsta opterećenja i izvođenja različitog motoričkog zadatka. Značaj dobijenih nalaza ogleda se u rešavanju objektivnih problema proisteklih kako u fizičkom vaspitanju i sportu, tako i 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).

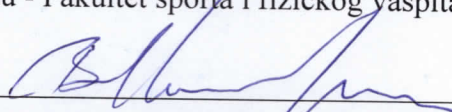
Predlažemo da Nastavno-naučno veće Fakulteta prihvati Izveštaj Komisije, utvrdi predlog Odluke o pozitivno ocenjenoj doktorskoj disertaciji mr Marka Ćosića pod naslovom "UTICAJ VRSTE OPTEREĆENJA I MOTORIČKOG ZADATKA NA RELACIJU SILA-BRZINA" i, u skladu sa pozitivnim zakonskim propisima, uputi na dalje razmatranje nadležnom Veću naučnih oblasti Univerziteta u Beogradu.

U Beogradu, 23. 02. 2018. godine

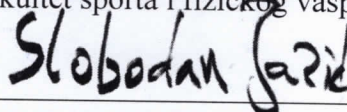
Članovi Komisije:



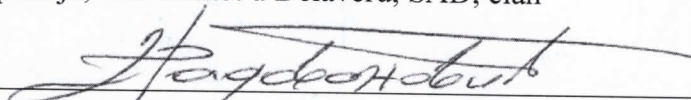
Dr Aleksandar Nedeljković, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu - Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, mentor



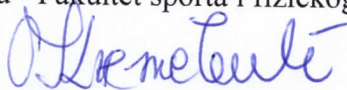
Dr Vladimir Koprivica, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu - Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, član



Dr Slobodan Jarić, redovni profesor – gostujući profesor, Univerzitet u Beogradu - Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja; Univerzitet u Delaveru, SAD, član



Dr Dragan Radovanović, redovni profesor, Univerzitet u Nišu - Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, član



Dr Olivera Knežević, Univerzitet u Beogradu - Institut za medicinska istraživanja, član