

KOMISIJA ZA OCENU USLOVA I PRIHVATANJE
TEME DOKTORSKE DISERTACIJE

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU FAKULTETA SPORTA I FIZIČKOG VASPITANJA

Predmet: Izveštaj o oceni i prihvatanju teme
doktorske disertacije Milene Živković,
studenta doktorskih akademskih studija.

Na 17. sednici Nastavno-naučnog veća Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja, održanoj 26. maja 2016. godine, u skladu sa članom 29. i 30. Statuta Fakulteta, doneta je Odluka (02-br. 954-2) o formiranju Komisije za ocenu i prihvatanje teme doktorske disertacije Milene Živković, studenta doktorskih akademskih studija Fakulteta, pod naslovom: „MEHANIČKA SVOJSTVA RAZLIČITIH MIŠIĆNIH GRUPA PROCENJENA MOTORIČKIM TESTOVIMA“. Komisija je formirana u sastavu:

1. Red. prof. dr Slobodan Jarić, Univerzitet u Beogradu, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, mentor;
2. Red. prof. dr Miloš Kukolj, Univerzitet u Beogradu, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, član;
3. Van. prof. dr Dejan Suzović, Univerzitet u Beogradu, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, član;
4. Doc. dr Nenad Stojiljković, Univerzitet u Nišu, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, član.

Nakon pregleda dostavljenog materijala Komisija podnosi Nastavno-naučnom veću sledeći

I Z V E Š T A J

Milena Živković je rođena 16.12.1988. godine u Nišu. Nakon završene srednje Medicinske škole, smer fizioterapeutski tehničar, 2007. godine upisala je osnovne akademske studije na Fakultetu sporta i fizičkog vaspitanja, Univerziteta u Nišu. Završila je osnovne studije 2011. godine – prosečna ocena u toku studija 9.58. Na Univerzitetu u Nišu proglašena je za najboljeg studenta koji je diplomirao na Fakultetu sporta i fizičkog vaspitanja za školsku 2010/2011. godinu. Master studije je upisala 2011. godine na Fakultetu sporta i fizičkog vaspitanja u Beogradu. Odbranila je master rad 2012. godine na temu: *Godišnji plan i program treninga škole odbojke „OK AS“ iz Niša*. Master studije završila je sa prosečnom ocenom 9,33.

Na osnovu uspeha na studijama bila je stipendista Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije 2009. i 2010. godine, Fonda za mlade talente Dositeja, 2011. i 2012. godine i primila nagradu „11 Januar“ za najbolje studente Univerziteta u Nišu.

Doktorske studije, smer Eksperimentalne metode istraživanja humane lokomocije, upisala je 2013. godine na Fakultetu sporta i fizičkog vaspitanja, Univerziteta u Beogradu. Od 2014. godine radi na projektu „Mišićni i neuralni faktori humane lokomocije i njihove adaptacije“ koji je finansiran od strane Ministarstva sporta i tehnološkog razvoja Republike Srbije. Učestvovala je na više međunarodnih konferencija i naučnih skupova i objavila više radova u časopisima od nacionalnog značaja.

Tokom školovanja i studiranja, aktivno se bavila odbojkom i atletikom. U svojoj sportskoj karijeri, dobila je više priznanja i nagrada. Učestvovala je na Evropskom univerzitetskom odbojkaškom takmičenju u Kragujevcu 2011. godine.

Radila je kao odbojkaški trener u „OK AS“ iz Niša u periodu od 2011. do 2013. godine, kao i u Školi odbojke „DIF“ 2015. godine. Danas je trener mlađih kategorija u Odbojkaškom klubu „Lucky star“ u Beogradu.

Milena Živković je do sada, kao autor ili koautor, objavila 14 radova u časopisima i Zbornicima radova na naučnim konferencijama:

1. Živković, M., Stamenković, M., Pantelić, S., Ivanovski, A. (2012). INTERESOVANJA I MIŠLJENJA DECE O PROGRAMU REKREATIVNE NASTAVE, konferencija FSFV, *Efekti primene fizičke aktivnosti na antropološki status dece, omladine i odraslih, Zbornik radova*, str. 226-235., Beograd,
2. Milošević, V., Petrović, A., Živković, M. (2012) INTERESOVANJA ZA FIZIČKE AKTIVNOSTI UČENIKA OSNOVNIH ŠKOLA U SREMSKOJ MITROVICI, JAGODINI I NIŠU, konferencija FSFV, *Efekti primene fizičke aktivnosti na antropološki status dece, omladine i odraslih, Zbornik radova*, str. 503-508., Beograd,
3. Živković, M., Stamenković, M., Pantelić S. (2013). ZAINTERESOVANOST ZA SPORTSKO – REKREATIVNE AKTIVNOSTI UČENIKA I UČENICA GRADA NIŠA – PILOT STUDIJA, Treća međunarodna konferencija „Sportske nauke i zdravlje“, *Zbornik radova*, str. 116-123., Banja Luka,
4. Živković, M., Stamenković, M., Marković, M. (2013). NASILJE U SPORTU I NJEGOVI AKTERI U SAVREMENOM DRUŠTVU, „*Teme*“ XXXVII, br.2, str. 939-952., Niš,
5. Živković, M., Marković, M., Stamenković, M. (2013). ANGAŽOVANOST DECE U SPORTU NA TERITORIJI BEOGRADA, *Glasnik Antropološkog društva Srbije*, vol 48, str. 129-134 (UDK 572 (05), ISSN 1820-7936), Novi Sad,
6. Dragić, B., Živković, M., Stamenković, M. (2013). BUKA KAO REMETEĆI FAKTOR NA ČASU SPORTSKIH IGARA, *Glasnik Antropološkog društva Srbije*, vol 48, str. 145-151 (UDK 572 (05), ISSN 1820-7936), Novi Sad,
7. Živković, M., Stamenković, M. (2013). MOTORNO UČENJE DECE U ZAVISNOSTI OD OKRUŽENJA, konferencija FIS, *Zbornik radova: FIS komunikacija u fizičkom vaspitanju, sportu i rekreaciji*, str. 207-216., Niš,
8. Živković, M., Stamenković, M. (2013). INOVACIJE U PROGRAMU REKREATIVNE NASTAVE, konferencija FIS, *FIS komunikacija u fizičkom vaspitanju, sportu i rekreaciji, Zbornik radova* str. 289-298., Niš,
9. Živković, M., Nešić, G. (2013). GODIŠNJI PLAN I PROGRAM U ODBOJCI ZA DEVOJČICE UZRASTA OD 8 DO 10 GODINA, „*Fizička kultura*“, 67 (2), str. 167-175., Beograd,
10. Radisavljević Janić, S., Milanović, I., Živković, M., Mirkov, D. (2013). PREVALENCE OF OVERWEIGHT AND OBESITY AMONG BELGRADE YOUTH: A STUDY IN A REPRESENTATIVE SAMPLE OF 9–14-YEAR-OLD CHILDREN AND ADOLESCENTS, *Anthropological Notebooks*, 19 (3), str. 71-80. (ISSN 1408-032X).
11. Živković, M., Đurić, S. (2015). RAZVOJNI POREMEĆAJ KOORDINACIJE NA ČASU FIZIČKOG VASPITANJA, konferencija FIS, *Zbornik radova*: str. 143-148., Niš,
12. Živković, M., Djurić, S., Suzović, D., Nedeljković, A. (2015). RELACIJA SILA-BRZINA U RUTINSKIM TESTIRANJIMA MIŠIĆA NOGU: EVALUACIJA PARAMETARA MAKSIMALNE SILE, konferencija FSFV, *Efekti primene fizičke aktivnosti na antropološki status dece, omladine i odraslih, Zbornik radova*, str. 186-192., Beograd,

13. Djuric, S., Živkovic, M., Suzovic, D., Nedeljkovic, A. (2015). **POUZDANOST I KONKURENTNA VALIDNOST PARAMETARA MAKISMALNE SILE DOBIJENE IZ LINEARNE RELACIJE SILA-BRZINA**, konferencija FSFV, *Efekte primene fizičke aktivnosti na antropološki status dece, omladine i odraslih*, Zbornik radova, str. 209-215., Beograd,

Angažovanjem u okviru projekta „Mišićni i neuralni faktori humane lokomocije i njihove adaptacije“, Milena Živković je neposredno ili posredno uključena u istraživanja koja se bave procenom mišićne funkcije, odnosno relacijom sila-brzina i njenom primenom u rutinskim testiranjima. Ova istraživanja predstavljaju osnovu za izradu teme doktorske disertacije.

Predlog teme doktorske disertacije

Za izradu doktorske disertacije Milena Živković predložila je temu „MEHANIČKA SVOJSTVA RAZLIČITIH MIŠIĆNIH GRUPA PROCENJENA MOTORIČKIM TESTOVIMA”. Javna odbrana predloga projekta doktorske disertacije održana je krajem 2015. godine pred nastavnicima i studentima na programu doktorskih studija.

Obrazloženje teme

Motoričke sposobnosti su genetski determinisane karakteristike koje utiču na izvođenje pokreta (Haibach, Reid, & Collier, 2011) od rođenja (Edwards, 2010). Motoričke sposobnosti se definišu kao stalne i trajne osobine (Edwards, 2010), koje oblikuju biološki i fiziološki faktori (Fleishman, 1964). Haibach i saradnici (2011) ističu da struktura mišićnog tkiva utiče na motoričke sposobnosti kao što su sila, izdržljivost i gipkost. Motoričke sposobnosti podržavaju izvođenje motoričkih zadataka (Edwards, 2010) koje se stiču i razvijaju učenjem (Fleishman, 1964). One predstavljaju nivo spretnosti kojim se izvodi određeni motorički zadatak, dok su motoričke sposobnosti deo individualnih karakteristika koje utiču na izvođenje datog zadatka (Haibach et al., 2011). Smatrajući da motoričke sposobnosti predstavljaju multidimenzionalni konstrukt, koji ne može biti, na odgovarajući način, predstavljen samo jednom merom (Safrit, 1981), struktura motoričkog prostora je organizovana i podeljena različito u zavisnosti od autora. Na osnovu velikog broja motoričkih testova ukazuje se postojanje većeg broja bazičnih motoričkih sposobnosti (Bompa, 1999; Kurelić, 1967; Opavsky, 1983; Zatsiorsky, 1969), koje čine: sila, brzina, snaga, izdržljivost, gipkost, okretnost.

Pod pojmom **sila** podrazumeva se sposobnost savladavanja otpora, ili suprostavljanja opterećenju, prvenstveno pomoću mišićnog naprezanja (Zatsiorsky, 1969). Pošto je sila mehanička veličina, ona se u literaturi, u vezi sa mišićnim naprezanjima, naziva i jačinom (Jaric & Kukolj, 1996).

Suprostavljanje opterećenju može se realizovati u uslovima statičkog i dinamičkog režima mišićnog rada. Pod režimom rada podrazumevaju se mišićna naprezanja bez promene dužine mišića (izometrijska kontrakcija, statički režim rada) i mišićna naprezanja u uslovima promene dužine (izotonusna kontrakcija, dinamički režim rada). Procenjivanje sile može se izvršiti testovima koje karakteriše mala brzina i savladavanje velikog opterećenja, pri čemu je ograničeno predviđanje performansi kod sportova kao što su tenis, rukomet, čije aktivnosti zahtevaju velike brzine pokreta. Iz tih razloga jačina se definiše i kao maksimalna sila koju mišić ili mišićna grupa razvije pri specifičnim brzinama (Knuttggen & Kraemer, 1987). Testovi koji procenjuju silu i brzinu izvođenja pokreta su složeniji za izvođenje, zahtevaju sofisticiraniju opremu, ali daju preciznije i značajnije podatke (Baechle & Earle, 2008). Kod naprezanja u dinamičkom režimu rada razlikuje se spora, brza i eksplozivna sila (Kukolj, 2006). Ova podela nastala je na osnovu savladanog otpora i ubrzanja pri kome se otpor savladava. Prema tome, sporu silu karakteriše savladavanje maksimalnog otpora pri čemu je ubrzanje jednako nuli. Brzu silu karakteriše savladavanje submaksimalnog opterećenja, sa submaksimalnim ubrzanjem, a eksplozivnu savladavanje submaksimalnog opterećenja maksimalnim ubrzanjem pokreta. U

statatičkom režimu rada mišićna sila je veća u odnosu na ispoljenu silu u koncentričnom režimu. Spoljašnje opterećenje je jedan od faktora koji utiče na ispoljavanje sile tako što sa porastom opterećenja raste i sila mišića.

Brzina podrazumeva sposobnost izvođenja pokreta ili kretanja maksimalno mogućom brzinom, pri čemu spoljašnji otpor nije veliki, a aktivnost ne traje dugo kako ne bi došlo do pojave zamora (Zaciorski, 1969), kao i da složenost kretanja nije velika (Kukolj, 2006). Prilikom izvođenja nekog pokreta maksimalnom brzinom, kraće je vreme izvođenja pokreta, koje je praćeno većim ubrzanjem mase tela, a samim tim individua mora eksplozivnije razviti silu.

Snaga predstavlja sposobnost mišića da deluje relativno velikim silama, pri malom spoljašnjem otporu, ali pri velikim brzinama skraćanja mišića (Kukolj, 2006). Sa mehaničkog aspekta snaga se definiše kao vreme potrebno da se savlada određeni rad, gde je rad proizvod sile koja deluje na predmet i distance koju taj predmet pređe u pravcu u kom deluje sila. Faktori koji uslovljavaju maksimalno ispoljavanje snage mogu se podeliti u zavisnosti od karakteristika mišića na morfološke, neuralne i mehaničke (Pazin, 2013). Na ispoljavanje snage mogu uticati i uslovi rada u kojima se vrši aktivnost mišića (Cormie, McGuigan, & Newton, 2011). Ispoljavanje maksimalne snage je pod uticajem sposobnosti nervnog sistema da na odgovarajući način aktivira motorne jedinice.

Mehanička svojstva mišića su one osobine mišića koje se mogu izmeriti mehaničkim veličinama, npr. silom, brzinom, snagom, radom (Zatsiorsky, 2008), odnosno koje se mogu opisati relacijom između sile i brzine, sile i dužine i sile i vremena (Knudson, 2007). Relacija između sile i brzine objašnjava kako se mišićna sila razvija u odnosu na brzinu kontrahovanja mišića. Relacija između sile i dužine prikazuje kako mišićna sila varira u odnosu na promenu mišićne dužine. Testovima se mogu proceniti neke od najznačajnijih mehaničkih svojstva mišića pri čemu je uz primenu rutinskog testiranja i poznavanje mehaničkih svojstva mišića omogućeno i razumevanje dizajna i funkcije čovekovog lokomotornog sistema (Jaric, 2015). Primena bilo kog motoričkog testa zahteva pre svega eksperimentalnu proveru metrijskih karakteristika datog testa. Osnovne metrijske karakteristike motoričkih testova su validnost, pouzdanost i osetljivost (Currell & Jeukendrup, 2008). Njihovim određivanjem vrši se ujedno i standardizacija primenjenog protokola testiranja.

Za procenu sile mišića koriste se testovi koji se najčešće zasnivaju na primeni dinamometrije. Dinamometrija je metod procene naprezanja mišića u kojem izmerena spoljašnja sila predstavlja meru ispoljene mišićne sile. Razlikuje se više vrsta dinamometrije među kojima su izometrijska i izoinercijalna (Abernethy, Wilson, & Logan, 1995). Izometrijska dinamometrija podrazumeva merenje maksimalne sile u toku produžene maksimalne voljne kontrakcije u izometrijskom režimu rada određene mišićne grupe. Najčešće korišćeni test u okviru izometrijske dinamometrije je tzv. Standardni test jačine za koji je pokazano da ima visoku pouzdanost (Mirkov, Nedeljkovic, Milanovic, & Jaric, 2004; Wilson, Newton, Murphy, & Humphries, 1993), kao i da je osetljiv na efekte treninga jačine (Mirkov & Nedeljkovic, 2003).

Izoinercijalnu dinamometriju karakteriše konstantna veličina spoljašnjeg opterećenja, koje je sa jedne strane određena konstantnom masom tegova, a sa druge gravitacionom silom koja deluje na tu masu. Najčešće korišćeni test u okviru izoinercijalne dinamometrije je test maksimalne sile (1RM) (Pereira & Gomes, 2003). Izvođenje ovog testa je relativno jednostavno, a očigledna validnost i pouzdanost ovog testa potvrđeni su u brojnim istraživanjima (Levinger et al., 2009; Ribeiro et al., 2014; Seo et al., 2012). Test maksimalne sile je osetljiv na trening jačine, što je očekivano s obzirom da se kod treninga savladavaju maksimalna opterećenja (Abernethy et al., 1995). Test karakteriše dinamički režim rada mišića (koncentrični i ekscentrični), što se smatra njegovom glavnom prednošću u odnosu na Standardni test jačine (izometrijski režim rada), jer je dinamički režim rada mišića prisutan u svakodnevnom kretanju čoveka, a isto tako i u većini sportskih aktivnosti (npr. trčanje, bacanje, šutiranje). Prednosti testa ogledaju se u većoj spoljašnjoj validnosti od Standardnog testa jačine, ali brzina izvođenja

pokreta je veoma mala. Zbog male brzine izvođenja pokreta test maksimalne sile se još naziva i kvazi-izometrijskim testom (Siff, 1993). Takođe, iskustvo koje ispitanik ima u radu sa maksimalnim opterećenjem može uticati na izvođenje testa (Mastropaolo, 1992).

Za procenu brzine se koriste testovi koji zahtevaju izvođenje jednostavnih motoričkih zadataka. Jedan od često korišćenih testova koji zadovoljava gore pomenute kriterijume je test trčanja maksimalnom brzinom. Zbog činjenice da se maksimalna brzina prilikom trčanja razvija nakon 30 - 60 m (Schwellnus & Commission, 2008), u praksi se za procenu maksimalne brzine koriste testovi pri kojima ispitanici treba da istrče distancu 30, 35, 40 m (Mackenzie, 2005).

Za procenu snage mišića koriste se različiti protokoli testiranja koji podrazumevaju korišćenje: izokinetičkog dinamometra, platforme sile i bicikl ergometra (Nedeljkovic, 2016). Izokinetičku dinamometriju karakteriše konstantna ugaona brzina koju segment ostvaruje tokom izvođenja jednozglobnog pokreta. Prednost izokinetičke dinamometrije ogleda se u većoj kontroli uslova merenja, što podrazumeva kontrolu brzine izvođenja pokreta, kao i da se sila i snaga mišića mogu meriti u koncentričnoj i ekscentričnoj kontrakciji, što nije u potpunosti odgovarajuće povratnom režimu rada mišića prisutnom u svakodnevnom kretanju čoveka. Nedostatak predstavljaju i složeni protokoli merenja na izokinetičkom dinamometru.

Test skok uvis je jedan od najčešće korišćenih testova za procenu snage mišića nogu (Nedeljkovic, 2016), kojim se na platformi sile može direktno proceniti ispoljena snaga (Davies, 1971; Offenbacher, 1970). Ovaj test može se izvesti iz pozicije polučučnja, pri čemu se koristi koncentrični rad mišića, ili sa počučnjem što predstavlja prirodniju formu izvođenja pri čemu koncentričnoj kontrakciji prethodi brza ekscentrična. Takođe, ovaj test se može izvesti sa zamahom ili bez zamaha rukama, kada su ruke ispitanika oslonjene na boku. Osnovna prednost testa skok uvis je što njegovo izvođenje obuhvata pokrete u više zglobova, a može se izvoditi i u povratnom režimu rada mišića, što doprinosi njegovoj spoljašnoj validnosti.

Testovi na bicikl ergometru, zasnovani na maksimalnoj brzini okretanja pedala, mogu se koristiti za procenu maksimalne anaerobne snage, ali i maksimalnog anaerobnog kapaciteta (Vandewalle, Peres, Heller, Panel, & Monod, 1987). Razlikuju se u odnosu na primenjeno opterećenje i na vremensko trajanje testa, pri čemu opterećenje može biti konstantno, a može se određivati i u odnosu na masu tela ispitanika. Za procenu maksimalne anaerobne snage koristi se test maksimalnog okretanja pedala u trajanju 6 sekundi (tzv. Kratki Vingejt test) u kome se pouzdani podaci dobijaju odmah nakon upoznavanja sa procedurom testiranja (Mendez-Villanueva, Bishop, & Hamer, 2007), što ukazuje da je ovaj test jednostavan za izvođenje. Problem doziranja opterećenja za dobijanje validnih rezultata maksimalne snage mogao bi biti rešen primenom većeg broja opterećenja različitog intenziteta.

Testiranja osnovnih mehaničkih svojstva mišića, najčešće se izvode sa jednim intenzitetom opterećenja, pri čemu intenzitet opterećenja zavisi od sposobnosti koja se testira. Za procenu mišićne sile koristi se maksimalno opterećenje, za procenu brzine minimalno, dok se kod testiranja snage koristi umereno opterećenje. Činjenica da sa povećanjem mišićne sile dolazi do smanjenja brzine skraćanja mišića (Hill, 1938), ukazuje da se na osnovu testiranja sa jednim intenzitetom opterećenja ne može saznati maksimalna sila, maksimalna brzina, kao ni maksimalna snaga testirane mišićne grupe. Složeni protokoli i duži vremenski period za realizaciju testova, kako bi se procenile različite sposobnosti, mogu da predstavljaju ograničavajući faktor u vrhunskom sportu. Testiranja u izometrijskim i izokinetičkim uslovima obuhvataju aktivaciju mišića u jednom zglobu pri čemu se ostvaruju velika naprežanja, a sami uslovi testiranja nisu bliski uslovima svakodnevnog kretanja i sportskim aktivnostima, čime je njihova spoljašnja validnost umanjena. Kao generalni nedostaci standardnih testova mogu se izdvojiti činjenice da se (1) procena osnovnih mehaničkih svojstva mišića vrši na osnovu primene jednog intenziteta opterećenja, (2) procena osnovnih mehaničkih svojstva vrši u nejednakim uslovima, (3) korišćenje testova koji ne predstavljaju svakodnevno kretanje i sportske aktivnosti, (4) korišćenje testova koji zahtevaju velika naprežanja.

Nova tendencija testiranja koja bi mogla da omogući procenu sile, brzine i snage, primenom više različitih opterećenja, u jednakim uslovima je relacija sila-brzina (F-V relacija). Relacija sila-brzina opisuje odnos između sile (F) koju skeletni mišić ili njihov veći broj ispoljavaju i brzine (V) njihovog skraćanja koju pri tome ostvaruje. Pomenuta relacija određuje mehaničko ponašanje mišića koji je izložen različitim intenzitetima opterećenja (Wilkie, 1949). Istraživanja koja su se bavila ispitivanjem F-V relacije mogu se podeliti na istraživanja koja su posmatrala F-V relaciju izolovanih mišića, zatim na istraživanja F-V relacije u jednozglobnim pokretima i na istraživanja F-V relacije u višezglobnim pokretima. Istraživanja na jednozglobnim i višezglobnim pokretima razlikuju se u tome što su u prvom slučaju F i V merene pri pokretima u samo jednom zglobu (prosti pokreti), dok se u drugom slučaju merenje F i V vrši istovremeno u više zglobova (složeni pokreti).

Relacija sila-brzina za jednozglobne pokrete bi mogla uglavnom da ima hiperbolični oblik (tzv. "Hilova kriva") na kojoj tačka preseka sa vertikalnom osom sile predstavlja maksimalnu silu (F_{max}), dok je tačka preseka sa horizontalnom osom brzine, maksimalna brzina (V_{max}). Na osnovu toga F_{max} bi trebalo da predstavlja maksimalnu izometrijsku silu koju mišić razvije u uslovima kada je brzina skraćanja jednaka nuli, dok bi V_{max} teorijski bila maksimalna brzina skraćanja neopterećenog mišića, kada je vrednost sile koju mišić razvija jednaka nuli. Proizvod sile i brzine predstavlja snagu (P), pa na osnovu toga sledi da F-V relacija direktno određuje oblik relacije između snage i brzine (P-V relacija). Optimalna sila (F_{opt}) i optimalna brzina (V_{opt}) za ispoljavanje maksimalne snage su na približno 1/3 od njihovih maksimuma. Hiperbolična F-V relacija potvrđena je i kod jednozglobnih pokreta čoveka (Hawkins & Smeulders, 1999; Komi, 1973; Wilkie, 1949) u kojima se testiranje F-V relacije sastojalo se iz pokreta u jednom zglobu, na izokinetičkom dinamometru, pri čemu je ostatak tela bio fiksiran. Na zakrivljenost krive mogu da utiču različiti činioci kao što su tip mišićnog vlakna, arhitektura mišića, trening, a uočena je razlika između antagonističkih mišićnih grupa.

Hilova kriva opisuje odnos sile i brzine pri koncentričnim kontrakcijama mišića, ali deo krive koji se odnosi na ekscentričnu kontrakciju ne oslikava stvarno stanje odnosa između F i V izduženja mišića (Jorgensen, 1976; Katz, 1939). Precizno matematičko opisivanje F-V relacije pri ekscentričnoj kontrakciji nije moguće, za razliku od koncentrične kontrakcije (Zatsiorsky, 2008). Složenost hiperbolične F-V relacije i njene P-V relacije ograničava njihovu preciznost i procenu kod različitih motoričkih testova, kao i njihovu primenu kod različitih modelovanja i optimizacije procedura treninga i rehabilitacionih intervencija (Jaric, 2015). Određivanjem karakteristika F-V relacije, moguće je osnovnom mehanikom predvideti vrednosti brzine na osnovu sile koju mišić ispoljava savladavajući različite intenzitete opterećenja (Wilkie 1949).

Za razliku od jednozglobnih pokreta linearnost F-V relacije kod višezglobnih pokreta pokazana je pre čuvenog Hilovog eksperimenta publikovanog 1938. godine. Još 1928. godine pokazano je da postoji približno linearna povezanost između kočione sile i brzine okretanja pedala na bicikl ergometru (Dickinson, 1928).

Većina istraživanja F-V relacije za višezglobne pokrete ispitivala je relaciju odvojeno za mišiće ruku i nogu. Dobijeni rezultati iz malog broja istraživanja koja su posmatrala istovremeno F-V relaciju mišića ruku i nogu pokazali su linearnu vezu (Chelly, Hermassi, & Shephard, 2010; Nikolaidis, 2012). Uzroci linearnosti F-V relacije pokazane u različitim motoričkim testovima višezglobnih pokreta mogli bi da leže u neuralnim mehanizmima (Yamauchi i sar. 2007, 2009). Važnu ulogu u ovom fenomenu ima međumišićna koordinacija, kao i segmentalna dinamika višezglobnih pokreta (Bobbert, 2012; Jaric, 2015). Pojedini autori su i pored činjenice da je F-V relacija kod višezglobnih pokreta linearna, za opisivanje ove relacije koristili ne-linearne modele, i sugerisali da ona nije linearna (Limonta & Sacchi, 2010; Sánchez-Medina, González-Badillo, Pérez, & Pallarés, 2013). Međutim, rezultati najnovijih istraživanja (Cuk et al., 2014; Sreckovic et al., 2015) idu u prilog potvrđivanju da je F-V relacija kod višezglobnih pokreta linearna.

Linearna relacija sila-brzina omogućava da se na osnovu više različitih intenziteta odrede parametri maksimalne sile, brzine i snage koji se mogu analizirati korišćenjem linearnog regresionog modela. Uz pomoć ovog linearnog modela dobijaju se četiri zavisna parametara F_{\max} , V_{\max} , a i P_{\max} koji opisuju oblik F-V i P-V relacije testiranog mišića. Nagib regresione prave (a) direktno ukazuje na odnos između F i V. Veći nagib ukazuje na relativno veće vrednosti F_{\max} , dok manji nagib ukazuje na relativno veće vrednosti V_{\max} . Ukoliko se ovi parametri dobiju iz relacije koju karakteriše visok stepen povezanosti, opravdano je pretpostaviti da oni imaju stvarno fiziološko značenje, odnosno da stvarno predstavljaju maksimalnu silu, brzinu i snagu. Izvedena relacija snaga-brzina ukazuje da se maksimum snage ispoljava na 1/2 maksimalne sile i maksimalne brzine. Ukoliko se posmatra procentualno u odnosu na maksimum, optimalno spoljašnje opterećenje za ispoljavanje maksimalne snage kod višezglobnih pokreta ($F_{\text{opt}} = 50\%$ od F_{\max}) biće veće nego kod jednozglobnih pokreta ($F_{\text{opt}} \approx 33\% F_{\max}$). Ovo je od značaja, kako u sportu tako i u rehabilitaciji kako bi se pravilno upravljalo opterećenjima na treningu, i kako bi se dobio maksimalni efekat primenjenog trenažnog ili rehabilitacionog programa. Linearna F-V relacija dobijena korišćenjem više različitih opterećenja i određivanje njenih parametara omogućava da se stekne potpunija slika o osnovnim mehaničkim osobinama mišića, kao i da se odredi i P-V relacija koja je za razliku od relacije kod jednozglobnih pokreta jednostavnija za korišćenje i izračunavanje.

Da bi se F-V relacija koristila u rutinskom testiranju potrebno je da se izvrši i evaluacija parametara koji se dobijaju na osnovu nje, pa je tako potrebno pokazati njihovu pouzdanost, validnost i osetljivost. Rezultati istraživanja višezglobnih pokreta ukazuju da se parametri dobijeni iz linearne F-V relacije izračunavaju pri različitim eksperimentalnim uslovima, što može uticati na vrednosti dobijenih parametara. Vrednosti parametara linearne regresije dobijenih odvojenim testiranjima mišića ruku i nogu bili su različiti. Dobijeni parametri u vrednosti F i V u različitim istraživanjima pokazali su da F_{\max} i V_{\max} dobijeni iz maksimalnih vrednosti imaju veće vrednosti nego parametri dobijeni iz srednjih vrednosti. Srednje i maksimalne vrednosti F i V posmatrane su kod testa skok uvis i testa izbačaja tega sa grudi. Da bi se odredila linearna F-V relacija potrebno je realizovati test više puta pri različitim intenzitetima opterećenja što zahteva duže vreme za realizaciju protokola. Minimalan broj intenziteta (tačaka opterećenja) u istraživanjima za određivanje linearne F-V relacije bio je pet (Nikolaidis, 2012), ali su neki autori su koristili čak osam do devet tačaka kako bi pokrili veći opseg opterećenja (Hintzy et al., 2003; Yamauchi et al., 2007). Nezavisno od broja tačaka, relacija između sile i brzine bila je linearna. Pored relativno dugog trajanja protokola testiranja, primena velikog broja različitih intenziteta može dovesti i do pojave zamora kod ispitanika, što u mnogome utiče na primenu ovakvog testiranja kao rutinskog. Moguće pojednostavljenje standardne procedure dobijanja parametara iz regresionog modela moglo bi se izvesti na osnovu primene manjeg broja opterećenja. Provlačenjem linije kroz dva para podataka F i V dobijenih iz dva različita intenziteta znatno bi olakšalo proceduru testiranja i obradu podataka. Ovakav model, tzv. *model dva opterećenja*, mogao bi da zameni dobijanje parametara F-V relacije iz standardnog regresionog modela.

Na osnovu pregledane literature, formirana su četiri glavna problema ovog istraživanja. Prvi problem ovog istraživanja predstavlja relacija između sile i brzine kod višezglobnih pokreta koja će biti posmatrana kod različitih mišićnih grupa. Kako bi se utvrdila relacija između sile i brzine posmatraće se njihov odnos kod različitih mišićnih grupa na istoj grupi ispitanika. Od motoričkih testova primeniće se dva testa za mišić ruku i dva testa za mišić nogu. Na ovaj način pokazaće se da li je F-V relacija kod različitih višezglobnih pokreta i mišića linearna. Drugi problem ovog istraživanja predstavlja generalizacija (povezanost) parametara F_{\max} , V_{\max} i P_{\max} u odnosu na motorički test i mišićnu grupu. Treći problem istraživanja je da li da se koriste srednje ili maksimalne vrednosti varijabli F i V dobijene u različitim testovima. Četvrti problem odnosiće se na evaluaciju novog F-V modela, tzv. *model dva opterećenja*, pri čemu bi se najefikasniji i najjednostavniji način ogledao u primeni najmanjeg i najvećeg opterećenja.

Predmet ovog istraživanja predstavljaju mehanička svojstva različitih mišićnih grupa procenjena motoričkim testovima. *Generalni cilj* je evaluacija relacije sila-brzina kod različitih mišićnih grupa i procena njihovih mehaničkih svojstva. U skladu sa problemima istraživanja i sa generalnim ciljem postavljeni su *pojedinačni ciljevi*: da se ispita linearnost F-V relacije kod različitih mišićnih grupa, da se odrede parametri F-V relacije i njihova povezanost, da se odrede parametri F-V relacije dobijeni iz srednjih i maksimalnih vrednosti sile i brzine i da se evaluira novi F-V model korišćenjem dva opterećenja.

U skladu sa navedenim pojedinačnim ciljevima postavljene su sledeće hipoteze:

H₁: Relacije sile i brzine različitih mišićnih grupa biće linearne.

H₂: Isti parametri maksimalne sile, brzine i snage dobijeni na različitim mišićnim grupama međusobno su povezani.

H₃: Parametri maksimalne sile, brzine i snage dobijeni iz srednjih i maksimalnih vrednosti sile međusobno se razlikuju.

H₄: Standardni regresioni model i model dva opterećenja imaju slične karakteristike.

Veličina uzorka ispitanika (Cohen, 1988) određena je za alfa nivo 0.05 i snagu od 0.8 i u skladu sa prethodnim studijama koje su pratile efekat spoljašnjeg opterećenja čime je odlučeno da za potrebe istraživanja bude angažovano 12 ispitanika muškog pola, čija će se fizička aktivnost proceniti na osnovu IPAQ upitnika (Taylor-Piliae et al., 2006).

Procena morfoloških karakteristika ispitanika biće izvršena standardnim procedurama za merenje visine i mase tela, kao i strukture sastava tela (In Body 720; USA). Glavni deo istraživačkih procedura sastojace se od četiri motorička testa koja će biti izvedena pri različitim intenzitetima opterećenja: test izbačaj tega sa grudi (T-IZBAČAJ), vučenje tega (T-VUČENJE), skok uvis sa počučnjem (T-SKOK), kratki Vingejt test (T-BICIKL).

Istraživanje će biti realizovano na osnovu 4 merenja, sa odmorom od 5 do 7 dana između svakog, a redosled testiranja randomizovan za svakog ispitanika. Za sve testove, osim za T-BICIKL ispitanici će izvoditi po dva pokušaja, od kojih će prvi biti probni pokušaj, a rezultati drugog će biti korišćeni za dalju analizu podataka. Za sve motoričke testove biće određeno opterećenje koje će obuhvatiti širi opseg kako bi se proverila linearnost F-V relacije u odabranim testovima.

Za analizu podataka kod testova T-IZBAČAJ, T-VUČENJE i T-SKOK biće korišćen program napisan u LabVIEW softverskom paketu (NI 2013; USA). Izbačaj i vučenje tega biće snimani kamerama za 3D kinematičku analizu kretanja (Qualisys AB, Gothenburg, Sweden) sa frekvencijom snimanja 240 Hz i niskopropusnim Batervortovim filterom, pri čemu će biti praćeno vertikalno kretanje šipke. Za dobijanje podataka kod T-BICIKL koristiće se već postojeći softver (*Monark Anaerobic Test Software*) koji će automatski izračunati snagu koju ispitanik ostvaruje okretanjem pedala tokom svake sekunde. Srednje i maksimalne vrednosti F i V će se odvojeno izračunati za sva četiri motorička testa. Glavne varijable u ovoj studiji biće parametri dobijeni iz F-V relacije (F_{max} , V_{max} , P_{max}) kako iz srednjih tako i iz maksimalnih vrednosti F i V. Dobijeni podaci biće iskorišćeni za određivanje dva F-V modela, stadardnog regresionog modela i modela dva opterećenja i njihovih parametara. Regresioni model dobiće se uz pomoć linearne regresije u koju će se uključiti svi intenziteti savladanih opterećenja, dok će model dva opterećenja činiti najmanji i najveći intenzitet opterećenja u testovima. Iz oba modela dobiće se parametri F_{max} (F-odsečak), V_{max} (V-odsečak) i P_{max} ($P_{max} = F_{max} V_{max}/4$) individualno za svakog ispitanika.

Normalnost distribucije podataka biće proverena Kolmogorov-Smirnov testom. U okviru deskriptivne statistike za sve varijable izračunaće se srednja vrednost, standardna devijacija i koeficijent varijacije. Linearna i polinomijalna regresija biće urađene na srednjim i na maksimalnim vrednostima. Povezanost parametara dobijenih iz F-V relacije kod različitih testova izračunaće se Pirsonovom korelacijom, a za utvrđivanje mogućih razlika apsolutnih vrednosti istih, biće urađena analiza varijanse sa ponovljenim merenjem. Za utvrđivanje razlika između parametara dobijenih između srednjih i maksimalnih vrednosti sile i brzine od

statističkih procedura primeniće se Studentov t-test za zavisne uzorke. Povezanost između istih parametara (maksimalna sila, brzina i snaga) dva različita modela biće ustanovljena Pirsonovom korelacijom. Za utvrđivanje razlika između istih parametara dva različita F-V modela primeniće se Studentov t-test za zavisne uzorke. Za nivo statističke značajnosti odrediće se $p < 0.05$. Svi statistički testovi biće urađeni u programu SPSS 19.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA).

Za proveru nekih od ciljeva istraživanja i usaglašavanje protokola testiranja sprovedeno je pilot istraživanje sa ciljem da se ispita relacija sila-brzina kod četiri različita motorička testa (T-IZBAČAJ, T-VUČENJE, T-SKOK, T-BICIKL) i da se uporede rezultati standardnog regresionog modela sa novim uprošćenim modelom dva opterećenja kod testa izbačaj tega sa grudi. Rezultati pilot istraživanja ukazuju da je relacija između sile i brzine visoko linearna kod sva četiri motorička testa, kao i da je model dva opterećenja sličan regresionom modelu. Nalazi pilot studije idu u prilog postavljenom istraživanju.

Stanje naučnog područja u kome se radi doktorska disertacija

Dosadašnja istraživanja relacije sila-brzina pokazala su da postoji linearna relacija između F i V kod mišića ruku i ramenog pojasa (Cronin, McNair, & Marshall, 2003; Hintzy, Tordi, Predine, Rouillon, & Belli, 2003; Nikolaidis, 2012; Sprague, Martin, Davidson, & Farrar, 2007; Sreckovic et al., 2015; Van Den Tillaar & Ettema, 2004). F-V relacija kod mišića ruku i ramenog pojasa ispitivana je različitim motoričkim testovima: izbačaj tega sa grudi (Cronin et al., 2003; Sreckovic et al., 2015), okretanje točkova sedeći u invalidskim kolicima (Hintzy et al., 2003), bacanje lopte jednom rukom (Van Den Tillaar & Ettema, 2004), veslanje na ergometru (Sprague et al., 2007), okretanje pedala na ergometru za ruke (Nikolaidis, 2012; Vandewalle, Peres, Sourabie, Stouvenel, & Monod, 1989).

Dobijena linearna F-V relacija pokazana je i kod različitih motoričkih testova mišića nogu (Cuk et al., 2014; Driss, Vandewalle, Chevalier, & Monod, 2002; Jaskolska, Goossens, Veenstra, Jaskolski, & Skinner, 1999; Sheppard, Cormack, Taylor, McGuigan, & Newton, 2008). Skokovi predstavljaju jedan od osnovnih, prirodnih oblika kretanja i sastavni su deo sportskih aktivnosti, a test skok uvis je primenjivan i od strane istraživača za ispitivanje F-V relacije mišića nogu. Dobijena linearna F-V relacija pokazana je kod skoka sa počučnjem (Sheppard et al., 2008; Vandewalle et al., 1987) i skoka iz polučučnja (Cuk et al., 2014; Jiménez-Reyes et al., 2014; Samozino et al., 2013). F-V relacija posmatrana je i kod cikličnih aktivnosti kao što su trčanje i vožnja bicikle. Dobijena linearna veza između sile i brzine pokazana je kod kratkog Vingejt testa na bicikl ergometru (Driss & Vandewalle, 2013; Driss et al., 2002; Nikolaidis, 2012; Ravier, Grappe, & Rouillon, 2004; Vandewalle et al., 1987).

Većina istraživanja ispitivala je relaciju sila-brzina odvojeno za mišiće ruku i nogu. Malo je istraživanja koja su posmatrala istovremeno F-V relaciju mišića ruku i nogu, ali dobijeni nalazi su pokazali linearnu vezu (Chelly, Hermassi, & Shephard, 2010; Nikolaidis, 2012). Iako je pokazana linearna F-V relacija kod ruku i nogu, može se uočiti da su apsolutne vrednosti parametara linearne regresije bili različiti. Nikolaidis (2012) je uporedio odnos parametara dobijenih iz linearne F-V relacije između ruku i nogu kod motoričkog testa na bicikl ergometru. U ovom radu zabeležene su veće vrednosti parametara F_{max} , V_{max} i P_{max} kod mišića nogu. Nalazi istraživanja Chelly i saradnika (2010) su takođe u saglasnosti sa ovim rezultatima.

Određivanje parametara iz linearne F-V relacije (regresioni model) može se razviti i primeniti u rutinskom testiranju mehaničkih kapaciteta mišića (Cuk et al., 2014; Jaric, 2015; Nikolaidis, 2012; Sreckovic et al., 2015). Da bi se parametri F i V, kao i F-V relacija primenila u testiranju, potrebno je da procedura testiranja bude jednostavna i ekonomična za izvođenje. Dugotrajan i zamoran protokol testiranja jedan je od ograničavajućih faktora za primenu F-V relacije u rutinskom testiranju, naročito kod vrhunskih sportista. Moguće pojednostavljenje standardne procedure dobijanja parametara iz regresionog modela moglo bi se izvesti na osnovu primene manjeg broja opterećenja. Provlačenjem linije kroz dva para podataka F i V dobijenih iz dva različita intenziteta znatno bi olakšalo proceduru testiranja i obradu podataka.

Očekivani naučni doprinosi i njihova primena u praksi

Naučni doprinos ovog istraživanja mogao bi da se očekuje u rešavanju nekoliko bitnih metodoloških problema kada je u reč o testiranju mišićnih parametara. Potvrđivanjem linearne F-V relacije kod višezglobnih pokreta pri različitim motoričkim testovima, pokazalo se da ova relacija može da se koristi u rutinskim testiranjima za procenu osnovnih mehaničkih osobina mišića. Ovo istraživanje bi trebalo da pokaže da li se parametri dobijeni iz linearne F-V relacije mogu generalizovati u odnosu na testove i u kojoj meri. Na osnovu dobijenih nalaza ovog istraživanja biće poznato da li se na osnovu parametara maksimalne sile kod jednog testa može zaključiti i proceniti maksimalna sila kod nekog drugog testa. Utvrdiće se koje vrednosti F i V je bolje uzeti za određivanje parametara, da li srednje ili maksimalne. Primenom modela dva opterećenja izbeći će se zamor ispitanika, skraćuje se vreme trajanja testiranja, a dobiće se povratna informacija o osnovnim mehaničkim osobinama mišića. Prema tome, kako projektovano istraživanje ima za cilj da razjasni relacije koje su u direktnoj vezi sa pomenutim važnim praktičnim rešenjima i teorijskim pitanjima, može se konstatovati da je njegova operacionalizacija svrsishodna, čime bi se olakšalo sprovođenje budućih testiranja i nadomestili nedostaci standardizovanih testova.

Predlog mentora, saglasnost mentora i spisak njegovih radova

Imajući u vidu saradnju sa kandidatom u toku pripreme teme i posebno uvažavajući prirodu problema kojim se kandidat bavi u projektu disertacije, predlažemo da mentor u realizaciji doktorske disertacije bude Redovni profesor dr Slobodan Jarić.

Redovni profesor dr Slobodan Jarić saglasan je da bude mentor u realizaciji doktorske disertacije Milene Živković po predloženoj temi, a iz spiska njegovih radova može se videti da ispunjava uslove predviđene Standardima za akreditaciju studijskih programa doktorskih studija prema kriterijumu Veća društveno humanističkih nauka.

Spisak relevantnih radova koje je profesor Slobodan Jarić objavio u međunarodnim naučnim časopisima tokom poslednjih 10 godina:

- Jaric S, Collins JJ, Marwaha R, Russell EM (2006) Interlimb and within limb force coordination in static bimanual manipulation task. *Experimental Brain Research* 168:88-97
- Marwaha R, Hall SJ, Knight CA, Jaric S (2006) Load and grip force coordination in static bimanual manipulation tasks in multiple sclerosis. *Motor Control* 10:160-177
- Markovic G, Dizdar D, Jaric S (2006) Evaluation of tests of maximum kicking performance. *The Journal of Sport Medicine and Physical Fitness*, 46:215-20
- Ferrand L, Jaric S (2006) Force coordination in static bimanual manipulation: effects of handedness. *Motor Control*, 10:359-370
- Freitas PBJ de, Krishnan V, Jaric S (2007) Elaborate force coordination of precision grip could be generalized to bimanual grasping techniques. *Neuroscience Letters*, 412:179-184
- Nedeljkovic A, Mirkov DM, Kukolj M, Ugarkovic D, Jaric S (2007) Effects of maturation on the relationship between physical performance and body size. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21:245-50
- Nedeljkovic A, Mirkov DM, Pazin N, Jaric S (2007) Evaluation of Margaria staircase test: the effect of body size. *European Journal of Applied Physiology*, 100:115-20
- Markovic G, Jaric S (2007) Is vertical jump height a body size independent measure of muscle power? *Journal of Sport Sciences*, 25:1355 - 1363
- Markovic G, Jaric S (2007) Positive and negative loading and mechanical output in maximum vertical jumping. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(10):1757-1764
- Freitas PB de, Krishnan V, Jaric S (2007) Force coordination in static manipulation tasks: effects of the change in direction and handedness. *Experimental Brain Research*, 183:487-497

- Krishnan V, Freitas PB de, Jaric S. (2008) Impaired object manipulation in mildly involved individuals with multiple sclerosis. *Motor Control*, 11:3-20
- Sjolander P, Michaelson P, Jaric S, Djupsjobacka M. (2008) Sensorimotor disturbances in chronic neck pain--range of motion, peak velocity, smoothness of movement, and repositioning acuity. *Manuel Therapy* 13(2):122-31
- Freitas PB de, Markovic G, Krishnan V, Jaric S. (2008) Force coordination in static manipulation: Discerning the contribution of muscle synergies and cutaneous afferents. *Neurosci Lett* 434(2):234-9
- Mirkov DM, Nedeljkovic A, Kukulj M, Ugarkovic U, Jaric S. (2008) Evaluation of the reliability of soccer-specific field tests. *J Strength Conditioning Res* 22(4):1046-50
- Krishnan V, Jaric S. (2008) Hand function in multiple sclerosis: force coordination in manipulation tasks, *Clinical Neurophysiology* 119(10):2274-81
- Freitas PB de, Krishnan V, Jaric S. (2008) Force coordination in object manipulation. *Journal of Human Kinetics* 20:37-51
- Suzovic D, Nedeljkovic A, Pazin N, Planic N, Jaric S (2008) Evaluation of consecutive maximum contractions as a test of neuromuscular function. *Journal of Human Kinetics* 20:51-67
- Nedeljkovic A, Mirkov DM, Bozic P, Jaric S (2009) Tests of muscle power output: the role of body size. *International Journal of Sport Medicine* 30:100-106
- de Freitas PB, Jaric S. (2009) Force coordination in static manipulation tasks performed using standard and non-standard grasping techniques. *Exp Brain Res*, 194:605–618
- Jaric S, Markovic G (2009) Leg muscles design: the maximum dynamic output hypothesis, *Med Sci Sports Exercise*, 41(4):780-787
- Uygur M, Richards JG, Jaric S, de Freitas PB, Barlow DA (2009) Kinematics and kinetics of unanticipated misstep conditions: Femoral fracture implications in the elderly. *J Biomech* 42(9): 1241-1245
- de Freitas PB, Uygur M, Jaric S. (2009) Grip force adaptation in manipulation activities performed under different grasping and coating conditions. *Neurosci Lett* 457:16-20
- Nedeljkovic A, Mirkov DM, Markovic S, Jaric S (2009) Tests of muscle power output assess rapid movement performance when normalized for body size. *J Strength Conditioning Res* 23(5): 1593-1605
- Mackenzie SJ, Getchell N, Modlesky CM, Miller F, Jaric S (2009) Using grasping tasks to evaluate hand force coordination in children with hemiplegic cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil* 90(8):1439-42
- Uygur M, de Freitas PB, Jaric S. (2010) Frictional properties of hand skin areas specialized and non-specialized for grasping. *Ergonomics* 53(6):812-818
- Uygur M, de Freitas PB, Jaric S. (2010) Effects of force range and frequency on force coordination in static manipulation. *Neuroscience Letters* 475:115-119
- Mirkov D, Kukulj M, Ugarkovic D, Koprivica V, Jaric S. (2010) Development of anthropometric and physical performance profiles of young elite male soccer players: a longitudinal study. *J Strength & Conditioning Res*, 24:2677-2682
- Krishnan V, Jaric S. (2010) Effects of task complexity on coordination of inter-limb and within-limb forces in static bimanual manipulation. *Motor Control* 14:528-544
- Bozic P, Suzovic D, Nedeljkovic A, Jaric S. (2011) Alternating consecutive maximum contractions as a test of muscle function. *Journal of Strength and Conditioning Research* 25:1605-1615
- Pazin N, Bozic P, Bobana B, Nedeljkovic A, Jaric S. (2011) Optimum loading for maximizing muscle power output: the effect of training history. *European Journal of Applied Physiology* 111:2123-2130
- Markovic G, Vuk S, Jaric S. (2011) Effects of jump training with negative versus positive loading on jumping mechanics. *International Journal of Sports Medicine*, 32: 365-372

- Belumori M, Jaric S, Knight CA. (2011) The rate of force development scaling factor (RFD-SF): protocol, reliability and muscle comparisons. *Experimental Brain Research* 212:359-369
- Jin X, Uygur M, Getchell N, Hall SJ, Jaric S (2011) The effects of instruction and hand dominance on grip-to-load force coordination in manipulation tasks. *Neuroscience Letters*, 504:330-335
- Koropanovski N, Berjan B, Bozic PR, Pazin N, Sanader A, Jovanovic S, Jaric S. (2011) Comparison of anthropometric and physical performance profiles of elite karate kumite and kata competitors *J Human Kinetics* 30:107-114
- Vuk S, Markovic G, Jaric S. (2012) External loading and power output during vertical jumping: role of training history. *Hum Mov Sci* 31:139-151
- Bozic P, Pazin N, Berjan B, Jaric S. (2012) Evaluation of alternating consecutive maximum contractions as an alternative test of neuromuscular function, *Eur J Appl Physiol* 112:1445-1456
- Leontijevic B, Pazin N, Bozic P, Kukolj M, Ugarkovic D, Jaric S. (2012) Effects of loading on maximum vertical jumps: selective effects of weight and inertia. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 22:286-293
- Bacvarevic BB, Pazin N, Bozic PR, Mirkov D, Kukolj M, Jaric S (2012) Evaluation of a composite test of kicking performance. *J Strength Conditioning Res* 26:1945-1952
- Uygur M, Xin J, Knezevic O, Jaric S. (2012) Two-dimensional static manipulation tasks: does force coordination depend on change of the tangential force direction? *Exp Brain Res*, 222: 365-375
- Knezevic O, Mirkov D, Kadija M, Milovanovic D, Jaric S. (2012) Alternating consecutive maximum contraction as a test of muscle function in athletes following ACL reconstruction. *J Hum Kinetics* 35:5-13
- Leontijevic B, Pazin N, Kukolj M, Ugarkovic D, Jaric S. (2013) Selective effects of weight and inertia on maximum lifting. *Int J Sport Med* 34:232-238
- Prebeg G, Cuk I, Suzovic D, Stojiljkovic S, Mitic D, Jaric S. (2013) Relationships among the muscle strength properties as assessed through various tests and variables. *J Electromyography Kinesiol*, 23:455-461
- Jaric S, Uygur M. (2013) Assessment of hand function through the coordination of contact forces in manipulation tasks. *J Hum Kinetics*, 36:5-15
- Pazin N, Berjan B, Nedeljkovic A, Markovic G, Jaric S. (2013) Power output in vertical jumps: does optimum loading depend on activity profiles? *Eur J Appl Physiol*, 113:577-589
- Bozic PR, Celik O, Uygur M, Knight CA, Jaric S. (2013) Evaluation of novel tests of neuromuscular function based on brief muscle contractions. *J Strength Cond Res*, 27:1568-1578
- Emge N, Prebeg G, Uygur M, Jaric S. (2013) Effects of muscle fatigue on force coordination and performance of manipulation tasks. *Neurosci Lett*, 550:46-50
- Belumori M, Knight CA, Jaric S. (2013) Age related decline in the rate of force development scaling factor. *Motor Control* 17(4): 370-381
- Markovic S, Mirkov D, Knezevic O, Jaric S. (2013) Jump training with different loads: effects on jumping performance and power output. *Eur J Appl Physiol* 113:2511-2521
- Suzovic D, Markovic G, Pasic M, Jaric S. (2013) Optimum load in various vertical jumps support the maximum dynamic output hypothesis. *Int J Sports Med* 34:1007-1014
- Jaric S, Markovic G. (2013) Body mass maximizes power output in human jumping: a strength-independent optimum loading behavior. *Eur J Appl Physiol* 113:2913-2923
- Uygur M, Prebeg G, Jaric S. (2014) Force control in manipulation tasks: comparison of two common methods of grip force calculation. *Motor Control* 18:18-28

- 106. Markovic S, Mirkov DM, Nedeljkovic A, Jaric S. (2014) Body size and countermovement depth confound relationship between muscle power output and jumping performance. *Hum Movement Sci*, 33:203-210
- Knezevic O, Mirkov DM, Milovanovic D, Kadija M, Jaric S. (2014) Evaluation of isokinetic and isometric strength measures for monitoring muscle function recovery following ACL reconstruction. *J Strength Cond Res*, 28:1722-1731
- Emge N, Uygur M, Radivoj M, Kaminski TW, Royer T, Jaric S. (2014) Selective effects of arm proximal and distal muscles fatigue on force coordination in manipulation tasks. *J Motor Behav* 46:259-265
- Cuk I, Markovic M, Nedeljkovic A, Ugarkovic D, Kukolj M, Jaric S. (2014) Force-velocity relationship of leg extensors obtained from loaded and unloaded vertical jumps. *Eur J Appl Physiol*, 114:1703-1714
- Chmielewski TL, Martin C, Lentz TA, Tillman SM, Moser MW, Farmer K, Jaric S. (2014) Normalization considerations for using the unilateral seated shot put test in rehabilitation. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 44:518-524
- Copic N, Dopsaj M, Ivanovic J, Nesic G, Jaric S. (2014) Body composition and muscle strength predictors of jumping performance: differences between elite female volleyball competitors and non-trained individuals. *J Strength Cond Res*, 28:2709-2706
- Knezevic OM, Mirkov DM, Kadija M, Nedeljkovic A, Jaric S (2014) Asymmetries in explosive strength following anterior cruciate ligament reconstruction. *The Knee*, 21:1039-1045
- Ranisavljev I, Ilic V, Stefanovic D, Jaric S (2014) The relationship between hip, knee and ankle muscle mechanical characteristics and gait transition speed. *Hum Mov Sci*, 38:47-57
- Mandic R, Jakovljevic S, Jaric S. (2015) Effects of countermovement depth on kinematic and kinetic patterns of maximum vertical jumps. *J Electromyography Kinesiol*, 25:265-272
- Jaric S. (2015) Force-velocity relationship of muscles performing multi-joint maximum performance tasks. *Int J Sports Med* 36:699-704
- Sreckovic S, Cuk I, Djuric S, Nedeljkovic A, Mirkov D, Jaric S. (2015) Evaluation of force-velocity and power-velocity relationship of arm muscles. *Eur J Appl Physiol* 115:1779-1787
- Mudric M, Cuk I, Nedeljkovic A, Jovanovic S, Jaric S. (2015) Evaluation of Video-based method for the measurement of reaction time in specific sport situation. *Int J Performance Analysis Sport*, 15(3): 1077-1089
- Feeney D, Stanhope SJ, Kaminski TW, Machi A, Jaric S. (2016) Loaded vertical Jumping: force-velocity relationship, work, and power. *J Appl Biomech*, 32(2):178-85.
- García-Ramos A, Jaric S, Padial P, Feriche B. (2016) Force-velocity relationship of upper body muscles: traditional versus ballistic bench press. *J Appl Biomech*, 32(2):120-7.
- Janjic N, Kapor D, Doder D, Petrovic A, Jaric S. (2016) Model for assessment of the velocity and force at the start of sprint race. *J Sports Sci*, 28:1-8.
- Knezevic O, Mirkov D, Nedeljkovic A, Mafiulleti N, Jaric S. (2016) Contralateral limb deficit after ACL-reconstruction: an analysis of early and late phase of rate of force development. *J Sports Sci*, 4:1-6.
- Cuk I, Mirkov D, Nedeljkovic A, Kukolj M, Ugarkovic D, Jaric S. (2016) Force-velocity property of leg muscles in individuals of different level of physical fitness. *Sports Biomechanics*, 15:207-219.
- Markovic P, Suzovic D, Kasum G, Jaric S. (2016) Effects of practice against elastic resistance on jab punch performance in elite junior athletes. *Kinesiology* 48:79-86.

Mišljenje i predlog Komisije

Tema doktorske disertacije Milene Živković precizno je formulisana, a metodološki postupak izrade doktorske disertacije detaljno je objašnjen. Tema je formulisana na osnovu pažljive analize obimnog bibliografskog materijala u kojem, između različitih autora, ne postoji saglasnost oko metoda istraživanja mehaničkih osobina mišića, kao ni verifikovanih protokola za interpretaciju parametara relacija sile, snage i brzine skraćanja mišića različitih mišićnih grupa. Istraživanje ovih problema predviđeno je u uslovima primene testova za procenu parametara relacije sile i brzine muskulature nogu i ruku, njihovom povezanošću i eventualnom mogućnošću generalizacije.

Problem istraživanja detaljno je obrazložen, a cilj i hipoteze jasno su formulisani. Predviđene metode u istraživanju omogućavaju realizaciju postavljenog cilja istraživanja.

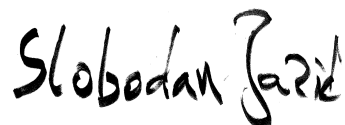
Istraživanje će omogućiti nova, metodološki zasnovana, znanja u odnosu na mogućnosti procene parametara relacije sile i brzine primenom manjeg broja opterećenja, kako bi se skratila i olakšala procedura merenja, a dobili odgovarajući parametri.

Rezultati istraživanja će imati neposrednu primenu u daljim istraživanjima mehaničkih osobina mišića – po osnovu određenja pouzdanosti i osetljivosti parametara krive sila-brzina i snaga-brzina, kao i po osnovu njihove primene u sportu, rekreaciji i rehabilitaciji kod izbora vrste opterećenja, optimalizacije intenziteta u programima rada i ocene uticaja programa na ciljane mehaničke osobine mišića.

Predlažemo da Nastavno-naučno veće Fakulteta prihvati Izveštaj Komisije i utvrdi predlog Odluke kojom se odobrava tema doktorske disertacije „MEHANIČKA SVOJSTVA RAZLIČITIH MIŠIĆNIH GRUPA PROCENJENA MOTORIČKIM TESTOVIMA” i da mentor u realizaciji doktorske disertacije bude Redovni profesor dr Slobodan Jarić.

04.7. 2016. godine

Članovi Komisije:



Redovni profesor dr Slobodan Jarić

Redovni profesor dr Miloš Kukolj

Vanredni profesor dr Dejan Suzović

Docent dr Nenad Stojiljković, Univerzitet
u Nišu, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja