

KOMISIJA ZA PREGLED I OCENU
DOKTORSKE DISERTACIJE

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU FAKULTETA SPORTA I FIZIČKOG VASPITANJA

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

Na 14. sednici Nastavno-naučnog veća Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja, održanoj 28. septembra 2017. godine, u skladu sa članom 29. i 30. Statuta Fakulteta, doneta je Odluka (02-br. 954/17) o formiranju Komisije za ocenu i prihvatanje 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. Dr Slobodan Jarić, redovni profesor – gostujući profesor Univerzitet u Beogradu, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, mentor;
2. Dr Miloš Kukolj, redovni profesor u penziji, član komisije;
3. Dr Dejan Suzović, vanredni profesor, Univerzitet u Beogradu, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, član komisije;
4. Dr Nenad Stojiljković, Univerzitet u Nišu, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, član komisije.

Nakon pregleda dostavljenog materijala Komisija podnosi Nastavno-naučnom veću sledeći

R E F E R A T

Biografija

Milena Živković rođena je 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. (GODINA). 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., Zivkovic, M., Suzovic, D., Nedeljkovic, A. (2015). **POUZDANOST I KONKURENTNA VALIDNOST PARAMETARA MAKISMALNE SILE DOBIJENE IZ LINEARNE RELACIJE SILA-BRZINA**, konferencija FSFV, *Efekti primene fizičke aktivnosti na antropološki status dece, omladine i odraslih, Zbornik radova*, str. 209-215., Beograd,
 14. Zivkovic Z. M., Djuric, S., Suzovic, D., Jaric, S. (2016). **A SIMPLE METHOD FOR ASSESSMENT OF MUSCLE FORCE, VELOCITY, AND POWER PRODUCING CAPACITIES FROM FUNCTIONAL MOVEMENT TASKS**. *Journal of Sports Sciences*, 35 (13), 1287 – 1293.
 15. Zivkovic Z. M., Djuric, S., Suzovic, D., Jaric, S. (2017). **MUSCLE FORCE-VELOCITY RELATIONSHIPS OBSERVED IN FOUR DIFFERENT FUNCTIONAL TESTS**. *Journal of Human Kinetics*, 56, 39 – 49.
 16. Živković, M., Đurić, S., Suzović, D., Jarić, S. (2016). **MIŠIĆNA RELACIJA SILA-BRZINA KOD ČETIRI RAZLIČITA MOTORIČKA TESTA**. U: Zbornik sažetaka: Efekti primene fizičke aktivnosti na antropološki status dece, omladine i odraslih, 99, Beograd: FSFV.
 17. Suzovic, D., Zivkovic Z. M., Djuric, S., Cuk, I., Jaric, S. (2017). **A SIMPLE METHOD FOR ASSESSMENT OF MUSCLE MECHANICAL CAPACITIES FROM FUNCTIONAL MOVEMENT TASKS**, Proceeding Book, 35th Conference of the International Society of Biomechanics in Sports, Cologne, Germany.

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.

Analiza rada

Doktorska disertacija obuhvata 95 strana, 2 tabele, 10 slika i priloge u skladu sa Pravilnikom o doktorskim studijama Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja, kao i sa Uputstvom o formiranju repozitorijuma doktorskih disertacija koji je usvojio Senat Univerziteta u Beogradu (14.12. 2011. godine). Disertacija je rezultat dosledno realizovanog projekta predviđenog u okviru elaborata teme doktorske disertacije i sadrži Rezime, Summary, Pregled skraćenica, a zatim poglavlja: Uvod, Teorijski okvir rada, Pregled dosadašnjih istraživanja, Problem istraživanja, Predmet, cilj, i zadaci istraživanja, Hipoteze istraživanja, Mišićna relacija sila-brzina kod četiri različita motorička testa, Jednostavna metoda za procene mišićne sile, brzine i snage primenom motoričkih testova, Generalni zaključak, Potencijalni značaj istraživanja, Literatura, Prilozi, Biografija i Publikacije.

U Uvodu (strana 1) navedeni su prirodni oblici kretanja, kao i njihova uloga u kompleksnim kretanjima čoveka. Za procenu ekonomičnosti raznih kretnih aktivnosti primenjuju se različiti protokoli testiranja koji ne omogućavaju iste uslove za sve ispitanike i za procenu različitih parametara (F, V i P) što predstavlja određeni nedostatak standardnih testova. Za prevazilaženje ovih nedostataka moguće rešenje nalazi se u primeni relacije sila-brzina (F-V relacija) čija je nova metoda tema ove disertacije.

U Teorijskom okviru rada (strane 2-18) definisane su motoričke osobnosti obuhvaćene ovom disertacijom, njihovo testiranje i nedostaci procedura testiranja. 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 & Kukulj, 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 (Kukulj, 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 statičkom 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 Kukulj (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 (Kukulj, 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 boljoj 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 polučnja, 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 skraćenja 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 skraćenja 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).

Pregledom dosadašnjih istraživanja (strane 19-31) obuhvaćena su istraživanja vezno za relaciju sila-brzina posmatrano kod jednozglobnih i višezglobnih pokreta. 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 skraćenja jednaka nuli, dok bi V_{max} teorijski bila maksimalna brzina skraćenja 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 ($F_{opt} = 50\%$ od F_{max}) biće veće nego kod jednozglobnih pokreta ($F_{opt} \approx 33\%$ 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 osjetljivost. 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 u poglavlju **Problem istraživanja** (strane 32-33), 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 mišiće ruku i dva testa za mišiće 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, cilj i zadaci istraživanja (strana 34) predstavljeni su u skladu sa rešavanjem postavljenih problema. Predmet 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 evaluiira novi F-V model korišćenjem dva opterećenja. Za ostvarenje postavljenih ciljeva predviđeni su odgovarajući zadaci.

U skladu sa navedenim pojedinačnim ciljevima postavljene su sledeće **Hipoteze** (strana 35):

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 vredosti sile međusobno se razlikuju.

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

Doktorska disertacija je operacionalizovana kroz dva eksperimenta opisana u poglavljima **Istraživanje 1** (strane 36-52) i **Istraživanje 2** (strane 53-65).

U sklopu **Istraživanja 1** realizovana su tri postavljena cilja doktorske disertacije. Mišićna relacija sila-brzina (F-V) kod višezglobnih pokreta je u fokusu dosadašnjih istraživanja. Jedan od glavnih razloga za to je selektivno procenjivanje sile (F), brzine (V), i snage (P), odnosno kapaciteta mišića koji učestvuju u realizovanju višezglobnih pokreta. Štaviše, F-V relacija može biti približno linearnog oblika, umesto hiperboličnog koji je obično posmatran in vitro ili kod individualnih mišićnih grupa (Jaric, 2015). Linearni oblik F-V relacije ne samo da pojednostavljuje procenu kod različitih motoričkih testova, nego i dobijeni parametri iz relacije direktno predstavljaju svojstva testiranih mišića, odnosno maksimalnu F, V i P. Direktno poređenje F-V relacija kod različitih motoričkih testova može otkriti da li razlike postoje zbog nejednakih uslova između različitih testova i uključenih mišića, ili zbog različitih metodologija koje su primenjene u studijama. Zbog nedovoljno ispitane veze između mišićnih svojstava procenjenih putem parametara F_{max}, V_{max} i P_{max}, dobijenih kod različitih testova urađena je studija sa ciljem da se istraži i uporedi F-V relaciju kod različitih motoričkih testova, kao i kod različitih tipova varijabli F i V.

Za oba istraživanja 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 prema čemu je odlučeno da za potrebe istraživanja bude angažovano 12 ispitanika muškog pola, čija je fizička aktivnost procenjena na osnovu IPAQ upitnika (Taylor-Piliae et al., 2006).

Procena morfoloških karakteristika ispitanika izvršena je standardnim procedurama za merenje visine i mase tela, kao i strukture sastava tela (In Body 720; USA). Glavni deo istraživačkih procedura oba istraživanja sastojao se od četiri motorička testa koja su 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 je 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 su izvodili po dva pokušaja, od kojih je prvi bio probni pokušaj, a rezultati drugog su korišćeni za dalju analizu podataka. Za sve motoričke testove određeno je opterećenje kojim je obuhvaćen 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 korišćen je program napisan u LabVIEW softverskom paketu (NI 2013; USA). Izbačaj i vučenje tega snimani su kamerama za 3D kinematičku analizu kretanja (Qualisys AB, Gothenburg, Sweden) sa frekvencijom snimanja 240 Hz i niskopropusnim Batervortovim filterom, pri čemu je praćeno vertikalno kretanje šipke. Za dobijanje podataka kod T-BICIKL korišćen je već postojeći softver (*Monark Anaerobic Test Software*) koji je automatski izračunavao snagu koju ispitanik ostvaruje okretanjem pedala tokom svake sekunde. Srednje i maksimalne vrednosti F i V su odvojeno izračunavane za sva četiri motorička testa. Glavne varijable u ovoj studiji su 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 iskorišćeni su za određivanje dva F-V modela, standardnog regresionog modela i modela dva opterećenja i njihovih parametara. Regresioni model dobijen je uz pomoć linearne regresije u koju su uključeni svi intenziteti savladanih opterećenja, dok model dva opterećenja čine najmanji i najveći intenzitet opterećenja u testovima. Iz oba modela dobijeni su parametri F_{max} (F-odsečak), V_{max} (V-odsečak) i P_{max} (P_{max} = F_{max}V_{max}/4) individualno za svakog ispitanika.

Srednje (SV) i maksimalne (MAX) vrednosti F i V su odvojeno izračunate za sva četiri motorička testa. Kod testa BICIKL, postojeći program je računao odvojeno P i frekvencu za svaku sekundu, što je omogućilo izračunavanje srednjih i maksimalnih F i V vrednosti. Glavne varijable u ovoj studiji bili su parametri dobijeni iz F-V relacije (F_{max} , V_{max} , P_{max}) kod sva četiri testa, koji su izračunati iz srednjih i maksimalnih vrednosti F i V (tip varijable). Pre primene statističkih procedura testirana je normalnost distribucije Kolmogorov-Smirnov testom i pokazano je da ni jedna od zavisnih varijabli značajno ne odstupa od normalne distribucije. U okviru deskriptivne statistike za sve varijable izračunata je srednja vrednost, standardna devijacija i koeficijent varijacije, a koeficijent korelacije je prikazan medijanom i opsegom.

U cilju ispitivanja relacije sila-brzina primenjena je linearna i polinomijalna regresija na srednjim i maksimalnim vrednostima kod sva četiri testa. Takođe, izračunat je i interval pouzdanosti (95 % CI), kako bi se uporedile F-V relacije dobijene iz linearne i polinomijalne regresije na usrednjenim vrednostima ispitanika. Za utvrđivanje razlika između parametara dobijenih između srednjih i maksimalnih vrednosti F i V od statističkih procedura primenjen je Studentov t-test za zavisne uzorke. Kako bi se ispitala povezanost parametara dobijenih iz F-V relacije kod različitih testova urađena je Pirsonova korelacija kod srednjih i maksimalnih vrednosti F i V. Analiza varijanse sa ponovljenim merenjem (ANOVA) i Bonferroni-eva korekcija primenjena je na Z-transformisanim koeficijentima korelacije kod sva četiri motorička testa kako bi se utvrdile postojeće razlike između različitih testova i tipa varijable. Za nivo statističke značajnosti određeno je $p < 0.05$. Svi statistički testovi izvršeni su programu SPSS 21 (IBM, Armonk, NY).

Dobiveni rezultati ukazuju da su parametri linearne regresije dobijeni iz maksimalnih vrednosti F i V bili su veći od parametara dobijenih iz srednjih vrednosti, sa izuzetkom F_{max} kod T-BICIKL. Nagib regresije (a) ukazuje da je značajno veća vrednost P_{max} dobijenih iz maksimalnih vrednosti F i V kod sva četiri testa više proistekala zbog razlika u V_{max} , nego zbog F_{max} . korelacija između istih parametara individualnih linearnih F-V relacija dobijenih iz srednjih i maksimalnih vrednosti F i V za četiri motorička testa su visoke i značajne za sve parametre izuzev P_{max} kod testa SKOK.

Rezultati analize varijanse sa ponovljenim merenjem na transformisanim koeficijentima korelacije faktor test se pokazao značajnim ($F = 22.8$, $p < 0.01$), dok kod faktora tip varijable (srednja vrednost i maksimalna vrednost) nije bilo razlika ($F = 2.1$, $p = 0.16$), a ni kod njihove interakcije ($F = 0.9$, $p = 0.46$). Individualne F-V relacije su bile najviše kod T-BICIKL (sve $p < 0.01$), najniže kod testa SKOK (sve $p < 0.01$), dok nije bilo značajnih razlika između testova T-IZBAČAJ i T-VUČENJE ($p = 0.99$). Nakon urađene Bonferroni-eve korekcije (post hoc test) dobijena je veća povezanost između parametara P_{max} nego između V_{max} ($p < 0.01$), kao i parametara dobijenih iz maksimalnih vrednosti F i V u odnosu na parametre dobijene iz srednjih vrednosti.

Rezultati ovog istraživanja pokazali su izuzetno jake i linearne F-V relacije, nezavisno od vrste testa i tipa varijabli, što je u skladu sa prvom postavljenom hipotezom. Kada je reč o drugoj hipotezi, nalazi dobijeni iz maksimalnih vrednosti F i V imali su veće vrednosti P_{max} nego isti parametar dobijen iz srednjih vrednosti F i V. Dobijena razlika kod ovih nalaza može se pripisati više V_{max} , nego F_{max} . Što se tiče treće hipoteze, rezultati ovog istraživanja sugerišu da se mišićna svojstva procenjena na osnovu F-V parametara jednog testa mogu samo delimično generalizovati u odnosu na mišić i test. Na osnovu dobijenih rezultata može se konstatovati da je F-V relacija kod mišića koji izvode višezglobne pokrete visoka i linearna. Takođe, ovi rezultati sugerišu da odabir apsolutnih opterećenja neće imati značajan uticaj na ishod. Nešto veća varijabilnost parametara dobijena kod T-SKOK može se objasniti adaptacijom obrasca pokreta na spoljašnja opterećenja.

Iako su dobijeni nalazi nekonzistentni sa umerenim koeficijentima korelacije za iste F-V parametare srednjih vrednosti različitih testova. Rezultati ove studije ukazali su na višu korelaciju između P_{max} nego između V_{max} što se može objasniti činjenicom da su testovi izvedeni

u uslovima gde se ispoljava P_{\max} (odnosno srednje vrednosti F i V), dok je V_{\max} predstavljen udaljenom ekstrapolacijom. Dobijena umerena generalizacija F-V parametara je u skladu sa dosadašnjim istraživanjima koja su pokazala slabu generalizaciju F izmerene na individualnim mišićima ili višezglobnim pokretima, što ne može u potpunosti da se primeni i na celokupni mišićni sistem.

Za razliku od standardnog testiranja koje se obično izvodi na jednoj grupi mišića u nejednakim mehaničkim uslovima, testiranje sa više različitih spoljnjih opterećenja omogućuje istovremeno određivanje mišićnih svojstava, odnosno maksimalnu F, V i P primenom linearne F-V relacije. Buduća istraživanja treba usmeriti u određivanju jednostavnijeg modela, gde će se mišićna svojstva procenjivati na osnovu najmanjeg i najvećeg opterećenja, sve u cilju skraćanja procedure testiranja i izbegavanja zamora.

U sklopu **Istraživanja 2** obuhvaćen je četvrti cilj doktorske disertacije. U okviru ovog istraživanja prvi korak u analizi podataka bio je izračunavanje vrednosti F i V usrednjene kroz celu koncentričnu fazu (kod T-SKOK, T-IZBAČAJ, T-VUČENJA), i ceo interval testiranja (T-BICIKL). Drugi korak u obradi podataka bio je određivanje dva F-V modela (standardnog regresionog modela i modela dva opterećenja) i njihovih parametara. Standardni regresioni model izračunat je uz pomoć linearne regresije, koja obuhvata sva opterećenja. Model dva opterećenja sastojao se od najmanjeg i najvećeg opterećenja. Iz oba modela dobijeni su parametri F_{\max} (F-odsečak), V_{\max} (V-odsečak) i P_{\max} izračunat prema jednačini ($P_{\max} = F_{\max}V_{\max}/4$). Za utvrđivanje razlika između istih parametara dva različita modela primenjen je Studentov t-test za zavisne uzorke. Za procenu nivoa slaganja dva modela, korišćena je Bland-Altmanova analiza. Za nivo značajnosti određeno je $p < 0.05$. Sve statističke procedure su urađene u programu SPSS 21 (IBM, Armonk, NY).

Dobijeni rezultati prikazani grafički ukazuju na to da model dva opterećenja čine samo najmanje i najveće opterećenje. Puna linija koja prolazi kroz dva krajnja opterećenja (model dva opterećenja) se gotovo preklapa sa isprekidanom linijom, koja opisuje standardni regresioni model. Kao rezultat toga proizilazi da su vrednosti parametra ova dva modela slični, sa visokim stepenom povezanosti.

U istraživanju 2, upoređena su dva modela, standardni regresioni model kod kog se F-V relacija dobija na osnovu više opterećenja i model dva opterećenja, gde se parametri izračunavaju na osnovu najvećeg i najmanjeg opterećenja. Apsolutne vrednosti, korelacije i procentualno prosečno odstupanje (bias) pokazuju da parametri dva različita modela imaju visoki nivo slaganja. Ovi rezultati idu u prilog osnovanosti hipoteze 4 kojom je očekivano da standardni regresioni model i model dva opterećenja imaju visoki stepen slaganja parametara. Primena modela dva opterećenja ne zahteva regresiono modelovanje, ali je moguće primenom dva opterećenja dobiti sve parametre F-V relacije. Na osnovu dobijenih rezultata moguće je zaključiti da je potvrđena konkurentna validnost između standardnog regresionog modela i modela dva opterećenja kod sva četiri motorička testa. Dodavanjem samo jednog opterećenja standardnim procedurama testiranja kod višezglobnih pokreta (maksimalnih skokova, trčanja, vožnja bicikle, bacanja) mogu se proceniti F, V i P testiranih mišićnih grupa. Primenom modela dva opterećenja mogu se izbeći nedostaci i unaprediti standardne procedure testiranja. Pored standardnog regresionog modela koji se često primenjuje u literaturi, model dva opterećenja ima prednost jednostavnije procedure testiranja, brže realizacije, a time se i izbegava pojava zamora.

U poglavlju **Generalni zaključak** (strana 80) konstatovano je da su potvrđene sve četiri hipoteze proveravane u ova dva istraživanja. Utvrđena je linearnost različitih parametara u višezglobnim testovima za različite mišićne grupe nezavisno u odnosu na tip varijable. Generalno, i srednje i maksimalne vrednosti F i V se mogu koristiti za određivanje linearne F-V relacije, ali treba očekivati razlike u dobijenim parametrima. Nalazi ovog istraživanja pokazali su da između istih parametara F_{\max} , V_{\max} i P_{\max} različitih mišićnih grupa postoji umerena povezanost.

Ovakvi rezultati sugerišu da je mogućnost generalizacije vrednosti parametara dobijenih iz regresionog modela jednog testa umerena u odnosu na rezultate drugih testova. Da bi se F-V relacija primenjivala u rutinskom testiranju, potrebno je unaprediti njen protokol testiranja. Pre svega, treba skratiti vreme testiranja i tako izbeći moguću pojavu zamora koju može prouzrokovati veći broj različitih opterećenja. U skladu sa tim, ovo istraživanje je evaluiralo novi F-V model, tzv. Model dva opterećenja.

Kao **Potencijalni značaj istraživanja** (strane 81-82) nameće se promena i primena metodološkog karaktera u postavljanju budućih standarda testiranja. Iako je utvrđeno da se iz srednjih i maksimalnih vrednosti F i V može odrediti linearna F-V relacija, preporučuje se da se za buduća istraživanja koriste maksimalne vrednosti. Značaj evaluacije novog uprošćenog F-V modela, tzv. modela dva opterećenja, ogleda se u njegovoj primenljivosti u praksi. Primenom ovog modela izbeći će se zamor ispitanika, skratiti će se vreme trajanja testiranja, a dobiće se informacija o osnovnim mehaničkim svojstvima mišića.

Predlog nastavno-naučnom veću Fakulteta

Doktorska disertacija Milene Živković proistekla je iz izučavanja izuzetno značajnog problema, koji je aktuelan u naučnim krugovima, a povezan sa primenom standardnih procedura testiranja. Istraživanje prikazano u okviru priložene doktorske disertacije u potpunosti je realizovano u skladu sa usvojenim projektom. Dobijeni rezultati omogućavaju objektivnu konkretizaciju istraživanog problema. Istraživanje ovih problema realizovano je u uslovima primene testova za procenu parametara relacije sile i brzine mišićne mase 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.

Istraživanjem su omogućena 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 u skladu sa sposobnostima i mogućnostima različitih populacija, 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 o pozitivno ocenjenoj doktorskoj disertaciji Milene Živković pod naslovom „MEHANIČKA SVOJSTVA RAZLIČITIH MIŠIĆNIH GRUPA PROCENJENA MOTORIČKIM TESTOVIMA” i u skladu sa pozitivnim zakonskim propisima, uputi Veću društveno-humanističkih nauka na razmatranje.

11.10. 2017. 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