**KOMISIJA ZA PREGLED I OCENU**
**PROJEKTA DOKTORSKE DISERTACIJE**

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU FAKULTETA SPORTA I FIZIČKOG VASPITANJA**

**Predmet**: Referat o pregledu i oceni projekta
doktorske disertacije **Ivana Marovića**.

Na **10. sednici** Nastavno-naučnog veća Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja održanoj 12. 06. 2020. godine, u skladu sa **čl. 42 i 43**.Statuta Fakulteta, doneta je Odluka o formiranju Komisije za pregled i ocenu projekta doktorske disertacije **Ivana Marovića**, pod naslovom: "**PROCENA MEHANIČKIH KARAKTERISTIKA MIŠIĆA NOGU I RUKU PRI RAZLIČITIM NIVOIMA NAPORA**" (**akt-02 br. 788/20-3 od 15. 06. 2020**). Komisija je formirana u sastavu:

- doc. dr **Goran Prebeg**, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Univerzitet u Beogradu - PREDSEDNIK KOMISIJE.
- red. prof. dr **Dragan Mirkov**, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, Univerzitet u Beogradu.
- dr **Olivera Knežević**, viši naučni saradnik, Institut za medicinska istraživanja

Nakon pregleda dostavljenog materijala Komisija podnosi Nastavno-naučnom veću sledeći

**R E F E R A T:**

**Biografija**

**Ivan Marović** je rođen 07.09.1985. godine u Valjevu. Nakon završene XV beogradske gimnazije, upisuje Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu 2004. godine, koji završava 2010. godine sa prosečnom ocenom 8,78. Diplomu master profesor fizičkog vaspitanja i sporta stekao je 2013. godine sa prosečnom ocenom 9,10 na istom Fakultetu

odbranom master rada na temu „**Primena ideo-motornih vežbi fleksibilnosti i koordinacije u borilačkim veštinama**“. Školske 2015/16. godine na istom Fakultetu upisuje doktorske studije.

Ivan Marović ima bogato radno iskustvo od 2010. godine:

- Sportski trener na „Policijskom koledžu u Abu Dabiju“, UAE, (2019. – );
- Osnivač i glavni trener borilačkog kluba „*Bujinkan Ryoto Dojo*“ u Beogradu, Srbija, (2010. – );
- Nastavnik veština na Visokoj školi za strukovne studije „Sportskoj akademiji“ u Beogradu, Srbija, (2010 – 2019);
- Personalni kondicioni trener, Sportski centar „Olimp“ u Beogradu, Srbija, (2011 – 2019);
- Spasilac u „Gorskoj službi spašavanja“, Srbija, (2010 – 2019);
- Kondicioni trener u OK „Železničar“ iz Beograda, Srbija, (2012 – 2019);
- Kondicioni trener u karate klubu „Aranđelovac“, Srbija, (2017 – 2019);
- Profesor fizičkog vaspitanja u Evropskoj poslovnoj školi „Milutin Milanović“ u Beogradu, Srbija, (2011 – 2015).

**Spisak objavljenih radova:**

1. Mirkov, D.M., **Marovic, I.P**., Knezevic, O.M., Prebeg, G., Jaric, S. (2018). Load-Velocity Relationship of Arm Muscles Obtained From Medicine Ball Test, 23rd ECSS Congress, July 2018, Dublin, Ireland
2. **Marovic, I.** (2015). Ka savršenom pokretu – Specifična kondiciona priprema u borilačkim veštinama, Izdavač knjige: Sportska akademija u Beogradu, Srbija, ISBN 978-86-84191-12-2
3. **Marovic, I.** (2013). Junan Taiso – Traditional Japanese Exercises: A potential use in the modern sports training system. Serbian Jurnal of Sports Science 6(4): 157-164. 157.
4. **Marovic, I.** (2012). The Effectiveness of a Specific Ideo-motor Exercise on Coordination and Dynamic Flexibility. International Scientific Conference, Faculty of Sport and Physical Education, Belgrade

**Predlog teme doktorske disertacije**

Za izradu doktorske disertacije predložena je tema “**PROCENA MEHANIČKIH KARAKTERISTIKA MIŠIĆA NOGU I RUKU PRI RAZLIČITIM NIVOIMA NAPORA**“. U skladu sa internim pravilima doktorskih studija, **10.01.2019**., pred nastavnicima i studentima doktorskih studija održana je javna prezentacija Predloga projekta doktorske disertacije. Na osnovu prezentacije predlog teme i projekat istraživanja za izradu doktorske disertacije pozitivno je ocenjen.

**Obrazloženje teme**

Autor je u obrazloženju teme, na početku, probleme istraživanja obradio sa teorijskog aspekta, opisujući dve celine mehaničkih karakteristika mišića kao i efekte napora na iste. Uvođenje u problem istraživanja autor vrši posebno kroz analizu prostora napora, njegovih razlika sa ostalim proprioceptivnim osećajima, različitim teorijama njegovog fiziološkog porekla, kao i objašnjenja napora iz ugla motorne kontrole. Ciljeve istraživanja autor definiše na osnovu pregleda dosadašnjih istraživanja vezano za efekte umanjenog napora na mehaničke karakteristike mišića dobijene različitim motoričkim testovima.

U vezi mehaničkih karakteristika mišića (*MKM*) autor navodi da su to funkcije, svojstva ili osobine mišića koje se mogu proceniti mehaničkim veličinama kao što su sila (F), brzina (V), snaga (P) i rad (Zatsiorsky, 2008). Takođe, navodi da za razliku od motoričkih sposobnosti koje su mera spoljašnjih efekata manifestne fizičke aktivnosti, MKM su mera promena latentne unutrašnje mišićne funkcije. Autor, dalje daje primer da je motorička sposobnost jačine mera ispoljenih spoljašnjih efekata suprotstavljanja maksimalnim opterećenjima prouzrokovanih mehaničkom karakteristikom mišića da unutrašnjim izometrijskim naprezanjem proizvede silu (Kukolj, 2006), pri čemu je sila mišića jedina *MKM* nad kojom imamo voljnu kontrolu. Međutim, autor ističe da je za svako ispoljavanje sile neophodnu uložiti određeni napor, isto kao što ga je potrebno uložiti u ispoljavanje dinamičkih fizičkih aktivnosti koje se mogu izraziti kroz izvršen rad ili ispoljenu snagu. Dalje se navodi da je izvršeni rad fizičke aktivnosti ekvivalentan izvršenom radu mišićne aktivnosti, gde autor izvodi zaključak da kontrakcija mišića generiše silu pretvarajući hemijsku energiju u mehanički rad (Frontera and Ochala, 2015).

Autor dalje objašnjava silu mišića sa stanovišta faktora od kojih ona zavisi. Na prvom mestu daje objašnjenje stanovišta neuralnog faktora na osnovu koga maksimalna sila zavisi od broja uključenih motornih jedinica, frekvencije njihove aktivacije i sinhronizacije njihovog rada (Frontera and Ochala, 2015). Na drugom mestu daje objašnjenje sa stanovišta morfoloških faktora izdvajajući tip mišića, arhitekturu njihovih vlakana i osobine tetive. Na trećem mestu autor objašnjava generisanje sile u zavisnosti od mehaničkih faktora pri čemu je mišićna sila predstavljena u skalarnom obliku kao moment unutrašnje mišićne sile koji se suprotstavlja momentu spoljašnje sile. Dalje, kako se unutrašnji i spoljašnji momenti i krakovi sila menjaju tokom izvođenja pokreta, tako se menjaju i uslovi ispoljavanja mišićne *F, V i P*. Autor u daljem tekstu piše o režimu rada mišića i relacijama između *MKM* kao što su relacija sila-dužina, sila-vreme, sila-brzina i snaga-brzina. S tim u vezi, generisana sila mišića direktno zavisi od četiri osnovna režima rada mišića: izometrijski, koncentrični, ekscentrični i ciklus izduženja-skraćenja. Što se tiče relacije sila-dužina autor piše da pri malim dužinama mišića pasivna komponenta koja deluje u pravcu skraćenja mišića, zanemarljivo utiče na silu, dok pri

maksimalnim dužinama može da bude veća od aktivne komponente pri maksimalnoj voljnoj kontrakciji. Što se tiče relacije sila-vreme autor navodi da se ona odnosi na vremensko kašnjenje u razvoju sile celog mišićno-tetivnog aparata i može se definisati kao vreme koje protekne od pojave nadražaja, do početka razvoja ili do postizanja maksimalne sile (Jarić, 1997). Što se tiče relacije sila-brzina autor navodi da se sa povećanjem mišićne sile smanjuje brzina kontrahovanja mišića i obrnuto, što se može objasniti kroz tri moguća uzroka (Nedeljković, 2016), a to su: viskozna komponenta mišića, kontraktilni mehanizam mišića, i ograničenosti sistema koji konvertuje energiju u mehanički rad. Što se tiče relacije snaga-brzina autor ističe da ona ima parabolični oblik i ukazuje da postoji optimalni F-V odnos pri kojem se ispoljava maksimalna snaga. U daljem tekstu autor posebno naglašava da su procenjivane maksimalne vrednosti izvedenih parametara F, V i P, veoma važni podaci sa aspekta pravilnog određivanja opterećenja na treningu, upravljanja trenažnim procesom i generalno dijagnostike određivanja optimalnih opterećenja pri različitim višezglobnim zadacima (Cormie, McGuigan et al. 2011; Leontijevic, Pazin et al. 2012; Cuk, Mirkov et al. 2016; Jaric 2016; Zivkovic, Djuric et al. 2017).

U okviru poglavlja testovi za procenu *MKM* autor navodi da se danas koriste različite metode i testovi za procenu mišićne F, V i P u laboratorijskim i terenskim testiranjima u okviru sportske nauke i prakse, fizičke medicine, rehabilitacije i drugim oblastima povezanih sa kretanjem čoveka (Pažin 2013; Jaric 2016), pri čemu se izdvajaju testovi koji po motoričkom obrascu liče na složene pokrete i kretanja koja su deo čovekove svakodnevice (Markovic, Dizdar et al. 2004). Potom u posebnim podpoglavljima autor izdvaja i opisuje test „vertikalnog skoka iz polučučnja“ (*SJ*) i test „bacanja medicinke sa grudi“ (*BM*).

Vezano za *SJ* test autor piše da je jedan od najčešće korišćenih u laboratorijskim istraživanjima neuromišićnog sistema (Markovic and Jaric 2007; Bobbert, Casius et al. 2008; Bobbert 2014; Mandic, Knezevic et al. 2016; Jimenez-Reyes, Samozino et al. 2017). Autor ističe da *SJ* test ima sličnu validnost i pouzdanost sa testom vertikalnog skoka sa počučnjem (*CMJ*), koji se smatra ekološki validnijim zbog prisutnosti ekscentrične i koncentrične faze skoka. Međutim, zbog uticaja različitih faktora koji mogu uticati na dobijene vrednosti *MKM*, autor smatra da za određene populacije ispitanika *SJ* može biti pouzdaniji, posebno ukoliko se maksimalna sila i brzina dobijaju iz regresione jednačine njihove linearne relacije (Markovic, Dizdar et al. 2004).

U daljem tekstu autor piše o razlikama između *SJ* i *CMJ* testova i ističe da su maksimalna visina skoka i maksimalna sila, uvek bili veći prilikom izvođenja *CMJ* skokova, čak i u uslovima kada je nivo startne pozicije bio isti (Bobbert, Gerritsen et al. 1996). Autor navodi da je suštinski razlika u ispoljenoj maksimalnoj sili upravo u ciklusu izduženja-skraćenja mišića u *CMJ*, jer omogućava mišiću da izgradi viši nivo aktivnog stanja, a time i viši nivo sile pre

same koncentrične faze skoka, tako da mišići mogu da proizvedu veću snagu u prvom delu njihovog skraćenja (Bobbert, Gerritsen et al. 1996). Sa druge strane, autor navodi različite probleme koji su povezani sa kinematičkim obrascem *CMJ* testa i njegovim efektima na izvedene *MKM*, kao što su: variranje maksimalne visine skoka nakon serije uzastopnih pokušaja (Markovic, Mirkov et al. 2013), promena u spoljašnjem opterećenju (Markovic, Vuk et al. 2011) ili pod uticajem različitih trenažnih procedura (Hunter and Marshall 2002), uticaja dubina počučnja na maksimalnu visinu skoka, silu i snagu (Markovic, Dizdar et al. 2004; Bobbert, Casius et al. 2008; Samozino, Rejc et al. 2012; Mandic, Knezevic et al. 2016). Po autoru navedeni problemi dovode u pitanje validnost izvedenih vrednosti sile i snage, kao i varijabilnost opsega dobijene maksimalne visine skoka (Mandic, Jakovljevic et al. 2015). Na osnovu svega navedenog autor pronalazi objašnjenja zasnovanim na pretpostavkama usmerenim ka ekonomizaciji obrasca izvođenja pokreta, što podrazumeva minimalizaciju napora i manipulaciju energetske potrošnje, ali ovakva uloga motorne kontrole u datom zadatku i dalje ostaje nejasna (Salles, Baltzopoulos et al. 2011).

Autor dalje piše o *BM* testu koji je sve zastupljeniji u laboratorijskim i terenskim testiranjima, navodi da generalno postoje tri vrste testa bacanja medicinke koje se najčešće koriste: unilateralno bacanje medicinke iz sedećeg položaja, bacanje medicinke sa grudi iz sedeće pozicije i bacanje medicinke iza glave iz stojećeg položaja (Tillaar, Marques et al. 2010; Harris, Wattles et al. 2011). Takođe, piše kako je medicinska lopta zauzela važno mesto u treningu razvoja sile i snage ruku, ali i u proprioceptivnom treningu usmerenom ka prevenciji i rehabilitaciji povreda (Van den Tillaar and Marques 2013; Clark, Röijezon et al. 2015). Autor ističe da zbog široke funkcije, jednostavne procedure, finansijski malih izdataka, različite modifikacije test bacanja medicinke stiču prednost u odnosu na ostale (Borms, Maenhout et al. 2016). Dalje, navodi da se njihova upotreba kao validnih i pouzdanih testova u procenjivanju *MKM* gornjeg dela tela proširila na sve kategorije ispitanika, decu (Viitasalo 1988; Davis, Kang et al. 2008), starije (Harris, Wattles et al. 2011), sportiste (Ignjatovic, Markovic et al. 2012), različite kliničke populacije (Clark, Röijezon et al. 2015), čak je ušla i u bateriju testova koja se sprovodi u vojsci (Wyss, Marti et al. 2007). Ističe da je *BM* test pouzdaniji i jednostavniji za izvođenje s`obzirom da je trup izolovan jer se pokret isključivo izvodi aktivnošću mišići ramenog pojasa i ruku, što smanjuje mogućnost nastanka greške prilikom testiranja (Harasin, Dizdar et al. 2006).

U drugom delu teorijskih okvira autor se bavi problemom osećaja napora i mišićnog naprezanja, gde ističe da se pojmovi „napor“ i „naprezanje“ često koriste kao sinonimi (Marcora 2009; Amann, Blain et al. 2010; Martin, Thompson et al. 2015), pri čemu medicinski Oksfordski rečnik opisuje napor kao „izrazito fizičko ili mentalno naprezanje“. Potom autor

citira Prestona i Vegnera (2009) koji opisuju napor kao poseban osećaj trošenja energije naprezanjem, koji je praćen senzacijom stresa i izvršenog rada, koji su sve intenzivniji što se osoba više trudi. Sa druge strane, autor navodi da po Proskeu (2019) osećaj napora je definisan kao proizvod aferentnih signala nastalih mišićnom aktivnošću i centralnih komandi koje iste transformišu u percepciju napora, razvijajući na taj način osećaj napora od percepcije napora. Na osnovu toga autor izdvaja definiciju same percepcije napora kao kognitivnog procesa uloženog rada povezanog sa voljnim fizičkim angažovanjem koje je odgovorno za sud o ličnoj aktivnosti (Proske and Allen 2019).

Takođe, autor se osvrće i na istoriju istraživanja osećaja napora gde je još daleke 1894. promišljano o naporu kao sastavnom delu regulacionog mehanizma ljudskog ponašanja, što je kasnije potvrđeno Brehamovom teorijom motivacionog intenziteta koja se smatra osnovom bio-psihološkog modela sposobnosti izdržljivosti (Marcora and Staiano 2010). Autor navodi da u kontekstu samoprocene nivoa napora vežbač prilagođava intenzitet izvođenja vežbe kada dostigne nivo maksimalnog naprezanja koje je spreman da ispolji kada je uspešnost praktično neostvariva (De Morree, Klein et al. 2012).

Autor dalje navodi da se procena nivoa napora izvođenja određene vežbe može testirati Borgovom skalom (Borg, 1962), pogotovo u kreiranju i praćenju rehabilitacionih programa vežbanja (Zeni, Hoffman et al. 1996; Gondoni, Nibbio et al. 2010). Zatim se autor osvrće na istraživanja koja su pokazala da se osećaj napora pogoršava u prisustvu fizičkog (de Morree and Marcora 2012) ili mentalnog zamora (Pageaux, Marcora et al. 2015), zatim kod raznih patoloških stanja, kao što je šlog (Kuppuswamy, Clark et al. 2014) ili hronično otkazivanje bubrega (Macdonald, Fearn et al. 2012). Međutim, po autoru jedan od najčešćih problema u istraživanju osećaja napora jeste tumačenje samog pojma „napor“ jer se često stavlja pod isti kontekst sa drugim osećajima za mišićno naprezanje, silu, težinu i bol, dok su mehanizmi njihovog nastanka delimično različiti (Bergstrom, Housh et al. 2015). U daljem tekstu autor definiše različite osećaje (Proske and Allen 2019), pri čemu navodi da su osećaj mišićnog naprezanja (sile) i težine uvek rezultat informacija koje prvobitno dobijamo aferentnim impulsima iz proprioceptora, prevashodno mišićnog vretena i Goldžijevog tetivnog organa, dok je percepcija za napor prevashodno centralnog porekla. Sa druge strane, napominje da su sva tri osećaja, sigurno i uvek bar jednim delom, generisana centralnim motornim komandama (*MK*). Zatim, autor daje primer da ukoliko bi ispitivali osećaj napora prvo stimulisanjem mišića, a potom pitali ispitanika koji nivo napora je mišić ispoljio, dobili bi odgovor koji se tiče prevashodno osećaja mišićnog naprezanja. Sa druge strane, ukoliko bi ispitanik imao zadatak da ispolji određeni nivo mišićnog naprezanja, istražujemo nivo napora koji je potrebno uložiti da se ispolji zadati intenzitet mišićnog naprezanja. U tom kontekstu po autoru, pojmovi napor i

naprezanje se donekle mogu koristiti kao sinonimi, pri čemu napor predstavlja imenicu kao centralno generisan osećaj, dok naprezanje označava glagol, odnosno čin ulaganja napora da se ispolji određeni nivo mišićnog naprezanja.

U sledećem poglavlju autor se bavi mehanizmima nastanka osećaja napora i navodi da je opšte prihvaćeno da napor nastaje kao rezultat procesuiranja senzornih informacija u CNS, a sam neuralni proces može biti pod uticajem različitih fizioloških i socioloških faktora. Autor potom piše da mesto nastanka neuralnih procesa odgovornih za generisanje osećaja napora je najverovatnije u kortikalnoj regiji iznad primarnog motornog korteksa, kao što je suplementarna motorna regija i prednji deo singularnog korteksa (lat. *cingulate cortex* – cilindrična regija mozga koja se nalazi iznad talamusa) (De Morree, Klein et al. 2012).

Zatim, autor opisuje tri različite teorije percepcije napora: teorija aferentnog modela povratne informacije (Cafarelli 1982), teorija korolarnog pražnjenja (Marcora 2009) i kombinovana metoda aferentnog i korolarnog modela (Amann, Blain et al. 2010). Aferentni model povratne informacije je po autoru zasnovan na argumentima linearnog povećanja percepcije napora sa povećanjem koncentracije laktata i metabolita u aktivnom mišiću (Borg 1962). Model korolarnog pražnjenja je po autoru zasnovan na teoriji da su senzorni signali koji generišu percepciju napora rezultat *MK*, a ne aferentnih povratnih informacija od strane aktivnih mišića i drugih introceptora, pre svega respiratornog sistema (Marcora 2009). Kombinovani model je po autoru zasnovan na objašnjenju generisanja percepcije napora integracijom aferentnih povratnih informacija i korolarnog pražnjenja, međutim navodi da do sada nijedna studija nije specifično testirala ovaj model, i ako nekoliko istraživanja idu u korist njegove validnosti (Amann, Blain et al. 2010; Bergstrom, Housh et al. 2015).

U narednim poglavljima autor se bavi teorijama funkcionisanja motornih programa u izvođenju voljnih pokreta, smatrajući da će njihovo razumevanje dati bolji uvid o izlaznim *MKM* koje su najosetljivije na efekte različitog nivoa uloženog napora. Tako na prvom mestu objašnjava hipotezu impuls-vreme koja je zasnovana na ideji da motorni program ultimativno kontroliše silu i vreme, odnosno impuls kao njihov proizvod (Schmidt, Zelaznik et al. 1979). Zatim, autor navodi da se pokazalo da su kompleksni obrasci razvoja mišićne sile tokom određenih kontrakcija pod kontrolom preprogramiranih informacija poslatih mišiću, i u slučaju da ispoljeni nivo sile nije onaj koji je potreban za ostvarenje određenog zadatka, onda „zamišljeni“ motorički zadatak neće biti ostvaren. Autor je prethodno rečeno pojednostavio napisavši da mišićna sila proizvodi pokret, a varijabilnost u mišićnoj sili proizvodi varijabilnost u pokretu. Na kraju podpoglavalja autor naglašava, da se hipoteza impuls-vreme ne može uzeti u obzir u slučajevima preciznog gađanja i vođenja preciznih brzih pokreta, ali daje odgovore na

kreiranja brzih pokreta bez povratne informacije, kao što su pokreti koji zahtevaju maksimalno voljno naprezanje.

Druga teorija koja po autoru može dati uvid kako motorne komande upravljaju osećajem napora i kako se to ispoljava na posmatranim *MKM*, jeste teorija „optimalizacije“. Prema Bernštajnu sve glavne funkcije ljudskog tela koje su uključene u njegovu interakciju sa okruženjem karakteriše preobimnost (redundantnost), odnosno pristup elementima koji omogućavaju rešavanje određenih problema na bezbroj načina (Bernštajn 1967). Posmatrano iz ugla upravljanja *MK*, određeni obrasci izvođenja nekog zadatka su izabrani jer u datom trenutku predstavljaju najbolje rešenje u odnosu na druge mogućnosti. Potom autor navodi da osećaj napora ima ulogu u rešavanju problema motorne preobimnosti, a za dokaz daje primer postojanja indikatora da izabran način hodanja, trčanja, ili okretanja pedala na biciklu (Prilutsky, 2000). Takođe, autor napominje da ukoliko motorne komande upravljaju naporom, onda umanjenje centralnih motornih komandi do neuro-motornih jedinjenja (eng. *Motor neuron pools*) dovodi do umanjenja osećaja napora (Allen, Gandevia et al. 1994).

Poslednja teorija na koju se autor osvrće, je tačnije princip motornog „bogatstva“ (*PMA*; eng. *Principle of Motor Abundance*), koji za razliku od teorije „optimalizacije“ ne vidi nikakav problem već bogatu aparaturu koja obezbeđuje stabilnost akcija (pokreta) koje mogu uspešno da se izvedu na mnogo načina sa istim setom elemenata (Gelfand and Latash 1998; Latash 2012). Autor napominje da se skorašnji razvoj *PMA* zasniva na ideji da su neuralni organizatori sinergisti koji omogućavaju varijacije varijabli od kojih zavisi izvođenje specifičnog zadatka obezbeđujući na taj način željenu stabilnost svojstava važne varijable izvođenja (Latash and Huang 2015). Dalje autor navodi da je suština *PMA* upravo što omogućava procenjivanje stabilnosti izvođenja određenog obrasca pokreta preko indeksa koji je izveden iz devijacija između pokušaja koji predstavlja skup tačaka elipsoidnog oblika, u odnosu na pravac linije koji merenu varijablu drži konstantnom. Autor, potom napominje da je stabilnost veća što je varijansa duže linije veća od varijanse u ortogonalnom pravcu, gde sama linija predstavlja pod-prostor u kome CNS teoretski nema potrebu da kontroliše izvođenje pokreta i definisana je kroz hipotezu „nekontrolisane raznovrsnosti“ (*UCM*; eng. *Uncontrolled manifild*) (Latash, Scholz et al. 2007). Međutim, autor ističe da se pokazalo da je *UCM* hipoteza tačna samo za precizno izvođenje određenog zadatka, dok druga ograničenja, na primer na nivou brzine nisu prisutna (Latash, Scholz et al. 2007; Latash 2012; Latash and Huang 2015), dovodeći na taj način u pitanje primene ovog principa na odnos ispoljenih *MKM* pod uticajem umanjenog napora.

Autor dalje navodi da se najveći broj radova vezanih za „napor“ bavio procenom osećaja napora tokom izvođenja različitih motoričkih zadataka, koji su uglavnom podrazumevali koncentrično-ekscentričnu aktivnost mišića nogu u dinamičnim kretanjima kao što su trčanje i

vožnja bicikle (Borg 1962; Henriksson, Knuttgen et al. 1972; SKINNER, Hutsler et al. 1973; Noble 1996; Craig 2002; Marcora 2009; de Morree and Marcora 2012; Black and Dobson 2013). Autor naglašava da se dosta manje istraživalo o osećaju napora u vežbama sa spoljašnjim opterećenjem, a još manje o uticaju smanjenog naprezanja na izlazne varijable testova za procenu *MKM*.

Autor navodi da su prve studije koje su se bavile procenom percepcije napora bile vezane za subjektivnu procenu osećaja F mišića, i pronalaženju zakonitosti između nivoa napora i ostvarene sile, pri čemu tek kasnija istraživanja dokazuju da njihov odnos raste eksponencijalno u rasponu od 1.1 do 2.0, i to pri opoziciji palca, fleksiji i ekstenziji lakta (Cafarelli and Bigland-Ritchie 1979), stisku šake (Stevens and Cain 1970), biciklergometru i ručnom ergometru (Cafarelli 1982). Takođe, daljim pregledom istraživačkih radova autor otkriva jasne dokaze o postojanju pozitivne korelacije nivoa ispoljen sile sa osećajem napora u izometrijskim kontrakcijama mišića (Cooper, Grimby et al. 1979; Pincivero, Lephart et al. 1999; Jackson and Dishman 2000; Pincivero, Coelho et al. 2001), i u dinamičnom režimu rada mišića ispoljenom u odnosu na procenat 1RM (Suminski, Robertson et al. 1997; Gearhart, Goss et al. 2002; Lagally, Gallagher et al. 2002). Nakon navedenih nekoliko relevantnih istraživanja autor zaključuje da osećaj napora raste sa porastom intenziteta vežbe (Lagally, Gallagher et al. 2002) ističući značaj mogućnosti upotrebe percepcije napora u praćenju trenažnog opterećenja kod mladih zdravih rekreativaca (de Morree and Marcora 2012). Potom autor izdvaja nekoliko specifičnih karakteristika odnosa percepcije napora i opterećenja, pa tako navodi da je procena napora niža pri ekscentričnim kontrakcijama (Henriksson, Knuttgen et al. 1972; O'Connor, Poudevigne et al. 2002), da ima brži eksponencijalni rast kod povećanja opterećenja vežbi za ruke u odnosu na noge (Buckley and Borg 2011), kao i da su ispitanici silu od 20% precenjivali, zatim bili prilično precizni pri 40%, dok su pri intenzitetu od 60% i 80% potcenjivali vrednosti sile, i to pri opoziciji palca, stisku šake i podizanju na prste stopala (plantarne fleksije stopala) (Kumar and Simmonds 1994).

U daljem pregledu radova autor se osvrće na visoku povezanost intenziteta različitog tipa mišićne aktivnosti sa osećajem napora koja je prepoznata kao potencijalni problem postojanja negativnog uticaja napora prilikom procenjivanja *MKM*. Navodi da uslovi testiranja sile i snage podrazumevaju maksimalno voljno naprezanje, koje rutinski prati i verbalno ohrabrenje, dovode do pretpostavke da ispitanici iz različitih razloga nisu uvek u mogućnosti da ispolje svoj maksimum (McNair, Depledge et al. 1996). Potom autor navodi da na smanjenje *MKM* tokom testiranja pored osećaja visokog napora, mogu uticati i drugi faktori kao što su bol (O'Reilly, Jones et al. 1998; Khan, McNeil et al. 2011; Black and Dobson 2013), zamor (Choi and Widrick 2009; de Morree and Marcora 2012), prethodna povreda i narušena propriocepcija (Torres,

Vasques et al. 2010), neudobnost (Marcora 2011), nedostatak motorne veštine, ali i davanja pravovremenih i preciznih instrukcija (Hazard, Reeves et al. 1993). Međutim, ako izuzmemo sve ostale faktore neosporno je da efekti umanjenog napora dovode do umanjenog mišićnog naprezanja, pa time i promena u ispoljenom nivou *MKM* (Salles, Baltzopoulos et al. 2011; Słomka, Jaric et al. 2019). Uzevši sve navedeno u obzir autor zaključuje da dobijeni rezultati procenjivanih *MKM* u slučaju negativnog uticaja napora postaju nevažeći i nepouzdani (Hazard, Reeves et al. 1993) i najčešće se odnose na dobijene rezultate ostvarene F, V i P (Dvir 1997; Robinson and Dannecker 2004; Salles, Baltzopoulos et al. 2011).

Autor dalje piše o neproporcionalnim promenama *MKM* pod uticajem napora što utiče na koordinaciju izvođenja određene višezglobne vežbe i time neizbežno menja veličinu posmatranih *MKM* (Da Silva, Brentano et al. 2008; Dounskaia and Shimansky 2016). Autor navodi da se pokazalo da nivo mišićne aktivacije nije glavni faktor koji utiče na promene u *MKM* pod uticajem napora kod *CMJ*, već su to pre unutarmišićna i međumišićna koordinacija (Salles, Baltzopoulos et al. 2011). Kao dokaze navodi da umanjeni napor utiče na promene u dubini počučnja smanjujući visinu skoka i izvršenog rada, maksimalni moment sile u zglobovima nogu, dok skoro da nema nikakve povezanosti sa ostvarenim nivoom sile i snage mišića nogu (Salles, Baltzopoulos et al. 2011; Słomka, Jaric et al. 2019). Na osnovu predstavljenih radova izveden je zaključak da prilikom izvođenja *CMJ* umanjeni napor ima najveći uticaj na kinematički obrazac izvođenja skoka i glavni je uzrok promena u procenjivanim *MKM*. Sa druge strane, autor navodi da u studiji Esligara (2002) nivo naprezanja mišića nije menjao kinematički obrazac pokreta *SJ* testa koji se izvode iz fiksnih uslova i da se sve promene dešavaju na račun neuralne komponente, odnosno na račun promena nivoa aktivacije motornih jedinica.

Na osnovu ukupno pregledane literature autor navodi da do sada nisu sprovedena istraživanja uticaja umanjenog nivoa napora na *MKM* procenjivane iz testova za ruke i noge koji se izvode iz fiksnog početnog položaja, zatim da nije poznato koja *MKM* nogu i ruku bi bila najosetljivija na efekte umanjenog napora, kao i kakav odnos i koji su efekti različitog spoljašnjeg opterećenja i napora na procenjivane *MKM* nogu i ruku. Na osnovu navedenih nedostataka dosadašnjih istraživanja autor predstavlja problem istraživanja koji se odnosi na ispitivanje uticaja umanjenog napora na *MKM* nogu i ruku procenjivanim iz testova koji se izvode iz fiksnih početnih pozicija sa različitim nivoom spoljašnjeg opterećenja, na osnovu koga postavlja predmet i cilj projektne studije.

**Predmet istraživanja** po autoru se odnosi na procenu *MKM* donjeg i gornjeg dela tela u različitim uslovima testiranja koji se odnose na zasebne testove za donji i gornji deo tela, različiti nivo napora i nivo spoljašnjeg opterećenja.

**Generalni cilj istraživanja** po autoru je da se ispitaju efekti umanjenog napora na funkciju mišića donjeg i gornjeg dela tela pri različitim nivoima spoljašnjeg opterećenja. Na osnovu generalnog cilja, autor postavlja sledeće ciljeve podeljene u dve celine po testovima za procenu *MKM* nogu i ruku:

(1.1) Ispitati efekte voljno umanjenog napora na *MKM* nogu za svaki nivo spoljašnjeg opterećenja;

(1.2) Ispitati razlike u *MKM* nogu u zavisnosti od nivoa napora i nivoa opterećenja;

(2.1) Ispitati efekte voljno umanjenog napora na *MKM* ruku za svaki nivo spoljašnjeg opterećenja;

(2.2) Ispitati razlike u *MKM* ruku u zavisnosti od nivoa napora i nivoa opterećenja.

U skladu sa prvim definisanim ciljem, autor postavlja sledeće hipoteze:

**(H1.1) Smanjenje napora na svim nivoima opterećenja dovešće do promena u svim *MKM* nogu;**

**(H1.2) Mehanička varijabla snage mišića nogu biće najosetljivija na smanjenje napora pri svim nivoima opterećenja;**

**(H2.1) Smanjenje napora na svim nivoima opterećenja dovešće do promena u svim MKM ruku;**

**(H2.2) Mehanička varijabla snage mišića ruku biće najosetljivija na smanjenje napora pri različitim nivoima opterećenja.**

Prema vremenskom trajanju predloženo istraživanje će pripadati transverzalnim istraživanjima. U odnosu na stepen kontrole pripadaće laboratorijskim istraživanjima jer će se informacije o neuromišićnim sposobnostima prikupiti u laboratorijskim uslovima. Procenu veličine uzorka ispitanika autor je sproveo prema standardnoj proceduri (Cohen, 1992) i utvrdio da je za potrebe istraživanja neophodno između 12 i 17 ispitanika. Neophodno je da su ispitanici zdravi, da nemaju nikakvo neurološko oboljenje i povrede u prethodnih šest meseci i da imaju najmanje godinu dana iskustva u radu sa slobodnim teretom, u čiji profil se uklapaju studenti Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja u Beogradu.

Protokol testiranja bi se sproveo u tri sesije po 75 min, po dva ispitanika, sa pauzom od 48 sati između dve sesije. Za procenu *MKM* nogu koristiće se *SJ* test koji bi se izveo sa 4 nivoa spoljašnjeg opterećenja definisanog u odnosu na procenat od procenjenog jednog maksimalnog ponavljanja (1RM – eng. 1 *maximal repetition*) (slobodni teret od 0, 20, 40 i 60% od 1RM čučnja) i 3 nivoa napora (50, 75 i 100% od maksimalne snage). Za procenu **MKM** ruku

koristiće se *BM* test sa 4 nivoa spoljašnjeg opterećenja (medicinkama mase 0.43, 2, 4 i 6kg) i 3 nivoa napora (50, 75 i 100% od maksimalne snage).

Procedura prve sesije sadržala bi procenu morfološkog statusa koja bi podrazumevala merenje telesne visine (TV) ispitanika stadiometrom (*Seca 202, Seca Ltd., Hamburg, Germany*), merenje telesne mase (TM), procenta mišićne mase (%MM) i masnog tkiva (FT%; eng. Fat tissue) pomoću bioelektrične impedance (*InBody 720, Bioelectrical Impedance Analyzer, USA*). Zatim bi se u okviru prve sesije sprovela procena 1*RM* čučnja na Šmitovoj mašini. Na osnovu dobijene maksimalno podignute mase tega iz čučnja izračunaće se nivo spoljašnjeg opterećenja od 20, 40 i 60% od 1RM sa kojim bi ispitanici izvoditi *SJ* test.

Dalja procedura prve sesije podrazumevala bi familijarizaciju ispitanika sa *SJ* i *BM* testovima. Familijarizacija bi podrazumevala verbalno upoznavanje sa procedurom izvođenja oba testa, a potom i praktičnim izvođenjem testova po dva pokušaja na svakom nivou opterećenja, ali bez izvođenja testa sa instrukcijom različitog nivoa napora. U naredne dve sesije sprovelo bi se testiranje efekata osećaja napora procenom *MKM* dobijenih iz *SJ* i *BM* testova na različitim nivoima opterećenja. Prilikom sprovođenja testova, opterećenje će se randomizovati po grupama ispitanika, dok će se nivo napora randomizovati u okviru jednog nivoa opterećenja po dva pokušaja. Dalje autor napominje da bi eksperimentator trebalo da zadaje jasne instrukcije nivoa napora od 50% i od 75% ujednačenim tonom i mirnim glasom koja bi na primer glasila „Skoči sa 50% maksimalne snage“, dok bi instrukciju od 100% maksimalne snage trebalo da prati rutinsko verbalno ohrabrenje. Autor u daljem tekstu detaljno opisuje tehničku procedure pravilnog izvođenja SJ i BM testova, navodeći koji su pravilni startni i završni položaj, koje su potencijalne greške i kako ih pravilnim zadavanjem instrukcija sprečiti i kontrolisati, kao i dužine pauza između različitih pokušaja.

Autor varijable u istraživanju delu u dve grupe:

(1) varijable morfološkog statusa i

(2) varijable MKM nogu i ruku. Varijable koje autor izdvaja za procenu mehaničkih karakteristika mišića nogu su maksimalna sila mišića nogu dobijena testom 1*RM* čučnja i izvedene varijable iz *SJ* testa (Brzina kretanja težišta tela (VN), sila reakcije podloge (FN) i snaga nogu (PN)) u svim uslovima izvođenja (2 pokušaja x 4 opterećenja x 3 napora), i normalizovane varijable izvedene iz apsolutnih vrednosti dobijenih iz SJ testa (VN (%): $V_{100\text{-}75\%}$ i $V_{100\text{-}50\%}$; FN (%): $F_{100\text{-}75\%}$ i $F_{100\text{-}50\%}$; PN (%): $P_{100\text{-}75\%}$ i $P_{100\text{-}50\%}$) na svakom nivou opterećenja.

Varijable koje autor izdvaja za procenu mehaničkih karakteristika mišića ruku će biti izvedene iz *BM* testa (Brzina kretanja šake (VR), sila ruku (FR) i snaga ruku (PR)) u svim uslovima izvođenja (2 pokušaja x 4 opterećenja x 3 napora), i varijable njihovih normalizovanih

vrednosti (VR (%): $V_{100-75\%}$ i $V_{100-50\%}$; FR (%): $F_{100-75\%}$ i $F_{100-50\%}$; PR (%): $P_{100-75\%}$ i $P_{100-50\%}$) na svakom nivou opterećenja.

Za prikupljanje podataka iz *SJ* testa bila bi korišćena platforma sile (dimenzija 40 x 60 cm, *AMTI, Inc., Newton MA, USA*). Za prikupljanje podataka iz *BM* testa koristila bi se dvo-dimenzionalna kinematička analiza podataka dobijenih iz 3D kamera (*Qualisys ProReflex MCU120 Motion Capture System, Sweden*) pri frekvenciji snimanja od 240 Hz. Reflektivni marker bio bi pozicioniran na metakarpalnu kost malog prsta desne ruke. Obrada podataka dobijenih iz oba testa bila bi sprovedena u *Matlab* programu (*MATLAB and Statistics Toolbox Release 2013a, The MathWorks, Inc., Natick, Massachusetts, USA*). Za obradu podataka koristile bi se varijable sa višim nivoom ostvarene sile iz *SJ* i *BM* testa pri nivou napora od 100% maksimalne snage, na sva četiri nivoa spoljašnjeg opterećenja. Mehaničke karakteristike mišića pri naporu od 50% i 75% bile bi dobijene na osnovu izvučenih srednjih vrednosti dva izvedena pokušaja, za svaki test i na svakom nivou opterećenja.

Deskriptivna statistika za sve praćene varijable bila bi izražena kroz srednje vrednosti i standardnu devijaciju, pre statističke obrade podataka uradiće se provera normalne distribucije korišćenjem *Shapiro-Wilk* testa, dok bi se za proveru homogenosti varijanse koristio *Lavene´s test*. Ukoliko se potvrdi postojanje normalne distribucije i homogenosti varijanse između dva pokušaja autor bi sproveo dvo-faktorsku analizu varijanse sa ponovljenim merenjem (ANOVA) za svaku zavisnu varijablu posebno, kako bi se proverili efekti uticaja nivoa opterećenja i napora, kao i njihova interakcija. Takođe, ukoliko se potvrdi postojanje značajnih efekata i interakcija između normalizovanih varijabli ($F_{100-50}$, $F_{100-75}$, $V_{100-50}$, $V_{100-75}$, $P_{100-50}$, $P_{100-75}$) na nivou napora i opterećenja, autor bi uradio *Bonferroni post-hoc test*, za oba testa pojedinačno. Prag značajnosti statističkih nalaza bio bi na alfa nivou $p = 0.05$. Za obradu podataka autor bi koristio SPSS 20.0 softver (*SPSS Inc, Chicago, IL*) i Office Excel 2010 (*Microsoft Corporation, Redmond, WA*).

**Stanje naučnog područja u kome se radi doktorska disertacija**

Problemi istraživanja uticaja umanjenog nivoa napora na *MKM* dobijene iz različitih testova su mnogobrojni, počevši od problema vezanih za definiciju pojma „napor“, poreklo njegovog fiziološkog nastanka, metodološke postavke istraživanja koje ga razdvaja od ostalih kognitivnih i proprioceptivnih osećaja, kao i problema koji je vezan za prirodu motoričkog ili kognitivnog zadatka. Na osnovu navedenih problema istraživanju efekata napora na *MKM* potrebno je pristupiti iz različitih uglova, pri čemu se posebna pažnja treba obratiti na uticaj drugih faktori kao što su bol (O’Reilly, Jones et al. 1998; Khan, McNeil et al. 2011; Black and Dobson 2013), zamor (Choi and Widrick 2009; de Morree and Marcora 2012), prethodna

povreda i narušena propriocepcija (Torres, Vasques et al. 2010), neudobnost (Marcora 2011), nedostatak motorne veštine, ali i davanja pravovremenih i preciznih instrukcija (Hazard, Reeves et al. 1993).

Do sada se najveći broj radova vezanih za „napor“ bavio procenom osećaja napora tokom izvođenja uglavnom koncentrično-ekscentričnu aktivnost mišića nogu u dinamičnim kretanjima kao što su trčanje i vožnja bicikla (Borg 1962; Henriksson, Knuttgen et al. 1972; Skinner, Hutsler et al. 1973; Noble 1996; Craig 2002; Marcora 2009; de Morree and Marcora 2012; Black and Dobson 2013). Sa druge strane, dosta manje se istraživalo o osećaju napora u vežbama sa spoljašnjim opterećenjem, a još manje o uticaju smanjenog naprezanja na izlazne varijable testova za procenu *MKM* nogu i ruku.

Skorašnja istraživanja pokazuju da umanjeni nivo napora utiče na koordinaciju izvođenja višezglobnih vežbi neproporcionalno menjajući ispoljene *MKM* (Da Silva, Brentano et al. 2008; Dounskaia and Shimansky 2016). Drugi autori ističu da nivo mišićne aktivacije nije glavni faktor koji utiče na promene u *MKM*, već su to pre unutarmišićna i međumišićna koordinacija (Salles, Baltzopoulos et al. 2011; Jaric 2016; Słomka, Jaric et al. 2019). Iz ugla motorne kontrole, nastale promene u *MKM* pod uticajem umanjenog napora mogu se objasniti teorijom optimalizacije (Triano, Scaringe et al. 2006). Na osnovu ove teorije, prilikom umanjenog napora dolazi do koordinacionog preraspoređivanja *MKM*, odnosno do njihove opitimalizacije kao odgovora CNS na nastali motorni problem.

**Očekivani naučni doprinosi i njihova primena u praksi**

Dobijeni rezultati efekta umanjenog naprezanja na *MKM* iz *SJ* i *BM* testa imali bi više značajnih implikacija u nauci i praksi. Na prvom mestu doprinos istraživanja bi imao teorijski karakter, jer ukoliko bi se dobilo približno proporcionalno smanjenje sve tri *MKM* (F, V i P) sa umanjenjem napora na svim nivoima opterećenja moglo bi se zaključiti da isti generalni program upravlja *SJ* skokovima i da je osećaj napora samo jedan o parametara koji su deo funkcije izvršenja zadatka, i ide u korist osećaj napora kao pretežno centralno generisanog mehanizma, podržavajući teorije koronarnog pražnjenja. Na drugom mestu, ukoliko se pokaže da motorne komande koordinaciono drugačije preraspoređuje *MKM* u testovima koji se izvode iz fiksnih uslova kao što su *SJ* i *BM* testovi, u odnosu na *CMJ* i npr. bacanje medicinke iza glave, onda bi nalazi išli u korist teoriji „optimalizacije“ na osnovu koje CNS problem preobimnosti rešava fiziološkom funkcijom troškova pomoću osećaja napora (Prilutsky and Zatsiorsky 2002).

Treći doprinos, verovatno najznačajniji bio bi ukoliko se snaga pokaže kao najosetljivija *MKM* koja najbolje opisuje efekte umanjenog napora prilikom izvođenja višezglobnih

eksplozivnih pokreta iz fiksne startne pozicije. Ovakvi rezultati bili bi od izuzetne važnosti u fiziološkim i epidemiološkim testiranjima jer u drugim istraživanjima su dobijeni drugačiji nalazi vezanih za efekte umanjenog napor na *MKM* dobijene iz *CMJ* (Salles, Baltzopoulos et al. 2011; Słomka, Jaric et al. 2019). Četvrti doprinos je usko vezan za treći, jer bi u kontekstu definisanja opterećenja imao prevashodno praktični značaj, u uslovima gde osobe iz različitih razloga ne mogu, ili ne smeju, da pruže svoj maksimum prilikom testiranja, npr. u periodu rehabilitacije od povreda. Povezano sa ovim značaj studije može biti usmeren prema osećaju napora kao jednoj od determinanti procene nivoa opterećenja i intenziteta izvođenja karakterističnih motoričkih zadataka. U ovom slučaju prilikom izvođenja višezglobnih vežbi koje karakteriše koncentričan rad mišića, definisanje intenziteta se može zasnovati na subjektivnoj proceni nivoa ispoljene snage ili na ostvarenom submaksimalnom nivou napora, kao bezbedne zone ispoljavanja mišićnog naprezanja. Dalje, kada su u pitanju očekivani rezultati za *MKM* ruku, posebno mesto u treningu se može dobiti kod osoba koje isključivo koriste gornji deo tela, kao što su paraplegičari, osobe sa perifernim vaskularnim oboljenjima i nekom vrstom nedostataka i smetnji funkcija nogu, ali i za rekreativne aktivnosti i sportove u kojim dominira rad ruku.

Na kraju, ali ne manje važno, je činjenica da je za ostvarivanje maksimalnog voljnog naprezanja neophodno ulaganje maksimalnog napora, što ponovo skreće pažnju na izuzetnu važnost motivisanja ispitanike kroz bodrenje i ohrabrenje tokom testiranja, zatim pružanje ispravne i jasne instrukcije, ali i davanje povratne informacije o kvalitativnim i kvantitativnim rezultatima izvođenja, kao i sprovođenje adekvatne familijarizacije sa samim testom. Sa druge strane, ako u jednačinu pouzdanosti rezultata *CMJ* testa dodamo i nepoznatu „uticaj nivoa napora“ rizik nastajanja greške u tumačenju izvedenih *MKM* se povećava. U skladu sa time *SJ* test, se može preporučiti kao pouzdaniji za procenu *MKM* nogu od *CMJ* testa.

**Predlog mentora, saglasnost mentora i spisak njegovih radova**

S obzirom na prirodu problema kojim se kandidat bavi u obrazloženju teme doktorske disertacije, kao i s obzirom na saradnju u toku pripreme istraživanja, predlažemo da mentor u realizaciji projekta doktorske disertacije bude docent dr Goran Prebeg.

Docent dr Goran Prebeg ispunjava uslove predviđene Standardima za akreditaciju studijskih programa doktorskih studija i saglasan je da, po predloženoj temi, bude mentor u realizaciji doktorske disertacije Ivana Marovića.

Spisak relevantnih radova koje je docent dr Goran Prebeg objavio u međunarodnim naučnim časopisima tokom poslednjih 10 godina:

1. EMGE, Nicholas, **PREBEG, Goran**, UYGUR, Mehmet, JARIĆ, Slobodan. Effects of muscle fatigue on grip and load force coordination and performance of manipulation tasks. Neuroscience letters, ISSN 0304-3940. 2013, vol. 50, str. 46-50. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030439401300640X#. [COBISS.SR-ID 514331052]

2. UYGUR, Mehmet, **PREBEG, Goran**, JARIĆ, Slobodan. Force control in manipulation tasks : comparison of two common methods of grip force calculation. *Motor control*, ISSN 1087-1640, 2014, vol. 18, issue 1, str. 18-28, doi: 10.1123/mc.2012-0121. [COBISS.SR-ID 514425772]

3. **PREBEG, Goran**, ĆUK, Ivan, SUZOVIĆ, Dejan, STOJILJKOVIĆ, Stanimir, MITIĆ, Dušan, JARIĆ, Slobodan. Relationships among the muscle strength properties as assessed through varioustests and variables. *Journal of electromyography and kinesiology*, ISSN 1873-5711, 2013, vol. 23, iss. 2, str. 455-461. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1050641112002039. [COBISS.SR-ID 514330796]

4. ĆUK, Ivan, **PREBEG, Goran**, SREĆKOVIĆ, Sreten, MIRKOV, Dragan, JARIĆ, Slobodan. Generalization of muscle strength capacities as assessed from different variables, tests, and muscle groups. Journal of strength and conditioning research, ISSN 1064-8011, 2017, vol. 31, no. 2, str. 305-312, doi: 10.1519/JSC.0000000000001501. [COBISS.SR-ID 514831020]

5. Mirkov, D.M., Marovic, I.P., Knezevic, O.M., **Prebeg, G.,** Jaric, S. (2018). Load-Velocity Relationship of Arm Muscles Obtained From Medicine Ball Test, 23rd ECSS Congress, July 2018, Dublin, Ireland

## Mišljenje i predlog Komisije

Doktorska disertacija Ivana Marovića usmerena je na istraživanje problema uticaja umanjenog napora na mehaničke karakteristike mišića. Na osnovu pregledane literature utvrđeno je do sada nisu sprovedena istraživanja uticaja umanjenog nivoa napora na mehaničke karakteristike mišića procenjivane iz testova za ruke i noge koji se izvode iz fiksnog početnog položaja, zatim koja mehanička varijabla će biti najosetljivija na efekte umanjenog napora, i kakav je odnos i uticaj opterećenja i napora na procenjivane mehaničke varijable. Ispitivanjem efekata umanjenog napora na mehaničke karakteristike mišića utvrdiće se teorijski okviri za unapređenje metodike istraživanja samog osećaja napora, metoda i uslova testiranja mehaničkih karakteristika mišića, ali i utvrditi teoretski okviri definisanja osećaja napora, njegovog fiziološkog porekla i načina motornog upravljanja. Tema je formulisana na osnovu pažljive analize obimnog bibliografskog materijala u okviru kojeg se jasno uočavaju problem istraživanja uticaja smanjenog napora, kao i varijable koje je neophodno uzeti u obzir prilikom sprovođenja testova koji zahtevaju maksimalno naprezanje.

Problem istraživanja detaljno je obrazložen, a ciljevi i hipoteze jasno su formulisani. Predviđene metode u istraživanju omogućavaju realizaciju postavljenih ciljeva istraživanja.

Istraživanje će omogućiti nova, metodološki zasnovana, znanja postavljena u odnosu na važnost efekata napora na mehaničke karakteristike mišića dobijene testovima koji zahtevaju maksimalno naprezanje mišića. Na posredan način, ovim istraživanjem bi se bolje razumeli centralni mehanizmi upravljanja naporom kao zasebnim fiziološkim osećajem koji neosporno utiče i menja kinematičke i kinetičke varijable različitih motoričkih aktivnosti. Konkretni nalazi vezani za problem najosetljivije mehaničke karakteristike mišića pronašli bi značajnu ulogu u definisanju i upravljanju trenažnim opterećenjem kod osoba koji iz različitih razloga nisu u stanju, mogućnosti ili ne smeju da ispolje maksimalno naprezanje prilikom testiranja.

Predlažemo da Nastavno-naučno veće prihvati Izveštaj komisije i nadležnom Veću naučnih oblasti Univerziteta u Beogradu uputi odluku kojom se odobrava tema doktorske disertacije pod naslovom

"**PROCENA MEHANIČKIH KARAKTERISTIKA MIŠIĆA NOGU I RUKU PRI RAZLIČITIM NIVOIMA NAPORA**".

**U Beogradu, 07.07.2020 godine** **Članovi Komisije:**

_____

Docent dr **Goran Prebeg,**

Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja,

Univerzitet u Beogradu - PREDSEDNIK KOMISIJE.

_____

Red. prof. dr **Dragan Mirkov**,

Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja,

Univerzitet u Beogradu.

_____

dr **Olivera Knežević**,

viši naučni saradnik, Institut za medicinska istraživanja