

KOMISIJA ZA OCENU USLOVA I PRIHVATANJE  
DOKTORSKE DISERTACIJE

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU FAKULTETA SPORTA I FIZIČKOG VASPITANJA

**Predmet:** Izveštaj o oceni i prihvatanju  
doktorske disertacije Predraga Markovića,

Na 6. sednici Nastavno-naučnog veća Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja, održanoj 03. decembra 20115. godine, u skladu sa članom 29. i 30. Statuta Fakulteta, doneta je Odluka (02-br. 1212/13) o formiranju Komisije za ocenu i prihvatanje doktorske disertacije Predraga Markovića, studenta doktorskih akademskih studija Fakulteta, pod naslovom: „EFEKTI ELASTIČNOG I INERCIONOG OPTEREĆENJA NA BRZINU DISKRETNIH POKRETA“.

Komisija je formirana u sastavu:

1. Van. prof. dr Dejan Suzović, Univerzitet u Beogradu, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, mentor;
2. Red. prof. dr Goran Kasum, Univerzitet u Beogradu, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, član;
3. Red. prof. dr Slobodan Jarić, Univerzitet u Beogradu, Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, član;
4. Naučni savetnik. dr Slađan Milanović, Univerzitet u Beogradu, Institut za medicinska istraživanja, član.

Nakon pregleda dostavljenog materijala Komisija podnosi Nastavno-naučnom veću sledeći

R E F E R A T

**Biografija**

Predrag Marković, rođen je 16. 08. 1979. godine u Beogradu. Srednje obrazovanje završio je u XII beogradskoj gimnaziji, opšti smer 1998. godine. 1999. godine upisao je osnovne akademske studije na Fakultetu fizičke kulture, Univerziteta u Beogradu. Na istom Fakultetu koji

je promenio ime u Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja diplomirao je 2004. godine sa prosečnom ocenom 8,24 na temu "*Takmičarski mikrociklus u borilačkim sportovima kod vrhunskih takmičara*". Iste godine, nakon diplomiranja zasnovao je radni odnos kao profesor fizičkog vaspitanja u XII beogradskoj gimnaziji, a radio je kao Profesor fizičkog vaspitanja i na Vojnoj akademiji Vojske Jugoslavije tokom služenja redovnog vojnog roka. Nakon odsluženja vojnog roka zasnovao je radni odnos u VIII beogradskoj gimnaziji u kojoj je još uvek zaposlen. Školske 2008/2009. godine upisao je doktorske akademske studije na Fakultetu sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu i do trenutka podnošenja teme doktorske disertacije položio sve planom i programom predviđene ispite sa srednjom ocenom 9,16.

Za vreme osnovnih akademskih studija bio je stipendista Ministarstva omladine i sporta od 2001. godine kao najuspešniji student generacije.

Zbog radnih obaveza, sportskog angažovanja i stručnog usavršavanja na brojnim seminarima Ministarstva prosvete i nauke Predrag Marković nije objavio radove u časopisima međunarodnog značaja ili nacionalnim časopisima. Deo rezultata prikazanih u okviru priložene doktorske disertacije Marković Predraga nalaze se u radu koji je prihvaćen za štampu u časopisu "Kinesiology":

1. **Markovic, P.**, Suzovic, D., Kasum, G., Jaric, S. "EFFECTS OF TRAINING AGAINST ELASTIC RESISTANCE ON JAB PUNCH PERFORMANCE IN ELITE JUNIOR ATHLETES",

Bio je učesnik 2 međunarodna Kongresa evropskih nauka u sportu (ECSS) 2012. i 2015. godine sa radovima objavljenim u zbornicima sažetaka:

1. **Markovic, P.**, Suzovic, D., Planic, N., Jaric, S. (2012): EFFECTS OF ELASTIC RESISTANCE TRAINING ON THE JAB PUNCH PERFORMANCE, 17<sup>th</sup> Annual Congres of the European College of Sport Science, Book of Abstracts, p. 618. Bruges,
2. Suzovic, D., **Markovic, P.**, Djuric, S., Jaric, S. EFFECTS OF PRACTICE AGAINST ELASTIC RESISTANCE ON JAB PUNCH PERFORMANCE IN ELITE JUNIOR ATHLETES, 20<sup>th</sup> Annual Congres of the European College of Sport Science, Book of Abstracts, p. 387. Malme

Svojim stručnim radom i angažovanjem u bokzerskim klubovima opredelio se da poveže struku i nauku, tako da se polje interesovanja autora za naučni rad po sadržaju, neposredno ili posredno, odnosi na probleme procene mišićne funkcije i trenažnih metoda u sportu, kojima je moguće što

efikasnije uticati na njih, a koje predstavljaju osnovu za istraživanje u okviru teme doktorske disertacije.

### **Analiza rada**

Doktorska disertacija obuhvata 113 strana, 6 tabela, 7 slika, 3 grafikona 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 skraćénica, a zatim poglavlja: Uvod, Eksperiment 1, Eksperiment 2, Diskusija, Zaključci, Značaj istraživanja, Literatura i Prilozi.

U **Uvodu** (strane 1-18) definisani su osnovni pojmovi u vezi sa snagom mišića i brzinom kretanja kao motoričkim sposobnostima, a takođe su predstavljeni i faktori koji utiču na njihovo ispoljavanje. Snaga i brzina se ispoljavaju u funkciji sile i momenata sile koji se ostvaruju tokom sportske aktivnosti. Njihova uloga u sportu može da bude od koristi prilikom identifikacije talenata, kao i za analizu efekata određenih trenažnih procedura i za pružanje neophodnih pokazatelja u odgovarajućim sportskim aktivnostima. Snagu i brzinu moguće je razvijati na različite načine, primenom različitih vrsta opterećenja. Da bi se to uradilo na odgovarajući način neophodno je da se utvrdi kojom vrstom opterećenja je moguće ostvariti optimalni uticaj na postizanje maksimalne brzine pokreta ili kretanja kao dominantne motoričke sposobnosti u sportskim aktivnostima. Pokreti koji su zastupljeni u kretanju čoveka i u sportskim aktivnostima podeljeni su na diskretne, trajne i ciklične pokrete (Schmidt & Lee, 2005), a prema predvidivosti okruženja u planiranju i izvođenju pokreta na otvorene i zatvorene petlje.

Kinematika pokreta je objašnjena sa aspekta uticaja trajanja pokreta (Schmidt & Lee, 2005), kao i kontrole brzih pokreta. Brze pokrete nije moguće korigovati tokom izvođenja zbog kratkog trajanja (40 ms), pri čemu je za vizuelnu korekciju potrebno 150 – 200 ms, već tek nakon završetka.

Ljudski pokret predstavlja rezultat uticaja različitih sila, među kojima je jedna od najvažnijih mišićna. Kretni zadaci koji se izvode u svakodnevnom životu značajno se razlikuju po svojim kinematičkim i kinetičkim šemama, iz čega proističe da zahtevaju različite šeme mišićne aktivacije. Intenzitet i brzina mišićne kontrakcije zavise od broja aktiviranih motornih jedinica i frekvencije pražnjenja i od rasporeda njihovih  $\alpha$  – motoneurona. Pri slabim kontrakcijama koje duže traju, primarno regrutuju motorne jedinice sa niskim pragom aktivacije i niskom frekvencijom pražnjenja (Van den Bogert & Pavol, 2002). U životu, kao i u sportu nije

značajna samo sila, već i efikasnost kretanja koja se ogleda brzim pojedinačnim pokretima, ili uzastopnim aktivacijama antagonističkih grupa mišića.

Brzina ispoljena tokom maksimalne voljne kontrakcije zavisi od morfologije tipa mišićnih vlakana i strukture mišića (Narici et al., 1996), a kao kretna aktivnost zavisi i od nekoliko činilaca koji nisu povezani sa neuralnim činiocima: od poprečnog preseka mišića (Aagaard, Simonsen, Andersen, Magnusson, & Dyhre-Poulsen, 2002), tipa mišićnih vlakana ili od visokoelastičnih karakteristika mišićno – tetivnog sastava (Bojsen-Moller & Magnusson, 2005). Takođe se ne sme zanemariti uticaj šeme neuralne aktivacije, budući da brze kontrakcije uključuju trenutni nivo pražnjenja motornih neurona, koji se smanjuje prilikom uzastopnih pražnjenja (Desmedt & Godaux, 1977; Van Cutsem & Duchateau, 2005).

Snaga mišića definisana je kao motorička sposobnost čije je ispoljavanje povezano sa brzinom aktuelno i velikom broju pokreta (udarci, šutiranja, bacanja) koji doprinose uspešnosti u sportovima (Newton & Kraemer, 1994; Newton, 1997). Definisani su osnovni pojmovi, a kao faktori koji utiču na jačinu i snagu mišića navedeni su mehanički (Faulkner, Clafin, & McCully 1986a; McMahan, 1984; Newton, 1997), morfološki (McMahan, 1984; Edgerton et al., 1986; Newton, 1997) i neuralni (Komi, 1992b; Cormie et al., 2011a), kao i uslovi rada u kojima se aktivnost mišića izvodi (Cormie et al., 2011a). Generisanje jačine i snage mišića definisano je i uslovljeno mehaničkim karakteristikama mišića, relacijom *sila – brzina*, relacijom *sila – dužina* i *tipom mišićne kontrakcije*.

Na ispoljavanje maksimalne jačine i snage mišića, koje imaju veliki uticaj na ispoljavanje maksimalne brzine (Edgerton et al., 1986) utiču i tip mišićnih vlakana, arhitektura mišića (MacIntosh & Holash, 2000), kao i osobine tetiva. Neuralna kontrola mišića zasnovana je na unutarmišićnoj i međumišićnoj koordinaciji koje se realizuju u različitim uslovima ispoljavanja i karakteristikama opterećenja, pri čemu posebnu ulogu igra utreniranost (Kawamori & Haff, 2004; Cormie et al., 2011a).

Pokreti, od proksimalnih prema distalnim segmentima tela zastupljeni su u brojnim sportskim disciplinama (Cabral, João, Amado, & Veloso, 2010). Primeri bi bili bacanje, udaranje rukom ili nogom, npr. u tenisu, rukometu, odbojci, bacanju koplja, skvošu, bejzbolu ili fudbalu, sa ciljem optimizovanja brzine krajnjih tačaka (Woo & Chapman, 1994; Marshal & Elliott, 2000; Hirashima, Yamane, Nakamura, & Ohtsuki, 2008; Ellenbecker, Pluim, Vivier, & Sniteman, 2009). Udarci karakteristični za mnoge borilačke sportove predstavljaju primer za pokrete otvorenog kinetičkog lanca, pri čemu direkt dominantnom zadnjom rukom u boksu, odnosno gjacku zuki u karateu, predstavljaju fundamentalan, poentirajući i moćan udarac (Cheraghi, Alinejad, Arshi, & Shirzad, 2014). Na intenzitet sile koja deluje u tački udara utiču brojni

faktori, kao što su snaga koju generišu noge (Filimonov, Koptsev, Husyanov, & Nazarov, 1985), stepen rotacije tela, i razdaljina preko koje je udarac plasiran (Hickey, 1980). Metode treninga koje za cilj imaju poboljšanje izvođenja brzih i eksplozivnih pokreta otvorenog kinetičkog lanca, često obuhvataju vežbe zasnovane na specifičnim pokretima koji se izvode prilikom takmičenja (Kanehisa & Miyashita, 1983; Stone, Plisk, & Collins, 2002). Treninzi snage zasnivali su se na balističkim pokretima uz upotrebu medicinki (Szymanski, Bradford, Schade, & Pascoe, 2007; Van den Tilaar & Marques, 2009; Ignjatovic, Markovic, & Radovanovic, 2012; Van den Tilaar & Marques, 2013), bučica ili tegova na šipkama (Marques, Van den Tilaar, Vescovi, & Gonzalez-Badillo, 2007; West et al., 2013), kao i na treninzima sa primenom elastičnog opterećenja u trenažnom procesu (Treiber, Lott, Duncan, Slavens, & Davis, 1998; Davies, 2003; Dinn & Behm, 2007; Jakubiak & Saunders, 2008).

Primenom elastičnog opterećenja u trenažnom procesu ostvareni su pozitivni rezultati u unapređenju kružnog udaraca nogom (Davies, 2003), kao i poboljšanju brzine servisa vrhunskih tenisera (Treiber et al., 1998), skoku uvis (McClenton, Brown, Coburn, & Kersey, 2008), pri čemu je poboljšanje dovedeno u vezu sa prilagođavanjem skeletnih mišića i tipom vlakana koji su se najbolje adaptirali na ovakav metod vežbanja (Hostler et al., 2001). Ustanovljeno je da vlakna brzog trzaja imaju bolju adaptaciju na metod vežbanja sa elastičnim opterećenjem u odnosu na druge tipove dodatog spoljašnjeg opterećenja. Pozitivni efekti postignuti primenom elastičnog opterećenja u trenažnom procesu, nasuprot inercionom opterećenju, ustanovljeni su kod dizača tegova (Swinton, Lloyd, Agouris, & Stewart, 2009), kod fudbalera (Ghigiarelli et al., 2009), na košarkašima i rvačima (Anderson, Sforzo, & Sigg, 2008), kao i tekvondistima (Jakubiak & Saunders, 2008). Značajna povezanost uočena je između mišića trupa i jačine udarca pesnicom kod boksera, što naglašava moguću ulogu jačine mišića pri izvođenju pokreta (Karpilowski, Nosarzewski, Staniak, & Trzaskoma, 2001). Udarac zadnji direkt koji se često koristi u bokserskoj borbi nametnuo se kao interesantan za istraživanje.

Doktorska disertacija je operacionalizovana kroz dva eksperimenta opisana u poglavljima **Eksperiment 1** i **Eksperiment 2**.

U poglavlju **Eksperiment 1** (19 – 37), na osnovu pregleda dosadašnjih istraživanja obrađenih u okviru Uvoda, jasno su predočeni osnovni problemi, konkretizovan je predmet, definisani su ciljevi i opisani zadaci istraživanja. Problem se odnosio na nedovoljnu istraženost uticaja različitog tipa opterećenja na neuro-mišićnu funkciju i brzinu pokreta, primenjene na udarac zadnji direkt u boksu. Predmet istraživanja odnosio se na objašnjenje primene elastičnog opterećenja u trenažnom procesu, zatim na neuro-mišićnu adaptaciju na elastično opterećenje,

kao i na primenu elastičnog opterećenja u sportovima u kojima su zastupljeni brzi – diskretni pokreti.

Ciljevi postavljeni za ovo istraživanje bili su da se: 1) ustanovi efikasnost elastičnog opterećenja na izvođenje zadnjeg direkta; 2) istraže promene u šablonu kinematičkih pokreta, a koji bi mogli da doprinesu očekivanom poboljšanju pri izvođenju pokreta i 3) ustanovi razlike među sportistima iz udaračkih borilačkih disciplina različitih usmerenja koji rutinski upotrebljavaju delimično različite tehnike udaraca zadnji direkt.

Hipoteza **Eksperimenta 1** formulisana je u afirmativnoj formi. Pretpostavljeno je da će trening sa elastičnim gumama rezultirati većom  $V_{max}$  udarca zadnji direkt u odnosu na trening sa bučicama i bez dodatog opterećenja u trenažnom procesu - **H<sub>1</sub>**

U poglavlju **Metode istraživanja** (21 – 32), opisane su metode rada u vezi sa ispitivanjem efekata različitih tipova opterećenja na poboljšanje brzine pokreta zadnji direkt u boksu. Obrazloženi su eksperimentalni protokoli, opisan je uzorak ispitanika i predložen način obrade podataka.

Uzorak ispitanika u prvom eksperimentu obuhvatio je 30 učenika VIII beogradske gimnazije uzrasta 17 ( $\pm 1$ ) godina, podeljenih u tri grupe (dve eksperimentalne i jedna kontrolna). Broj ispitanika bio je optimalan i u skladu sa preporukama za procenu pouzdanosti (Hopkins, 2000). Ispitanici su informisani o cilju istraživanja, a saglasnost za realizaciju istraživanja dobijena je od Etičke komisije Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu. Učešće u eksperimentu prekidano je u slučaju povrede ili bolesti.

Prvu grupu varijabli činile su nezavisne varijable morfološkog statusa: visina i masa tela, kao i različite vrste opterećenja.

Drugu grupu činile su varijable motoričkog statusa: brzina pokreta (pri čemu su posmatrani segmenti tela rame, lakat, šaka i kuk), trajanje pokreta, neto momenti i ubrzanje, maksimalna izometrijska sila pregibača i opružača u zglobu lakta ( $F_{maxbb}$ ,  $F_{maxtb}$ ), pregibača i opružača u zglobu kolena ( $F_{maxbf}$ ,  $F_{maxqf}$ ), maksimalna izometrijska brzina razvoja sile za mišiće dominantne ruke i noge ( $BRS_{max}$ ), uzastopne maksimalne kontrakcije pomenutih mišićnih grupa, maksimalna izometrijska brzina razvoja sile ( $BRS$ ) ispoljena pri izvođenju uzastopnih maksimalnih kontrakcija.

Svi eksperimentalno dobijeni rezultati obrađeni su metodama deskriptivne statistike. Za procenu pouzdanosti svih zavisnih varijabli dobijenih iz standardnih testova sile ( $F_{max}$  i  $BRS_{max}$ ) maksimalnih i uzastopnih maksimalnih kontrakcija ( $F_{maxumk}$  i  $BRS_{umk}$ ), između prvog i drugog pokušaja izračunati su koeficijenti korelacije.

Da bi se ustanovio efekat razlike između grupa, kao i između dva merenja, korišćena je *ANOVA (two way)*. Takođe je izračunat i koeficijent korelacije između odgovarajućih varijabli. Za nivo statističke značajnosti određen je nivo značajnosti  $p < 0.05$ .

Ispitanici su, prema brzinama i ubrzanjima ostvarenim za određeni posmatrani zglob, bili raspoređeni u tri grupe.

U poglavlju **Rezultati eksperimenta 1** (33 – 37) nalazi su prikazani tabelarno za posmatrane varijable maksimalne brzine i ubrzanja pojedinačnih segmenata, pri čemu je uočeno da su sve tri grupe (inerciono opterećenje, elastično opterećenje i kontrolna grupa) u većini posmatranih varijabli ostvarile određeni napredak.

Grupa koja je radila sa elastičnim opterećenjem ostvarila je napredak u brzini pokreta u sva četiri posmatrana zgloba. Zglobovi bliži telu ostvarili su manje brzine i na inicijalnom i na finalnom merenju u odnosu na dalje zglobove koji su ostvarili veće brzine kretanja u oba merenja. Ubrzanja segmenata grupe koja je vežbala dostigla su poboljšanje do 34.43% ( $p < 0.05$ ), pokazujući povećanje ubrzanja od proksimalnog ka distalnom delu (*Cabral, et al., 2010*). Posebno važno je ubrzanje zgloba kuka kod kojeg je uočen napredak od 85.19% ( $p < 0.01$ ) za finalno u odnosu na inicijalno merenje.

Grupa koja je radila sa inercionim opterećenjem postigla je povećanje brzine u dva od četiri posmatrana zgloba (lakat i šaka), ali je za razliku od grupe koja je vežbala sa elastičnim opterećenjem, najveći napredak u ubrzanju segmenata ostvaren u zglobu ramena (71.09% ;  $p < 0.01$ ), dok je u zglobu lakta i kuka napredak iznosio 29.38%, odnosno 26.89% ( $p < 0.05$ ). Rezultati kontrolne grupe ukazuju da nije bilo konzistentnih rezultata kada je reč o brzinama i ubrzanjima segmenata.

Rezultati ispoljenih sila i brzina razvoja sile miškulature nogu u standardnom testu i testu uzastopnih maksimalnih kontrakcija ukazuju na neujednačen uticaj treninga, udarca zadnji direkt sa dodatim opterećenjem (elastičnim i inercionim) i bez opterećenja. Kod grupe koja je vežbala sa elastičnim opterećenjem nisu uočene statistički značajne razlike između inicijalnog i finalnog merenja. Grupa koja je vežbala sa inercionim opterećenjem ostvarila je napredak u ostvarenoj sili fleksora u zglobu kolena i u *STS* i u *UMK*, kao i u brzini razvoja sile fleksora u zglobu kolena u *STS* ( $p < 0.05$ ). Kontrolna grupa koja je radila trening bez dodatog opterećenja ostvarila je poboljšanje skoro svih karakteristika sile miškulature nogu u oba testa.

Dobijeni rezultati za miškulaturu ruku ukazuju na poboljšanje sile ekstenzora u zglobu lakta u sve tri grupe, što je posledica strukturnih karakteristika udarca zadnji direkt. Takođe od interesa za istraživanje može da bude i poboljšanje *BRS* fleksora u zglobu lakta, kao posledica aktivacije antagonista prilikom zaustavljanja pokreta (*Hoffman, & Strick, 1993*). Zbog

ostvarenih, statistički značajnih, razlika posmatranih varijabli grupe koja je trenažni proces sprovodila primenom elastičnog opterećenja u **eksperimentu 1**, efekti elastičnog opterećenja na sportiste udaračkih borilačkih veština posmatrani su u **eksperimentu 2**.

U poglavlju **Eksperiment 2** je na osnovu rezultata dobijenih u prvom eksperimentu, urađeno je novo istraživanje, kako bi se posmatrao efekat elastičnog opterećenja na varijable koje su imale značajan uticaj na razvoj maksimalne brzine pokreta prilikom udarca zadnji direkt kod ispitanika iz udaračkih borilačkih sportova.

Na osnovu rezultata u dosadašnjim istraživanjima, a posebno na osnovu rezultata dobijenih iz prvog eksperimenta, ustanovljeni su i definisani ciljevi da se 1) proceni i objasni efekat elastičnog opterećenja u trenažnom procesu, da se 2) utvrde i objasne razlike u maksimalnoj brzini udarca zadnji direkt kod ispitanika sva tri izabrana udaračka borilačka sporta, da se 3) utvrde i objasne razlike u dužini pomeranja segmenata tela pri izvođenju udarca, kao i razlike u trajanju udarca, da se 4) izmere maksimalne sile mišića pregibača i opružaća u zglobu lakta dominantne ruke i da se 5) utvrde razlike u brzini razvoja sile kod eksperimentalnih i kod kontrolne grupe.

Hipoteza **Eksperimenta 2** formulisana je u afirmativnoj formi da će metod treninga sa primenom elastičnog opterećenja rezultirati ispoljavanjem veće maksimalne brzine diskretnog pokreta u odnosu na metod treninga bez dodatog spoljašnjeg opterećenja u trenažnom procesu, kod sportista koji imaju iskustva u ispoljavanju ove vrste pokreta – **H<sub>2</sub>**

U poglavlju **Metode istraživanja** (39 – 48), opisane su metode rada u vezi sa ispitivanjem efekata različitih tipova opterećenja na poboljšanje brzine pokreta zadnji direkt u boksu. Obrazloženi su eksperimentalni protokoli, opisan je uzorak ispitanika i predložen način obrade podataka.

Uzorak ispitanika u drugom eksperimentu činilo je 40 sportista uzrasta  $17.2 \pm 1.0$  godina iz tri različita udaračka borilačka sporta (*kik-boks, savate boks, boks*). Među grupama nisu primećene značajne razlike u uzrastu, niti u morfološkim karakteristikama. Njihovo iskustvo u treniranju bilo je od 5 do 9.5 godina. Procedura istraživanja sastojala se od šestonedeljnog vežbanja tri puta nedeljno u matičnim klubovima. Ispitanici bili raspoređeni po vrsti udaračkog borilačkog sporta kojim se bave u četiri grupe po 10 ispitanika (tri eksperimentalne i jedna kontrolna grupa). Kontrolnu grupu činili su ispitanici iz sva tri pomenuta udaračka borilačka sporta. Broj ispitanika bio je optimalan i u skladu sa preporukama za procenu pouzdanosti (Hopkins, 2000). Ispitanici su informisani o cilju istraživanja, a saglasnost za realizaciju istraživanja dobijena je od Etičke komisije Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu. Učešće u eksperimentu prekidano je u slučaju povrede ili bolesti.

Prvu grupu varijabli činile su nezavisne varijable morfološkog statusa: visina i masa tela, kao i različite vrste opterećenja.

Drugu grupu činile su varijable motoričkog statusa: brzina pokreta (pri čemu su posmatrani segmenti tela rame, lakat, šaka i kuk), trajanje pokreta, neto momenti i ubrzanje, maksimalna izometrijska sila pregibača i opružača u zglobu lakta ( $F_{maxbb}$ ,  $F_{maxtb}$ ), maksimalna izometrijska brzina razvoja sile za mišiće dominantne ruke ( $BRS_{max}$ ), uzastopne maksimalne kontrakcije pregibača i opružača u zglobu lakta, maksimalna izometrijska brzina razvoja sile ( $BRS$ ) ispoljena pri izvođenju uzastopnih maksimalnih kontrakcija.

Podaci dobijeni istraživanjem obrađeni su primenom metoda deskriptivne i komparativne statističke analize. Kao dodatak, urađeni su upareni T-test i ANOVA (za nezavisne uzorke). Koeficijenti varijacije i standardna greška merenja takođe su izračunati, da bi se procenili individualni varijabiliteti. Kao nivo statističke značajnosti određen je nivo značajnosti  $p < 0.05$ .

U poglavlju **Rezultati eksperimenta 2** (49 – 55) nalazi su prikazani tabelarno i grafički za posmatrane varijable maksimalne brzine i ubrzanja pojedinačnih segmenata, pri čemu je uočeno da su sve tri grupe sportista ostvarile statistički značajan napredak u brzini izvođenja udarca na nivou značajnosti  $p \leq 0.05$ . Iako su imali treninge sa 100% udela elastičnog opterećenja, trening po mišljenju iskusnih bokserskih trenera, nije doprineo vidljivom narušavanju tehnike pokreta. Nisu uočene statistički značajne razlike između grupa, mada značajna poboljšanja u brzini kod svih grupa i svih posmatranih zglobova, naročito u zglobu kuka.

Kod maksimalnih brzina zglobova u sve tri eksperimentalne grupe primećen je značajan glavni efekat testa ( $p < 0.01$ ), kao i značajna interakcija testa i grupe ( $p < 0.01$ ), ali ne i glavni efekat grupe. Bonferroni korekcija primenjena na dobijene rezultate pokazala je značajan porast  $V_{max}$ , na post-testu u odnosu na pre-test za sva 4 zglobova i sve 3 eksperimentalne grupe, ali ne i u kontrolnoj grupi.

Maksimalne sile mišića dobijene primenom standardnih testova sile pregibača u zglobu lakta nisu se statistički značajano razlikovale, dok su kod mišića opružača lakta uočene statistički značajne razlike kod sve tri eksperimentalne grupe ispitanika. Sa druge strane rezultai testa uzastopnim maksimalnim kontrakcijama ukazuju na statistički značajne razlike pregibača lakta kod grupe *kik boks* (17.03%), dok je za opružače u zglobu lakta ostvarena statistički značajna razlika kod sve tri grupe ispitanika (*kik boks* 8.36%, *savate boks* 12.90%, *boks* 26.52%).

Veličine pomeraja zgloba šake, lakta i ramena, pokazale su značajan glavni efekat testa, kao i interakciju testa i grupe ( $p < 0.01$ ), ali ne i glavni efekat grupe ( $p > 0.05$ ), dok je kod pomeraja kuka primećen i značajan glavni efekat i testa i grupe, kao i njihova interakcija ( $p < 0.01$ ). Slično kao kod  $V_{max}$ , i za pomeraj je primećen značajan porast za sva 4 zglobova sve 3

eksperimentalne grupe, ali ne i u kontrolnoj grupi. Jedini izuzetak je rezultat za pomeraj ramena uočen kod KB grupe koja je ostala malo ispod Bonferroni korekcije na nivou  $p = 0.013$ . Primena elastičnog opterećenja nije značajno uticala na smanjenje vreme pokreta.

Jačina mišića je značajno povećana u svim eksperimentalnim, ali ne i u kontrolnoj grupi, pri čemu su ekstenzori u zglobu lakta pokazali značajan glavni efekat testa i interakciju testa i grupe ( $p < 0.01$ ), ali ne glavni efekat grupe ( $p > 0.05$ ), dok kod fleksora u zglobu lakta nije bilo ni značajnih efekata. Kada je reč o brzini razvoja sile, nisu postojale značajne razlike između merenja ni kod jedne od četiri testirane grupe ispitanika.

Razlike u dužini pređenog puta zgloba kuka na finalnom u odnosu na inicijalno merenje eksperimentalnih grupa (32% – 40.2%) objašnjene su potrebom za aktivacijom velikih mišićnih grupa u kinetičkom lancu prilikom izvođenja udarca zadnji direkt kako bi se savladalo veće spoljašnje elastično opterećenje, a da tehnika udarca ostane nenarušena.

U poglavlju **Diskusija** (56 – 70), rezultati istraživanja analizirani su kao rezultati Eksperimenta 1 i Eksperimenta 2, kao i u odnosu na varijable posmatrane ovim istraživanjem.

Ova studija sastojala se iz dva odvojena eksperimentalna istraživanja u kojima je učestvovalo ukupno sedamdeset ispitanika. U prvom eksperimentu ispitanici su bili učenici gimnazije, dok su u drugom to bili sportisti iz različitih udaračkih borilačkih sportova. Oba eksperimenta imala su cilj da se istraži uticaj različitih tipova spoljašnjeg opterećenja na brzinu i na jačinu mišićnih grupa uključenih u izvođenje izabranog diskretnog pokreta. Trening sa elastičnim opterećenjem doprineo je povećanju brzine udarca zadnji direkt u odnosu na trening sa bučicama i bez dodatog opterećenja kod učenika gimnazije, kao i kod sportista.

Sa biomehaničkog aspekta, nakon šestonedelnog treniranja, pokret je postao ekonomičniji i ispitanici su mnogo preciznije izvodili udarce, sa malim odstupanjem između uzastopnih pokušaja. Ispitanici u prvom eksperimentu nisu imali iskustva sa izvođenjem ovog pokreta. Između ispitanika postojale su neznatne razlike na početnom nivou, ali tretman je bio isti za sve grupe. Ispitanici koji su radili sa elastičnim opterećenjem pokazali su očekivani napredak u jačini angažovanih mišića i brzini promene mišićne jačine, više nego ispitanici ostalih grupa.

Povećanje brzine zglobova ramena, lakta, šake i kuka moguće je pripisati postepenom progresivnom opterećenju pri udaljavanju šake i snažnom pokretu u zglobu kuka prilikom započinjanja udarca i tokom udarca, u cilju lakšeg savladavanja opterećenja angažovanjem velikih mišićnih grupa i prevencije narušavanja tehnike pokreta.

Povećanje maksimalne sile kod mišića pregibača i opružača u zglobu lakta ukazalo je na potrebu da se njihove neuromišićne karakteristike prate i u drugom eksperimentu.

U drugom eksperimentu, procenjena je efikasnost elastičnog opterećenja u trenažnom procesu u cilju poboljšanja izvođenja pokreta otvorenog kinetičkog lanca kod juniora koji se takmiče u različitim udaračkim borilačkim sportovima. Upotreba relativno malog obima elastičnog opterećenja rezultirala je značajnim povećanjem brzine zgloba šake. Uočeno je izrazito povećano učešće pokreta u zglobu kuka, kao i povećanje snage mišića agonista prilikom pokreta, ali nije uočena razlika u efikasnosti primene elastičnog opterećenja na kinematičke i kinetičke varijable kod sportista različitih udaračkih borilačkih sportova.

Iako je dužina pokreta povećana, ukupno vreme pokreta ostalo je skoro nepromenjeno, što doprinosi prednosti u borilačkim sportovima, jer sportisti mogu da dosegnu do protivnika sa udaljenije pozicije za isto vreme pokreta. Na osnovu moglo bi da se zaključi da trening sa elastičnim opterećenjem može da bude veoma efikasan kod brzih pokreta ruke, kao što su testirani zadnji direct, kao i ostali pokreti otvorenog kinetičkog lanca.

Kinematički podaci ukazuju na to da je povećanje brzine ručnog zgloba povezano sa povećanjem brzine svih drugih posmatranih zglobova. Primećeno je da je najveće poboljšanje brzine i dužine pomeranja ostvareno kod zgloba kuka ipsilateralne noge što ukazuje da povećanje brzine udarca kao i dužine pređenog puta prevashodno potiče od naglašenijeg pokretanja karlice. Drugi mehanizam koji je zaslužan za pomenuto poboljšanje učinka mogao bi da bude i povećana snaga testiranih mišićnih grupa. Agonisti (ekstenzori lakta) su pokazali porast jačine od 7-10%, dok kod antagonista nije uočeno povećanje jačine. Primenjeno elastično opterećenje zahtevalo je samo pojačanu aktivnost agonista, jer se samo opterećenje ponašalo kao antagonist pri pokretu (Hoffman & Strick, 1993). Doprinos dva posmatrana mehanizma na poboljšanje posmatranog učinka zavređuje pažnju budućih studija.

Dobijeni efekti elastičnog opterećenja slični su u sve tri grupe što bi moglo bi da se tumači sličnostima testiranih grupa kada je reč o tehnici izvođenja zadnjeg direkta.

Potencijalna ograničenja ove studije, kao i usmerenja za buduće studije mogu da se ogledaju u primeni elastičnog opterećenja na samo jednu vrstu pokreta. Stoga, efekti treninga sa elastičnim opterećenjem trebalo bi da se procene i u odnosu na ostale brze pokrete otvorenog kinetičkog lanca, kao što su bacanja i udarci nogom. Buduće studije bi trebalo da obave šire istraživanje mehanizama uključenih u primećeno poboljšanje učinka. Na primer, moguće promene u vremenskim šablonima pokreta, u vezi sa elastičnim opterećenjem, mogle bi da budu vredne pažnje, a isto važi za snagu i nivo generisane sile koja se javlja u uključenim mišićnim grupama. Treće, iako su primećeni značajni efekti primenjenog treninga na kinematičke i kinetičke varijable, moguće je da su grupe ispitanika isuviše male da bi se primetile razlike među

njima. Optimalan obim primenjenog elastičnog opterećenja i stopa povećanja tokom primenjenih treninga je dobra osnova za buduća istraživanja.

U poglavlju **Zaključci** (71 - 73), u skladu sa ciljevima i hipotezama, predloženi su rezultati istraživanja efikasnosti elastičnog opterećenja na povećanje maksimalne brzine pokreta rukom kod učenika i u trenažnom procesu kod sportista. Posmatrajući utreniranost kao faktor koji može da utiče na maksimalnu brzinu udarca zadnji direkt elastično opterećenje se pokazalo veoma efikasnim kod sportista, naročito ako se uzme u razmatranje da je vreme izvođenja ostalo nepromenjeno. Povećavanje intenziteta opterećenja tokom trenažnog procesa dalo je značajne efekte na ispoljenu maksimalnu brzinu udarca i maksimalnu jačinu testiranih mišića opružaća kod ispitanika koji su upotrebljavali elastično opterećenje u okviru eksperimenta. Na izrazito homogenom uzorku sportista primenjeno opterećenje uticalo je na značajno napredovanje jačine mišića opružaća u zglobu lakta, dok su na heterogenom uzorku učenika ispoljene razlike ukazale na svrsishodnu upotrebu elastičnog opterećenja. Povezanost maksimalne brzine udarca i dužine pređenog puta posmatranih segmenata tela ukazuju da su najveće promene ostvarene u dužini pređenog puta zgloba kuka. Angažovanje velikih mišićnih grupa u kinetičkom lancu u cilju savladavanja otpora pomaže bržem pomeranju manjih mišićnih grupa u kinetičkom lancu prilikom udarca zadnji direkt.

Relativno mali obim elastičnog opterećenja u trenažnom procesu, pridodat redovnim treninzima u okviru trenažnog procesa, pokazao se efikasnim u poboljšanju izvođenja zadnjeg direkta kao primera diskretnog pokreta, čak i kod relativno dobro utreniranih sportista.

Generalni zaključak bi bio da su ispitivani uticaji elastičnog opterećenja ukazali na veliku mogućnost primene u trenažnom procesu kada je reč o ispoljavanju i proceni  $V_{max}$  određenog diskretnog pokreta, u ovom slučaju to je bio udarac zadnji direkt, što može da se primeni i u sportskim disciplinama gde su zastupljeni diskretni pokreti, od proksimalnih prema distalnim segmentima tela (Cabral, João, Amado, & Veloso, 2010). Bacanje, udaranje rukom ili nogom, npr. u tenisu, rukometu, odbojci, bacanju koplja, skvošu, bejzbolu ili fudbalu su primeri diskretnih pokreta. Ove pokrete iniciraju proksimalni delovi tela ka distalnim delovima (Marshall & Elliott, 2000).

U poglavlju **Značaj istraživanja** (74 – 76) naglašeno je rešavanje nekoliko bitnih metodoloških problema procene neuromišićnih adaptacija na elastično opterećenje u trenažnom procesu i njegov značaj u sportovima u kojima su zastupljeni brzi diskretni pokreti. Identifikovani su problemi vezani za važna pitanja iz oblasti ispoljavanja i procene  $V_{max}$  diskretnih pokreta i procene ispoljene  $F_{max}$  testiranih mišića. Značaj istraživanja može da bude posmatran sa dva aspekta: teorijskog i praktičnog.

Sa stanovišta teorije, doprinos ovog istraživanja može da bude sagledan kroz sveobuhvatan pregled i sistematizaciju objavljene literature iz oblasti ispoljavanja  $V_{\max}$  diskretnih pokreta i procene  $F_{\max}$  mišića angažovanih u izvođenju tih pokreta. Teorijski prihvatljivo i logično objašnjenje za postojanje pozitivnog efekta upotrebe elastičnog opterećenja u trenažnom procesu pomenutog leži u hipotezi podržanoj sa prezentovanim nalazima.

Značaj praktičnih implikacija može da se posmatra sa aspekta važnog procesa u pripremi svakog sportiste – sportskog treninga. Nalazi iz ovih istraživanja sugerisu da korišćenje elastičnog tipa dodatog spoljašnjeg opterećenja ima prednosti u odnosu na tip dodatog inercionog opterećenja kada se za cilj ima poboljšanje  $V_{\max}$  izvođenja zadatog diskretnog pokreta. Implikacije vezane za ispoljenu maksimalnu jačinu mišića u treningu, odnose se na mogućnost povećanja jačine ekstenzora primenom elastičnog opterećenja.

U poglavlju **Literatura** (77 - 83) navedene su bibliografske jedinice (70) na osnovu kojih je formulisana teorijska osnova i metodološka struktura istraživanja i na osnovu kojih su diskutovani rezultati dobijeni u istraživanjima. Bibliografske jedinice su korektno navedene u tekstu i u spisku literature.

Poglavlje **Prilozi** (84 - 91) sadrži podatke predviđene Pravilnikom o doktorskim studijama Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja i Uputstvom o formiranju repozitorijuma doktorskih disertacija: Izjava o autorstvu (1), Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije dokorskog rada (2), Izjava o korišćenju (3), Odobrenje Etičke komisije Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja Univeziteta u Beogradu za realizaciju istraživanja koja su korišćena za izradu doktorske disertacije (4), Dokaz o objavljenom originalnom naučnom radu u međunarodnom časopisu (5) i Biografiju doktoranda.

### **Kratak opis rezultata istraživanja**

Istraživanje poboljšanja brzine diskretnog pokreta izvršeno je sa ciljem da se ustanovi koje opterećenje može najviše da utiče na kinematičke i kinetičke karakteristike pokreta. Trening sa elastičnim opterećenjem doprineo je povećanju brzine udarca zadnji direkt u odnosu na trening sa bučicama i bez dodatog opterećenja kod učenika gimnazije. S obzirom da su ispitanici koji su radili bez dodatnog opterećenja pokazali određeno poboljšanje, koje je povezano sa učenjem pokreta i poboljšanjem tehnike, u drugom eksperimentu uključeni su takmičari iz različitih udaračkih borilačkih sportova (savate boks, kik boks i boks).

Relativno mali obim elastičnog opterećenja u trenažnom procesu, pridodat redovnim treninzima u okviru trenažnog procesa, pokazao se efikasnim u poboljšanju izvođenja zadnjeg direkta kao primera diskretnog pokreta, čak i kod relativno dobro utreniranih sportista. Uočeno je izrazito povećano učešće pokreta u zglobu kuka, kao i povećanje snage mišića agonista prilikom

pokreta, ali nije uočena razlika u efikasnosti primene elastičnog opterećenja na kinematičke i kinetičke varijable kod sportista različitih udaračkih borilačkih sportova.

Kinematički podaci ukazuju na to da je povećanje brzine ručnog zgloba povezano sa povećanjem brzine svih drugih posmatranih zglobova. Poboljšanje učinka moglo bi da bude i posledica povećanja snage testiranih mišićnih grupa, pri čemu su agonisti (ekstenzori lakta) pokazali porast jačine od 7-10%, dok kod antagonista nije uočeno povećanje jačine. Dobijeni efekti elastičnog opterećenja slični su u sve tri grupe što bi moglo bi da se tumači sličnostima testiranih grupa kada je reč o tehnici izvođenja zadnjeg direkta.

### **Zaključak**

Povećavanje intenziteta opterećenja tokom trenažnog procesa dalo je značajne efekte na ispoljenu maksimalnu brzinu udarca i maksimalnu jačinu testiranih mišića opružaća kod ispitanika koji su upotrebljavali elastično opterećenje u okviru eksperimenta. Ispitivani uticaji elastičnog opterećenja ukazali na veliku mogućnost primene u trenažnom procesu kada je reč o ispoljavanju i proceni  $V_{max}$  određenog diskretnog pokreta, u ovom slučaju to je bio udarac zadnji direkt, što može da se primeni i u sportskim disciplinama gde su zastupljeni diskretni pokreti, od proksimalnih prema distalnim segmentima tela.

### **Moguća dalja istraživanja**

Efikasnost primene elastičnog opterećenja na brze diskretne pokrete primenjeno na udarac zadnji direkt u boksu otvorila je mogućnost primene u različitim kretnim zadacima. Većina sportova u kojima su zastupljeni pokreti otvorenog kinetičkog lanca mogli bi da imaju korist od ovog i sličnih istraživanja. Primena elastičnog opterećenja na pokrete bacanja, udaranja rukom ili nogom, rukometu, odbojci, bacanju koplja, fudbalu, zatim udarcima rekvizitom npr. u tenisu, skvošu, bejzbolu ili badmintonu mogla bi da doprinese novim nalazima koji bi eventualno potvrdili poboljšanje karakterisika pokreta koje iniciraju proksimalni delovi tela ka distalnim delovima.

### **Predlog nastavno-naučnom veću Fakulteta**

Doktorska disertacija Predraga Markovića proistekla je iz izučavanja izuzetno značajnog problema, koji je aktuelan u sportskoj javnosti, a čija metodologija istraživanja je još uvek neusaglašena, čime su dobijeni nekonzistentni nalazi. Istraživanje prikazano u okviru priložene doktorske disertacije u potpunosti je realizovano u skladu sa usvojenim projektom. Dobijeni rezultati omogućavaju objektivnu konkretizaciju istraživnog problema. Rezultati istraživanja će doprineti novim fundamentalnim saznanjima vezano za funkciju mišićnog sistema i njegovu

aktivaciju pod uticajem primene elastičnog opterećenja u ispoljavanjima maksimalne brzine pokreta. Od posebnog značaja mogu biti potencijalni nalazi vezani za adaptacije mišićnog sistema u odnosu na elastično opterećenje primenjeno na sportistima kod kojih su brzi pokreti dominantni u takmičarskom ispoljavanju. Sa stanovišta praktične primenljivosti očekivanih rezultata, moguće je ustanoviti efekat primene elastičnog opterećenja u treningu, kao i stepen uticaja na određene segmente koji su direktno uključeni u vršenje ovakvih pokreta.

Predlažemo da Nastavno-naučno veće Fakulteta prihvati Izveštaj Komisije i utvrdi predlog Odluke o pozitivno ocenjenoj doktorskoj disertaciji Predraga Markovića pod naslovom „EFEKTI ELASTIČNOG I INERCIONOG OPTEREĆENJA NA BRZINU DISKRETNIH POKRETA“ i, u skladu sa pozitivnim zakonskim propisima, uputi Veću društveno-humanističkih nauka na razmatranje.

15.12. 2015. godine

Članovi Komisije:

Vanredni profesor dr Dejan Suzović,  
Univerzitet u Beogradu, Fakultet sporta i  
fizičkog vaspitanja, mentor

Redovni profesor dr Goran Kasum  
Univerzitet u Beogradu, Fakultet sporta i  
fizičkog vaspitanja, član

Redovni profesor dr Slobodan Jarić  
Department of Kinesiology and Applied  
Physiology, University of Delaware, USA,  
član

dr Slađan Milanović, naučni savetnik  
Univerzitet u Beogradu, Institut za  
medicinska istraživanja, član