

Примљено: 24.10.2023			
Фрг.јед	број	Прилог	Вредност
	02-153/23		5

**KOMISIJA ZA PREGLED, OCENU I  
ODBRANU DOKTORSKE DISERTACIJE**

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

**Predmet:** Izveštaj o oceni doktorske disertacije Andrije Vojinovića, studenta sa programa doktorskih studija.

Na 14. sednici Nastavno-naučnog veća Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja održano 07.09.2023. godine, u skladu sa čl. 41-43 Statuta Fakulteta, doneta je Odluka o formiranju Komisije za ocenu doktorske disertacije studenta doktorskih akademskih studija Andrije Vojinovića, pod naslovom: "EFEKTI RAZLIČITIH TIPOVA OPTEREĆENJA NA RELACIJU SILA-BRZINA PRI JEDNORUČNOM I DVORUČNOM IZBAČAJU LOPTE" (akt-02-br. 153/23-4 od 15.09.2023). Komisija je formirana u sastavu:

- Dr Aleksandar Nedeljković, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu – Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, predsednik komisije
- Dr Milan Petronijević, docent, Univerzitet u Beogradu – Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, član
- Dr Ljubomir Pavlović, vanredni profesor, Univerzitet u Nišu – Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, član

Nakon pregleda dostavljenog materijala Komisija podnosi Nastavno-naučnom veću sledeći

**I Z V E Š T A J:**

Kandidat Andrija Vojinović je finalnu verziju doktorske disertacije pod naslovom: EFEKTI RAZLIČITIH TIPOVA OPTEREĆENJA NA RELACIJU SILA-BRZINA PRI JEDNORUČNOM I DVORUČNOM IZBAČAJU LOPTE, predao arhivi fakulteta dana 22.08.2023. godine. Doktorska disertacija je predata u mekom povezu sa obimom od 90 strana. Doktorska disertacija je urađena u potpunosti 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. Disertacija je rezultat dosledno realizovanog projekta predviđenog u okviru elaborata teme doktorske disertacije.

Dana 23.08.2023. godine započet je postupak provere originalnosti podnete doktorske disertacije njenim slanjem Univerzitetskoj biblioteci Svetozar Marković. Proveru originalnosti

podnete doktorske disertacije izvršio je mentor dr Dejan Suzović, redovni profesor koji je konstatovao da utvrđeno podudaranje teksta iznosi 20%. Ovaj stepen, prema mišljenju mentora, posledica je podudarnosti citata, ličnih imena, bibliografskih podataka o korišćenoj literaturi, metodoloških procedura i naziva korišćenih testova i statističkih postupaka, kao i prethodno publikovanih rezultata doktorandovih istraživanja koji su proistekli iz njegove disertacije, što je u skladu sa članom 9. Pravilnika.

Na osnovu svega iznetog, a u skladu sa članom 8. stav 2. Pravilnika o postupku provere originalnosti doktorskih disertacija koje se brane na Univerzitetu u Beogradu, mentor je zaključio da izveštaj ukazuje na originalnost doktorske disertacije, te da se propisani postupak pripreme za njenu odbranu može nastaviti.

### **Biografija**

Andrija Vojinović je rođen 18.05.1977. u Jagodini, gde je završio osnovnu i srednju školu. Fakultet fizičke kulture je upisao 1996. godine i završio 2001. godine. Iste godine je upisao poslediplomske studije. Magistarski rad na temu "Motoričke sposobnosti i morfološke karakteristike rukometaša raličitog ranga takmičenja" je odbranio 16.09.2016. godine na Fakultetu sporta i fizičkog vaspitanja Univerziteta u Beogradu i stekao zvanje magistra nauka iz oblasti fizičkog vaspitanja i sporta.

Od 2017. godine angažovan je na Visokoj sportskoj i zdravstvenoj školi kao predavač na uže stručnim predmetima iz oblasti rukometa. Učestvovao je na konferencijama. Bio je predavač na više seminara. Aktivno se bavio rukometom od 1992 godine. Osvajač je medalja na juniorskim prvenstvima kao igrač i kao trener. Igračku karijeru je završio 2003. godine kada počinje da radi kao kondicioni trener u muškom rukometnom klubu Crvena zvezda.

Pored rada i angažovanja na akademskom polju, razvijao se i usavršavao u stručnoj praksi. Radio je kao personalni i kondicioni trener u fitness klubu Musculus Lux u Beogradu. Osim toga vlasnik je Sportskog kluba AS 7 od 2014. Imao zapažene rezultate u radu sa mlađim kategorijama, sa juniorskom ekipom bio je vicešampion države. Radio je u više seniorskih ekipa R.K. Čukarički, R.K. Nova Pazova, R.K. Crvena Zvezda, RK Radnički Obrenovac

### **Spisak objavljenih radova:**

1. Vojinović, A. (2017) Motoričke sposobnosti i morfološke karakteristike rukometaša različitog ranga takmičenja, II Međunarodna naučna konferencija „SPORT, REKREACIJA, ZDRAVLJE“, Beograd.



2. Vojinovic, A., Janicijevic, D., Petrovic, M., Garcia-Ramos, A., Simic, M., Suzovic, D. (2023) Free weight training vs. elastic band training: what is a more effective strategy for increasing maximal velocity ability during handball throws? *Kinesiology*. 55(1):21-29.

### Ocena važnijih radova kandidata

1. Istraživanje pod naslovom „**Motoričke sposobnosti i morfološke karakteristike rukometaša različitog ranga takmičenja**“ sprovedeno je na uzorku od 24 ispitanika koji su bili podeljeni u dve grupe prema rangu takmičenja. U istraživanju je primenjen eksperimentalni metod transverzalnog tipa. Rezultati su prikazani deskriptivnom statistikom i komparativnom statistikom u kome se primenjena jednostruka analiza varijanse (ANOVA). Nivo statističke značajnosti je  $p < 0.05$ . Rezultati pokazuju da postoje statistički značajne razlike u telesnoj masi između učesnika na nivou značajnosti  $p = 0.009$  \*, procenatu mišićnog tkiva na nivou značajnosti  $p = 0.006$  \* kao i statistički značajne razlike indeksa telesne mase na nivou značajnosti  $p = 0.019$  \* u korist višerangiranih igrača. Analiza rezultata je pokazala da nije bilo statistički značajne razlike u telesnoj visini i telesnoj masti ispitanih grupa. U motoričkim varijablama bilo nekih iznenađenja. Očekivano je bilo da će rukometaši višeg ranga takmičenja postići bolje rezultate, međutim oni su samo u varijablama agilnost i koordinacija postigli bolje rezultate. U drugim varijablama skočnost, brzina i gipkost imali su slične rezultate.
2. Cilj studije pod naslovom „**Free weight training vs. elastic band training: what is a more effective strategy for increasing maximal velocity ability during handball throws?**“ bio je da se proceni efikasnost dva programa treninga (tegovi (T) i elastična traka [ET]) u odnosu na promenu brzine (brzina bacanja rukom [BBR] i maksimalna teoretska brzina [V0]) korišćenjem modeliranja odnosa opterećenje-brzina (L-V). Oba programa su trajala 6 nedelja i sastojala se od izvođenja potiska sa grudi i povlačenja bučica preko ruke koristeći slobodne tegove (T grupa) ili elastične trake (ET grupa). Devetnaest muških studenata sportskih nauka nasumično je raspoređeno u ET (n=10) ili T grupu (n=9). Oba programa treninga su povećala BBR i V0, iako je povećanje bilo veće u T ( $> 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) u poređenju sa ET grupom ( $< 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ). Programi treninga su imali selektivne efekte na varijable snage, jer su tegovi efikasniji u povećanju 1 ponavljajućeg maksimuma, dok su elastične trake efikasnije u povećanju maksimalne izometrijske sile. Uočene su veoma velike korelacije između dve tačke (L-V odnos modelovan kroz dva para L i V podataka) i metoda sa više tačaka (L-V odnos modelovan kroz šest parova L i V podataka) (V0:  $r=0,96$ ; BBR:  $r = 0,93$ ). Svi koeficijenti varijacije pokazali su visoku validnost i za

V0 i za BBR ( $\leq 6,2\%$ ). Sve u svemu, T trening treba koristiti za povećanje brzine izvođenja bacanja, dok metod sa dve tačke za praćenje promena izazvanih treningom.

### **Struktura doktorske disertacije**

Autor je u obrazloženju teme, na početku, probleme istraživanja obradio sa teorijskog aspekta, osvrćući se posebno na mehanička svojstva mišića, na zavisnost sile mišića od brzine njegovog skraćivanja, kao i na podelu motoričkih veština. Uvođenje u problem istraživanja autor vrši posebno kroz pregled dosadašnjih istraživanja u oblasti komponenti opterećenja. Autor takođe daje i analizu problema testiranja brzine šuta. Ciljeve istraživanja autor definiše na osnovu činjenice da u dosadašnjim istraživanjima nema saglasnosti, takođe ni pouzdanih podataka o efektima primene različitih vrsta opterećenja (elastičnog ili kombinovanog) na mehaničke osobine mišića odnosno na ispoljavanje sile, brzine i snage.

Na samom početku obrazlaganja problema istraživanja, autor ističe da je za ostvarivanje sportskog rezultata potrebno da sportista poseduje visok nivo spremnosti koji je u velikoj meri uslovljen njegovim motoričkim sposobnostima. Motoričke sposobnosti su od prvih začetaka sporta posmatrane kao osnovne osobine sportiste definisane kao uslov bez kojeg se ne može u svakom učenju motoričkih zadataka neke određene tehnike. One u različitim aktivnostima, objedinjuju psihološke, funkcionalne i biohemijske procese. Nepravilno usklađene motoričke sposobnosti sportiste onemogućavaju postizanje vrhunskih rezultata. Autor dalje ističe da je na svaku motoričku sposobnost moguće uticati, što je posebno značajno za sportske aktivnosti, bilo da je reč o rekreativnom ili vrhunskom sportu.

Autor se bavi problemom sile, brzine i snage kao motoričkih sposobnosti. Osobine mišića ispoljene kroz silu, brzinu i snagu, imaju veliki udeo u uspešnosti vršenja fizičkih aktivnosti. Silu predstavlja sposobnost savladavanja otpora, ili suprotstavljanje opterećenju, prvenstveno pomoću mišićnog naprezanja (Zatsiorski, 1969). Može se teorijski smatrati i mehaničkom karakteristikom i ljudskom sposobnošću. Sila se predstavlja kao važan element koji obezbeđuje nesmetano funkcionisanje svih delova motornog sistema, odnosno smatra se merom ljudskog izvođenja kretanja (faktor premeštanja tela u prostoru). Sila kao takva predstavlja međusobnu povezanost i funkcionisanje svih neuromišićnih elemenata - neuralnih, mišićnih i mehaničkih faktora (Enoka, 1988). Određuje se i kao maksimalnu silu koja nastaje tokom maksimalne voljne kontrakcije u zadatim uslovima (Abernethy, Wilson, & Logan, 1995).

Ispoljavanje sile kao posledica naprezanja mišića zavisi od niza faktora: (1) poprečnog preseka mišića, (2) dužine mišića, (3) promene dužine mišića i brzine promene, (4) dužine poluge na koju mišić deluje, (5) dejstva centralnog ili perifernog pripoja mišića, (6) režima rada mišića,



(7) veličine spoljašnjeg opterećenja, (8) jačine suprotstavljanja mišića antagonista i dr. (Kukolj, 2006).

Sa druge strane, autor brzinu definiše kao motoričku sposobnost koja podrazumeva sposobnost izvođenja pokreta ili kretanja maksimalno mogućom brzinom za date uslove, pri čemu se pretpostavlja da spoljašnji otpor nije veliki i da aktivnost ne traje dugo, kako ne bi došlo do zamora (Zaciorski, 1975). Kukolj (2006) dopunjuje definiciju brzine gde govori da je brzina kretanje čija složenost nije velika, kako bi ispitanik bio skoncentrisan samo na izvođenje pokreta i realizaciju maksimalnom brzinom, ali ne i na način na koji to kretanje treba da se izvrši. Za razliku od drugih motoričkih sposobnosti brzina je najvećim delom genetski određena 95% (Malacko & Rađo, 2004) i zavisi od kompozicije brzih i sporih mišićnih vlakana sportiste, odnosno od broja i procenta tzv. brzih mišićnih vlakana.

Konačno, po autoru snaga predstavlja sposobnost mišića da deluje relativno velikim silama, pri umerenom spoljašnjem otporu, ali pri velikim brzinama skraćanja mišića (Kukolj, 2006). Sa mehaničkog aspekta snaga ( $P$ ) se definiše kao vreme ( $t$ ) potrebno da se savlada određeni rad ( $A$ ) jednačina (2.1), gde je rad proizvod sile ( $F$ ) koja deluje na predmet i distance ( $\Delta S$ ) koju taj predmet pređe u pravcu u kom deluje sila ( $F$ ) jednačina (2.2). Snaga ( $P$ ) se može izračunati i kao proizvod sile ( $F$ ) koja deluje na određeni predmet i brzine ( $V$ ) tog predmeta u pravcu u kome sila deluje.

Razvoj maksimalne snage zavisi od sposobnosti nervnog sistema da na odgovarajući način aktivira motorne jedinice koja predstavlja skup mišićnih vlakana koji su inervisani jednim nervnim završetkom, odnosno od neuralnih faktora. Aktivacija mišića kontrolisana je od strane nervnog sistema, i u zavisnosti je od unutar-mišićne i među-mišićne koordinacije (McMahon, 1984). Na unutar-mišićnu koordinaciju utiče broj aktivnih motornih jedinica, frekvencija njihove aktivacije (nivo prenošenja nervnih impulsa od alfa motoneurona do mišićnih vlakana), i njihova sinhronizacija rada. Među-mišićna koordinacija, predstavlja međusobnu koordinaciju između aktiviranih agonista, antagonista i sinergista.

Na kraju, autor ističe da je ispoljavanje sile, brzine i snage mišića prisutno pri svakodnevnim aktivnostima i zavisi od niza međusobno povezanih faktora koji su od velikog značaja za razumevanje mehaničkih svojstava mišića.

U daljem obrazlaganju problema istraživanja, autor se u posebnom poglavlju bavi mehaničkim svojstvima mišića, jer se njihovim razumevanjem i poznavanjem može se razumeti funkcija pokreta sportiste. Testiranje je veoma bitno i sastavni je deo sporta, rehabilitacije i

terapije. U praksi se testiranje primenjuje da bi stručnjaci mogli da saznaju trenutno stanje sportiste ili pacijenta, da prate njegov napredak i da ih upoređuju sa drugim rezultatima. Na osnovu dobijenih rezultata prate se određeni efekti treninga ili rehabilitacije. Za selekciju testova, pored evaluacije metrijskih karakteristika, od presudnog značaja su i specifičnosti datog sporta (npr. metabolički energetska sistem i biomehanički obrazac), iskustvo sportista, nivo utreniranosti, uzrast, pol, kao i spoljašnji faktori (Baechle & Earle, 2008).

U odnosu na temu doktorske disertacije, posebno je važno razumevanje zavisnosti sile mišića od brzine njegovog skraćenja. Autor se, stoga, u okviru posebnog poglavlja bavi obrazlaganjem relacije sila-brzina, kroz pregled dosadašnjih istraživanja. Sva istraživanja ovog problema se mogu podeliti u tri grupe: (1) istraživanja koja su posmatrala F-V relaciju u izolovanim mišićima; (2) istraživanja F-V relacije u jednozglobnim pokretima i (3) istraživanja F-V relacije u višezglobnim pokretima.

Za razliku od istraživanja u izolovanim mišićima koja su podrazumevala merenja sile i brzine *in vitro*, istraživanja koja su ispitivala F-V relaciju na jednozglobnim i višezglobnim pokretima podrazumevala su merenje sile i brzine *in vivo*. Ovakva merenja podrazumevala su određivanje sile i brzine na živim organizmima u netaknutom biološkom okruženju. posmatrajući istraživanja na izolovanom mišiću kod kojih je merena generisana sila (u samom mišiću), kod istraživanja *in vivo* merena je ispoljena sila. Kod istraživanja koji su ispitivali F-V relaciju kod jednozglobnih i višezglobnih pokreta određivan je najčešće moment mišićne sile, a ne sama mišićna sila. Kada je reč o brzini kod izolovanih mišića brzina je direktno merena kao brzina njegovog skraćenja. Kod jednozglobnih pokreta brzina je predstavljala ugaonu brzinu u odgovarajućem zglobu, dok je kod višezglobnih pokreta najčešće merena brzina centra mase datog sistema ili brzina kraja kinetičkog lanca (Hardyk, 2000).

Linearna F-V relacija kod višezglobnih pokreta tokom dužeg vremenskog perioda nije bila predmet istraživanja. Krajem prošlog i početkom ovog veka istraživači uočavaju značaj ove relacije, pa je danas sve veći broj naučnih radova koji opisuju linearnu relaciju između sile i brzine. Ispitivanja su vršena različitim motoričkim testovima mišića ruku i ramenog pojasa i nogu: izbačaj tega sa grudi (Cronin et al., 2003; Sreckovic et al., 2015), bacanje lopte jednom rukom (Van Den Tillaar & Ettema, 2004), veslanje na ergometru (Sprague et al., 2007), Okretanje pedala na ergometru za ruke (Nikolaidis, 2012; Vandewalle, Peres, Sourabie, Stouvenel, & Monod, 1989; Vanderthommen et al., 1997).

Relacija F-V omogućava da se na osnovu više različitih intenziteta odrede parametri maksimalne sile, brzine i snage. Dobijena sila i brzina pri različitim opterećenjima kod



višezglobnih pokreta mogu se analizirati primenom linearnog regresionog modela. Ovaj model korišćenjem standardne jednačine linije regresije omogućava izračunavanje:  $F(V) = F_{max} - aV$ , gde  $F_{max}$  predstavlja parametar maksimalne sile, a nagib relacije. Na osnovu poznavanja ovih parametara moguće je izračunavanje parametara maksimalne brzine:  $V_{max} = F_{max}/a$ . Preko parametara  $F_{max}$  i  $V_{max}$  može se odrediti i parametar maksimalne snage ( $P_{max}$ ):  $P_{max} = F_{max} V_{max}/4$ . Zaključuje se da se preko datog linearnog modela dobijaju četiri međusobno zavisna parametara  $F_{max}$ ,  $V_{max}$ ,  $a$  i  $P_{max}$  koji opisuju oblik F-V i P-V relacije testiranog mišića. Nagib regresione prave direktno ukazuje na odnos između sile i brzine. Veći nagib ukazuje na veće vrednosti  $F_{max}$ , dok manji nagib ukazuje na veće vrednosti  $V_{max}$ .

Primena linearnog regresionog modela je od značaja, kako u sportu tako i u rehabilitaciji kako bi se pravilno upravljalo opterećenjima na treningu i dobio maksimalni efekat primenjenog programa. Linearna F-V relacija upravo određivanjem parametara maksimalne sile, brzine i snage omogućava da se dobije potpunija slika o osnovnim mehaničkim osobinama mišića. Iz linearne F-V relacije može se odrediti i P-V relacija koja je za razliku od relacije kod jednozglobnih pokreta jednostavnija za korišćenje i izračunavanje. Iz parametara koji se dobiju iz F-V relacije pri testiranju potrebno je da se izvrši njihova evaluacija kako bi pokazala njihovu pouzdanost, validnost i osetljivost.

Potpuna slika o mehaničkim osobinama mišića može se steći na osnovu F-V relacije i mogu se kompezovati nedostaci standardnih procedura testiranja. Da bi F-V relacija bila primenjena u testiranju, a samim tim i njeni parametri, potrebno je da sama procedura testiranja bude jednostavna i ekonomična za izvođenje. To znači da je neophodno standardni regresioni model (koji je osnova za određivanje F-V relacije i podrazumeva testiranje sa većim brojem različitih opterećenja) pojednostaviti na osnovu primene manjeg broja eksperimentalnih tačaka, time skratiti proceduru testiranja i povećati efikasnost testiranja usled smanjenog zamora, a istovremeno omogućiti procenu osnovnih mehaničkih osobina mišića.

Autor, takođe, daje podelu motoričkih veština, osvrćući se posebno na one koje su prisutne u rukometu, kao sportskoj igri. Naime, autor analizirajući rukomet utvrđuje da je u pitanju kompleksna sportska igra u kojoj učestvuje veliki broj igrača koji su u stalnom kretanju. Takođe može se zaključiti da u mnogome zavisi od određenih motornih veština (Vuleta, 2004). Neke od njih su zatvorene veštine, ali u glavnom za rukomet se kaže da je to igra karakteristična po otvorenim veštinama. Motorne veštine su složeni obrasci kretanja koji zavise od nivoa motoričkih sposobnosti pojedinca, samim tim zahtevaju učenje u cilju postizanja nekog konkretnog zadatka uz minimalno trošenje vremena i energije i maksimalnu sigurnost prilikom izvođenja (Schmidt i

Wrisberg, 2000). Prilikom proučavanja motornih veština, pokreti se najčešće klasifikuju prema određenoj šemi. Dve najvažnije klasifikacione šeme za podelu motoričkih veština su: diskretna, kontinuirana i serijska veština, koja se zasniva na načinjenim pokretima, kao i otvorene i zatvorene veštine. (Schmidt & Lee, 2005). Autor smatra da je klasifikacija pokreta i motoričkih radnji važna je iz dva razloga. Prvi je razumljivost termina za opisivanje zadataka i pokreta. Drugi razlog je da zakoni motoričkog ponašanja zavise od vrste posmatranih pokreta. Drugačije rečeno, relacije između određenih nezavisnih i zavisnih varijabli se neretko razlikuju, kada se uporede dva, ili više faktora. Bez klasifikacije, zakoni motoričke kontrole bili bi znatno teži za razumevanje.

Uvođenje u konkretan problem predloženog istraživanja, autor vrši kroz pregled dosadašnjih istraživanja u oblasti komponenti opterećenja. Tokom kretanja čovek svojom svakodnevnom aktivnošću savlađuje silu spoljašnjeg opterećenja, a to je najpribližnije treningu sa izoinercijalnom vrstom opterećenja (zavisi od mase) koju karakterišu dve komponente – gravitaciona i inerciona. Gravitaciona komponenta opterećenja ima vertikalni pravac i prouzrokovana je gravitacionom silom, dok inerciona komponenta ima pravac i obrnuti smer od ubrzanja segmenata tela ili celog tela. Gravitaciona komponenta predstavlja konstantnu silu, dok se inerciona komponenta menja u vremenu proporcionalno ubrzanju centra mase tela. Intenzitet gravitacione komponente najviše zavisi od pravca pokreta (u vertikalnom pravcu je najveća), dok intenzitet inercione komponente zavisi od ubrzanja i mase koja se ubrzava (što su veće vrednosti proizvoda mase i ubrzanja, veći je i intenzitet inercione komponente).

Može se reći da ima malo radova koji su se bavili primenom različitih tipova opterećenja u različitim motoričkim zadacima koji podrazumevaju angažovanje ruku i njihov uticaj na F-V relaciju. Iz prethodnog uočeno je da je F-V relacija koja se dobija pri složenim višezglobnim pokretima približno linearnog oblika, i da je moguće na osnovu nje izvesti zaključke i o onim parametrima koji nisu direktno dobijeni.

Pregledom literature i istraživačkih radova koji se bave primenom različite vrste opterećenja otvara se pitanje primene vrste opterećenja u trenažnom procesu, odnosno koji je tip opterećenja u trenažnom procesu efikasniji.

Na kraju, autor obrazlaže karakteristike testova za procenu brzine šuta, sa posebnim osvrtom na brzinu šuta u rukometu. Šut ili izbačaj lopte u rukometu, je jedan od najvažnijih elemenata igre od kojeg zavisi krajni ishod utakmice. Kvalitetan ili efikasan šut podrazumeva visok nivo preciznosti i brzine. Najviše su vršena istraživanja vezana za šut u timskim sportovima pre svih u fudbalu i rukometu. Problem sa kojim su se susretali istraživači bili su vezani za validaciju varijabli i metoda procene brzine šuta. Nedostatak testova za procenu brzine šuta



istraživačima je bio dovoljan podsticaj za kreiranje novih testova i protokola testiranja. Izbor testova treba da omogući adekvatnu procenu karakteristika šuta.

S obzirom na značaj procene karakteristika šuta i nedostatak objektivnih i pouzdanih testova za njihovu procenu, autor je zaključio da je potrebno evaluirati nove varijable za direktnu procenu pomenutih karakteristika, čime bi se stvorili uslovi za dalji razvoj ove oblasti.

Na osnovu pregledane literature i uočenih problema u vezi sa rezultatima dobijenim primenom elastičnog i kombinovanog opterećenja u trenažnom procesu, realizovano je istraživanje, čiji je osnovni zadatak bio da se uporede efekti elastičnog i kombinovanog opterećenja na brzinu pokreta prilikom izbačaja rukometne i košarkaške lopte sa grudi u sedećem položaju.

Autor je uočio da u rezultatima dosadašnjih istraživanja nema saglasnosti, takođe ni pouzdanih podataka o efektima primene različitih vrsta opterećenja (elastičnog ili kombinovanog) na mehaničke osobine mišića odnosno na ispoljavanje sile, brzine i snage. Da bi se prevazišli nedostaci prethodnih istraživanja, autor je smatrao da je neophodno opisati ispoljavanje F-V relacije, odnosno utvrditi da li je moguće detektovati razlike u mehaničkim osobinama mišića (sila, brzina i snaga) nastalih pod uticajem različitih vrsta opterećenja.

Ovim istraživanjem rešavao se problem F-V relacije prilikom izbačaja rukometne lopte, uz primenu različitih tipova dodatog spoljašnjeg opterećenja, posmatran na uzorku studenata Univerziteta u Beogradu.

Na osnovu uočenog problema, formulisani su predmet, ciljevi i zadaci istraživanja.

Predmet ovog istraživanja odnosio se na objašnjenje primene elastičnog i kombinovanog opterećenja u trenažnom procesu, uticaj treninga na ispoljavanje brzine i sile pri pomenutim opterećenjima, i njihova primena u sportovima u kojima su zastupljeni pokreti slični pokretima prilikom izbačaja rukometne lopte i košarkaške lopte.

Na osnovu rezultata u dosadašnjim istraživanjima, postavljeni su sledeći ciljevi:

Glavni cilj ovog istraživanja bio je da se utvrde i analiziraju efekti treninga sa različitim vrstama opterećenja na mehaničke osobine mišića.

Pojedinačni ciljevi istraživanja realizovali su se kroz dva eksperimenta.

1. Ispitati linearnost F-V relacije pri šutu lopte jednom rukom (Eksperiment 1).

2. Ispitati linearnost F-V relacije pri izbačaju lopte sa grudi (Eksperiment 2).
3. Istražiti efekte treninga izbačaja rukometne lopte pri različitim vrstama opterećenja na mišićnu brzinu i silu (Eksperiment 1).
4. Istražiti efekte treninga izbačaja sa grudi pri različitim vrstama opterećenja na mišićnu brzinu i silu (Eksperiment 2).
5. Proveriti mogućnost primene modela dva opterećenja na izbačaj lopte jednom rukom.

Zadaci koje je trebalo realizovati kako bi se ostvarili postavljeni ciljevi istraživanja: Formirati grupe ispitanika na osnovu definisanih kriterijuma (IPAQ upitnik); Odrediti morfološke karakteristike ispitanika; Upoznati ispitanike sa motoričkim testovima koji će se primeniti; Izračunati parametre maksimalne sile i maksimalne brzine dobijenih iz F-V relacija; Konstruisati standardni regresioni model i model dva opterećenja; Proceniti i objasniti razlike i efekte postignute upotrebom elastičnog opterećenja u trenažnom procesu u odnosu na efekte postignute upotrebom inercionog opterećenja u trenažnom procesu i treninga bez dodatog opterećenja; Utvrditi razlike u maksimalnoj brzini izbačaja rukometne lopte kod ispitanika iz sve tri analizirane grupe (grupe koja će raditi sa elastičnim opterećenjem, grupe koja će raditi sa inercionim opterećenjem i kontrolne grupe-bez dodatog opterećenja); Utvrditi razlike u maksimalnoj brzini izbačaja košarkaške lopte kod ispitanika iz sve tri analizirane grupe (grupe koja će raditi sa elastičnim opterećenjem, grupe koja će raditi sa inercionim opterećenjem i kontrolne grupe-bez dodatog opterećenja); Izmeriti maksimalne sile ( $F_{max}$ ) mišića u testu vučenja dominantnom rukom ležeći iznad glave na klupi; Izmeriti 1PM mišića opružaća u zglobu lakta u testu dvoručnog potiska sa grudi. Izvršiti statističku analizu dobijenih podataka; Prikazati i interpretirati nalaze.

Na osnovu istraživanja iz oblasti elastičnog i kombinovanog opterećenja, i značaja da se utvrde efekti i karakteristike elastičnog opterećenja u trenažnom procesu u različiti sportskim aktivnostima u kojima su zastupljeni brzi – diskretni pokreti, za ovo istraživanje definisane su sledeće hipoteze: H1 – relacije sile i brzine biće približno linearne; H2 – parametri F-V relacije se razlikuju u zavisnosti od primene različitih vrsta opterećenja; H3 – primena kombinovane vrste opterećenja rezultiraće većom brzinom izbačaja rukometne lopte u odnosu na trening sa gumama; H4 – primena kombinovane vrste opterećenja rezultiraće većom brzinom izbačaja košarkaške lopte u odnosu na trening sa gumama; H5 – pri kombinovanoj vrsti opterećenja F ima najveću povezanost sa direktno procenjenim vrednostima jednog ponavljajućeg maksimuma (1PM); H6 – pri kombinovanoj vrsti opterećenja F ima najveću povezanost sa direktno procenjenim vrednostima maksimalne izometrijske sile



U eksperimentalnom istraživanju učestvovalo je 30 studenata Univerziteta u Beogradu. Bili su podeljeni u tri grupe, dve eksperimentalne i jednu kontrolnu. Kriterijumi za učešće u studiji bili su da ispitanici nemaju hronične bolesti i da u poslednjih 6 meseci nisu pretrpeli povrede koje bi mogle da utiču na rezultate testiranja. Ispitanici su bili upoznati sa protokolima testiranja, kao i mogućim rizicima koje nosi eksperiment.

Eksperimentalni deo istraživanja bio je realizovan u Metodičkoj istraživačkoj laboratoriji (MIL) Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja, Univerziteta u Beogradu. Istraživanje će bilo sprovedeno u dve odvojene sesije između kojih su ispitanici trenirali u grupama, šest nedelja. Jedna grupa je radila sa inercionim opterećenjem, a druga sa elastičnim opterećenjem. Svi ispitanici su bili testirani po istom protokolu od strane istih merilaca.

Na osnovu metodološke prirode varijable su bile podeljene u dve grupe.

Prvu grupu činile su nezavisne varijable morfološkog statusa: visina tela (VT), masa tela (MT) i indeks mase tela (IMT).

Drugu grupu činile su varijable motoričkog statusa: brzina pokreta (pri čemu su posmatrani segmenti tela rame, lakat i šaka), maksimalna izometrijska sila opružača u zglobu lakta ( $F_{maxtb}$ ) u testu dominantnom rukom ležeći na klupi i 1PM mišića opružača u zglobu lakta u testu dvoručnog potiska sa grudi.

Proceni motoričkog statusa ispitanika prethodila je standardna desetominutna procedura zagrevanja. Sva testiranja uvek su vršili isti merioci, prema unapred zadatim protokolima. Testovi su bili primenjivani u promenljivom rasporedu, kako bi se izbegao uticaj zamora.

Eksperimentalni zadatak za sve ispitanike bio je ispoljavanje maksimalne brzine izbačaja rukometne lopte u zadatim uslovima merenja. Ispitanici su dobili instrukcije da razviju maksimalnu brzinu izbačaja rukometne lopte. Svaki ispitanik imao je tri probna pokušaja izbačaja lopte po izboru. Nakon toga u testu (MBIRL) su izvodili tri pokušaja izbačaja lopte različite težine koje su se snimali 3D kamerama (Qualisys Pro Reflex MCU 120 Motion Capture System, Sweden) i Doppler-radar gun (Sports Radar 3300, Sports Electronics Inc). Prilikom testiranja bile su korišćene lopte različite težine (0,5kg; 1kg; 1,5kg; 2kg; 2,5kg i 3kg).

Izometrijska sila pregibača u zglobu lakta (m. biceps brachii, m. brachialis i m. brachioradialis) i opružača u zglobu lakta (m. triceps brachii) merena je primenom standardnih testova sile. Ispitanici su, takođe, mogli vizuelno da prate ispoljenu jačinu na monitoru računara, a sve vreme su dodatno bili verbalno motivisani kako bi ispoljili maksimalnu silu i što je moguće

bolje uradili zadatak na testiranju. Određivane su maksimalne vrednosti sile i to automatski preko zabeležene krive pomoću specijalnog softvera.

Eksperimentalni zadatak za sve ispitanike bio je ispoljavanje maksimalne brzine izbačaja košarkaške lopte u zadatim uslovima merenja što je moguće brže. Prilikom testiranja bile su korišćene lopte različitog opterećenja (0,28kg; 0,56kg; 1kg; 2kg; 3kg; 4 kg; 5kg i 6kg). 3D kamera (Qualisys Pro Reflex MCU 120 Motion Capture System, Sweden) i Doppler-radar gun (Sports Radar 3300, Sports Electronics Inc) beležene su brzine pokreta ispoljene prilikom izbačaja košarkaške lopte. Kako bi se što preciznije izmerile brzine i ubrzanja prilikom testiranja, ispitanicima je bio pričvršćen marker na sagitalnu projekciju processus styloideus ulnae.

Testiranje 1PM bilo je sprovedeno prema do sada uspostavljenoj proceduri (McBride i sar., 1999; Markovic i Jaric, 2007). Testiranje 1PM izvršeno je uz pomoć Smit mašine na kojoj su bili postavljeni graničnici, kako bi se precizno odredila početna visina na kojoj se nalazila klizna šipka. Graničnici su bili neophodni kako bi se obezbedio isključivo koncentrični režim rada mišića. Ispitanici su zauzimali položaj ležeći na leđima na ravnoj klupi, ostvarujući kontakt sa njom celim leđima, dok su stopalima bili oslonjeni na pod. Vertikalna projekcija klizne šipke prolazila je sredinom grudnog koša. Nakon specifičnog zagrevanja pristupalo se testiranju 1PM. Ispitanici su imali maksimalno 3 pokušaja za procenu 1PM.

Eksperimentalnim istraživanjem bila su obuhvaćena dva merenja. Inicijalno merenje bilo je obavljeno pre početka sprovođenja trenaznog procesa, dok je drugo, finalno merenje bilo urađeno šest nedelja nakon prvog merenja, po završetku planiranog vežbanja. U okviru prvog merenja bilo je sprovedeno: merenje brzine izbačaja lopte uz pomoć kamera za snimanje pokreta, maksimalne izometrijske sile opružaća ( $F_{maxtb}$ ) u zglobu lakta i 1PM.

Procedura istraživanja sastojala se od šestonedeljnog vežbanja tri puta nedeljno. Ispitanici su metodom slučajnog uzorka bili podeljeni u tri grupe po 10 ispitanika (dve eksperimentalne i jedna kontrolna).

Grupa 1 je u okviru eksperimentalnog istraživanja upotrebljavala elastične Tuber gume dužine 1,2m. Koeficijenti elastičnosti korišćenih guma kao rekvizita za primenu elastičnog opterećenja u trenaznom procesu su u opsegu od 45 do 205N/m za imitaciju izbačaja rukometne lopte, odnosno od 75 do 300N/m za potisak sa grudi imitirajući izbačaj košarkaške lopte. Gume su jednim krajem privezane za pritku ribstola, dok drugi kraj ili krajeve ispitanici drže u ruci. Ispitanici su izvodili vežbe u 6 serija po 10 ponavljanja. Vežba se izvodila u sedećem položaju gde je početni položaj guma istegnut na 15cm, a ruka u položaju za izbačaj lopte. Ispitanici su



vršili imitaciju izbačaja rukometne i košarkaške lopte. Intervali odmora između serija bili su 45 do 60 sekundi. Svake nedelje opterećenje je bilo progresivno povećavano većom elastičnošću gume ili povećanjem udaljenosti ispitanika od oslonca gume.

Grupa 2 u okviru eksperimentalnog istraživanja upotrebljavala je bučice i tegove kao rekvizite za primenu inercionog opterećenja u trenažnom procesu, držeći bučice u dominantnoj ruci kojom su izvodili imitaciju izbačaja rukometne lopte i tegove dok rade uski potisak sa grudi. Svake sedmice opterećenje je bilo povećavano za 1kg pri izbačaju bučice i 10% od prethodnog opterećenja pri uskom potisku sa grudi.

Grupa 3 je kontrolna grupa koju su činili ispitanici koji nisu u trenažnom procesu i koji se tokom eksperimentalnog perioda nisu bavili fizičkim aktivnostima koje zahtevaju rad sa inercionim i elastičnim opterećenjem.

Za potrebe ovog istraživanja, u cilju prikupljanja i obrade dobijenih podataka povezanih sa maksimalnom brzinom izbačaja rukometne lopte i košarkaške lopte, bio je korišćen programski paket za snimanje pokreta i promene položaja markera u prostoru Qualisys Track Manager. Za prikupljanje podataka u vezi sa jačinom mišićnih kontrakcija bio je korišćen program urađen u programskom paketu LabView. Kriva sila – vreme za sve grupe mišića beležena je frekvencijom od 500 Hz, sa niskopropusnim filterom od 10 Hz (Butterworth filter), kao i 1RM.

Svi eksperimentalno dobijeni rezultati bili su obrađeni metodama deskriptivne statistike. Za procenu pouzdanosti svih zavisnih varijabli dobijenih iz standardnih testova sile Fmax, između prvog i drugog pokušaja bili su izračunati koeficijenti korelacije.

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

Glavni nalazi pokazali su da: (1) obe metode treninga su poboljšale kapacitet brzine, međutim, veličina ovog prirasta bila je veća za ST grupu, (2) nema razlike u veličini BIRL i V0 kada se dobija metodom dve tačke i metodom više tačaka, (3) obe metode treninga značajno su povećale kapacitet snage ispitanika, iako je veličina promena bila mala za Fmax i 1PM UDPG u ST i EG grupama, umerena za 1PM UDPG u ST grupi, a velika za Fmax u grupi EG i (4) korelacije između varijabli snage i brzine generalno su bile nedosledne i trivijalne do umerene. Ukratko, ST je efikasnija metoda treninga za povećanje kapaciteta brzine mišića uključenih u bacanje

rukometne lopte, dok se L–V odnos može pouzdano koristiti za procenu BIRL-a i V0 i to bi se po mogućnosti trebalo učiniti modelovanjem metode dve tačke.

Glavna novina ovog istraživanja je da direktno upoređuje efektivnost dva često korišćena programa treninga na BIRL i V0. Takođe, interesantno je da je autor primetio veće pomake u BIRL i V0 nakon treninga sa slobodnim tegovima u poređenju sa treningom sa elastičnim gumama. Moguće objašnjenje za ovaj rezultat mogao bi biti stvarna mehanika pokreta. Konkretno, kada su učesnici izvodili vežbe koristeći EG, stvarno opterećenje ide od nižeg ka višem nivou, dok elastična traka izdužuje, što je suprotan mehanizam od stvarnog bacanja tokom kojeg bi mišići trebalo da razvijaju više snage na početku u odnosu na kraj pokreta.

I ST i EG modeli treninga povećali su veličinu promenljive snage, iako su učesnici koji pripadaju ST grupi povećali više od 1PM UGPG, dok su učesnici koji pripadaju EG grupi povećali više Fmax-a. Povećanje u kapacitetu brzine u sprovedenoj studiji nisu praćeni istim pomacima kapaciteta snage i obrnuto. Svi ovi nalazi govore u prilog neophodnosti istraživanja kapaciteta snage mišića uključenih u akciju bacanja rukometne lopte odvojeno od procene brzine izbačaja. Moguće ograničenje ove studije je da autor nije uključio rukometaše kao učesnike zbog njihovog gustog rasporeda tokom sezone. Buduća istraživanja bi trebalo da istraže da li se ista metodologija (ili metoda dve tačke) može primeniti za procenu BIRL i V0 amaterskih i profesionalnih rukometaša, kao i da li će ST trening biti efikasniji od EG treninga.

Ova studija nosi nekoliko važnih praktičnih zaključaka. Prvo, utvrđeno je da je ST tip efikasniji od EG tipa za povećanje brzine izbačaja lopte i V0 studenata Univerziteta u Beogradu. Drugo, metoda dve tačke je izvodljivo rešenje za procenu brzine izbačaja lopte i V0. Da bi napravili modele relacije L–V koristeći metodu dve tačke, u praksi bi trebalo da se zabeleže izlazne brzine dva bacanja lopte (jedno bacanje lopte veoma lakog opterećenja [i.e., lopta lakša od 0,5 kg] i drugo bacanje najtežeg opterećenja koje ne ugrožava tehniku bacanja [i.e., zavisi od učesnika; 3 kg u našoj studiji]). Na taj način, metoda dve tačke će otkriti i brzinu izbačaja lopte i V0 i samim tim pružiti sveobuhvatnije informacije o kapacitetu brzine učesnika, nego što bi to bilo učinjeno procenom samo brzine izbačaja lopte. Treće, i ST i EG su bili efikasniji za povećanje kapaciteta brzine u odnosu na manja opterećenja, koja se takođe mogu istražiti primenom metode dve tačke (npr. ispitivanje nagiba relacije L–V). Četvrto, implementiran trening snage je imao selektivne efekte na naše promenljive, ST trening je povećao više 1PM UGPG, dok je EG povećao više Fmax-a. I na kraju, poboljšanja kapaciteta brzine nisu praćena pomacima snage, što potvrđuje činjenicu da su to prilično različiti kapaciteti i da ih, samim tim, treba testirati nezavisno. Sve u svemu, ST trening bi trebalo da se koristi za povećanje performansi kapaciteta brzine bacanja



rukometne i košarkaške lopte, dok bi metoda dve tačke trebalo da se koristi za sistematsko praćenje tih promena.

Na osnovu analize korišćene literature može se zaključiti da je prezentovana obimom od 137 referentnih jedinica, od kojih je 124 (91.49%) iz inostranih izvora sa Anglo-Saksonskog govornog područja, dok je 13 (8.51%) iz domaće bibliografije. Od ukupnog broja referenci student Andrija Vojinović je kao autor ili ko-autor učestvovao u izradi 2 bibliografske jedinice. Podatak da je kandidat do sada iz oblasti teme projekta doktorske disertacije publikovao, odnosno neposredno citirao dve (2) referentne jedinice tj. naučna rada upućuje na zaključak o usmerenom i predanom naučno-istraživačkom radu autora.

Poglavlje Prilozi sadrži između ostalog i podatke predviđene Pravilnikom o doktorskim studijama Fakulteta sporta i fizičkog vaspitanja i Uputstvom o formiranju repozitorijuma doktorskih disertacija: (1) Saglasnost Etičkog komiteta za realizaciju istraživanja; (2) Osnovne informacije o ispitaniku; (3) Saglasnost ispitanika sa procedurom istraživanja; (3) Naslovna strana objavljenog rada; (4) Biografija; (5) Bibliografija; (6) Izjava o autorstvu; (7) Izjava o istovetnosti stampane i elektronske verzije dokorskog rada; (8) Izjava o korišćenju;

### **Ostvareni rezultati i naučni doprinos disertacije**

Cilj istraživanja bio je da se ustanove potencijalni efekti treninga u kojima su primenjene različite vrste dodatog opterećenja i njihov uticaj na mehaničke parametre mišića kao što su sila, brzina i snaga. Istovremeno je vršena analiza relacije sila-brzina na višezglobnim pokretima koje se primenjena na različite testove u kojima su učestvovali mišići ruku i ramenog pojasa. Imajući u vidu da su sila i brzina veoma zastupljene u sportskim aktivnostima, sam značaj ovog istraživanja može da se očekuje u dodatnom, boljem razumevanju funkcionisanja mišićnog sistema u višezglobnim pokretima primenom različitih vrsta opterećenja. U skladu sa dobijenim rezultatima moguće je očekivati da se utvrdi uticaj elastičnog i inercionog opterećenja na relaciju sila-brzina pri jednoručnom i dvoručnom izbačaju lopte. Analizom dobijenih rezultata na osnovu strukture pokreta moguće je predvideti eventualni transfer na sportske aktivnosti u kojima se primenjuje izvođenje brzih pokreta dominantnom rukom: razna bacanja ili udaranje rukom, npr. u tenisu, rukometu, odbojci, bacanju koplja, skvošu, bejzbolu...

Primena modela dva opterećenja imaće najveći značaj u praksi. Skratice se vreme trajanja testiranja, izbeći će se zamor ispitanika i dobićemo neophodne informacija o mehaničkim svojstvima mišića. Potrebno je standardizovati procedure testiranja da bi model dva opterećenja bio primenjiv u praksi. Testovi bi pružali trenerima mogućnost praćenja napredovanja sportista tokom sezone. Rezultati dobijeni u ovom istraživanju zasnivaju se populaciji koju čine studenti

Univerziteta u Beogradu. S obzirom da oni ne predstavljaju uzorak profesionalnih sportista opravdano se nameće dilema koliko se dobijeni rezultati mogu generalizovati na vrhunske sportiste. Kao rešenje ove dileme ostaje mogućnost da se slična istraživanja realizuju na profesionalnim sportistima kod kojih je zastupljena primena pokreta u kojima su sadržane slične mehaničke karakteristike i aktivacija njihovih mišića.

Materijal izložen u ovoj doktorskoj disertaciji većim delom je zasnovan na rezultatima koji su objavljeni u vrhunskim međunarodnim časopisima i prezentovani na međunarodnim naučnim skupovima.

1. Vojinovic, A., Janicijevic, D., Petrovic, M., Garcia-Ramos, A., Simic, M., Suzovic, D. (2023) Free weight training vs. elastic band training: what is a more effective strategy for increasing maximal velocity ability during handball throws? *Kinesiology*. 55(1):21-29.



## Mišljenje i predlog Komisije


Student Andrija Vojinović je ispunio sve Zakonom predviđene uslove za sticanje prava za odbranu doktorske disertacije. Njegovi profesionalni i značajni naučno-istraživački rezultati, a naročito u odnosu na fenomenologiju merenja performansi u sportu u celini ga preporučuju kao adekvatnog kandidata u odnosu na datu oblast. Kandidat se u okviru akademskog i naučnog usavršavanja opredelio ka kontinuitetu usavršavanja u datoj oblasti.

Komisija je jednoglasna u oceni da doktorska disertacija ima značajan doprinos u odnosu na istraživanja koja se bave problematikom merenja performansi u sportu. Ovom disertacijom se obezbeđuje kontinuitet usavršavanja sa aspekta date problematike, te komisija smatra da će dobijeni rezultati sumarno doprineti poboljšanju primene novih terenskih testova u sportsko specifičnim zadacima na generalnom nivou.

Na osnovu ukupne kvalitativne i kvantitativne analize sadržaja doktorske disertacije, stručnog, naučnog i praktičnog rada kandidata, Komisija je jednoglasna u oceni da je student Andrija Vojinović ispunio sve zakonske i naučne zahteve koji se od njega u smislu pisanja doktorske disertacije traže, te istu, pod nazivom: „EFEKTI RAZLIČITIH TIPOVA OPTEREĆENJA NA RELACIJU SILA-BRZINA PRI JEDNORUČNOM I DVORUČNOM IZBAČAJU LOPTE“ dostavlja Nastavno – naučnom veću fakulteta na usvajanje i prosleđivanje u dalju proceduru.

U Beogradu, 20.10.2023. godine

Članovi Komisije:



Dr Aleksandar Nedeljković, redovni profesor,  
Univerzitet u Beogradu – Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, predsednik komisije



Dr Milan Petronijević, docent,  
Univerzitet u Beogradu – Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, član



Dr Ljubomir Pavlović, vanredni profesor,  
Univerzitet u Nišu – Fakultet sporta i fizičkog vaspitanja, član