

**Univerzitet *Educons*
Fakultet za sport i turizam
Sremska Kamenica**

**Uticaj miogenih sposobnosti i nivoa tehnike
na dužinu jednoručnog bacanja lopti
različitih težina kod mladih rukometaša**

Doktorska disertacija

**Mentor:
Prof. dr Dušan Perić**

**Kandidat:
mr Dragan Kuburović**

Sremska Kamenica, 2015.

Sadržaj

Sažetak	4
Abstract	5
1. UVOD	6
1.1. ULOGA SILE, SNAGE I TEHNIKE U POKRETIMA BACANJA SPORTSKIH SPRAVA I REKVIZITA	6
1.2.. POLAZNE HIPOTEZE	9
2. TEORIJSKI OKVIR RADA	11
2.1. DEFINICIJA OSNOVNIH POJMOVA	11
2.1.1. Teorijsko određenje i merne jedinice sile i snage	12
2.1.2. Dinamometrija i najčešći postupci merenja sile	18
2.1.3. Tehnika bacanja lopte jednom rukom	21
2.1.4. Tehnika posmatranja i numeričke skale	24
2.2. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA	25
2.2.1. Analiza sile i snage u realnim pokretima	25
2.2.2. Uticaj sportske tehnike na ispoljavanje snage	32
2.2.3. Uticaj lateralnosti ekstremiteta na ispoljavanje antropomotoričkih sposobnosti	35
3. PREDMET, CILJ I ZADACI ISTRAŽIVANJA	39
4. PRIMENJENA METODOLOGIJA	42
4.1. TOK I POSTUPCI ISTRAŽIVANJA	42
4.2. UZORAK VARIJABLI I NAČIN NJIHOVOG MERENJA	43
4.2.1. Procena sile u izometrijskim uslovima	44
4.2.2. Procena apsolutne snage metodom repetitivnih maksimuma	49
4.2.3. Procena tehnike bacanja lopte	52
4.2.4. Bacanje lopti različitih težina	53
4.3. UZORAK ISPITANIKA	54
4.4. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA	56
5. INTERPRETACIJA REZULTATA	57
5.1. REZULTATI DESKRIPTIVNE ANALIZE	57
5.1.1. Nivo sile izmerene u izometrijskim uslovima	57

5.1.2.	Nivo apsolutne snage procenjene u teretani	64
5.1.3.	Ekspertne ocene tehnike bacanja rukometne lopte	68
5.1.4.	Dužine bacanja lopti različitih težina	70
5.1.5.	Pokazatelji relativne sile	76
5.1.6.	Pokazatelji relativne snage	82
5.2.	ZNAČAJ FUNKCIONALNE LATERALNOSTI	87
5.2.1.	Efekti lateralnosti prilikom bacanja lopti različitih težina	88
5.2.2.	Uloga lateralnosti u dinamometrijskim testovima	90
5.3.	INICIJALNI KAUZALITET VARIJABLI	92
5.3.1.	Odnos antropometrijskih varijabli i dužine bacanja lopti različitih težina	95
5.3.2.	Odnos dinamometrijskih varijabli i dužine bacanja lopti različitih težina	97
5.3.3.	Odnos varijabli apsolutne snage i dužine bacanja lopti različitih težina	100
5.3.4.	Odnos ocena rukometne tehnike i dužine bacanja lopti različitih težina	104
5.3.5.	Odnos antropometrijskih varijabli i pokazatelja miogenih sposobnosti	105
5.3.6.	Rezime nalaza korelacione analize	108
5.3.7.	Parcijalni koeficijenti korelacije u funkciji korigovanja inicijalnog kauzaliteta varijabli	110
5.4.	REZULTATI REGRESIONE ANALIZE	116
5.4.1.	Regresioni model za predikciju dužine bacanja rukometne lopte jačom rukom	119
5.4.2.	Regresioni model za predikciju dužine bacanja rukometne lopte slabijom rukom	121
5.4.3.	Regresioni model za predikciju dužine bacanja lopte od 800 grama jačom rukom	123
5.4.4.	Regresioni model za predikciju dužine bacanja lopte od 800 grama slabijom rukom	125
5.4.5.	Regresioni model za predikciju dužine bacanja lopte od 3 kg jačom rukom	127
5.4.6.	Regresioni model za predikciju dužine bacanja lopte od 3 kg slabijom rukom	129
6.	DISKUSIJA	132
7.	ZAKLJUČAK	145
	Literatura	150

Sažetak

Na uzorku od 54 ispitanika muškog pola, uzrasta između 16 i 17 godina, članova omladinske rukometne škole u Bačkoj Palanci, istražen je uticaj miogenih sposobnosti i rukometne tehnike na dužinu jednoručnog bacanja lopti različitih težina. Za procenu miogenih varijabli primenjeno je 11 testova – sedam dinamometrijskih kojima je valorizovana sila miškulature aktuelne tokom bacanja lopte (leđa, trbuh, unutrašnjih rotatora u zglobu ramena i pregibači šake) i četiri testa repetitivnih maksimuma kojima je procenjena apsolutna snaga (*Bench Press*, *Shoulder Press*, *Pull Over* i *Lat Machine*). Nivo rukometne tehnike procenila su tri eksperta tokom dodavanja i hvatanja u parovima. Radi procene homogenosti uzorka, ispitanicima su izmerene telesna masa i telesna visina, te iz njih izračunat indeks telesne kompozicije (BMI). Nakon toga, svaki ispitanik izvodio je bacanje u dalj različitih lopti (rukometne od 350 g, lopte od 800 g i medicinke od 3 kg), najpre jačom, a zatim i slabijom rukom. Prikupljeni podaci obradjeni su deskriptivnim i komparativnim statističkim procedurama, pri čemu je ključnu ulogu imala regresiona analiza (*Stepwise model*) kojom je kvantifikovan uticaj relevantnih prediktora na šest zavisnih varijabli formiranih od rezultata bacanja različitih lopti jačom i slabijom rukom.

Uzorak ispitanika bio je veoma homogen u pogledu antropometrijskih i miogenih karakteristika. Dobijene vrednosti sile i snage su korespondentne sa rezultatima dosadašnjih istraživanja. Najviše je bilo ispitanika sa normalnim telesnim sastavom. Utvrđen je relativno nizak nivo rukometne tehnike (na desetostepenoj skali prosečna ocena je iznosila 6,7). Sa povećanjem težine lopte osetno se skraćivala dužina bacanja kod svakog ispitanika, a dužina bacanja slabijom rukom bila je kraća od one jačom rukom. Sa povećanjem težine lopti, razlike između jače i slabije ruke bile su sve manje.

Utvrđeno je da se sa povećanjem spoljašnjeg otpora (upotrebom sve težih lopti), povećava uloga miogenih sposobnosti, uz srazmerno smanjenje uticaja sportske tehnike. Telesna masa je bila najstabilniji prediktor dužine bacanja bilo koje lopte i bilo kojom rukom. Egzistirala je u svim regresionim modelima i preko nje je posredan uticaj na zavisne varijable izvršila većina miogenih parametara, kako iz prostora sile tako i snage. Sledeći najviše zastupljen prediktor bila je – rukometna tehnika. Pokazala se signifikantnom samo prilikom upotrebe lakših lopti, odnosno pri savladavanju manjeg spoljašnjeg otpora, a izostala iz regresionih modela za predikciju dužina bacanja najteže lopte, kako jačom, tako i slabijom rukom. Direktni uticaj na dužine bacanja, nezavisan od telesne mase, iskazao je mali broj varijabli miogenog prostora. Najuticajnija mišićna grupa bili su unutrašnji rotatori u zglobu ramena. Utvrđeno je da upotreba lopti težih od rukometne (do 800 g) ne predstavlja samo vid dinamičkog treninga snage, već se o njemu može razmišljati i kao o specifičnom modelu proprioceptivnog treninga kojim se usavršava i rukometna tehnika.

Ključne reči: Sila, Snaga, Sportska tehnika, Rukomet, Bacanje lopte, Regresioni modeli.

Abstract

On the sample of 54 male subjects aged between 16 and 17 years, members of the youth handball school in Backa Palanka, investigated the influence myogen abilities and handball techniques to the length of one-handed throw balls of different weights. To estimate myogen variables were applied 11 tests - seven dynamometric which is valorised force of muscles which are actual during the ball throwing (back, abdomen, rotators of the shoulder joint and hand flexors) and four tests of repetitive maximum which estimated absolute power (Bench Press, Shoulder Press, Pull Over and Lat Machine). Level handball techniques evaluated are three experts during the passing and catching in pairs. In order to assess the homogeneity of the sample, were measured body weight and height, and from them calculated index of body composition (BMI). After that, each subject performed the throw of different balls (Handball of 350 g, 800 g ball medicine of 3 kg), initially using stronger and then weaker hand. The collected data were analyzed by descriptive and comparative statistical procedures, in which a key role was played by regression analysis (stepwise model) which quantified the influence of relevant predictors to six dependent variables formed from the results of throwing different balls with stronger and weaker hand.

The sample was very homogeneous in regarding anthropometric and myogen characteristics. The obtained values of force and power are correspondent with the results of previous researches. Most of subjects had normal body composition. It was determined relatively low level of handball techniques (to ten-point scale the average score was 6.7). With the increasing weight of the ball length throws where shortening considerably for each subject, and the length of throwing a weaker arm was shorter than the stronger hand. With increasing weight balls, differences between stronger and weaker hands were smaller.

It was found that with increasing external resistance (using all the heavier balls), increases the role of myogen abilities, with a proportional reduction of the influence of sports techniques. Body weight was the most stable predictor of long throw any balls and either hand. It existed in all regression models and over it an indirect effect on the dependent variable performed most myogen parameters (in the space of force and power). The next most frequent predictor was - handball techniques. She showed significant only when using a lighter ball, or in dealing with a small external resistance, and missed from the regression model for predicting the length of throwing the hardest ball so stronger, as well as the weaker hand. Direct impact on the long throws, independent of body weight, showed a small number of variables from myogenic space. The most influential muscle group were internal rotators of the shoulder joint. It was found that the use of heavier balls of handball (under 800 g) is not only a form of dynamic strength training, but can be think of it as a specific model of proprioceptive training which improves the handball technique.

Key words: Force, Power, Sport techniques, Handball, Ball throwing, Regression models.

1. Uvodna razmatranja

1.1. Uloga sile, snage i tehnike u pokretima bacanja sportskih sprava i rekvizita

Brojne situacije sportskog nadmetanja zahtevaju od sportista suprostavljanje spoljašnjem otporu ili savladavanje spoljašnjih sila. U tim slučajevima obično se kaže da je neophodno posedovanje snage kao determinante takmičarskog uspeha. Dizanje tegova je tipičan primer kada se mišićnim naprežanjem savladava spoljašnji otpor i kada rezultat zavisi prevashodno od snage dizača (naravno, ne i isključivo od toga). U sportskim igrama (fudbal, košarka, rukomet...) takmičari se susreću sa potrebom da savladaju fizički otpor protivnika, bilo klasičnim duelom, većim skokom ili bržom kontrakcijom prilikom dodavanja i šutiranja. Otuda se snaga, na dnevno logički način, definiše kao sposobnost čoveka da savlada spoljašnji otpor ili da mu se suprostavi mišićnim naprežanjem.

Savladvanje (ili suprostavljanje) nekada se izvodi veoma sporo, nekada čak bez prelaska bilo kakvog puta (na primer, prilikom izdržaja u gimnastičkim vežbama, poput „aviona“ na krugovima ili prednosa na tlu), dok je u pojedinim sportovima neophodno veliki otpor savladati za što kraće vreme. Nekada ljudi sa daleko masivnijom muskulaturom, koji ujedno podižu daleko veće maksimalne težine, nisu u stanju da skoče više, da bace dalje ili da jače šutnu loptu. Razlog tome je što u motoričkom prostoru čoveka egzistiraju dva gotovo samostalna fizička svojstva koja se u literaturi starijeg datuma, a pogotovo u svakodnevnom govoru poistovećuju. Reč

je o *sili (jačini)* i *snazi (moći)*. Činjenica da jak čovek ne mora biti i snažan (i obrnuto) navodi na potrebu da se sila i snaga zasebno analiziraju, te da se prilikom svakog kretnog ispoljavanja ukaže na njihove specifičnosti.

U velikom broju sportova kao centralni kretni sadržaj se susreće bacanje različitih predmeta nejednake težine. Njačešće se radi o bacanju lopte (poput rukometa, košarke, vaterpola ili ragbija), ali i drugih, uglavnom atletskih sprava (koplja, diska, kugle). Čak se i u sportovima za koje je karakteristično odbijanje lopte (u odbojci ili tenisu), prepoznaju elementi karakteristični za tipična bacanja. Iako u odbojci, na primer, nije dozvoljeno hvatati loptu, tehnika servisa i smeča ima iste tehničke faze kao i bacanje rukometne lopte ili bacanje koplja. To su faza zamaha, kao pripremna, zatim faza izbačaja kojom se kontroliše putanja lopte (ili sprave), te faza izmaha značajna za očuvanje kontinuiteta kretanja i očuvanja balansa sportiste. Sve izolovane faze, bez obzira da li se radi o klasičnom bacanju ili odbijanju lopte, imaju slične dinamičke stereotipe i uključuju analognu muskulaturu, kako u smislu agonista, sinergista i stabilizatora pokreta, tako i po režimu njihovog naprezanja.

Osnovni izvor razlika medju navedenim dinamičkim stereotipima nalazi se u težini sprave (lopte, koplja, reketa...) i u motoričkom smislu se tumači kao spoljašnji otpor različitih kinetičkih (dinamičkih) vrednosti. Nije svejedno da li se baca predmet velike, srednje ili male težine, niti da li se sudar izvodi sa loptom koja se kreće velikom ili malom brzinom, budući da različite brzine determinišu veličinu kinetičke energije kojoj se suprostavlja aktuelna muskulatura svojim naprežanjem. Opravdano je, dakle, razmišljati o uticaju tzv. miogenih svojstava (parametara sile i snage) na ispoljavanje kvaliteta analognih dinamičkih stereotipa u kojima je angažovana ekvivalentna muskulatura, u sličnim dinamičkim (dominantno

miometrijskim, odnosno koncentričnim) režimima naprezanja. *Koliko na jačinu šuta ili daljinu hica utiče maksimalna izometrijska sila, a koliko eksplozivna i brzinska snaga sportiste? Koliki je uticaj sile i snage prilikom bacanja predmeta različite težine? Da li se razvojem specifičnog vida snage može poboljšati jačina šuta, odnosno povećati dužina hica? Koje miogeno svojstvo je najopravdanije razvijati u smislu racionalizacije sportskog treninga u rukometu, vaterpolu, tenisu, odbojci, bacanju koplja i sl.? Ovo su samo najvažnija među nizom interesantnih pitanja vezanih za ispoljavanje različitih parametara sile i snage u pokretima analognim bacanju lopte jednom rukom koji se može uzeti kao izvesni analogni biomehanički model.*

Sportska praksa, kao i brojna laboratorijska istraživanja, pokazuju da je realno pretpostaviti da su, osim parametara sile i snage, i elementi tehnike izvođenja pokreta potencijalno značajni prediktori jačine bacanja lopte (odnosno dužine hica). Ne retko se može opaziti da izrazito muskulozne osobe nisu u stanju da loptu bace tako daleko kao na primer veoma gracilni rukometaši koji u teretani podižu daleko manje težine u vežbama snage uz angažovanje praktično iste muskulature aktivne i tokom bacanja. To otvara još najmanje dva logična pitanja: *Da li je uopšte smisleno klasičnim vežbama snage u teretani podvrgnuti sportiste koji bacaju relativno lake predmete (u ovom slučaju loptu) i Kolika je prediktivna vrednost različitih testova snage kojima se u laboratorijskim uslovima izolovano prati analogna muskulatura, primenom pokreta koordinacijski nesrodnih ciljanom sportskom pokretu?*

Blisko dnevno logičkom promišljanju kvaliteta bacanja lopte jednom rukom, pogotovu kada je njena težina varijabilna, je i to: *Koliko je važna topografska lateralnost sportiste, tj. da li se pokret izvodi jačom ili slabijom rukom?* kao i: *Da li*

je uticaj sile, snage i tehnike isti na dužinu bacanja jačom i slabijom rukom?

Uključivanje aspekta lateralnosti u opisivanje relacija između jačine i tehnike bacanja s jedne, te parametara sile i snage sa druge strane, još više povećava složenost ovog problema stvarajući veoma kompleksan, multidimenzionalni sistem prediktorskih i kriterijumskih varijabli. S obzirom na veliki broj slučajeva u kojima se susreću pokreti bliski bacanju lopte jednom rukom, objašnjenje ovog složenog sistema varijabli može se smatrati veoma značajnim za brojne sportove, kako u smislu davanja teorijskih objašnjenja, tako i u pogledu unapredjenja sportske dijagnostike i neposredne trenažne tehnologije. Upravo definisani problem predstavlja centralnu temu ovog istraživanja sprovedenog u formi doktorske disertacije, dok su navedena pitanja osnov za definisanje njegovih polaznih hipoteza.

1.2. Polazne hipoteze

Na osnovu predmeta, cilja i zadataka istraživanja, kao i na osnovu rezultata saopštenih u relevantnim naučnim radovima, bilo je moguće definisati nekoliko polaznih hipoteza koje su proverene ovim istraživanjem. Postavljena je jedna opšta (generalna) hipotezu (H_g) i deset posebnih (pomoćnih) hipoteza ($H_1 - H_{10}$):

H_g – Miogene sposobnosti (parametri sile i snage) i sportska tehnika imaju različit uticaj na dužinu bacanja lopte jednom rukom u različitim uslovima naprezanja.

H_1 – Sila i snaga aktuelne muskulature značajno su determinisane topografskom lateralnošću.

- H₂** – Parametri sile i snage muskulature izolovane u laboratorijskim uslovima imaju značajno manje prediktivne vrednosti od vrednosti miogenih potencijala procenjenih pomoću motoričkih zadataka koordinacijski bliskih ciljanim sportskim pokretima.
- H₃** – Prilikom bacanja lopte relativno male (uslovno takmičarske) težine, parametri sile i snage imaju niske prediktivne vrednosti.
- H₄** – Prilikom bacanja lopte relativno male (uslovno takmičarske) težine, kvalitet tehnike izvodjenja ima visoke prediktivne vrednosti.
- H₅** – Prilikom bacanja lopte težine u zoni malog nadopterećenja, parametri sile i snage imaju značajne prediktivne vrednosti.
- H₆** – Prilikom bacanja lopte težine u zoni malog nadopterećenja, kvalitet tehnike izvodjenja ima visoke prediktivne vrednosti.
- H₇** – Prilikom bacanja lopte težine u zoni velikog nadopterećenja, parametri sile i snage imaju najznačajnije prediktivne vrednosti.
- H₈** – Prilikom bacanja lopte težine u zoni velikog nadopterećenja, kvalitet tehnike izvodjenja ima najniže prediktivne vrednosti.
- H₉** – Prilikom bacanja lopti različite težine jačom rukom, veće prediktivne vrednosti ima ocena tehnike bacanja nego parametri sile i snage.
- H₁₀** – Prilikom bacanja lopti različite težine slabijom rukom, veće prediktivne vrednosti imaju parametri sile i snage nego ocena tehnike bacanja.

2. Teorijski okvir rada

2.1. Definicija osnovnih pojmova

Većina pojmova kojima se operiše u ovom istraživanju pripada prostoru sportske antropomotorike. Centralno mesto pripada sili i snazi, odnosno njenim specifičnim manifestacijama koje se u literaturi novijeg datuma (Komi, 1992; Jarić i Kukolj, 1996; Macaluso i De Vito, 2004; Young, 2006; Perić, 2011) zajednički označavaju kao **miogene sposobnosti** (ili motorička svojstva sa miogenim izlazom). Za njihovo objašnjavanje presudne su karakteristike mišićnih vlakana posmatranih izolovano od energetske izvora i uticaja spoljašnjih faktora (prostora, vremena, motivacije, protivnika i sl.). To su, pre svega, kontraktilne osobine uslovljene anatomskim i fiziološkim parametrima (promerom, arhitekturom, vrstom inervacije i sl.). Pored najznačajnijih miogenih svojstava, **sile** i **snage**, sportska nauka (kao i sportska praksa) poznaje još nekoliko takvih svojstava: apsolutnu, brzinsku i eksplozivnu snagu, te izdržljivost u snazi. One se, ipak, mogu smatrati samo manifestacijama dva esencijalna miogena svojstva.

Pored pojmova vezanih za miogene sposobnosti sportista, neophodno je definisati i nekoliko onih koji su od značaja za razumevanje metodološkog postupka i neposrednih istraživačkih instrumenata primenjenih u fazi operacionalizovanja ovog istraživanja. Radi se, pre svega, o postupcima merenja i procenjivanja relevantnih varijabli, kako onih vezanih za dinamičke pokazatelje sile i snage, tako i onih korišćenih prilikom sagledavanja nivoa tehnike izvodjenja bacanja lopte jednom rukom.

2.1.1. Teorijsko određenje i merne jedinice sile i snage

Prilikom objašnjavanja razlike koja postoji između sile i snage, u literaturi (Komi, 1992; Enoka, 1994; Kanehisa, Ikegawa i Fukunaga, 1994; Jarić i Kukolj, 1996; Perić, 20011) obično se polazi od klasične mehaničke definicije ovih pojmova. **Sila**¹ se u mehanici definiše kao mera interakcije dvaju tela, pri čemu te relacije definišu Njutnovi zakoni. Tako drugi Njutnov zakon silu (**F**) definiše kao proizvod mase tela (**m**) i ubrzanja (**a**) koje mu ta sila saopštava ($F = m \cdot a$). Osnovna jedinica internacionalnog sistema mera kojom se iskazuje veličina je Njutn (**N**). Prilikom merenja sile u izometrijskim uslovima u ovom istraživanju su korišćeni dinamometri koji su dobijene vrednosti iskazivali upravo u Njutnima.²

Iz navedene Njutnove jednačine sledi da se sila može indirektno odrediti iz mase tela i ubrzanja koje mu je saopšteno. U statičkim (izometrijskim) uslovima, međutim, nema kretanja, a time ni ubrzanja, pa se tada mišićna sila iskazuje kao ekvivalent spoljašnje sile koja se naprezanjem mišića poništava. To praktično znači da se sila u laboratorijskim uslovima merenja može iskazati veličinom spoljašnjeg otpora koji se savladava, na primer: veličinom podignutog tega (što je korišćeno u ovom istraživanju u uslovima dinamičkog naprezanja, odnosno prilikom podizanja tereta) ili na osnovu vrednosti sile registrovane tokom istezanja dinamometra.

¹ Sila se često menja i sinonimima *jačina* i *jakost*. Zaciorski (1975) je označava kao *sama snaga*. U engleskom jeziku upotrebljavaju se termini *strenght* i *force*, zbog čega se sila u literaturi najčešće obeležava sa – **F**.

² Jedan Njutn se definiše kao sila dovoljna da masi od jednog kilograma (kg) sopšti ubrzanje od jednog metra u sekundi na kvadrat (m/s^2). U literaturi, naročito starijeg datuma, sila se iskazuje i kilopondima (kp), pri čemu se jedan kilopond definiše kao sila dovoljna da masi od jednog kilograma sopšti ubrzanje od $9,81 m/s^2$. Prema tome, jedan Njutn je 9,81 puta manji od jednog kiloponda.

Snaga³ se u mehanici izračunava iz odnosa izvršenog rada (**A**) i vremena (**t**) za koje je realizovan. Intenzitet rada se izračunava na isti način kao snaga, zbog čega se ovi pojmovi u fizici i koriste kao sinonimi. Matematički zapisano snaga ili intenzitet rada (**P**) je:

$$P = \frac{A}{t}$$

Snaga se meri *vatima* (**W**), pri čemu važe sledeće relacije:

$$1 \text{ W} = 1 \text{ N/sec} = 60 \text{ N/min}$$

Snaga se uvek vezuje za savladavanje izvesnog puta (**S**) i to u funkciji vremena (**t**). Ova zakonitost postaje jasnija kada se rad (**A**) definiše kao proizvod sile i puta na kojem ona deluje:

$$A = F \cdot S$$

Kada se ovaj izraz uvrsti u obrazac za izračunavanje snage, dobija se formula po kojoj je snaga proizvod sile i brzine njene realizacije:⁴

$$P = \frac{F \cdot S}{t} = F \cdot V$$

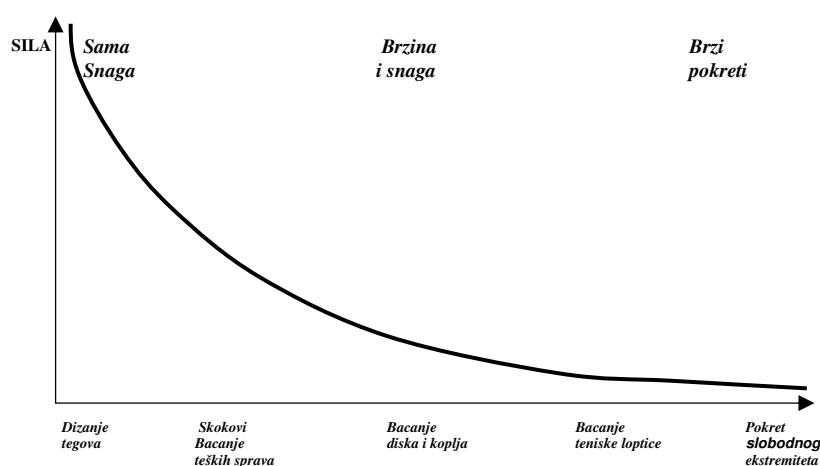
Objašnjavanje relacija sile i brzine, koje je započeo Hill još 1938. godine, predstavlja ključ za definisanje i pravilno tumačenje sile i snage. Karakteristična Hilova kriva u obliku pravouglo hiperbole (Slika 2-1), jasno ukazuje na obrnutu proporcionalnost ova dva mehanička parametra. Osim što pokazuje da se sa povećanjem manifestovane sile (tj. spoljašnjeg otpora) smanjuje brzina pokreta, iz

³ Za snagu se u srpskom jeziku nekad koristi i izraz *moć*, a u engleskom jeziku, koji dominira u stručnoj literaturi, izraz **Power**. Zbog toga je najčešći simbol za obeležavanje snage – **P**.

⁴ Brzina (**V**) se dobija iz odnosa predjenog puta u jedinici vremena ($V = S / t$).

nje je izvedena osnovna jednačina mišićne mehanike koja pokazuje da veličina maksimalne izometrijske sile (F_0) značajno utiče na ispoljenu (izmerenu) silu mišića (F) prilikom izvođenja konkretnog pokreta određenom brzinom (V).

Iz Hilove krive se može zaključiti da za maksimalno brze pokrete (na primer zamah praznim ekstremitetom ili sa predmetom male mase) nije presudna maksimalna izometrijska sila. Sa druge strane, prilikom suprostavljanja maksimalnom spoljašnjem otporu promena dužine mišića gotovo da nema, kada postaje presudna maksimalna izometrijska sila. Brzina kontrakcije koja se pominje, iskazuje se brojem dužina mišića u sekundi (L/s). Istraživanja (Gans i deVree, 1987; Jarić, Ristanović i Korkos, 1989; Spector i saradnici, 1980; Wollitez i saradnici, 1984) su pokazala da maksimalna brzina kontrakcije najviše zavisi od dužine mišića. Iako su ispitivanjem različitih mišića dobijene vrednosti velikog opsega (od 1,5 do 5 L/s), smatra se da maksimalna brzina skraćanja mišića, u proseku, iznosi oko tri dužine u sekundi (Hill, 1970; Asmussen i Marechal, 1989; Komi, 1992).



Slika 2-1 Odnos sile i brzine prilikom savladavanja spoljašnjeg otpora različitih veličina (Hill, 1970)

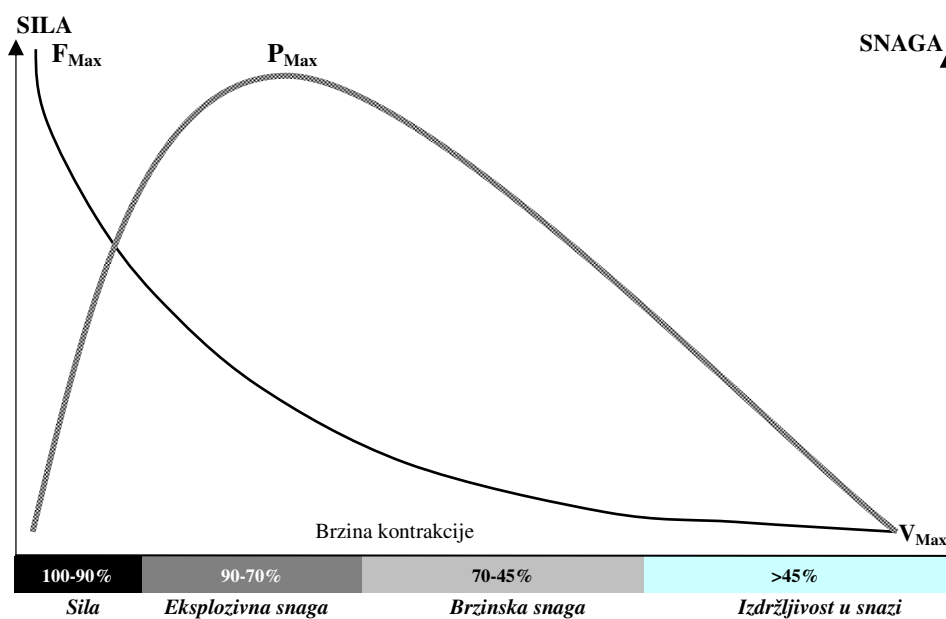
Brojna istraživanja (Baker, Wilson i Carlyon, 1994; Braith i saradnici, 1993; Enoka, 1994; Kanehisa, Ikegawa i Fukunaga, 1994; Kanehisa i Myashita, 1983; Komi, 1992; Jarić i Kukolj, 1996) definitivno su potvrdila da veličina sile, koju mišić ostvaruje u laboratorijskim (pa i situacionim) uslovima, prvenstveno zavisi od veličine njegovog fiziološkog preseka.⁵ U pomenutim istraživanjima nisu dobijene značajne razlike u sili po jedinici fiziološkog preseka mišića muškaraca i žena, kao ni između sportista različitih specijalnosti i netreniranih osoba. Umerene razlike u maksimalnoj izometrijskoj sili po jedinici površine fiziološkog preseka, dobijene u nekim istraživanjima (Hakkinen i Keskinen, 1989; Alway i saradnici, 1990), pripisane su uticaju sportske selekcije i efektima treninga. Tako je definisano teorijsko stanovište po kojem jedan kvadratni centimetar fiziološkog preseka mišića svakog čoveka (treniranog ili netreniranog) ostvaruje približno jednaku maksimalnu silu, što se ne može reći i za snagu.

Na osnovu Hilove krive moguće je definisati precizan grafički odnos između sile i snage. Svaka tačka na toj krivoj determinisana je odgovarajućom silom i brzinom skraćanja kojom je ostvarena. Polazeći od mehaničke definicije snage, kojom je ona određena kao proizvod sile i brzine ($P = F \cdot V$), za svaku tačku Hilove krive može se izračunati odgovarajuća vrednost snage. Tako se dobija nova kriva, paraboličnog oblika, koja opisuje odnos snage i brzine (Slika 2-2).

Na osnovu analize krive *snaga-brzina*, Jarić i Kukolj (1996), te Perić (2011), apostrofiraju nekoliko zakonitosti: (1) snaga mišića u izometrijskim uslovima je jednaka nuli; (2) sa povećanjem brzine skraćanja mišića njegova snaga raste uprkos

⁵ Za razliku od anatomske, koji je upravan na uzdužnu osu mišića, fiziološki presek je upravan na pravac pružanja mišićnih vlakana. Anatomske i fiziološke preseke se poklapaju samo kod vretenastih mišića u kojima su vlakna paralelna sa uzdužnom osom mišića.

smanjenju sile; (3) postoji optimalna brzina skraćenja mišića pri kojoj on razvija maksimalnu snagu. Za većinu izolovanih mišića, testiranih u laboratorijskim uslovima, optimalna brzina iznosi 1/3 (oko 30%) maksimalne brzine skraćenja, što je ekvivalentno približno jednoj dužini u sekundi (1 L/s). Ispoljavanje navedenih zakonitosti u ovom istraživanju je praćeno variranjem težina lopti koje su ispitanici bacali tokom testiranja.



Slika 2-2 Zavisnost sile (F) i snage (P) mišića od brzine (V) njegovog skraćenja. Kombinacijom različitih vrednosti sile i brzine kojom se realizuje definisane su četiri karakteristične zone: 1. Sila ili apsolutna snaga ($F=90-100\%$; $V\approx 0$); 2. Eksplozivna snaga ($F=70-90\%$; $V\approx 1L/s$); 3. Brzinska snaga ($F=50-70\%$; $V\approx 2L/s$) i 4. Izdržljivost u snazi ($F>50\%$; $V\approx 3L/s$). Preuzeto iz Perić (2011)

Istraživanja navedenih mehaničkih osobina izolovanog mišića dala su dosta ujednačene rezultate, bez obzira na vrstu testiranog mišića i primenjenog mernog postupka. Njima je pokazano da su sila (jačina) i snaga izolovanog mišića miogena svojstva koja se ne razlikuju samo po svojoj fizičkoj prirodi, već i prema ponašanju prilikom promene režima mišićne kontrakcije (tipa mišićnog naprezanja). Kada mišić

deluje protiv velike spoljašnje sile u izometrijskom režimu, njegova sila je velika, ali je snaga jednaka nuli. Kada mišić savlada spoljašnji otpor (teg, silu gravitacije, otpor protivnika...) i počne da povećava brzinu skraćanja (režim koncentrične kontrakcije) – njegova sila opada, a snaga raste. Na osnovu uočenih zakonitosti definisane su dve teorijske zone prikazane na Slici 2-2. Prvoj pripadaju naprezanja tokom kojih se ispoljena sila približava maksimalnoj izometrijskoj sili, a brzina kontrakcije je jednaka ili se sasvim približava nuli. Ova zona je zato označena kao područje **sile**. Sa smanjenjem sile i povećanjem brzine ulazi se u prostor snage. Za teorijsku granicu koja deli zonu sile od zone snage, različiti autori navode različite vrednosti maksimalne izometrijske sile – od 85% (prema Verhošanskom i saradnicima, 1992) do 95% (prema: Macaluso i De Vito, 2004 i Young, 2006). Kada realizovana sila padne ispod te vrednosti, sportista ulazi u područje **snage**. Gradacijom ostvarene sile u području snage mogu se izdvojiti još najmanje tri teorijske zone (tri vida miogenih sposobnosti):

1. **Eksplzivna snaga** – ostvaruje se kombinacijom 70-90% maksimalne izometrijske sile i brzine kontrakcije od oko jedne dužine u sekundi;
2. **Brzinska snaga** – ostvaruje se kombinacijom 45-70% maksimalne izometrijske sile i brzine kontrakcije od oko dve dužine u sekundi;
3. **Izdržljivost u snazi** – ostvaruje se kombinacijom sile manje od 45% maksimalne izometrijske sile i brzine kontrakcije veće od tri dužine u sekundi (3-5 L/s).

2.1.2. Dinamometrija i najčešći postupci merenja sile

Merenje je fundamentalni deo procesa naučnog eksperimenta čiji je osnovni cilj objektivizacija saznanja. Suštinski smisao procesa merenja je upoređivanje poznate fizičke veličine (merne jedinice) sa nepoznatom veličinom iste prirode. Zbog toga su apsolutno merljive samo fizičke veličine. Svako numeričko istraživanje u prirodnim naukama u suštini operiše približnim vrednostima, što praktično znači da se unapred mora računati sa izvesnom greškom merenja, među kojima su najčešće:

- ✓ *Gruba greška (omaška)* – Nastaje pogršnom upotrebom instrumenta ili nepažnjom merioca. Ona najviše utiče na krajnji rezultat, ali se i najbrže otklanja;
- ✓ *Sistematska greška* – Nastaje kao posledica upotrebe nekalibrisanog ili nebaždarenog instrumenta, a često je posledica previdjanja uticaja nekog parazitaranog faktora (uslova testiranja, upotrebe nestandardne sportske opreme, zamora...). Ova greška se dosledno ispoljava tokom čitavog merenja i uvek na isti način utiče na rezultat;
- ✓ *Slučajna greška* – Najčešće nastaje kao posledica ograničene tačnosti instrumenata i čula merioca, a zatim i pod uticajem nepredvidjenih faktora. Najviše utiče na pouzdanost onemogućavajući dobijanje istih rezultata u ponovljenim merenjima.

Predmet direktnog merenja u sportu su mehaničke veličine koje opisuju kretanje celog tela ili samo pojedinih delova. Lokomotorni aparat je u mehaničkom smislu izuzetno složen sistem na šta utiče velik broj pokretnih i polupokretnih zglobova koji su spojevi susednih delova tela sa različitim viskozno-elastičnim svojstvima, ali u isto vreme i centri obrtanja biomehaničkih poluga. Osim toga, više

krutih segmenata (kostiju) povezani su u različite sisteme biomehaničkih poluga (kinetičkih lanaca) – zatvorenih ili otvorenih na jednom od dva kraja. Ova složenost lokomotornog aparata produkuje veliki broj kinematičkih i dinamičkih parametara koje je nekada teško egzaktno izmeriti u vanlaboratorijskim uslovima u kojima se sportski pokreti realno i odvijaju. Efikasnost funkcionisanja ovih kinetičkih lanaca dosta zavisi od uvežbanosti ispitanika, odnosno od kvaliteta sportske tehnike.

Od dinamičkih veličina koje opisuju kretanje ljudskog tela najviše se direktno meri mišićna sila, zbog čega se taj merni postupak generalno zove **dinamometrija** (grč. *dinamos* = sila). Sve ostale dinamičke veličine određuju se indirektno (na pr.: impuls se izračunava iz odnosa sile i vremena – F/t ; kinetička energija iz mase i brzine – m/V i td.).

Dva osnovna instrumenta za merenje biodinamičkih parametara su platforma sile (tenziometrijska platforma), te različiti mehanički i električni dinamometari. Tenziometrijska platforma je instrument koji registruje vektor sile kao funkciju vremena tokom delovanja na njenu površinu. Ona istovremeno meri sve tri komponente ovog vektora (F_x , F_y i F_z) i registruje njegovu napadnu tačku. Električni signali koje platforma, nakon pojačavanja, daje na svom izlazu kao neposredni rezultat merenja, vrlo su podesni za registrovanje i dalju obradu savremenim kompjuterskim sistemima. Zbog toga platforme imaju široku primenu u merenju sile reakcije podloge i udarnih impulsa (skokovi i trčanja), te prilikom merenja interakcije čovek-sprava.

Dinamometri takodje registruju veličinu sile i njenih komponenti u funkciji vremena, ali samo za jednu mišićnu grupu i samo u zadatim mehaničkim uslovima. Ti uslovi podrazumevaju izometrijsko naprezanje izolovanog mišića ili mišićne

grupe. Danas se najviše koriste električni dinamometri (tzv. sonde) koji funkcionišu na principu deformacije električnog jezgra izazvanog pritiskom na instrument ili pak vučenjem. (U ovom istraživanju korišćena su dva takva dinamometra.)

Najprecizniji pokazatelji sile i snage dobijaju se u laboratorijskim uslovima upotrebom dinamometara i tenziometrijskih platformi. Većini trenera te sprave još uvek nisu lako dostupne, pa se zato u praksi primenjuju kretni zadaci koji daju rezultate visoko korespondentne sa laboratorijskim merenjima. Tako se jednim troskokom ili petoskokom iz mesta može dobro aproksimirati eksplozivna snaga, skokom u dalj iz mesta ili vertikalnim odskokom – brzinska snaga, a čučnjevima na jednoj ili obe noge – izdržljivost u snazi (ili repetitivni mišićni potencijal). Izdržljivost u snazi se često meri i različitim izdržajima (na primer u zgibu ili polučučnju). Maksimalna izometrijska sila (ili apsolutna snaga) u praksi se najčešće procenjuje u teretani primenom specifičnog testa ponovljenih (repetitivnih) maksimuma (RM), tokom kojeg ispitivač nastoji da utvrdi maksimalan broj podizanja jedne težine nakon kojeg dolazi do otkaza. Najčešći broj ponavljanja je između 1 i 10. Podignuta RM-težina se množi ranije utvrdjenim empirijskim koeficijentom koji odgovara broju ostvarenih ponavljanja (Tabela 2-1). Metod repetitivnih maksimuma korišćen je u ovom istraživanju kao podesan postupak za procenu miogenih potencijala ispitanika u uslovima standardne teretane.

Broj ponavljanja	Koeficijent	Broj ponavljanja	Koeficijent
1	1,00	6	1,20
2	1,07	7	1,23
3	1,10	8	1,27
4	1,13	9	1,32
5	1,16	10	1,34

Tabela 2-1 Koeficijenti za izračunavanje maksimalne težine koju ispitanik može da podigne na osnovu broja ponavljanja nakon kojeg je došlo do otkaza

2.1.3. Tehnika bacanja lopte jednom rukom

Lopta je sigurno najrasprostranjeniji sportski rekvizit. Koristi se u velikom broju sportova. Lopta se hvata, baca, udara, šutira, odbija..., i to kako rukom, tako i nogom. U ovom istraživanju primenjen je pokret koji se najviše koristi u sportskim igrama – reč je o bacanju lopte jednom rukom. Sa pokretom jednoručnog bacanja visoku biomehaničku analogiju pokazuju neki srodni pokreti poput smeča ili servisa u odbojci i tenisu.

Prema svojoj biomehaničkoj formi, jednoručno bacanje najbliže je onome što je u tehnici rukometa označeno kao dodavanju lopte zamahom iznad visine ramena (Slika 2-3). Ovaj način dodavanja, osim u rukometu gde se u postupku obuke izdvaja kao osnovni tehnički element, dosta se je zastupljen i u vaterpolu, a nije redak ni u košarci, ragbiju i američkom fudbalu. Zapravo, prisutan je u najpopularnijim sportovima u svetu. Razlog za to je prirodni mehanizam njegovog izvođenja formiran spontano na bazi brojnih svakodnevnih ljudskih kretnji. Kad god je potrebno nešto brzo, daleko i precizno baciti (kamen, drvo, grudvu snega i sl.), svako će maihanlno izvesti ovaj pokret kao najprirodniju formu jednoručnog bacanja. Prema tome, forma bacanja korišćena prilikom testiranja u ovom istraživanju ne predstavlja ni jedan specifični element posebne sprtske igre, već prirodni oblik bacanja koji se uslovno može označiti kao najracionalniji vid bacanja lakih i srednje teških predmeta.



Slika 2-3 Osnovni stav prilikom pripreme za bacanje lopte jednom rukom iz mesta

Na bazi prethodnih iskustava, uočeno je da najveći broj ljudi pomenuto bacanje izvodi na sledeći način:

- ✓ Bacač zauzima dijagonalni stav sa ispadom noge suprotne ruci kojom se izvodi bacanje (Slika 2-3a);
- ✓ Nadlakat se nalazi u položaju horizontale (eventualno sa manjim odstupanjima u frontalnoj ravni, u smeru gore-dole);
- ✓ Podlakat se, u odnosu na nadlakat, nalazi pod uglom od $90^\circ (\pm 10^\circ)$;
- ✓ Pre izbačaja se izvodi kraći zamah pokretom spoljašnje rotacije u zglobu ramena, praćen većim ili manjim zasukom trupa (Slika 2-3b);
- ✓ U pokretu izbačaja, kao ključni agonisti, učestvuju mišići unutrašnji rotatori u zglobu ramena (Tabela 2-2), dok se kao sinergisti, u završnoj fazi izbačaja, uključuju i palmarni fleksori šake;
- ✓ Kao stabilizatori pokreta, a u fazama rotacije i antefleksije trupa i kao sinergisti, aktivni su mišići trbuha (Tabele 2-4 i 2-5).
- ✓ Tokom čitavog pokreta, kao stabilizatori, izometrijskom kontrakcijom deluju abduktori u zglobu ramena (Tabela 2-6).

Agonisti	✓ <i>m. deltoideus</i> (prednji snopovi) ✓ <i>m. pectoralis major</i>
Sinergisti	✓ <i>m. pectoralis minor</i>
Stabilizatori	✓ <i>m. trapezius</i> ✓ <i>m. latissimus dorsi</i> ✓ Duboki mišići leđa ✓ Trbušna muskulatura

Tabela 2-2 Mišići koji učestvuju u pokretu unutrašnje rotacije u zglobu ramena (preuzeto iz Perić, 2007)

Agonisti i istovremeni sinergisti	Mišići prednje lože podlaktice: – <i>m. flexor carpi radialis</i> – <i>m. flexor pollicis longus</i> – <i>m. palmaris longus</i> – <i>m. flexor digitorum superficialis</i> – <i>m. flexor digitorum profundus</i> – <i>m. flexor carpi ulnaris</i>
--	---

Tabela 2-3 Mišići koji učestvuju u pokretu palmarne fleksije (preuzeto iz Perić, 2007)

Agonisti	✓ Trbušna muskulatura (<i>m. rectus abdominis</i> , <i>m. obliquus externus abdominis</i> i <i>m. obliquus internus abdominis</i>)
Sinergisti	✓ <i>m. psoas major</i> i <i>m. psoas minor</i>
Stabilizatori	✓ Mišići pregibači (fleksori) u zglobu kuka, pre svih <i>m. iliopsoas</i> . On fiksira karlicu, naročito kada se pokret izvodi u ležećem položaju na leđima (u popularnim „trbušnjacima“).
Neutralizatori	✓ Istovremenom kontrakcijom mišića sa leve i desne strane eliminiše se mogućnost lateralnih i rotacionih kretnji.

Tabela 2-4 Mišići koji učestvuju u pokretu pregibanja trupa (preuzeto iz Perić, 2007)

Rotatori na suprotnu stranu	✓ <i>m. obliquus externus abdominis</i> ✓ <i>m. transversospinalis</i> ✓ <i>levator costarum</i>
Rotatori na istu stranu	✓ <i>m. iliocostalis</i> ✓ <i>m. obliquus internus abdominis</i> ✓ <i>m. rectus capitis posterior major</i> ✓ <i>m. obliquus capitis inferior</i>
Stabilizatori	✓ Kosi mišići trbuha fiksiraju karlicu, a medjurebarni mišići rebra
Neutralizatori	✓ Mišići sa ventralne i dorzalne strane trupa uzajamno eliminišu mogućnost ante i retrofleksije.

Tabela 2-5 Mišići koji učestvuju u pokretu rotacije (zasuka) trupa (preuzeto iz Perić, 2007)

Agonisti	✓ <i>m. supraspinatus</i> ✓ <i>m. deltoideus</i>
Sinergisti	✓ <i>m. trapezius</i> ✓ <i>m. biceps brachi</i> (samo kada ruka prodje horizontalu)
Stabilizatori	✓ <i>m. rhomboideus</i> , <i>m. latissimus dorsi</i> , <i>m. serratus anterior</i> i <i>m. subscapularis</i> fiksiraju lopaticu (<i>scapulu</i>).

Tabela 2-6 Mišići koji učestvuju u pokretu abdukcije u zglobu ramena (preuzeto iz Perić, 2007)

2.1.4. Tehnika posmatranja i numeričke skale

Tehnikom posmatranja najčešće se prikupljaju podaci o pojavama koje se ne mogu egzaktno izmeriti, odnosno iskazati egzaktnim numeričkim vrednostima. Neke pojave nemoguće je izmeriti, na primer taktiku sportske ekipe ili uloge pojedinaca u njoj. Kvalitet sportske tehnike jedna je od teško merljivih varijabli u istraživanjima. Nju je moguće kvantifikovati složenim kinematografskim postupcima i primenom savremene video-opreme. U realnim vanlaboratorijskim uslovima, međutim, sportska tehnika se veoma uspešno procenjuje i tehnikom posmatranja.

Tehnika posmatranja najčešće koristi deskriptivne oblike za prikaz opserviranih fenomena (Perić, 2006). Osim toga, radi preciznijeg iskazivanje rezultata, posmatranje se kombinuje sa nekim drugim istraživačkim tehnikama, najčešće sa tehnikom skaliranja, što je urađeno i u ovom istraživanju. Kvalitet tehnike bacanja lopte jednom rukom, naime, vrednovan je pomoću numeričke skale čiji opseg i primena su detaljnije opisani u odeljku koji se bavi ovde primenjenim metodama i tehnikama.

2.2. Pregled dosadašnjih istraživanja

2.2.1. Analiza sile i snage u realnim pokretima

Biomehanička istraživanja su pokazala da se ljudski lokomotorni aparat ponaša kao da u svakoj ravni kretanja deluje jedan mišić sa konstantnim krakom sile. Ti hipotetički mišići se nazivaju *ekvivalentnim mišićima* i zahvaljujući njima se, u znatnoj meri, mehaničke osobnine mišića, konstatovane u laboratorijskim uslovima, mogu aplicirati na jednostavne (osnovne), a zatim i složene ljudske pokrete (Jarić i Kukolj, 1996; Perić, 2007; Kim, 2011; Schmidt, 2012). Najpre su te zakonitosti potvrđene tokom voljne fleksije u zglobu lakta, a zatim i tokom ekstenzije u zglobu kolena. U brojnim radovima (Danoff, 1978; Griffin i saradnici, 1993; Harries i Bassey, 1990; Hortobagyi i Katch, 1990; Jarić, Ristanović i Gavrilović, 1981; Jarić i saradnici, 1985; Seger i Thorstensson, 1994; Thorstensson, Grimby i Karlsson, 1976; Tihanyi, Apor i Fekete, 1982; Westing, Seger i Thorstensson, 1990), naime, pokazano je da pri voljnoj kontrakciji izmerena sila opada sa povećanjem brzine pokreta, po principu koji odgovara Hilovoj krivoj utvrđenoj na izolovanim mišićima.

Čovek najveću silu, zanemarujući pliometrijsku kontrakciju, ostvaruje u izometrijskom režimu rada mišića. Sa povećanjem brzine pokreta sila opada, dok snaga raste. Ovo potkrepljuju rezultati nekih istraživanja. Primera radi, Taylor i saradnici (1991) su pokazali da sa povećanjem brzine opružanja u zglobu kolena sila četvoroglavog mišića buta (*m. quadriceps femoris*) opada, dok snaga raste i dostiže maksimum pri brzini promene ugla u zglobu kolena od 300-400 stepeni u sekundi. Na sličan način je Danoff (1978) utvrdio da je snaga fleksora u zglobu lakta veća

ukoliko deluju protiv 50% maksimalnog opterećenja, nego protiv 25% ili 75% od maksimuma. Ove pojave mogu se objasniti upravo relacijama snage i brzine izolovanih mišića (Slika 2-2) budući da 50% maksimalne sile odgovara upravo jednoj trećini maksimalne brzine kontrakcije. Sva manja opterećenja omogućavaju brže, a sva veća sporije pokrete. Što su pokreti više usmereni ka savladavanju velikog spoljašnjeg otpora, brzina kontrakcije je sve sporija, odnosno raste uloga sile, a opada uticaj snage. Sa smanjivanjem spoljašnjeg otpora, odnos se menja, tj. snaga sve više dobija na značaju. Navedene relacije sile i snage u ovom istraživanju biće analizirane praćenjem efekata ostvarenih bacanjem lopti različitih težina, što predstavlja svojevrsno variranje veličine spoljašnjeg otpora.

Sve do sada rečeno sugeríše na zaključak da se sila i snaga mogu interpretirati kao dva relativno nezavisna antropomotorička svojstva mišića. Dok **sila** (jačina) predstavlja sposobnost mišića da realizuje veliku napetost u izometrijskim uslovima ili protiv velikog spoljašnjeg otpora, pri vrlo malim brzinama skraćanja, dotle je **snaga** sposobnost mišića da deluje relativno velikim silama protiv manjeg spoljašnjeg otpora, ali pri velikim brzinama kontrakcije. Iz toga proističe da jaka osoba ne mora istovremeno biti i snažna, kao i obrnuto. Dok jedan mišić razvija veliku silu u izometrijskim i kvaziizometrijskim uslovima, dotle je drugi sposobniji da razvije veliku snagu.

Polazeći od činjenice o postojanju dve specifične miogene sposobnosti, sili i snazi, mogu se razlikovati sportovi u kojima je važnija sila i oni u kojima dominira snaga. Time se objašnjava kako takmičari u bodibildingu ne mogu da ostvare visoke rezultate u sportovima u kojima se zahteva sposobnost brzog generisanja mišićne sile (na primer, atletski skokovi ili bacanja). Dobra ilustracija je i primer dizača tegova

koji u disciplini trzaja, uprkos manjem teretu, razvija veću snagu nego pri tzv. mrtvom vučenju znatno većeg tereta. U prvom slučaju se razvija velika snaga (oko 1800 W) i mala sila (oko 1200 N), dok se u drugom deluje velikom silom (oko 3600 N) uz razvijanje male snage (oko 900 W).

Neka merenja su pokazali da srednja snaga mišića prilikom trčanja maksimalnom brzinom iznosi 30 W/kg, što znači da sprinter mase 80 kilograma ostvaruje snagu od 2400 W. Još veće vrednosti zabeležene su u završnoj fazi maksimalnog sunožnog odskoka, čak 3000 W (prema Herman-u i saradnicima, 1990). Biomehanička analiza kretanja pojedinih kinetičkih lanaca pokazuje da mišići najveću snagu, u realnim uslovima, razvijaju u maksimalno brzim pokretima, ali sa umerenim opterećenjem, kakav je i pokret šuta u rukometu (McCluskey, 2010; Chen i saradnici, 2011; Jidovtseff, Frère i Theunissen, 2013). Za teoriju i praksu sporta značajno je dati odgovor na pitanje: da li je jak sportista istovremeno i snažan, odnosno da li sportista koji je u stanju da savlada ili pokrene veliki teret, istovremeno može brzo da trči, visoko ili daleko skoči, a što je za ovo istraživanje posebno važno – da daleko baci loptu?

Svaki sport iziskuje specifične sposobnosti takmičara i zasniva se na ispoljavanju sile ili snage kao dominantnim miogenim fizičkim svojstvima. Savremena istraživanja pokazuju da se selekcija u vrhunskom sportu zasniva upravo na sposobnostima pojedinca da razvije veliku silu ili snagu. Mišići većine sportista ne pokazuju razlike u veličini relativne sile, izračunate po jedinici fiziološkog preseka, dok se u pogledu snage veoma razlikuju. Tako su Taylor i saradnici (1991) utvrdili da se relativna jačina opružača u zglobo kolena ne razlikuju kod sportista tipa snage (odbojkaši, fudbaleri, dizači tegova..) i sportista tipa izdržljivosti (maratonci,

biciklisti...). Sa povećanjem brzine opružanja, međutim, razlika u izmerenoj sili postaje sve veća u korist sportista prve grupe, što praktično znači da oni razvijaju i veću snagu. Slične podatke, ali za muskulaturu ruku navode Amanović i saradnici (2006).

Iako postoji realan razlog da se sila i snaga tretiraju kao nezavisna svojstva lokomotornog aparata, teško je striktno odrediti područje njihovog razgraničenja. Područja jačine i snage, data na Slici 2-2, trebalo bi prihvatiti uslovno, jer je logično pretpostaviti da će pri malim razlikama u brzini izvodjenja dva slična pokreta izazvana promenom opterećenja, ispoljena sila i snaga pokazati veću saglasnost. U prilog tome idu i rezultati Kanus-ovog (1992) istraživanja koji su pokazali da maksimalna izometrijska sila aktuelne mišićne grupe nisko korelira sa njenom maksimalnom snagom. Step en njihove povezanosti, međutim, znatno se povećao kada je sila merena pri umereno brzim pokretima (60-240 step/sec.). U vezi sa tim, zanimljivi su i podaci koji govore o relaciji rezultata tipičnih testova snage (skok u dalj iz mesta i vertikalni odskok) i dinamometrijskih testova sile. Tako su Jarić i saradnici (1989) kao i Birch i saradnici (1994) utvrdili numeričku povezanost srednje jačine između pomenutih pokazatelja snage i sile opružača nogu.

Prilikom analize sile i snage, sila (*force, strength*) se predstavlja kao izraz unutrašnje sposobnost mišića da ostvari izvesnu napetost (jačinu), dok je snaga (*power*) manifestacija te jačine u odnosu na spoljašnji otpor, iskazana uvek u funkciji vremena. U literaturi se snaga obično vezuje za realizaciju izvesne sile tokom određenog vremena i analizira kao F-t relacija. Tako se snaga često defininiše kao proizvod sile i brzine kontrakcije kojom se realizuje. Sila je, dakle, obrnuto proporcionalna brzini, a snaga je direktno proporcionalna i sili i brzini. U

mehaničkom smislu, sila je najveća kada je brzina jednaka nuli, odnosno u uslovima izometrijske kontrakcije. Otuda se maksimalna sila ostvarena u uslovima izometrijske ili vrlo spore kontrakcije, po nekad (Komi i saradnici, 1992; Verhošanski, 1992; Perić, 2007) označena kao *apsolutna snaga*.

Glavna determinanta sile ostvarene dinamičkom kontrakcijom je veličina spoljašnjeg otpora. Što je spoljašnji otpor manji, moguće je postizanje veće brzine kontrakcije. Kada je otpor vrlo mali, kao na primer prilikom bacanja lopte, postiže se najveća brzina, pa se u takvom režimu mišićnog naprezanja govori o *brzinskoj snazi*. Po istoj analogiji se zaključuje da povećanje spoljašnjeg otpora usporava kontrakciju, kao na primer prilikom bacanja kugle. U takvim slučajevima, kada se manjom brzinom savladava veći spoljašnji otpor, po sredi je *eksplozivna snaga*. Polazeći od pomenutog odnosa veličine spoljašnjeg otpora i brzine kojom se savladava, Verhošanski i saradnici (1992) eksplozivnu snagu označavaju i kao *eksplozivno izometrijski tip mišićnog naprezanja* ukazujući time na dominaciju sile, a brzinsku snagu kao *eksplozivno balistički tip mišićnog naprezanja* čime su ukazali na dominantan značaj brzine. Prema tome, brzinska i eksplozivna snaga mogu imati iste numeričke vrednosti (iskazane vatima – W), ali odnos realizovane sile i brzine kontrakcije pri tome je sasvim različit. Bez obzira na veličinu spoljašnjeg otpora, tokom ispoljavanja i brzinske i eksplozivne snage sportista nastoji da pokret izvede što brže. Otuda je u praksi teško precizno odrediti granicu između ova dva miogena svojstva. Tipičan primer su kretni zadaci skok u dalj iz mesta i troskok iz mesta. Dok u skoku u dalj dominira brzinska, dotle je u troskoku više zastupljena eksplozivna snaga. Prema spoljnjim manifestacijama, oba kretna zadatka deluju kao pokreti maksimalne brzine, ali kada je na tenziometrijskoj platformi izmerena sila ispoljena

tokom sunožnog odskoka, pokazalo se da je ona značajno manja od sile izmerene tokom drugog i trećeg skoka u zadatku troskok (prema Perić, 2007). Osim po veličini, realizovane sile su se razlikovale i po vremenu potrebnom za dostizanje maksimuma (pik sile). Većina ispitanika u testu troskok, pik sile ostvaruje za gotovo duplo duže vreme nego u klasičnom skoku u dalj iz mesta. Aktivna faza mišićnog naprezanja prilikom skoka u dalj, naime, prosečno traje oko 100, a u troskoku 200 milisekundi. Razlog tolikog produženja aktivne faze je veliko povećanje spoljašnjeg otpora izazvanog masom sopstvenog tela koje se, nakon prvog skoka, spušta na tlo uz kontrolisanu amortizaciju ostvarenu na račun pliometrijskog režima rada mišića. Zbog toga se u preciznim laboratorijskim merenjima koja koriste platformu sile, kao pouzdaniji podatak za razgraničenje brzinske i eksplozivne snage, uzima vreme realizacije sile, a ne njena veličina.

Drugi način razgraničenja brzinske i eksplozivne snage, značajan za doziranje vežbi snage (naročito u teretani), sprovodi se na osnovu veličine spoljašnjeg otpora. Laboratorijska merenja su pokazala da naprezanjima u zoni eksplozivne snage odgovara otpor manji od 90%, a većem od 70% maksimalne izometrijske sile. Brzinska snaga, po toj logici, prisutna je u pokretima kojima se savladava spoljašnji otpor manji od 70%, ali i veći od 45% maksimalne izometrijske sile.

Brzinska i eksplozivna snaga od velikog su značaja u većini sportova. Dok u dizanju tegova (trzaju i izbačaju), bacanju teških sprava, rvanju, džudou, većini gimnastičkih elemenata, eksplozivna snaga ima presudan značaj, dotle u većini sportskih igara (fudbalu, rukometu, košarci, odbojci), bacanju koplja i diska, zatim tenisu i sličnim kretnjama, glavno mesto zauzima brzinska snaga. To, naravno, ne znači da se u svim nabrojanim sportovima ne razvijaju oba vida snage. Naprotiv,

metode i sredstva treninga za razvoj brzinske i eksplozivne snage veoma su slični i u praksi se nikada ne razdvajaju. Zbog visoke korespondentnosti, brzinska i eksplozivna snaga se u praksi označavaju zajedničkim imenima kao što su: *dinamička snaga* ili *eksplozivni režim naprezanja* (Verhošanski i saradnici, 1992).

Na realizaciju pokreta zasnovanih na dinamičkoj snazi, pored apsolutne snage (maksimalne sile) i apsolutne brzine (neopterećene brzine), značajan uticaj imaju još dva relativno nezavisna motorička svojstva: *startna snaga* i *ubrzavajuća snaga*. Pod startnom se podrazumeva sposobnost mišića za brzi razvoj radnog napora u početku naprezanja, a pod ubrzavajućom snagom sposobnost mišića za brzi prirast radnog napora tokom kontrakcije. Istraživanja su pokazala da startna i ubrzavajuća snaga nisu značajno povezane, ali da obe dosta zavise od apsolutne snage. Pri dinamičkom naprezanju kojim se savladava spoljašnji otpor ekvivalentan vrednosti od 20-40% apsolutne snage, dominantnu ulogu ima startna snaga, dok sa povećanjem otpora njen značaj vidno opada. Tako pri savladavanju otpora ekvivalentnog vrednosti od 60-80% apsolutne snage, tokom čitave amplitude pokreta, presudnu ulogu ima ubrzavajuća snaga.

Odnos apsolutne snage i maksimalne eksplozivne snage značajniji je ukoliko je spoljašnji otpor veći. U slučajevima kada se savladava otpor manji od 40% maksimuma, uticaj apsolutne snage na brzinu radnog pokreta gotovo je zanemarljiv. Kada spoljašnji otpor dostigne 60% maksimalne sile, smatra Verhošanski (1992) apsolutna snaga pokazuje gotovo linearnu zavisnost.

Uprkos navedenim razlikama, silu i snagu ne bi trebalo tretirati kao o apsolutno nezavisne, već kao relativno nezavisne miogene sposobnosti. Iako velika mišićna sila ne garantuje sposobnost mišića za generisanjem i velike snage, logično

je da će jači sportisti imati prednost prilikom savladavanja većeg spoljašnjeg otpora. Može se reći da su snažni sportisti, na neki način, uvežbani da brzo razvijaju veću ili manju mišićnu silu. Pored utrnutosti, na ispoljavanje mišićne sile i snage utiče još izvestan broj faktora, od kojih je za ovo istraživanje relevantan kvalitet tehnike izvođenja pokreta u kojem se sila i snaga prate.

2.2.2. Uticaj sportske tehnike na ispoljavanje snage

Lokomotorne radnje sportista u realnim takmičarskim uslovima uvek su vezane za rešavanje konkretnog zadatka. U rukometu, na primer, nije uvek dovoljno kretati se maksimalnom brzinom i nije uvek potrebno loptu maksimalno jako šutnuti. Upotrebljiv pas mora biti, pre svega, precizan i upućen optimalnom jačinom i putanjom. Maksimalno visok skok u odbrani ne garantuje uvek uspešno blokiranje; mnogo je važnije da on bude načinjen pravovremeno i da se igrač prethodno izборi za povoljnu poziciju koja će mu obezbediti prednost u odnosu na protivnika. Povećanje osnovne brzine i snage aktuelne muskulature trkača preko prepona ne znače uvek i poboljšanje rezultata; veoma je značajno da se prostorni, vremenski i mehanički parametri tokom trke dobro usklade i da se kompletna kretnja (start, napadanje prepone, prelazak i doskok) izvede vrlo precizno. Česti su primeri da su dizači tegova, kao tipični predstavnici sportova snage, rezultat popravili zahvaljujući poboljšanju tehnike dizanja. Svi navedeni primeri navode na potrebu da se u teoriji sporta govori o posebnom antropomotoričkom svojstvu koje uskladjuje (koordinira) sve fizičke potencijale i organizuje ih u precizne, optimalnom brzinom i snagom izvedene motorne celine. Takva sposobnost označena je kao *koordinacija*.

Koordinacija se u sportskoj praksi najčešće poistovećuje sa sportskom tehnikom, odnosno više ili manje uvežbanim dinamičkim stereotipom. Osim klasičnog povezivanja pojedinačnih pokreta u složene motorne celine, sportska tehnika podrazumeva i niz drugih parametara – vremenskih, prostornih i mehaničkih – uskladenih na nivou neuromuskularne sinergije motornih jedinica. Tehnički nivo motornog zadatka zavisi od niza faktora, ali se u prvi plan obično izdvajaju: (1) tačnost u odnosu na složenost zadatka, (2) tačnost u odnosu na prostor, (3) tačnost u odnosu na vreme i (4) tačnost u odnosu na doziranje ispoljene sile (i snage). Poslednji faktor je od posebnog značaja za ovo istraživanje. Prilikom procene sportske tehnike, u obzir se moraju uzeti svi navedeni faktori, jer nije svejedno da li se procena vrši nekim jednostavnim ili vrlo složenim kratanjem, da li je za određeno vreme potrebno ispoljiti veću ili manju silu i sl.

Sportska tehnika, kao najtipičnija manifestacija motorne koordinacije, dosta je proučavana u empirijskim radovima. Načinjeno je nekoliko pokušaja da se izvrši njena klasifikacija. Jedna od njih bila je ona Metikoša i Hošekove (1972) koji su definisali čak šest vrsta koordinacije i u kasnijim radovima ih i tretirali kao zasebne sposobnosti: (1) koordinaciju čitavog tela, (2) faktor učenja kompleksnih motornih radnji, (3) koordinaciju ruku, (4) faktor reorganizacije motornih stereotipa, (5) koordinaciju u ritmu i (6) faktor brzog izvođenja kompleksnih motornih zadataka. S druge strane, ruski autori (prema Zaciorskom, 1975) najčešće govore o tri osnovna aspekta koordinacije (nazivajući je još i *okretnost*): 1. sposobnost preciznog izvođenja brzih pokreta, 2. sposobnost brzog učenje pokreta i 3. sposobnost motornog transfera u srodnim i nesrodnim pokretima.

Rezultati pomenutih istraživanja jasno pokazuju da je naročito prilikom testiranja snage neophodno voditi računa o koordinacijskim elementima, tj. o nivou tehnike kojom se pokret analizirani izvodi. Kako se navodi u literaturi (Zaciorski, 1975; Perić, 2011), najveću snagu je moguće ostvariti sinhronizacijom najvećeg broja motornih jedinica kojima mišić raspolaže. U jednom mišiću se, međutim, nikada ne mogu istovremeno kontrahovati sve motorne jedinice. Njihov broj kod netreniranih osoba i u uslovima najvećeg naprezanja nikada ne prelazi 50%, a najčešće se kreće na nivou između 30 i 40%. Vrhunski sportisti koji su do savršenstva usvojili tehniku svog kretanja retko kada su u stanju da dostignu istovremenu kontrakciju više od 70% motornih jedinica. Prema tome, sposobnost da se izvrši koordinisano i sinhrono angažovanje aktuelnih motornih jedinica nekada je presudna za veličinu izmerene miogene sposobnosti. S ciljem da se tehnika bacanja lopte što više eliminiše kao parazitarni faktor, u ovom istraživanju je predviđena njena procena od strane sportskih eksperata.

Da povećanje snage muskulature aktuelne u pokretima bacanja ne znači automatski i duži hitac, pokazuju empirijske studije realizovane sa različitim varijantama bacanja (Werner, 2007 i 2008; Zhu, Dapena, Bingham, 2009; G.Wagner i saradnici, 2012). Sa druge strane, ispitanici sa boljom tehnikom bacanja obično su ostvarivali i veću dužinu hica koja je praktično ukazivala i na veću jačinu bacanja (najčešće šuta). U empirijskim studijama su dobijani različiti regresioni modeli kojima je objašnjavan specifični uticaj miogenih sposobnosti i sportske tehnike na dužinu bacanja (snagu šuta), zbog čega je i u ovom istraživanju definisano nekoliko hipotetskih modela. Važno je naglasiti da su ti regresioni modeli utvrđivani posebno

za jaču a posebno za slabiju ruku, čime je otvoren prostor za analizu još jednog važnog aspekta analize kretanja – uticaj telesne lateralnosti na sportske pokrete.

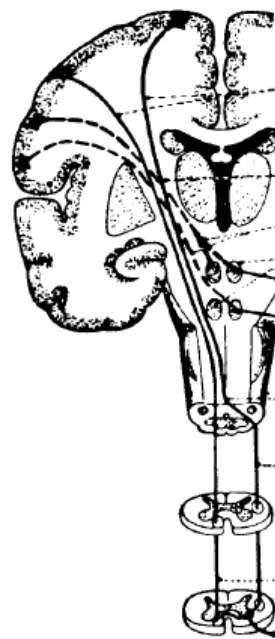
2.2.3. Uticaj lateralnosti ekstremiteta na ispoljavanje antropomotoričkih sposobnosti

Kod svih ljudi postoji dominacija jedne strane tela, tako da se i prilikom procene dinamometrijskih i koordinacijskih svojstava sportiste redovno govori o jačem i slabijem ekstremitetu. Logično je zato bilo očekivati da će ispitanici tretirani u ovom istraživanju iskazivati različit nivo miogenih potencijala leve i desne strane tela. Međutim, još interesantnijim se pokazuje uticaj pomenute dominacije jednog ekstremiteta na prirodu i jačinu veze između miogenih svojstava procenjenih u dinamometrijskim uslovima i rezultata dobijenih prilikom situacionog naprezanja u različitim zonama spoljašnjeg opterećenja.

Još pred kraj prošlog veka psiholozi su dokazali da obučavanje u korišćenju jednog ekstremiteta dovodi do značajnog poboljšanja i kod drugog (netreniranog) ekstremiteta. Nadjeno je da se ova pojava, označena kao *unakrsni efekat vežbanja*, odnosi na poboljšanje gotovo svih fizičkih svojstava (snage, izdržljivosti spretnosti...). Da bi se proizveo jasan efekat unakrsnog vežbanja potrebno je ispuniti princip nadopterećenja. Tako je fiziolog Walters (1955) našao da nedominantna ruka može indirektno biti dobro obučena vežbanjem dominantne ruke sa nadopterećenjem, gotovo isto kao i direktnim vežbanjem nedominantne ruke, ali sa podopterećenjem. Osim toga, nedominantna ruka nekad dobija istu spretnost unakrsnim kao i direktnim vežbanjem, što se, naravno, ne odnosi i na dominantnu

ruku. Do sličnih zaključaka koji se odnose i na muskulaturu nogu došli su Carpes i saradnici (2007) tokom pedaliranja jačom i slabijom nogom na biciklu.

Iako je unakrsni efekat vežbanja još uvek nedovoljno objašnjen pretpostavka je da se javlja kao posledica ukrštanja direktnih piramidalnih puteva u kičmenoj moždini (Slika 2-4). Energija eferentnih nervnih impulsa, koji potiču iz primarnih motornih centara, preliva se i u neurone suprotne strane. Dovoljno veliko prelivanje dešava se samo kada se izvode voljni pokreti sa nadopterećenjem. Čak 85% motornih neurona se ukrsti pre izlaska iz mozga, a preostalih 15% ukrsti se u produženoj moždini (prema Boškoviću, 1982). Prema tome, zbog ovog ukrštanja motornih puteva leva hemisfera mozga inerviša mišiće sa desne, a desna hemisfera sa leve strane aparata za kretanje. U toku eksperimenata sa unakrsnim vežbanjem otkrivene su i nesvesne izometrijske kontrakcije netreniranog mišića u vreme tretmana



Slika 2-4 Ukrštanje motornih puteva u produženoj moždini

njegovog simetričnog parnjaka (DeVris, 1980; Enoka, 1994). Za objašnjenje ovog detalja, pored prelivanje nervne energije izmedju ukrštenih piramidalnih neurona, navodi se i uticaj spojnika (komisura) velikog mozga. Leva i desna hemisfera su, naime, povezane svojim komisurama od kojih je za motorne aktivnosti najznačajnije žuljevito telo (*corpus calosum*). Pretpostavlja se da se kroz njega jedan broj nervnih impulsa sprovodi i u motorne neurone koji inervišu neaktivne homologne mišiće suprotne strane izazivajući njihovu kontrakciju.

Proveravajući efekte unakrsnog vežbanja, Hellebrandt i saradnici su (1947, 1950 i 1951) došli do pretpostavke da se istovremenom kontrakcijom homolognih mišića (na primer istovremenom aktivnošću leve i desne ruke) može povećati radni učinak zamorene ili oslabljene muskulature dominantnog ekstremiteta. U nekoliko uzastopnih eksperimenata ova pretpostavka je i potvrđena. Tokom rada praćenog ergografom, ispitanici su u trenutku opadanja radnog učinka zamorenog ekstremiteta u rad uključivali i do tada neaktivni ekstremitet koji je „u prazno“ izvodio simetrične pokrete istovremeno sa opterećenim ekstremitetom. Sinhrono delovanje homologne muskulature dovelo je do povećanja radnog učinka zamorenog dominantnog ekstremiteta. Ovaj fenomen nazvan je *dinamogeni efekat kontrakcije* i ima veliki praktični značaj u poboljšanju efikasnosti sportske tehnike.

Analize sprovedene prilikom izvođenja istog pokreta slabijom rukom, u odnosu na realizaciju jačom rukom, ukazuju ne samo na opadanje sportskog učinka, već i na promenu regresionih zakonitosti. Uočen je poremećaj uticaja sportske tehnike sa jedne, te miogenih sposobnosti sa druge strane, na jačinu šuta ili na jačinu udarca, na primer u bejzbolu ili tenisu (Wang, 2013). Iako nema eksplicitnih podataka iz eksperimenata na rukometašima, može se pretpostaviti da ove zakonitosti važe i za njih. Numerička analiza udela miogenih sposobnosti i nivoa tehnike na dužinu hica, posebno za jaču a posebno slabiju ruku jedan je od istraživačkih zadataka ove disertacije.

Važno je reći da se u literaturi mogu pronaći i rezultati koji ne ukazuju na obavezne bilateralne razlike u sili i snazi aktuelne muskulature, odnosno eksperimenti u kojima nisu nađene signifikantne razlike u miogenim sposobnostima (pre svega u apsolutnoj snazi) dominantnog i nedominantnog ekstremiteta (Hampson

i saradnici, 2001; Docherty & Arnold, 2008; Simon & Ferris, 2008; Tiggemann i saradnici, 2010; Wiest, Dagnese, Carpes, 2010). U većini ovih radova, autori su, osim praćenja objektivnih (dinamometrijskih) miogenih pokazatelja (ne)ujednačenosti analogne muskulature suprotnih ekstremiteta, registrovali i subjektivni osećaj ispitanika u pogledu snage slabijeg i jačeg ekstremiteta. Mnogo puta se pokazalo da su se objektivni indikatori snage i subjektivni osećaj ispitanika razlikovali. Uprkos odsustvu signifikantnih razlika u dinamometriji, ispitanici su redovno svoj dominantni ekstremitet proglašavali jačim. Ovaj podatak od značaja je i za ovu studiju s obzirom na to da ukazuje na nervnu uslovljenost miogenih sposobnosti i opravdava potrebu da se istraži odnos sportske tehnike kao tipičnog neurogenog (koordinacijskog) svojstva i miogenih sposobnosti ispitanika.

3. Predmet, cilj i zadaci istraživanja

Najkonciznije definisan, **predmet** ovog istraživanja predstavlja uticaj miogenih sposobnosti muskulature aktuelne tokom izvodjenja pokreta bacanja lopte jednom rukom, sa jedne, i sportske tehnike, sa druge strane, na ostvarene rezultate izmerene u različitim uslovima spoljašnjeg opterećenja (konkretno, prilikom bacanja lopti različitih težina – male, srednje i velike). Prilikom razrade ovako definisanog predmeta, osim izmerenih miogenih parametara i procenjenog tehničkog nivoa izvodjenja jednoručnog bacanja lopte, u obzir je uzeta i topografska lateralnosti ekstremiteta kojim se pokret izvodi. Zato je prilikom sprovođenja postupka prikupljanja podataka procenjivan i nivo tehnike bacanja lopte jednom rukom, a sva merenja sile, snage i dužine hica sprovedena su posebno za jaču, a posebno slabiju ruku.

Podaci dobijeni merenjem pojedinih manifestacija sile i snage u specifičnim dinamometrijskim uslovima i posredno bacanjem lopti različite težine, analizirani su iz nekoliko aspekata. U prvom plan je istaknuta analiza uticaja različitih vidova snage na ispoljavanje miogenih potencijala muskulature aktuelne prilikom bacanja lopti različite težine, dok je u drugom planu bilo praćenje uticaja tehnike i lateralnosti upotrebljenog ekstremiteta, kako na kriterijumsku varijablu (ostvarenu dužinu bacanja lopte), tako i na prirodu i jačinu medjusobne veze sile i snage analogne muskulature ispoljene u biomehanički srodnim i nesrodnim dinamičkim stereotipima. Prema tome, osnovni **cilj istraživanja** bio je da se kvantifikuju relacije između teorijskih (dinamometrijski procenjenih) potencijala aktuelne muskulature i njihovih objektivnih manifestacija sagledanih kroz bacanje lopte jednom rukom.

Za realizaciju ovako definisanog cilja istraživanja bilo je neophodno realizovati sledeće zadatke:

1. Odabrati adekvatan uzorak ispitanika čije će karakteristike omogućiti dobijanje validnih podataka i eliminisanje najvećeg broja parazitarних faktora;
2. Izvršiti procenu maksimalne izometrijske sile muskulature koja dominantno učestvuje u pokretu bacanja lopte jednom rukom (unutrašnjih rotatora i abduktora u zglobu ramena, palmarnih fleksora, te muskulature trbuha i leđa);
3. Izvršiti procenu dinamičkog kontraktilnog potencijala (uslovno snage) muskulature koja dominantno učestvuje u pokretu bacanja lopte jednom rukom (unutrašnjih rotatora i abduktora u zglobu ramena, palmarnih fleksora, te muskulature trbuha i leđa);
4. Merenjem maksimalne dužine bacanja, realizovanog upotrebom tri lopte različitih težina (standardne muške rukometne lopte od 350 g, lakše medicinke od 800 g i teže medicinke od 3 kg) izvršiti procenu manifestacija miogenih potencijala u približno situacionim uslovima. Merenje u sve tri situacije (bacanje rukometne lopte, lakše i teže medicinke) sprovedeno je najpre jačom, a zatim i slabijom rukom;
5. Oceniti nivo tehničkog kvaliteta izvodjenja bacanja jednom (samo jačom) rukom u situacionim uslovima, primenom simultane procene od strane tri rukometna eksperta;
6. Kvantifikovati relacije između rezultata dobijenih merenjem sile i snage sa rezultatima dobijenim merenjem dužine bacanja tri lopte različitih težina;
7. Kvantifikovati relacije između miogenih sposobnosti (izmerenih vrednosti sile i snage) različitih ekstremiteta (jače i slabije ruke);
8. Kvantifikovati relacije između jačine šuta (dužine bacanja) različitih ekstremiteta (jače i slabije ruke) dobijenih bacanjem lopti različitih težina;

9. Kvantifikovati prediktorske vrednosti dinamometrijskih merenja u kojima su korišćeni pokreti koordinacijski slični i koordinacijski različiti u odnosu na pokret bacanja lopte jednom rukom;
10. Kvantifikovati uticaj kvaliteta tehnike na dužinu bacanja lopte jednom rukom (posebno za jači, posebno za slabiji ekstremitet);
11. Kvantifikovati uticaj lateralnosti pokreta (izvodjenje različitim ekstremitetima) na jačinu i prirodu relacija između dinamometrijskih pokazatelja miogenih sposobnosti i dužine bacanja izmerene upotrebom lopti različitih težina;
12. Kvantifikovati uticaj lateralnosti pokreta (izvodjenje različitim ekstremitetima) na jačinu i prirodu relacija između pokazatelja tehnike i dužine bacanja izmerene upotrebom lopti različitih težina.

4. Primenjena metodologija

4.1. Tok i postupci istraživanja

Ovo istraživanje je realizovano u formi transverzalne studije u kojoj je kao osnovni sistem eksplikacije problema primenjen empirijski metod. U fazi projektovanja istraživanja, glavnu ulogu imao je bibliografski metod, u fazi numeričke obrade statistički metod, a u fazi elaboriranja metode naučne analize i sinteze. Kao dominantna istraživačka tehnika, u fazi prikupljanja podataka, primenjeno je testiranje miogenih motoričkih svojstava. Osim testiranja, u prvoj fazi operacionalizacije projekta primenjena je i tehnika posmatranja u kojoj je za kvantifikovanje zapažanja o tehnici bacanja rukometne lopte korišćena numerička skala.

Sva merenja su realizovana u sportsko-rekreativnom centru „Tikvara“ u Bačkoj Palanci (u velikoj dvorani sportske hale i u teretani) sa članovima omladinske škole rukometnog kluba „Bačka tikvara“. Merenja su obavljena u ranim jutarnjim satima u okviru redovnih redovnih treninga. Svi ispitanici su prošli identičnu mernu proceduru. Najpre je u teretani izvršena procena njihovih miogenih potencijala (izometrijske sile i maksimalne snage muskulature aktuelne u pokretima bacanja lopte), a zatim su u sportskoj dvorani (na rukometnom terenu), bacanjem tri lopte različitih težina, posebno jačom a posebno slabijom rukom, izmerene dužine bacanja kao hipotetski pokazatelji miogenih sposobnosti ispoljenih u različitim zonama spoljašnjeg opterećenja. Radi sagledavanja uticaja koordinacije na manifestacije

miogenih sposobnosti, tri sportska eksperta (specijalisti za rukomet, vrhunski treneri iz Bačke Palanke) procenila su kvalitet tehnike bacanja rukometne lopte. Merenja su sprovedena u optimalnim uslovima u odnosu na osvetljenje, temperaturu i vlažnosti vazduha. Bili su obezbedjeni jednaki uslovi za sve ispitanike koji su testiranju pristupili u odmornom stanju nakon kraćeg zagrevanja. Osim autora doktorske disertacije, u postupku prikupljanja podataka učestvovala su i dva saradnika u ulozi merioca i kontrolora. Podaci su direktno unošeni u elektronsku bazu podataka formiranu u aplikacionom statističkom programu za personalne računare SPSS.

4.2. Uzorak varijabli i način njihovog merenja

Gotovo sve varijable koje su korišćene u ovom istraživanju pripadaju prostoru miogenih motoričkih sposobnosti. Izuzetak je samo jedna varijabla koja se odnosi na nivo tehnike izvodjenja bacanja lopte. Šire gledano, i ona je motorička varijabla, budući da potiče iz prostora koordinacije.

Testirane sposobnosti sa miogenim izlazom bilo je, uslovno, moguće podeliti na varijable sile i varijable snage. Sve ove varijable su procenjivane u tretani, pri čemu je za procenu maksimalne izometrijske sile primenjen specifičan postupak dinamometrije, dok je zona snage bila posredno valorizovana pomoću maksimalnih težina podignutih u teretani, odnosno korišćenjem vrednosti apsolutne snage izračunate metodom repetitivnih maksimuma. Osnovni kriterijum za izbor kretnih zadataka bila je uloga pojedinih mišićnih grupa u izvodjenju pokreta bacanja lopte jednom rukom. Tako su kao predmet merenja izolovani: unutrašnji rotatori i abduktori u zglobu ramena, kratki palmarni fleksori šake, ekstenzori u zglobu lakta, te trbušna i leđna muskulatura. Svaki primenjeni pokret predstavlja specifičnu vežbu

u teretani koja kompleksno pokriva jednu ili dve mišićne grupe. U postupku merenja izbegavalo se selektivno izolovanje pojedinačnih mišića kako bi se uslovi testiranja, kroz kompleksno i sinergijsko angažovanje muskulature, što više približili realnom izvođenju pokreta bacanja lopte.

Radi homogenizovanja uzorka i kontrole mogućeg parazitarnog uticaja konstitucionalnih karakteristika, svim ispitanicima su izmerene elementarne antropometrijske dimenzije – telesa visina (TV), telesna masa (TM) i iz njih izveden body-mass-index ($BMI = TM \text{ u kg} / TV^2 \text{ u m}$).

4.2.1. Procena sile u izometrijskim uslovima

Za procenu sile ciljanih mišićnih grupa primenjeni su sledeći kratni zadaci:

1. Dinamometrija jače i slabije šake;
2. Dinamometrija rotatora u zglobu ramena jače i slabije ruke;
3. Dinamometrija rotatora u zglobu ramena u uslovima istovremene kontrakcije obe ruke;
4. Dinamometrija trbušne muskulature;
5. Dinamometrija ledjne muskulature.

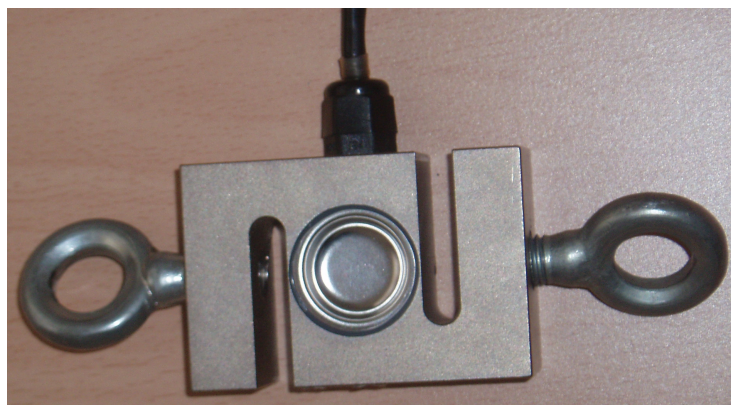
Sila realizovana pri maksimalnom stisku šake (**dinamometrija šake**) izmerena je pomoću elektronskog ručnog dinamometra marke *Baseline*, (model: *Baseline Electronic Smedly Hand Dynamometer 200 lb. W54654* – Slika 4-1). Dinamometrija šake se izvodila tako što je ispitanik dinamometar držao u blago savijenoj ruci u zglobu lakta i maksimalno jakim stiskom nastojao da ostvari što bolji rezultat. Svaki ispitanik izvodio je po dva pokušaja jačom i slabijom rukom, a kao

relevantan za statističku obradu mu je beležen bolji rezultat. Rezultati su iskazivani u Njutnima (N) sa preciznošću merenja od 0,01 N.



Slika 4-1 Elektronski ručni dinamometar marke *Baseline Electronic Smedly Hand Dynamometer 200 lb. W54654*, prilikom merenja jačina stiska šake

Sila ostvarena tokom izometrijskih kontrakcija u sva četiri preostala dinamometrijska zadatka (jednoručno povlačenje sajle iznad ramena, dvoručno povlačenje sajle iznad glave, te dinamometrija trbušne i leđne muskulature) izmerena je pomoću mobilnog elektronskog dinamometra tipa *ISO Control Globus Tesys 1000* (Slika 4-1) tako što je dinamometar preko sajle i karabinera na svom slobodnom kraju bio povezan sa ispitanikom, a na drugom kraju fiksiran za trenažer (Slike 4-3, 4-4, 4-5 i 4-6). Rezultati su iskazivani u Njutnima (N) sa preciznošću sa preciznošću merenja od 0,01 N.



Slika 4-2 – Mobilni elektronski dinamometar tipa *ISO Control* iz sistema *Globus Tesys 1000*

Dinamometrija rotatora u zglobu ramena je realizovana primenom dva kretna zadatka – jednoručnim povlačenjem sajle iznad ramena i dvoručnim povlačenjem sajle iznad glave. Prilikom izvođenja jednoručnog pokreta ispitanik je uzimao rukohvat i pokretom kojim simulira bacanje lopte jednom rukom nastojao da izometrijskim naprezanjem ostvari što veću silu (Slika 4-3). Svaki ispitanik izvodio je po dva pokušaja jačom i slabijom rukom, a zabeležen je bolji rezultat.

Procena izometrijske sile istih rotatora realizovana je sličnim pokretom, s tim što je sada primenjeno dvoručno povlačenje sajle kojim se oponaša bacanje lopte sa dve ruke iznad glave (Slika 4-4).

Dinamometrija trbušne muskulature sprovedena je tako što je ispitanik sedeo na klupici leđjima okrenut spravi za koju je fiksirana sajla sa dinamometrom, sa nogama postavljenim na tlu i rukama sklopljenim na grudima (Slika 4-5). Drugim krajem, sajla je bila vezana za uprtač pričvršćen na telu ispitanika u visini grudi. Maksimalno snažnom kontrakcijom trbušne muskulature, ispitanik je nastojao da izvede antefleksiju trupa i proizvede što veću silu koju je registrovao dinamometar. Izvodjena su po dva pokušaja, a kao validan je beležen bolji rezultat.

Dinamometrija leđne muskulature sprovedena je u sedećem položaju na klupici, pri čemu je ispitanik bio licem okrenut spravi za koju je fiksirana sajla sa dinamometrom, sa nogama postavljenim fiksiranim za trenažer i rukama maksimalno opruženim u zglobu lata (Slika 4-6). Drugim krajem, sajla je bila vezana za držač koji je ispitanik držao u visini donjeg dela grudi. Maksimalno snažnom kontrakcijom leđne muskulature, ispitanik je nastojao da izvede retrofleksiju trupa, čime je izazivao silu registrovanu dinamometrom. Izvodila su se po dva pokušaja, a kao validan je beležen bolji rezultat.



Slika 4-3 – Dinamometrijski postupak procene sile rotatora u zglobu ramena jednoručnom kontrakcijom



Slika 4-4 – Dinamometrijski postupak procene sile rotatora u zglobu ramena dvoručnom kontrakcijom



Slika 4-5 – Dinamometrija trbušne muskulature



Slika 4-6 – Dinamometrija ledjne muskulature

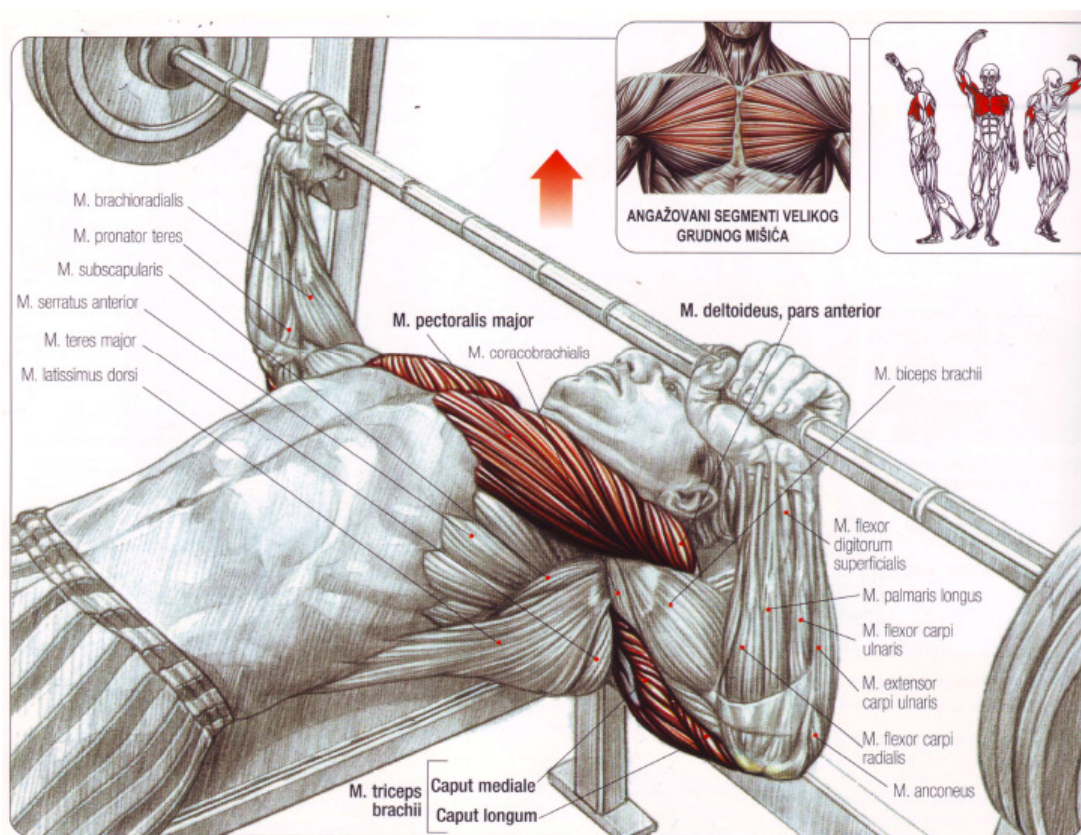
4.2.2. Procena apsolutne snage metodom repetitivnih maksimuma

Apsolutna snaga je merena u dobro opremljenoj teretani, upotrebom standardnih tegova (šipki i ploča). Predmet merenja je bila muskulatura hipotetski označena kao dominantna tokom izvodjenja bacanja lopte. Reč je o sinergistima odgovornim, pre svega, za pokrete u zglobu ramena (unutrašnju rotaciju i abdukciju), kao i o stabilizatorima koji deluju u zglobu lakta (prvenstveno *m. triceps brachi* i *m. latissimus dorsi*) i elevatorima lopatice (prvenstveno gornji snopovi *m. trapezius*-a i *m. rhomboideus*). Kako je veoma teško (gotovo nemoguće) realizovati procenu snage izolovanog dejstva aktuelne muskulature, u postupku testiranja su korišćeni kompleksni pokreti, prepoznatljivi kao klasične vežbe snage sa tegovima. Konkretno, primenjeni su:

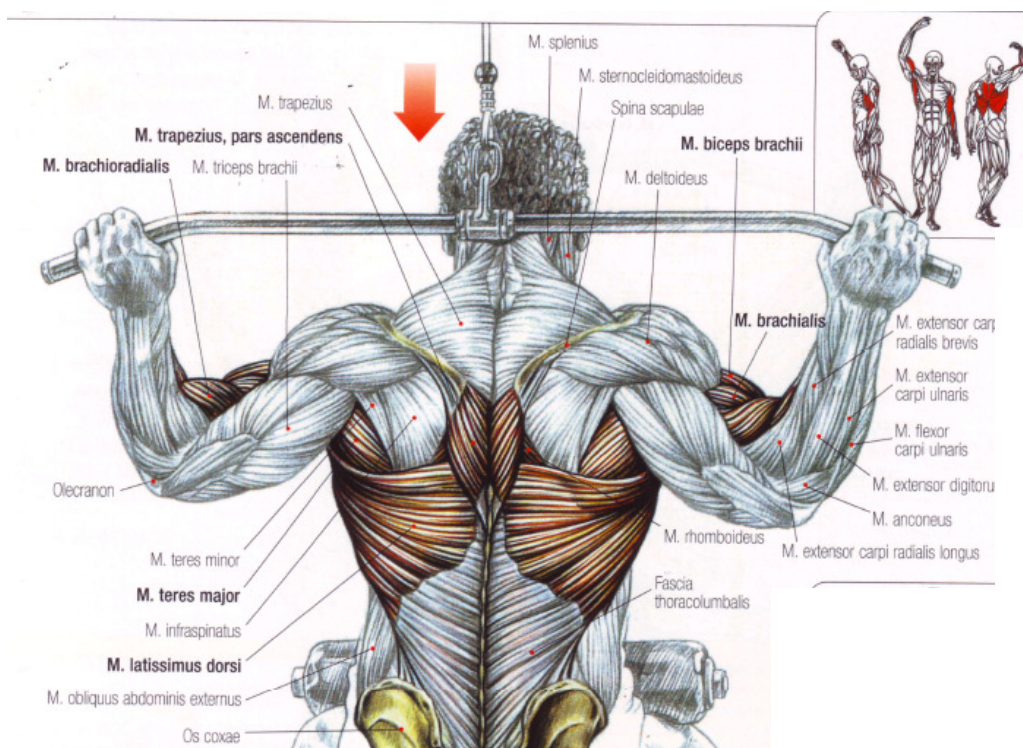
1. Potisak sa ravne klupe (*Bench Press*) – Slika 4-7;
2. Zadnji potisak sa ramena (*Shoulder Press*) – Slika 4-8;
3. Prevlačenje preko grudi u ležećem položaju (*Pull Over*) – Slika 4-9;
4. Zadnje povlačenje na lat-mašini – (*Lat Machine*) – Slika 4-10.

Postupak testiranje predstavljao je primenu metoda repetitivnih maksimuma u kojoj je od ispitanika zahtevano da izvesnu težinu podignu maksimalan broj puta (do otkaza), pri čemu broj ponavljanja ne sme da predje 10. Težina podizanja „do otkaza“, kao i broj ponavljanja uneti su u bazu podataka, te su na osnovu njih, primenom odgovarajućih koeficijenata iz Tabele 2-1, izračunate aproksimativne vrednosti apsolutne snage za datu vežbu. Rezultati merenja iskazivani su u kilopondima (kp) sa preciznošću od $\pm 2,5$ kp.

Određivanju optimalne težine registrovane kao repetitivni maksimum, prethodila je jedna serija zagrevanja u kojoj je svaki ispitanik pet puta podizao teg srednje težine. U drugoj i trećoj seriji su težine progresivno povećavane za oko 10% kako bi merilac lakše predvideo optimalnu težinu za test. Kod većine ispitanika, „otkaz“ je dostizan u trećoj seriji.



Slika 4-7 Potisak sa ravne klupe (Bench Press) sa prikazom aktivne muskulature (preuzeto iz Delavier, 2006)



Slika 4-10 Zadnja povlačenja (Lat Machine) sa prikazom aktivne muskulature (preuzeto iz DeLuvier, 2006)

4.2.3. Procena tehnike bacanja lopte

Nivo tehnike bacanja rukometne lopte procenjivan je ekspertnim posmatranjem. Tri rukometna eksperta (vrhunski treneri iz Bačke Palanke) istovremeno su posmatrala međusobno dodavanje lopte jednom i hvatanje sa dve ruke dvojice ispitanika. Prilikom dodavanja i hvatanje u parovima, ispitanici su se nalazili na udaljenosti od 8 do 10 metara. Svoju ocenu, eksperti su iskazivali primenom numeričke skale sa skalarnim vrednostima (ocenama) u rasponu od 1 do 10. Konačna ocena, upotrebljena za statističku obradu podataka, formirana je na osnovu usaglašavanja posmatrača.

4.2.4. Bacanje lopti različitih težina

Miogeni potencijali ispitanika (uslovno snaga muskulature trupa, ruku i ramenog pojasa) indirektno su procenjene i bacanjem lopte u dalj jednom rukom iz mesta. Prilikom bacanja lopte ispitanici su zauzimali dijagonalni stav i nastojali da kratkim zamahom (koji je podrazumevao i zasuk trupom) loptu jednom rukom bace što dalje (Slika 2-3), pri čemu su sami odredjivali oblik putanje leta lopte. U trenutku izbačaja, ispitanicima nije dozvoljeno da predju liniju obeleženu na tlu koja je služila za odmeravanje dužine bacanja.

Pored linije bacanja nalazio se jedan merilac koji je kontrolisao ispravnost bacanja, tačnije pratio da li je došlo do prestupanja linije. Od ispitanika koji su nagazili liniju (prestupili), merilac je zahtevao da ponove bacanje. Na dovoljnoj udaljenosti od linije bacanja, nalazila su se druga dva merioca, od kojih je jedan obeležavao mesto na koje je pala lopta, dok je drugi pomoću pantljike odmeravao dužinu hica. Izmerenu dužinu, merilac je glasno izgovarao zapisničaru koji ju je unosio u mernu listu. Rezultati su iskazivani u metrima (m) sa preciznošću merenja od 0,1 m.

Svaki ispitanik izvodio je po dva bacanja, a kao konačan rezultat, relevantan za statističku obradu, uzet je bolji hitac. Isti zadatak, po istom principu, svaki ispitanik je izvodio sa tri lopte različitih težina, od kojih je prva bila standardna muška rukometna lopta težine 350 grama, druga medicinka težine 800 kg, a treća medicinka težine 3 kg.

4.3. Uzorak ispitanika

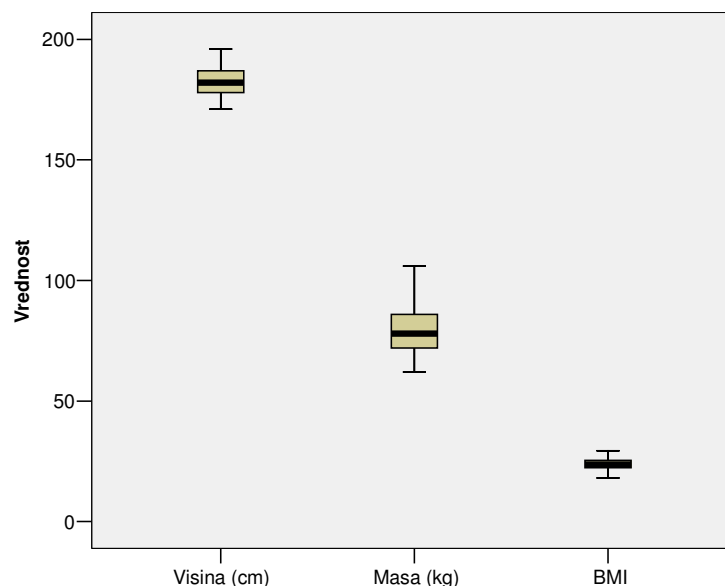
Ovim straživanjem obuhvaćene su 54 zdrave mlade osobe muškog pola, uzrasta između 16 i 17 godine. Radilo se o članovima rukometnog kluba „Bačka tikvara“, među kojima je bilo izrazito talentovanih dečaka koji su već igrali za omladinsku reprezentaciju Srbije, ali i onih koji su se još uvek smatrali početnicima, odnosno nedovoljno obučeni rukometašima. Uzorak ispitanika je, dekle, po kriterijumu nivoa takmičarske uspešnosti u rukometu i po dužini trenažnog staža, bio dosta heterogen. Ovo je namerno urađeno kako bi se ostvarila osetnija varijabilnost nivoa tehnike bacanja lopte, što je bilo neophodno za uočavanje zakonitosti uticaja nivoa tehnike na dužinu jednoručnog bacanja. Zbog kontrolisanog načina formiranja, ispitanici obuhvaćeni ovim istraživanjem imala su obeležja stratifikovanog uzorka.

Osnovni razlog za merenje elementarnih antropometrijskih dimenzija ispitanika (telesne visine i mase) je eliminisanje očekivanog uticaja konstitucionalnih karakteristika kao parazitarnog faktora na ispoljavanje, pre svega, apsolutne sile (i snage). Iz odnosa ove dve elementarne telesne dimenzije izveden je indeks telesne kompozicije (BMI), kao indirektni pokazatelj morfološkog statusa ispitanika.

Uvidom u deskriptivne parametre izračunate za sve tri morfološke varijable (Tabela 4-1 i Slika 4-11) zaključuje se da je uzorak po kriterijumu konstitucionalnih karakteristika bio visoko homogen. Na ovu činjenicu pre svega ukazuju veoma niske vrednosti koeficijenta varijacije (V). U prilog ovom zaključku ide i oblik distribucije formirane na osnovu intervala koji se odnose na Body-mass-index (Tabela 4-2 i Slika 4-12). Na osnovu ovih podataka vidi se da su u uzorku izrazito dominirali ispitanici sa normalnim telesnim sastavom ili skladne osobe ($22 \leq \text{BMI} \leq 27$), dok je onih sa nedovoljnom ili prekomernom količinom masnog tkiva bilo daleko manje.

Tabela 4-1 Deskriptivni parametri izračunati za morfološke varijable

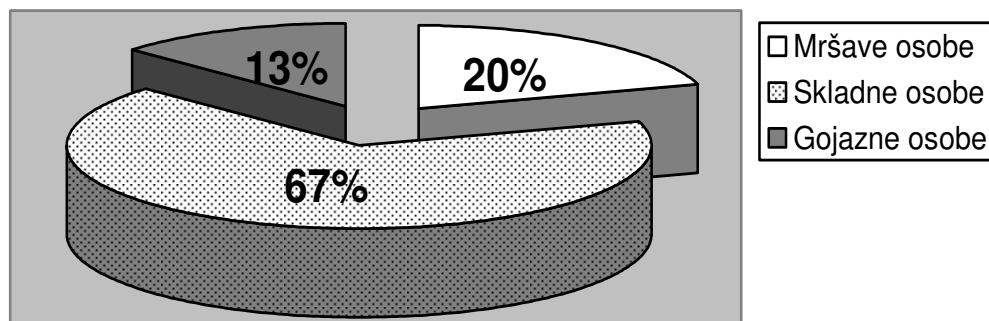
Varijabla	Mean	Std-Error	Min	Max	Std. Dev.	V
TV (m)	1,825	0,0084	1,71	1,96	0,0618	0,0339
TM (kg)	79,611	1,2752	62,0	106,0	9,3711	0,1177
BMI (kg/m²)	23,868	0,3081	18,12	29,36	2,2641	0,0949



Slika 4-11 Prosečne vrednosti i varijacione širine utvrđene za morfološke varijable

Tabela 4-2 Distribucija ispitanika utvrđena prema vrednostima Body-mass-index-a

Konstitucionalni tip	Interval BMI	Apsolutne frekvencije	Relativne frekvencije
Mršave osobe	< 22	11	20.4%
Skladne osobe	22 – 27	36	66.7%
Gojazne osobe	28 - 32	7	13%
Patološki gojazni	> 32	0	0



Slika 4-12 Distribucija ispitanika utvrđena prema vrednostima Body-mass-index-a

4.4. Statistička obrada podataka

Svi podaci prikupljeni tokom istraživanja obradjeni su postupcima deskriptivne i komparativne statistike. Za matematičko procesiranje originalnih podataka i grafičke ilustracije dobijenih rezultata korišćeni su aplikacioni programi za personalne računare *SPSS* i *Microsoft Excel*.

Budući da su sve varijable istraživanja iskazane minimalno u formi intervalne (a većina i srazmerne) skale, te da su dobijene statističke serije bile kontinuiranog (neprekidnog) karaktera, iz prostora deskriptivne statistike za svaki ajtem određeni su reprezentativni centralni i disperzioni parametri:

- Aritmetička sredina (M)
- Varijaciona širina ($Max - Min$)
- Varijansa i standardna devijacija (S^2 i S)
- Koeficijent varijacije (V).

Iz prostora komparativne statistike primenjene su parametrijske procedure, kako diskriminativne, tako i kauzalne. Od diskriminativnih procedura korišćeni su T-test i analiza varijanse (ANOVA), prilikom testiranja značajnosti razlika između aritmetičke sredina srodnih statističkih serija. Za potrebe testiranja numeričke povezanosti korišćen je Pirsonov model korelacije. Za utvrđivanje prirode i logike uzročno-posledičnih odnosa između varijabli primenjena je regresiona analiza koja je omogućila dobijanje nekoliko regresionih modela značajnih za predikciju kriterijumskih na osnovu izmerenih vrednosti prediktorskih varijabli.

5. Interpretacija rezultata

5.1. Rezultati deskriptivne analize

Deskriptivna analiza je sprovedena na svim varijablama praćenim tokom ovog istraživanja. Radi veće preglednosti i sistematičnije interpretacije, rezultati deskriptivne analize interpretirani su kroz četiri odeljka u kojima su prikazani reprezentativni deskriptivni parametri metodološki srodnih varijabli. Tako su u prvom odeljku (5.1.1.) analizirani pokazatelji sile dobijeni tokom dinamometrijskih merenja (sila u izometrijskim uslovima); u drugom (5.1.2.) su date vrednosti apsolutne snage procenjene pomoću zadataka izvedenih u teretani; u trećem (5.1.3.) su analizirane ekspertne ocene kojima je ocenjena tehnika bacanja rukometne lopte; dok su u četvrtom delu (5.1.4.) saopšteni deskriptivni pokazatelji koji se odnose na izmerene dužine prilikom bacanja lopti različitih težina jačom i slabijom rukom.

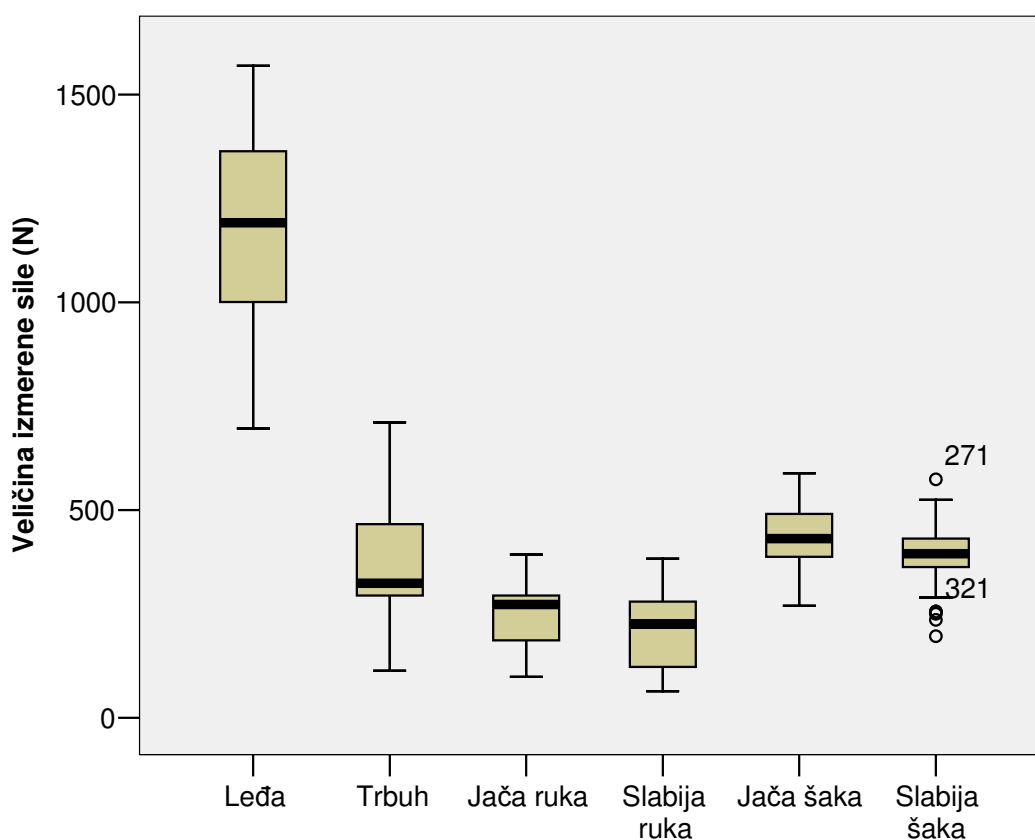
5.1.1. Nivo sile izmerene u izometrijskim uslovima

Dinamometrijska merenja su donela očekivane vrednosti sile za izolovane mišićne grupe koje su korespondentne sa rezultatima dosadašnjih istraživanja. Kao što je očekivano, najveća vrednost sile zabeležena je prilikom testiranja opružaća ledja (retroflrksora trupa), a najmanja prilikom merenja izometrijske sile rotatora u zglobu ramena (Tabela i Slika 5-1). Kod većine dinamometrijskih testova dobijeni su veoma homogeni rezultati što je i bilo očekivano s obzirom na činjenicu da su ispitanici bili istog uzrasta i da su bili veoma ujednačeni u pogledu telesnih dimenzionalnosti.

Najmanje homogenim su se pokazali rezultati dobijeni prilikom testiranja sile pregibača trupa (trbušne muskulature), što je i očekivano budući da su dosadašnja istraživanja pokazala da ove vrednosti dosta zavise od antropometrijskih karakteristika ispitanika. Tako su ispitanici sa većom telesnom masom ispoljili i izrazito veće vrednosti sile u odnosu na one sa manjim telesnim dimenzionalnostima.

Tabela 5-1 Deskriptivni pokazatelji sile ostvarene tokom dinamometrijskih merenja

Dinamometrija (N)	Mean	Std. Error	Min	Max	Std. Dev.
Ledja	1185,65	26,412	696,51	1569,60	194,086
Trbuh	369,24	18,786	112,82	711,23	138,050
Jača ruka	240,35	10,996	98,10	392,40	80,806
Slabija ruka	208,14	11,071	63,77	382,59	81,351
Obe ruke	403,03	14,107	137,34	568,98	103,665
Jača šaka	437,27	10,920	269,78	588,60	80,244
Slabija šaka	389,95	10,624	196,20	573,89	78,067

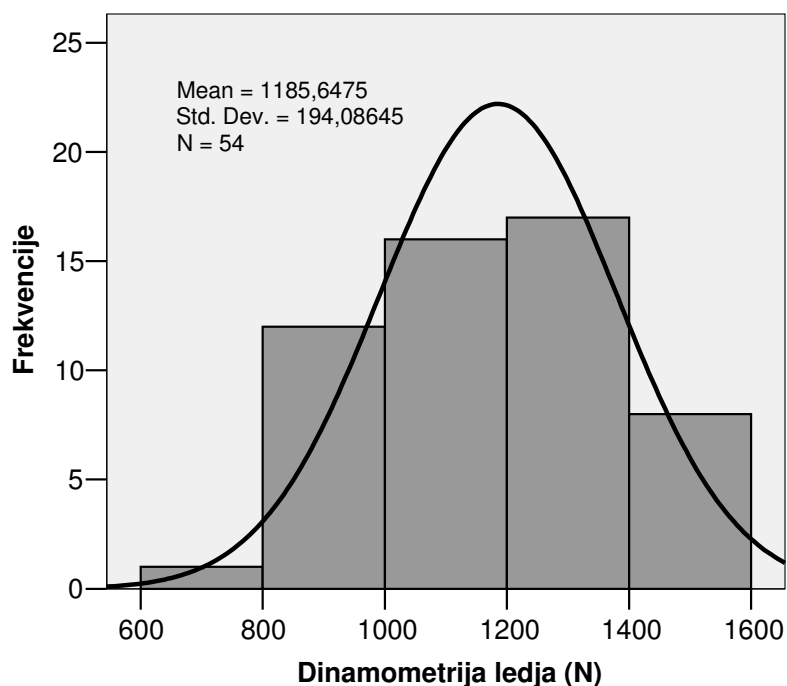


Slika 5-1 Prosečne vrednosti i varijacione širine utvrđene za dinamometrijske varijable

U svih sedam statističkih serija formiranih od rezultata dinamometrijskih merenja u izometrijskim uslovima, dobijene su dosta različite distribucije. U samo dve serije (jačina stiska kod obe šake) distribucije su se približavale normalnom rasporedu, mada su ipak od njega značajno odstupale (Tabele i Slike 5-7 i 5-8). U statističkim serijama formiranim od rezultata dinamometrijskog testiranja rotatora u zglobu ramena, kako jednoručnog tako i dvoručnog, dobijene su bimodalne distribucije (Tabele i Slike 5-4, 5-5 i 5-6). Rezultati testiranja sile muskulature leđa formirali su seriju koja se približavala uniformnom rasporedu (Tabela i Slika 5-2), dok je distribucija rezultata dobijenih testiranjem sile trbušne muskulature imala obeležja pozitivno asimetrične (Tabela i Slika 5-3).

Tabela 5-2 Distribucija rezultata dobijenih dinamometrijom opružaća trupa

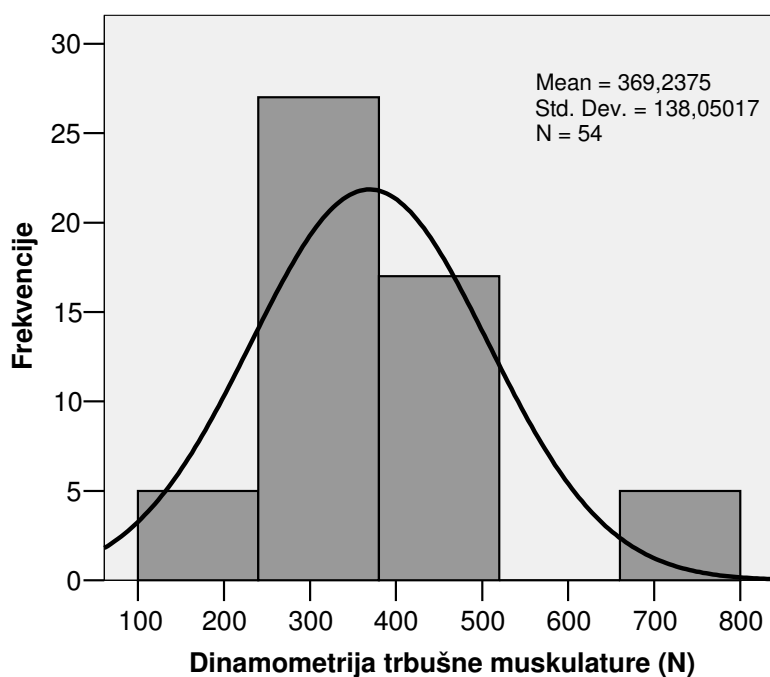
Intervali (N)	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
600 – 800	1	1,9%
800 – 1000	12	22,2%
1000 – 1200	16	29,6%
1200 – 1400	17	31,5%
1400 – 1600	8	14,8%



Slika 5-2 Distribucija rezultata dobijenih dinamometrijom opružaća trupa

Tabela 5-3 Distribucija rezultata dobijenih dinamometrijom pregibača trupa

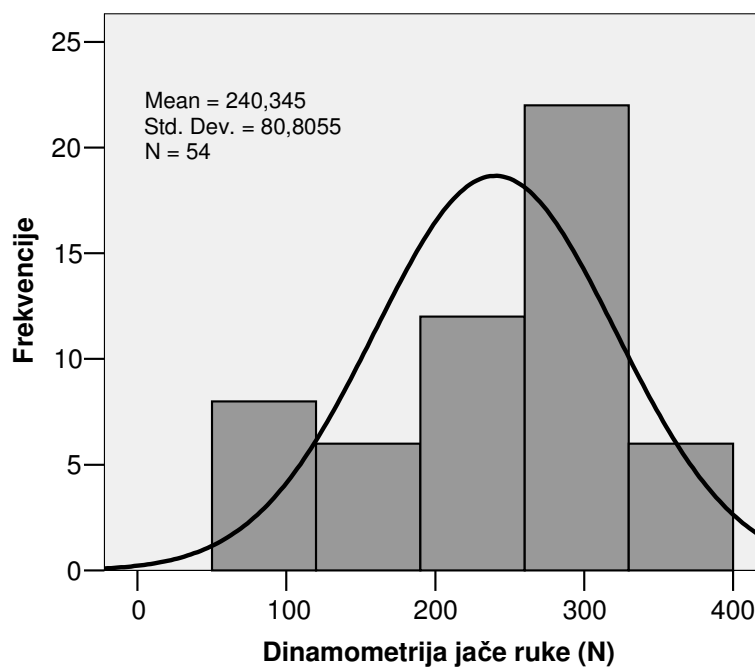
Intervali (N)	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
100 – 240	5	9,3%
240 – 380	27	50%
380 – 520	17	31,4%
520 – 660	0	0
660 – 800	5	9,3%



Slika 5-3 Distribucija rezultata dobijenih dinamometrijom pregibača trupa

Tabela 5-4 Distribucija rezultata dobijenih dinamometrijom rotatora jače ruke

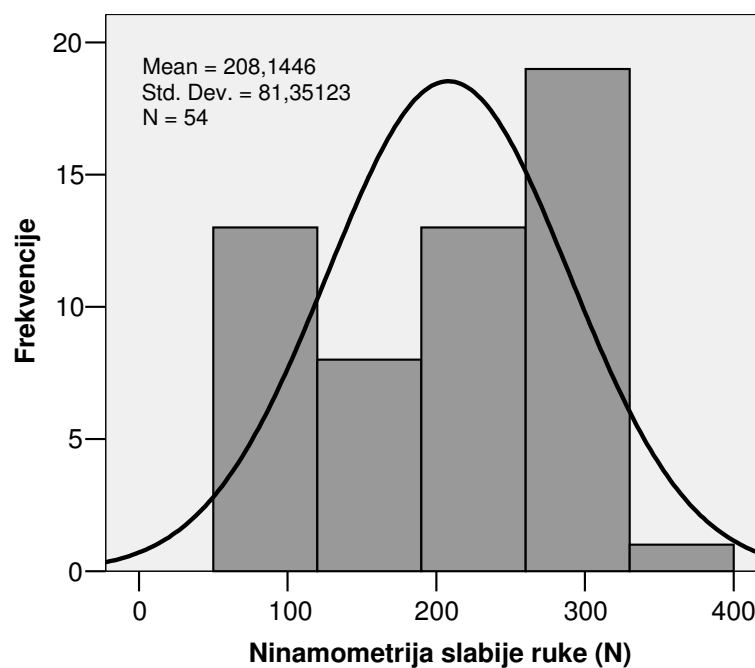
Intervali (N)	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
50 – 120	8	14,8%
120 – 190	6	11,1%
190 – 260	12	22,2%
260 – 330	22	40,8%
330 – 400	6	11,1%



Slika 5-4 Distribucija rezultata dobijenih dinamometrijom rotatora u zglobu ramena jače ruke

Tabela 5-5 Distribucija rezultata dobijenih dinamometrijom rotatora slabije ruke

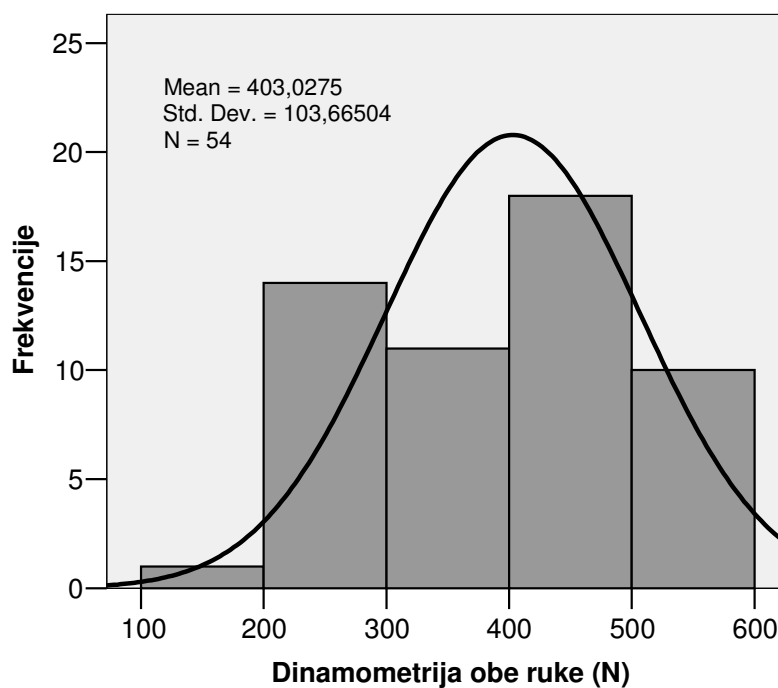
Intervali (N)	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
50 – 120	13	24,1%
120 – 190	8	14,8%
190 – 260	13	24,1%
260 – 330	19	35,1%
330 – 400	1	1,9%



Slika 5-5 Distribucija rezultata dobijenih dinamometrijom rotatora slabije ruke

Tabela 5-6 Distribucija rezultata dobijenih dinamometrijom rotatora obe ruke

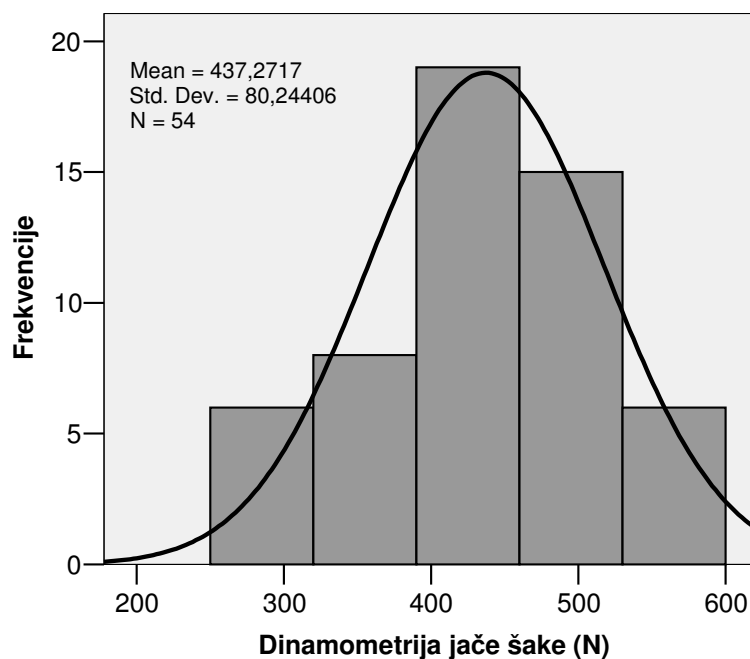
Intervali (N)	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
100 – 200	1	1,9%
200 – 300	14	25,9%
300 – 400	11	20,4%
400 – 500	18	33,3%
500 – 600	10	18,5%



Slika 5-6 Distribucija rezultata dobijenih dinamometrijom rotatora obe ruke

Tabela 5-7 Distribucija rezultata dobijenih dinamometrijom stiska jače šake

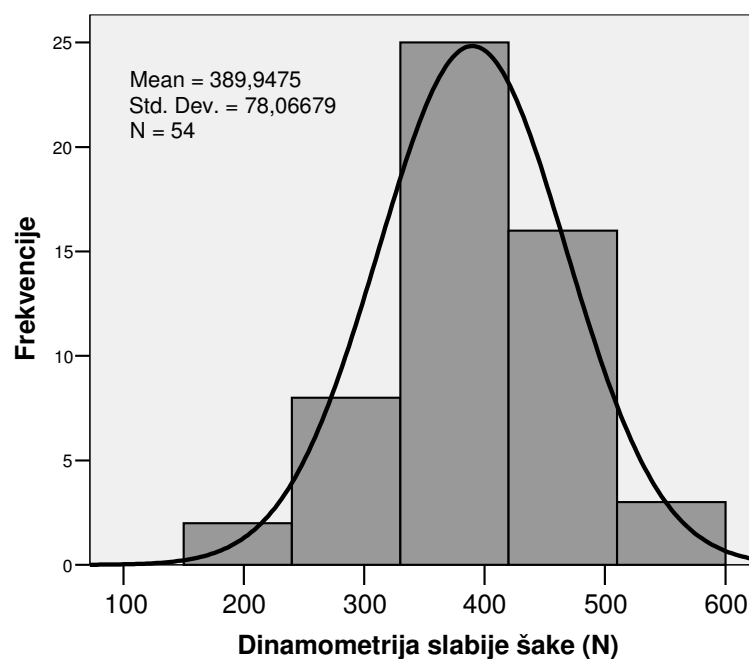
Intervali (N)	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
250 – 320	6	11,1%
320 – 390	8	14,8%
390 – 460	19	35,2%
460 – 530	15	22,8%
530 – 600	6	11,1%



Slika 5-7 Distribucija rezultata dobijenih dinamometrijom stiska jače šake

Tabela 5-8 Distribucija rezultata dobijenih dinamometrijom stiska slabije šake

Intervali (N)	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
150 – 240	2	3,7%
240 – 330	8	14,8%
330 – 420	25	46,3%
420 – 510	16	29,6%
510 – 600	3	5,6%



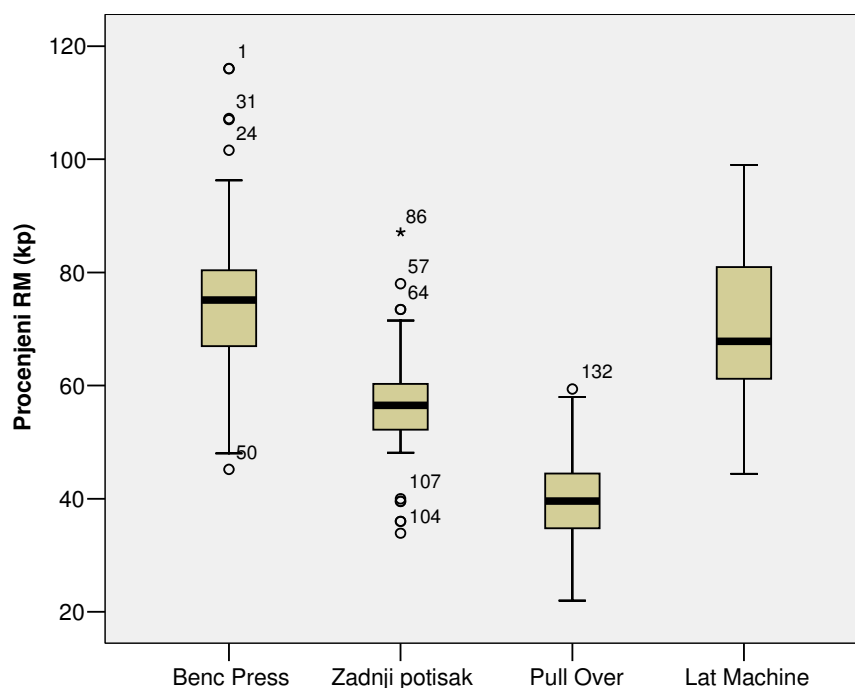
Slika 5-8 Distribucija rezultata dobijenih dinamometrijom stiska slabije šake

5.1.2. Nivo apsolutne snage procenjene u teretani

Procena apsolutne snage pojedinih mišićnih grupa primenom klasičnih dizačkih testova u teretani, donela je očekivane vrednosti koje su se uklapale u rezultate dosadašnjih istraživanja. Kao što je očekivano, veće vrednost apsolutne snage zabeležene su u pokretima koji su angažovali veću mišićnu masu ispitanika (Bench Press i Lat Machine), dok su manje vrednosti dobijene u testovima Soulder Press i Pull Over (Tabela i Slika 5-9).

Tabela 5-9 Deskriptivni pokazatelji apsolutne snage procenjene u teretani

Rezultat (kp)	Mean	Std. Error	Min	Max	Std. Dev.
Bench Press	75,6000	2,13644	45,20	116,00	15,69959
Shoulder Press	56,4565	1,36367	33,90	87,10	10,02089
Pull Over	40,5481	,94335	22,00	59,40	6,93218
Lat Machine	70,2588	1,56730	44,37	98,98	11,51726



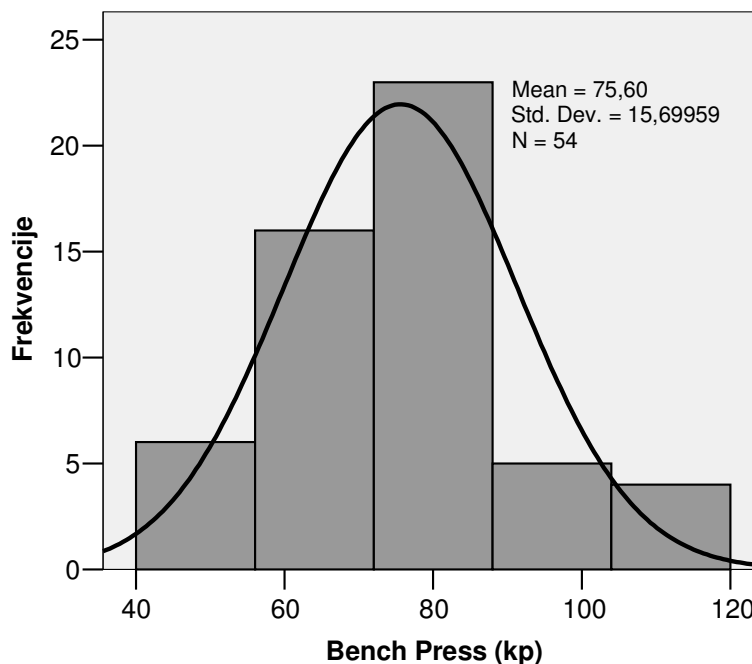
Slika 5-9 Prosečne vrednosti i varijacione širine utvrđene za apsolutnu snagu ispoljenu tokom izvođenja pojedinih testova u teretani

Kod većine testova sprovedenih u tretani primenom metoda repetitivnih maksimuma, dobijeni su veoma homogeni rezultati što se ponovo može objasniti činjenicom da su ispitanici bili istog uzrasta i da su bili veoma ujednačeni u pogledu telesnih dimenzionalnosti. Uprkos visokim variacionim širinama u sve četiri statističke serije, odnosi standardnih devijacija i aritmetičkih sredina su ukazivali na visoku homogenost, odnosno na niske koeficijente varijacije. Uočene visoke vrednosti variacionih širina očigledno su bile posledica usamljenih maksimalnih i minimalnih vrednosti koje su nađene kod malobrojnih pojedinaca.

Empirijske distribucije rezultata u sva četiri RM-testa apsolutne snage odstupala su od normalne distribucije (Tabele i Slike od 5-10 do 5-13), ali su ta odstupanja bila značajno manja nego kod statističkih serija sastavljenih od podataka koji su dobijeni tokom dinamometrijskih merenja.

Tabela 5-10 Distribucija rezultata dobijenih u testu potisak sa klupe (*Bench Press*)

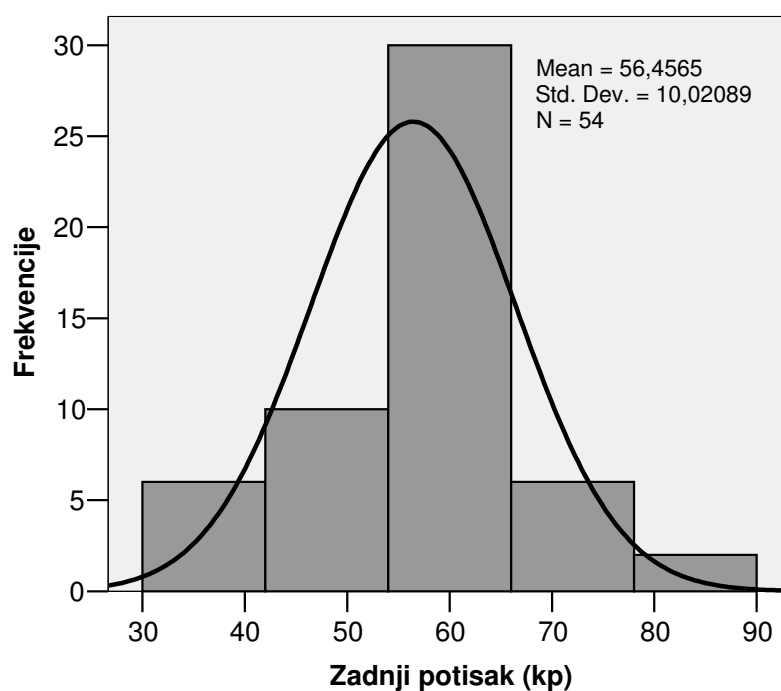
Intervali (kp)	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
40 – 56	6	11,1%
56 – 72	16	29,6%
72 – 88	23	42,6%
88 – 104	5	9,3%
104 – 120	4	7,4%



Slika 5-10 Distribucija rezultata dobijenih u testu potisak sa klupe (*Bench Press*)

Tabela 5-11 Distribucija rezultata dobijenih u testu zadnji potisak (*Shoulder Press*)

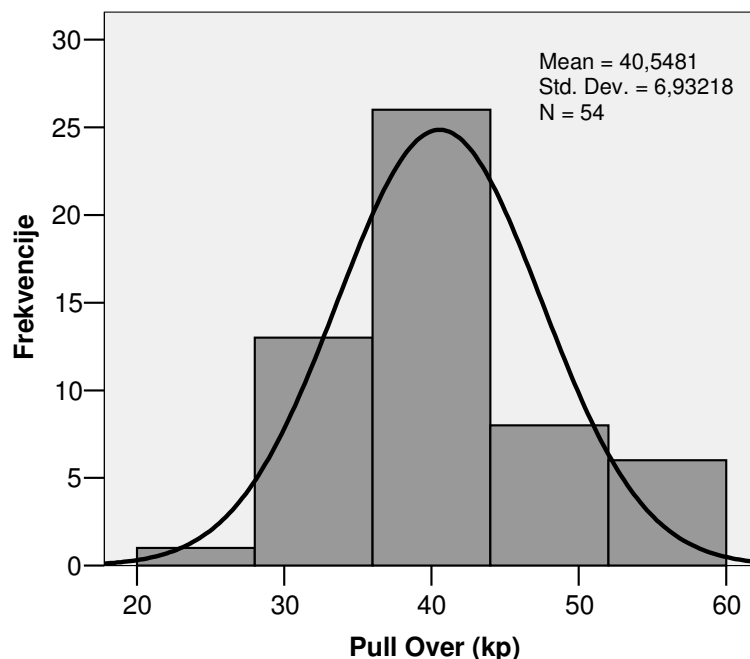
Intervali (kp)	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
30 – 42	6	11,1%
42 – 54	10	18,5%
54 – 66	30	55,6%
66 – 78	6	11,1%
78 – 90	2	3,7%



Slika 5-11 Distribucija rezultata dobijenih u testu zadnji potisak (*Shoulder Press*)

Tabela 5-12 Distribucija rezultata dobijenih u testu povlačenje preko glave (*Pull Over*)

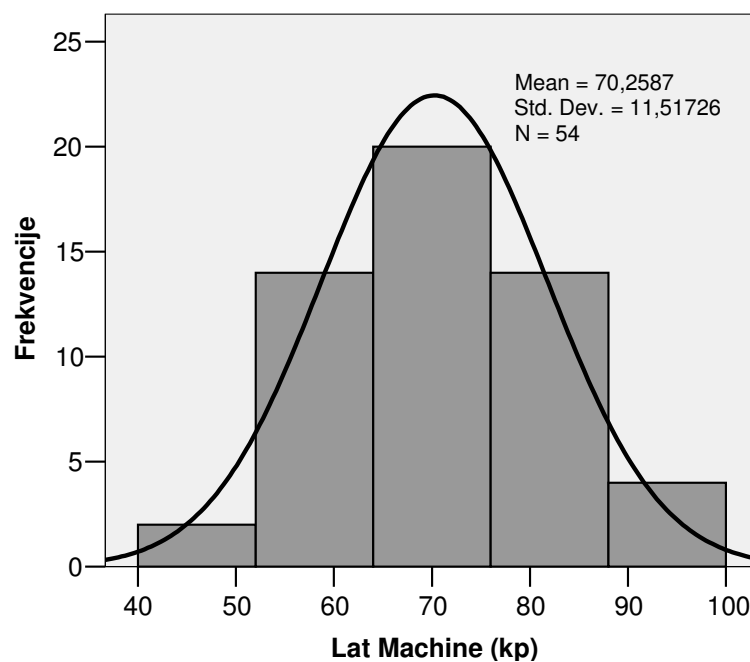
Intervali (kp)	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
20 – 28	1	1,9%
28 – 36	13	24,1%
36 – 44	26	48,1%
44 – 52	8	14,8%
52 – 60	6	11,1%



Slika 5-12 Distribucija rezultata dobijenih u testu povlačenje preko glave (*Pull Over*)

Tabela 5-13 Distribucija rezultata dobijenih u testu vučenje na *Lat Machine*

Intervali (kp)	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
40 – 52	2	3,7%
52 – 64	14	25,9%
64 – 76	20	37,1%
76 – 88	14	25,9%
88 – 100	4	7,4%



Slika 5-13 Distribucija rezultata dobijenih u testu vučenje na *Lat Machine*

5.1.3. Ekspertne ocene tehnike bacanja rukometne lopte

U postupku procene tehničkog nivo izvođenja rukometnog dodavanja (bacanje lopte jednom rukom iznad visine ramena) tri eksperta su primenila numeričku skalu od 1-10. Na osnovu dobijenih ocena za svakog od 54 ispitanika izvedena je aritmetička sredina (Mean) koja je iznosila 6,7 sa standardnom greškom (Std. Error) od 0,166 i standardnom devijacijom od 1,327 (Tabela 5-14). Na osnovu prosečne ocene može se zaključiti da je tehnički nivo ispitanika bio dosta nizak što je i logično s obzirom na to da se radilo o omladincima koji još uvek nemaju automatizovane pokrete, a većina se suočava sa problemima u koordinaciji zbog adolescentskih promena tela.

Tabela 5-14 Deskriptivni pokazatelji tehnike bacanja rukometne lopte

Rezultat	Mean	Std. Error	Min	Max	Std. Dev.
Ekspertna ocena	6,70	0,181	5	9	1,327

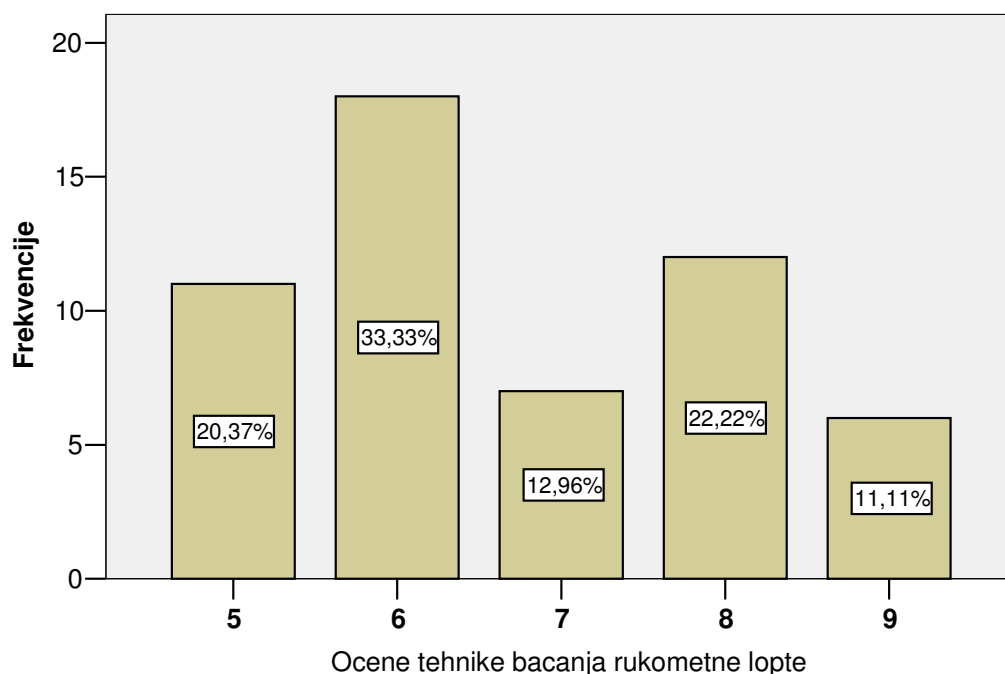


Slika 5-14 Prosečne vrednosti i varijacione širine utvrđene za ocene tehnike bacanja lopte

Prilikom određivanja distribucije ocena ova statistička serija je tretirana kao prekidna i kao njen modus (ocena sa najvećom frekvencijom) evidentirana je šestica, dok je ocena sa najnižom frekvencijom bila devetka. Maksimalne vrednosti (ocena 10) nije zabeležena (Tabela i Slika 5-15).

Tabela 5-15 Distribucija ekspertnih ocena tehnike bacanja rukometne lopte

Intervali (kp)	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
5	11	20,4%
6	18	33,3%
7	7	13,0%
8	12	22,2%
9	6	11,1%



Slika 5-15 Distribucija ekspertnih ocena tehnike bacanja rukometne lopte

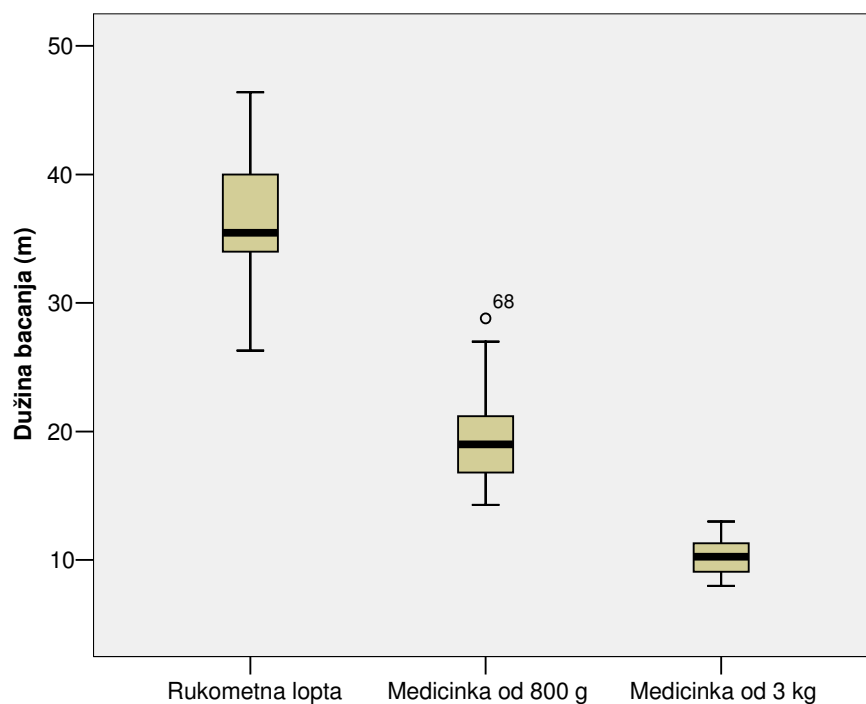
Statistička serija sastavljena od ekspertnih ocena bila je umereno homogena, pri čemu je koeficijent varijacije bio znatno veći od vrednosti dobijenih u testovima sile i apsolutne snage. To pokazuje da je uzorak ispitanika u pogledu tehničkog nivoa bacanja bio manje homogen nego u odnosu na ispoljena miogena svojstva. Ova varijabilnost od značaja je za kasnije definisanje regresionih modela koji opisuju uticaj prediktorskih na jedinu kriterijumsku varijablu – dužinu bacanja.

5.1.4. Dužine bacanja lopti različitih težina

Ispitanici su tokom prikupljanja relevantnih podataka bacali tri lopte različitih težina (standardnu mušku rukometnu loptu od 350 grama, lakšu medicinku od 800 grama i težu medicinku od 3 kg), jačom i slabijom rukom, nastojeći da ostvare što duži hitac. Tako je dobijeno šest statističkih serija u obliku srazmernih skala i za svaku od njih su određeni reprezentativni deskriptivni parametri (Tabele i Slike 5-16 i 5-17), te određene intervalne skale sa odgovarajućim distribucijama empirijskih frekvencija (Tabele i Slike od 5-18 do 5-23).

Tabela 5-16 Deskriptivni pokazatelji dužine bacanja lopti različitih težina jačom rukom

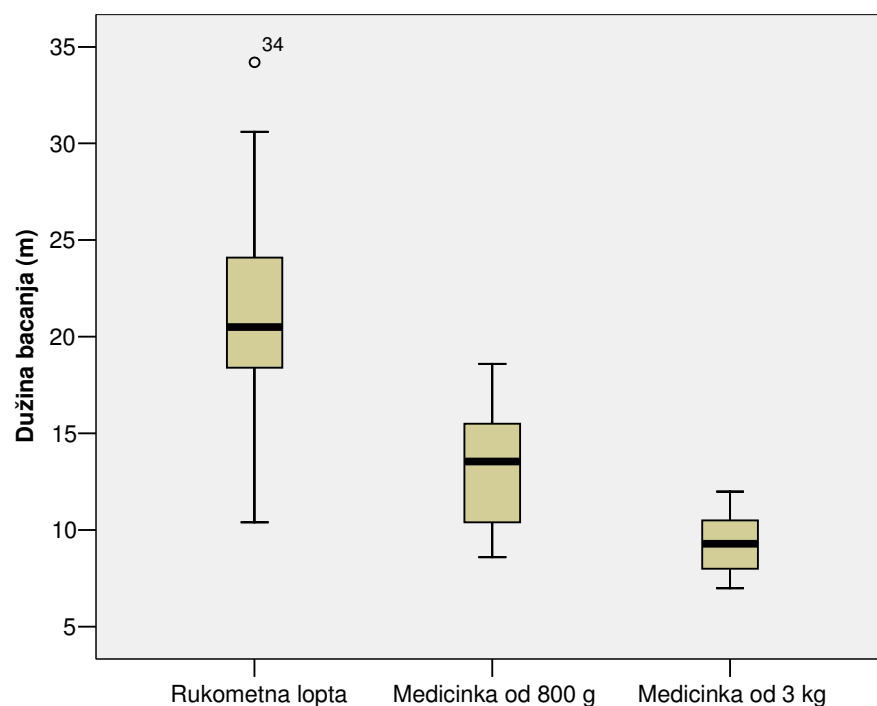
Težina lopte	Mean (m)	Std. Error	Min	Max	Std. Dev.
350 g	36,176	0,6157	26,3	46,4	4,5241
800 g	19,678	0,4696	14,3	28,8	3,4505
3 kg	10,431	,1755	8,0	13,0	1,2896



Slika 5-16 Prosečne vrednosti i varijacione širine utvrđene za dužine ostvarene bacanjem lopti različitih težina jačom rukom

Tabela 5-17 Deskriptivni pokazatelji dužine bacanja lopti različitih težina slabijom rukom

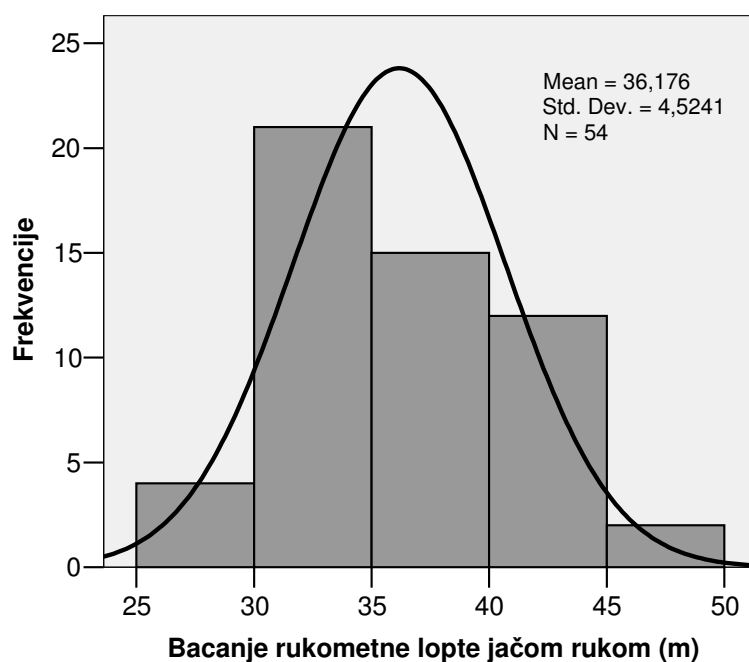
Težina lopte	Mean (m)	Std. Error	Min	Max	Std. Dev.
350 g	21,313	0,6223	10,4	34,2	4,5728
800 g	13,137	0,3821	8,6	18,6	2,8079
3 kg	9,248	,1772	7,0	12,0	1,3025



Slika 5-17 Prosečne vrednosti i varijacione širine utvrđene za dužine ostvarene bacanjem lopti različitih težina slabijom rukom

Tabela 5-18 Distribucija dužina ostvarenih bacanjem rukometne lopte jačom rukom

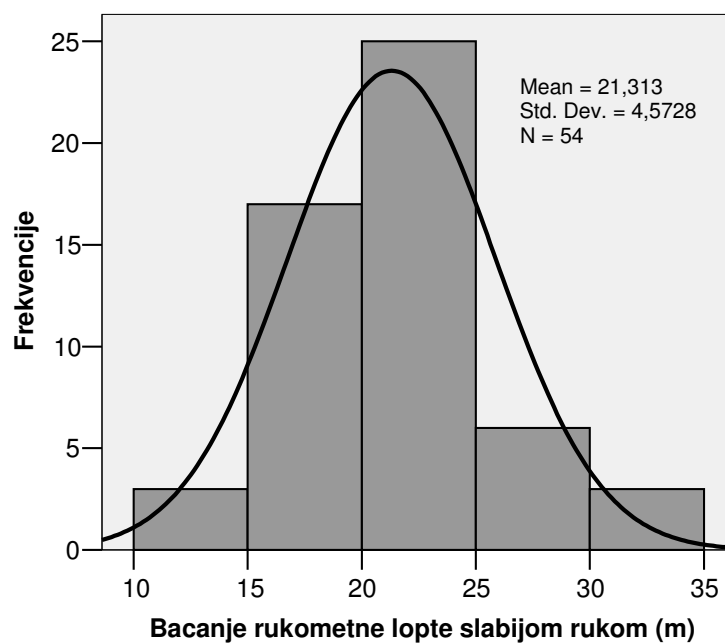
Intervali (m)	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
25 – 30	4	7,4%
30 – 35	21	38,9%
35 – 40	15	27,8%
40 – 45	12	22,2%
45 – 50	2	3,7%



Slika 5-18 Distribucija dužina ostvarenih bacanjem rukometne lopte jačom rukom

Tabela 5-19 Distribucija dužina ostvarenih bacanjem rukometne lopte slabijom rukom

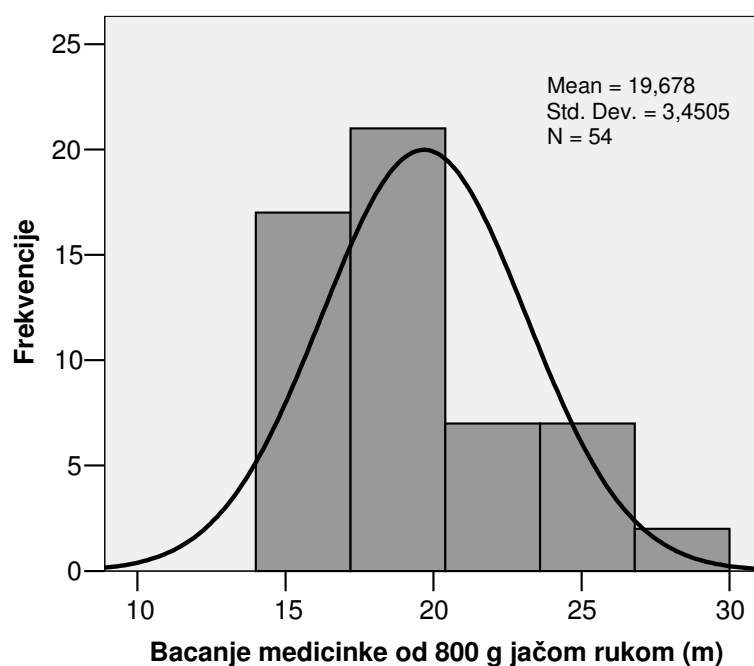
Intervali (m)	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
10 – 15	3	5,6%
15 – 20	17	31,6%
20 – 25	25	46,3%
25 – 30	8	14,9%
30 – 35	3	5,6%



Slika 5-19 Distribucija dužina ostvarenih bacanjem rukometne lopte slabijom rukom

Tabela 5-20 Distribucija dužina ostvarenih bacanjem medicinke od 800 g jačom rukom

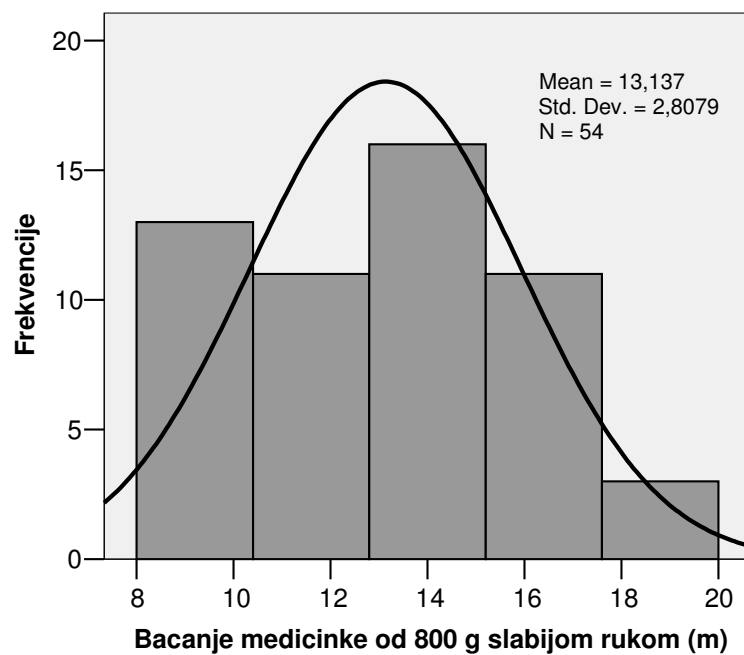
Intervali (m)	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
14,0 – 17,2	17	31,6%
17,2 – 20,4	21	38,9%
20,4 – 23,6	7	12,9%
23,6 – 26,8	7	12,9%
26,8 – 30,0	2	3,7%



Slika 5-20 Distribucija dužina ostvarenih bacanjem medicinke od 800 g jačom rukom

Tabela 5-21 Distribucija dužina ostvarenih bacanjem medicinke od 800 g slabijom rukom

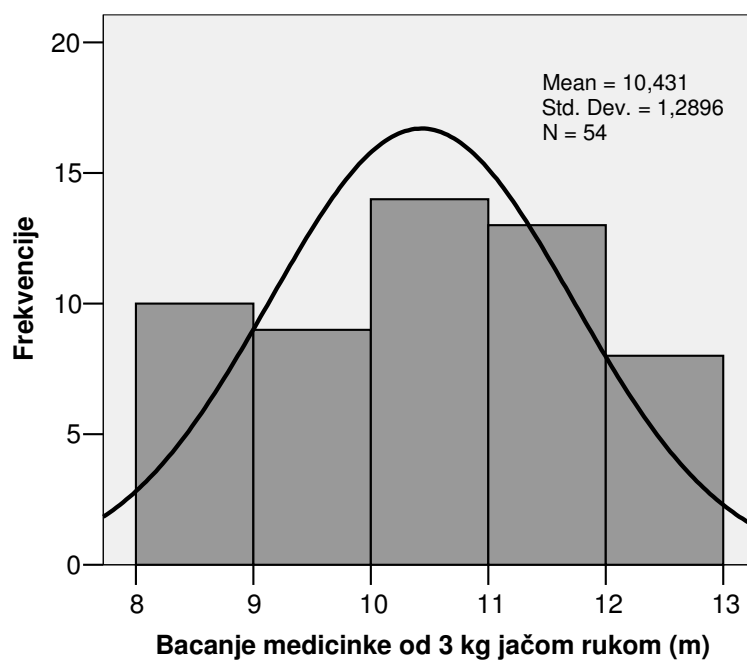
Intervali (m)	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
8,0 – 10,4	13	24,1%
10,4 – 12,8	11	20,4%
12,8 – 15,2	16	29,5%
15,2 – 17,6	11	20,4%
17,6 – 20,0	3	5,6%



Slika 5-21 Distribucija dužina ostvarenih bacanjem medicine od 800 g slabijom rukom

Tabela 5-22 Distribucija dužina ostvarenih bacanjem medicine od 3 kg jačom rukom

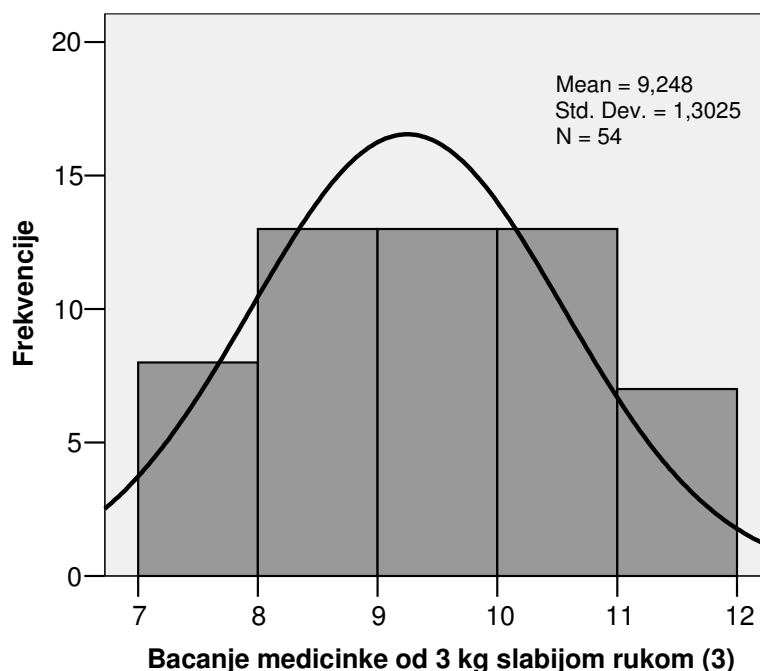
Intervali (m)	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
8 – 9	10	18,5%
9 – 10	9	16,7%
10 – 11	14	25,9%
11 – 12	13	24,1%
12 – 13	8	14,8%



Slika 5-22 Distribucija dužina ostvarenih bacanjem medicine od 3 kg jačom rukom

Tabela 5-23 Distribucija dužina ostvarenih bacanjem medicinke od 3 kg slabijom rukom

Intervali (m)	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
7 – 8	8	14,8%
8 – 9	13	24,1%
9 – 10	13	24,1%
10 – 11	13	24,1%
11 – 12	7	12,9%



Slika 5-23 Distribucija dužina ostvarenih bacanjem medicinke od 3 kg slabijom rukom

Kao što je bilo logično pretpostaviti, sa povećanjem težine lopte osetno se skraćivala dužina hica kod svakog ispitanika, kao što je i dužina hica slabijom rukom kod svakog ispitanika bila kraća od onog izvedenog jačom rukom. Uočena je i stalna varijabilnost distribucija rezultata, kako u pogledu različitih lopti, tako i u odnosu na lateralnost bacanja. To su bili prvi pokazatelji opravdanosti polaznih hipoteza o uticaju miogenih sposobnosti i lateralnosti ruke na dužinu bacanja rukometne lopti različitih težina.

Kada su ispitanici medicinku od 800 grama bacali jačom rukom dobijen je empirijski raspored koji se sasvim približava pozitivno asimetričnom modelu distribucije frekvencija (Slika 5-21), dok se prilikom bacanja iste lopte slabijom

rukom ovaj raspored potpuno izmenio ukazujući na povećanje homogenosti izmerenih dužina. Prema tome, sa povećanjem spoljašnjeg otpora u vidu bacanja lopte veće težine, dobijaju se sasvim drugačiji rasporedi frekvencija u statističkim serijama što je jasna indikacija da je koordinacijski i kinetički odgovor aktuelne muskulature pri povećanju težine lopte različit od ispitanika do ispitanika.

Uočeno je i to da se sa povećanjem težine lopte smanjuju razlike između distribucija dužina ostvarenih jačom i slabijom rukom. Tako su prilikom bacanja najteže lopte (medicinka od 3 kg) dobijeni gotovo uniformni rasporedi frekvencija i za jaču i za slabiju ruku (Slike 5-22 i 5-23).

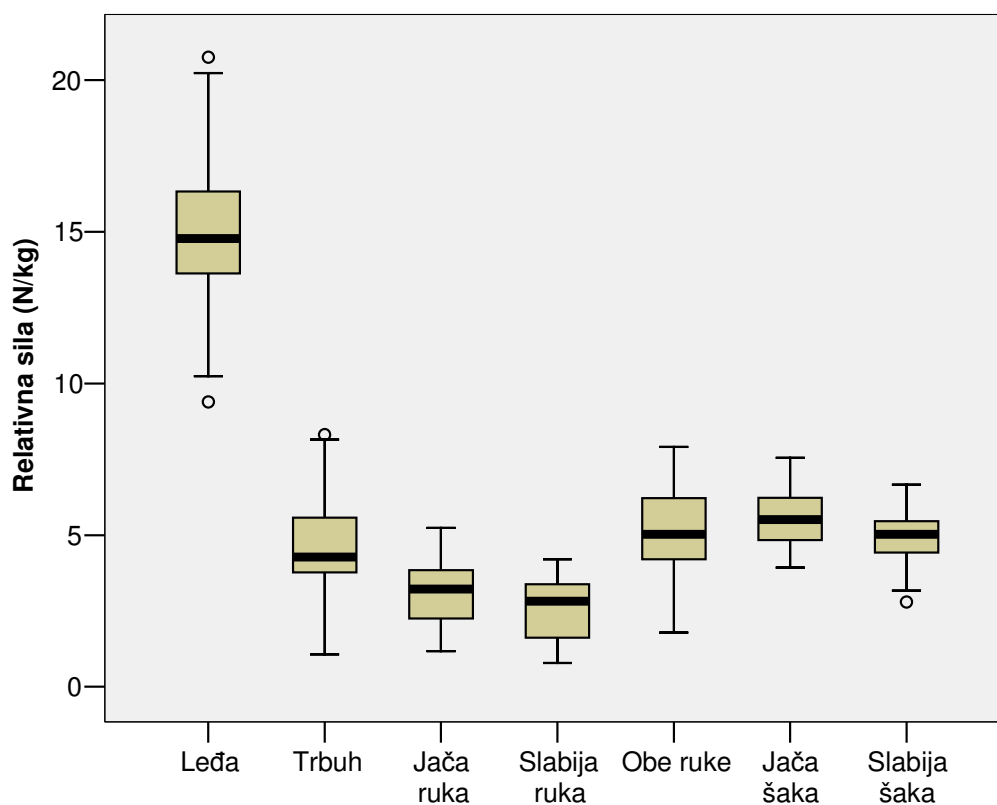
5.1.5. Pokazatelji relativne sile

Budući da su dosadašnja istraživanja miogenih svojstava pokazala da prilikom objašnjavanja spoljašnjih manifestacija kretanja različit uticaj na njihov kvalitet imaju vrednosti apsolutne i relativne sile, u ovom odeljku je data deskriptivna naliza realtivnih vrednosti dobijenih iz odnosa (količnika) apsolutne sile i telesne mase. Relativna sila je iskazuvana brojem Njutna na jedan kilogram telesne mase (N/kg). Interpretirani rezultati su, pre svega, od značaja za kasniju diskriminativnu i kauzalnu analizu.

Vrednosti relativne sile izračunati za izolovane mišićne grupe su dosta korespodentne sa rezultatima dosadašnjih istraživanja. Kao što je i bilo očekivano, najveća vrednost sile zabeležena je prilikom testiranja opružača ledja (retroflrksora trupa), a najmanja prilikom merenja izometrijske sile rotatora u zglobu ramena (Tabela i Slika 5-24). Većine dobijenih staističkih serija bila je homogena što se i očekivalo s obzirom na ranije utvrdjenu homogenost serija sastavljenih od vrednosti apsolutne sile, kao i podataka koji se odnose na telesnu masu. Najmanje homogenim su se pokazali rezultati koji se odnose na opružače ledja, pri čemu je homogenost rezultata reletivne sile bila veća od one koja je zabeležene prilikom analize apsolutne sile ove mišićne grupe.

Tabela 5-24 Deskriptivni pokazatelji sile ostvarene tokom dinamometrijskih merenja

Relativna sila (N/kg)	Mean	Std. Error	Min	Max	Std. Dev.
Leđa	14,9428	0,29433	9,39	20,76	2,16286
Trbuh	4,6413	0,21279	1,06	8,31	1,56371
Jača ruka	3,0298	0,13803	1,17	5,23	1,01429
Slabija ruka	2,6189	0,13551	,78	4,20	0,99576
Obe ruke	5,0897	0,17678	1,78	7,90	1,29904
Jača šaka	5,5121	0,12922	3,92	7,55	0,94959
Slabija šaka	4,9119	0,12449	2,80	6,67	0,91478

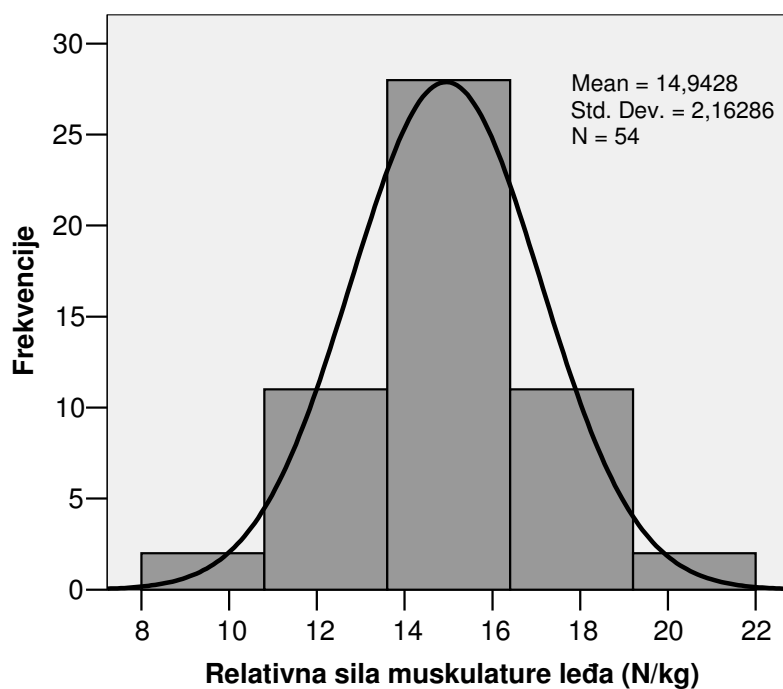


Slika 5-24 Prosečne vrednosti i varijacione širine utvrđene za relativne vrednosti sile

Sve statističke serije sastavljene od pokazatelja relativne sile bile su dosta homogene, ali su kod svih uočena veća ili manja odstupanja od normalne distribucije (Tabele i Slike od 5-25 do 5-31). Jedino su podaci o relativnoj sili miškulature leđa formirali gotovo idealnu normalnu distribuciju (Slika 5-25).

Tabela 5-25 Distribucija rezultata izračunatih za relativnu silu opružača trupa

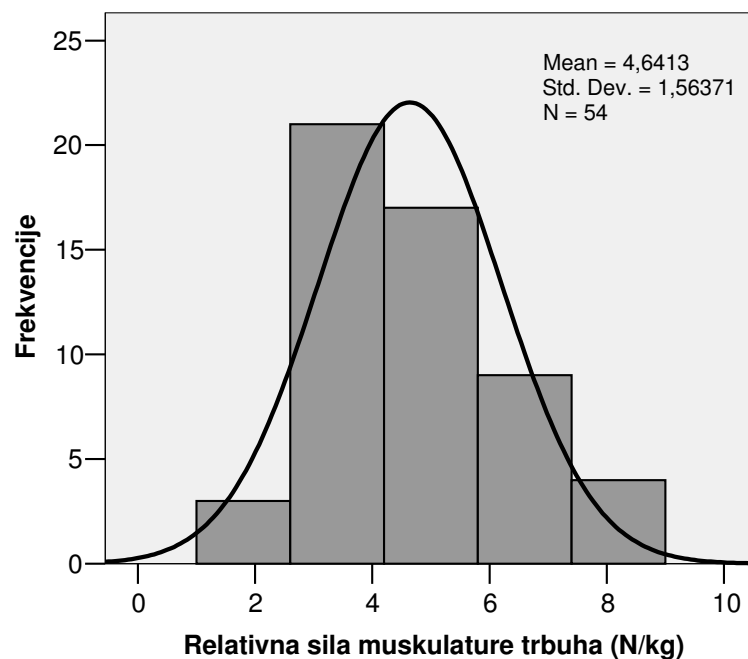
Intervali (N/kg)	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
8,0 – 10,8	2	3,75%
10,8 – 13,6	11	20,30%
13,6 – 16,4	28	51,90%
16,4 – 19,2	11	20,30%
19,2 – 22,0	2	3,75%



Slika 5-25 Distribucija rezultata izračunatih za relativnu silu opružača trupa

Tabela 5-26 Distribucija rezultata izračunatih za relativnu silu pregibača trupa

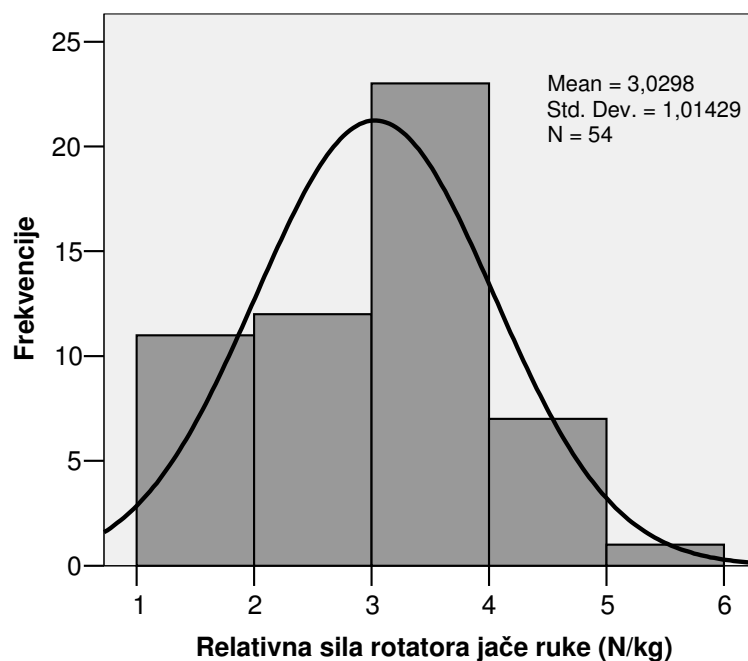
Intervali (N/kg)	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
1,0 – 2,6	3	5,6%
2,6 – 4,2	21	38,8%
4,2 – 5,8	17	31,5%
5,8 – 7,4	9	16,7%
7,4 – 9,0	4	7,4%



Slika 5-26 Distribucija rezultata izračunatih za relativnu silu pregibača trupa

Tabela 5-27 Distribucija rezultata izračunatih za relativnu silu rotatora jače ruke

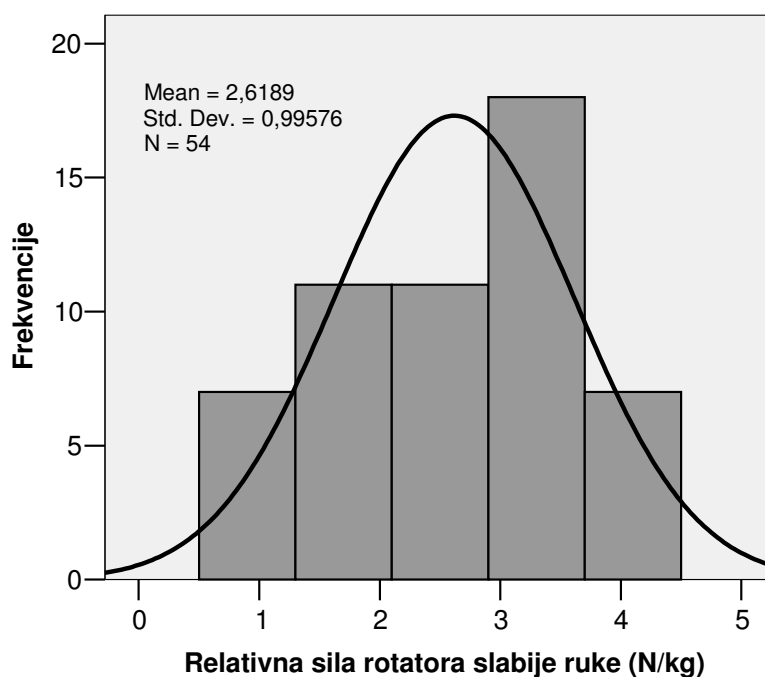
Intervali (N/kg)	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
1 – 2	11	20,3%
2 – 3	12	22,2%
3 – 4	23	42,6%
4 – 5	7	13,0%
5 – 6	1	1,9%



Slika 5-27 Distribucija rezultata izračunatih za relativnu silu rotatora jače ruke

Tabela 5-28 Distribucija rezultata izračunatih za relativnu silu rotatora slabije ruke

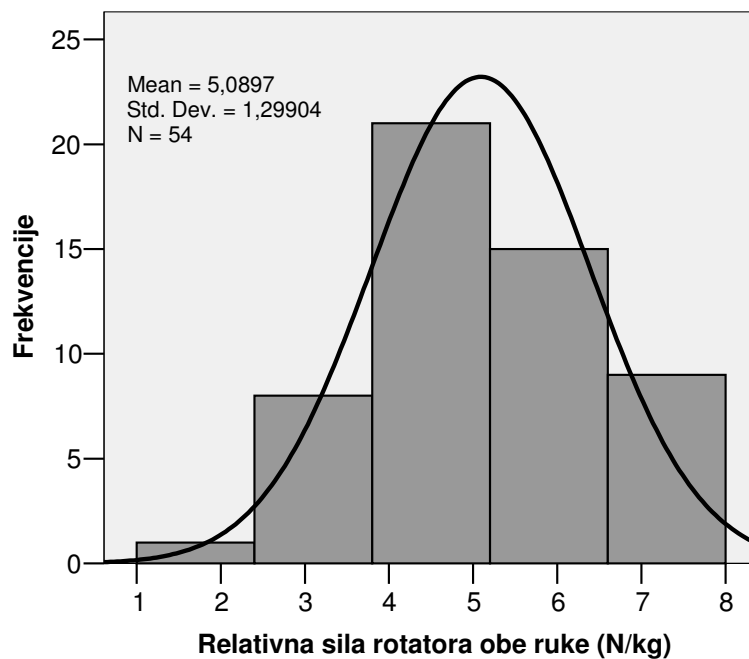
Intervali (N/kg)	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
0,5 – 1,3	7	13,00%
1,3 – 2,1	11	20,35%
2,1 – 2,9	11	20,35%
2,9 – 3,7	18	33,30%
3,7 – 4,5	7	13,00%



Slika 5-28 Distribucija rezultata izračunatih za relativnu silu rotatora slabije ruke

Tabela 5-29 Distribucija rezultata izračunatih za relativnu silu rotatora obe ruke

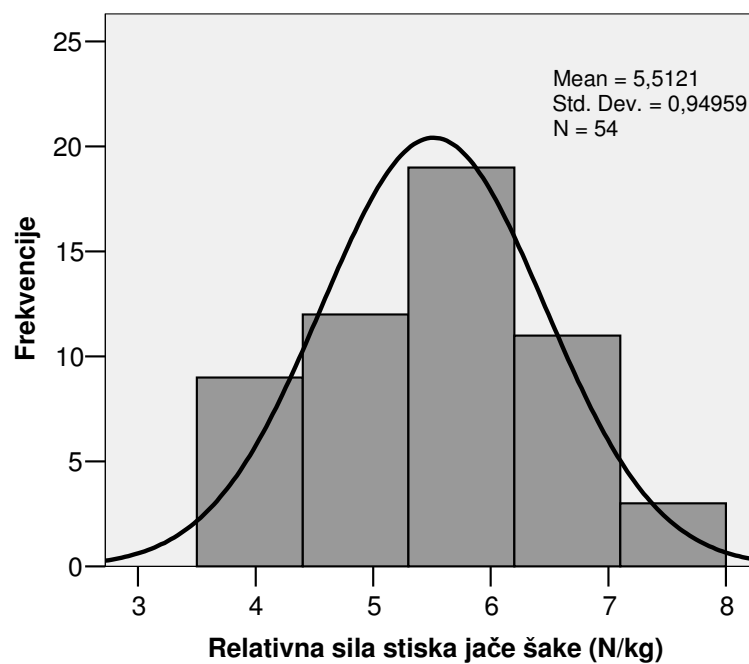
Intervali (N/kg)	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
1,0 – 2,4	1	1,9%
2,4 – 3,8	8	14,8%
3,8 – 5,2	21	38,9%
5,2 – 6,6	15	27,8%
6,6 – 8,0	9	16,6%



Slika 5-29 Distribucija rezultata izračunatih za relativnu silu rotatora obe ruke

Tabela 5-30 Distribucija rezultata izračunatih za relativnu silu stiska jače šake

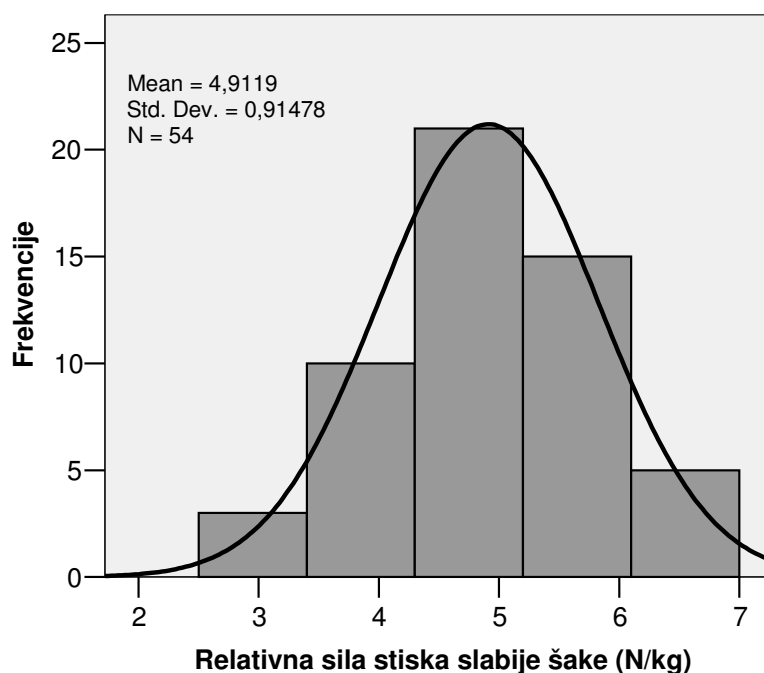
Intervali (N/kg)	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
3,5 – 4,4	9	16,7%
4,4 – 5,3	12	22,2%
5,3 – 6,2	19	35,2%
6,2 – 7,1	11	20,3%
7,1 – 8,0	3	5,6%



Slika 5-30 Distribucija rezultata izračunatih za relativnu silu stiska jače šake

Tabela 5-31 Distribucija rezultata izračunatih za relativnu silu stiska slabije šake

Intervali (N/kg)	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
2,5 – 3,4	3	5,6%
3,4 – 4,3	10	18,5%
4,3 – 5,2	21	38,9%
5,2 – 6,1	15	27,7%
6,1 – 7,0	5	9,3%



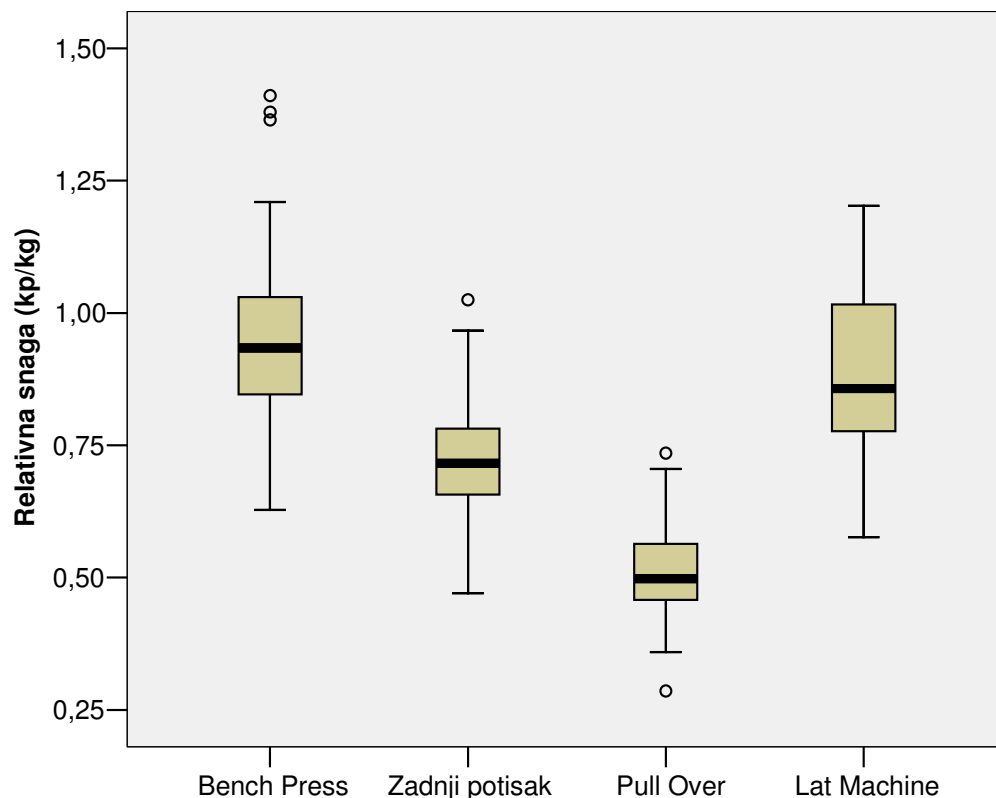
Slika 5-31 Distribucija rezultata izračunatih za relativnu silu stiska slabije šake

5.1.6. Pokazatelji relativne snage

Vrednosti relativne snage izračunate za pojedine mišićne grupe tretirane tokom podizanja tereta bile su korespondentne sa u rezultatima dosadašnjih istraživanja. Kao i prilikom procene apsolutne snage, tako su i kod relativne veće vrednosti zabeležene u pokretima koji su angažovali veću mišićnu masu ispitanika, tj. kod potiska sa grudi (Bench Pres) i vučenja na lat-mašini, dok su manje dobijene u testovima potisak sa ramena (Soulder Press) i vučenju preko glave (Pull Over). Deskriptivni parametri i varijacione širine ilustrovane su Tabelom i Slikom 5-32.

Tabela 5-32 Deskriptivni pokazatelji relativne snage procenjene u teretani

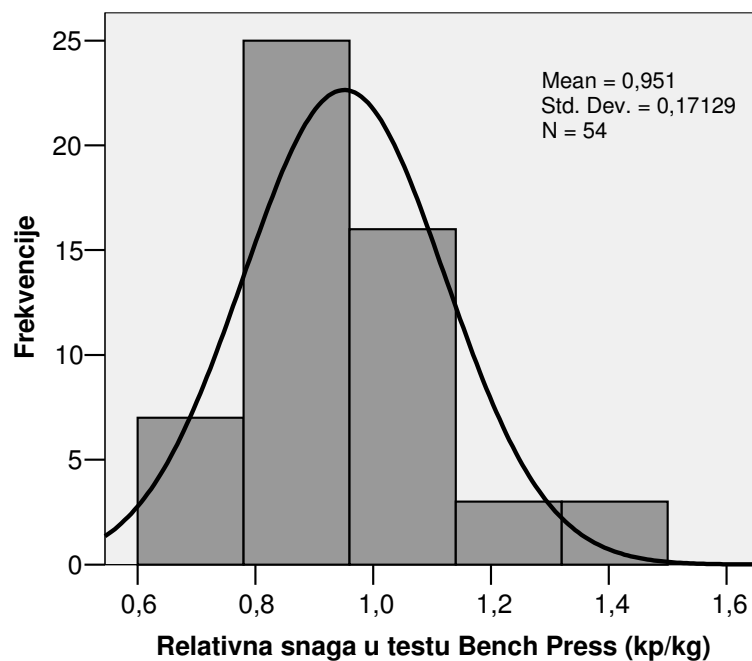
Relativna snaga (kp/kg)	Mean	Std. Error	Min	Max	Std. Dev.
Bench Press	0,9510	0,02331	0,63	1,41	0,17129
Shoulder Press	0,7123	0,01606	0,47	1,02	0,11802
Pull Over	0,5131	0,01199	0,29	0,74	0,08811
Lat Machine	0,8895	0,02083	0,58	1,20	0,15307



Slika 5-32 Prosečne vrednosti i varijacione širine utvrđene za relativnu snagu ispoljenu tokom izvođenja pojedinih testova u teretani

Tabela 5-33 Distribucija rezultata koji se odnose na relativnu snagu u testu Bench Press

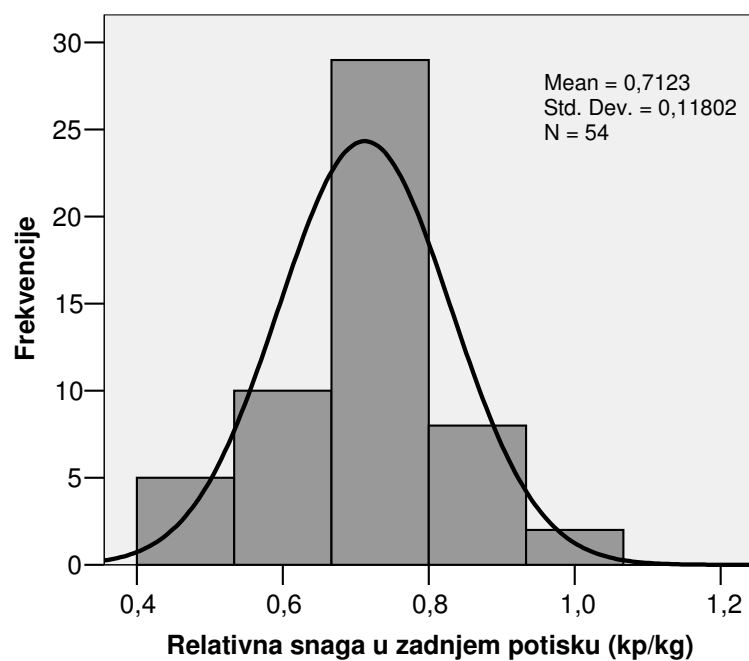
Intervali (kp/kg)	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
0,60 – 0,78	7	13,00%
0,78 – 0,96	25	46,30%
0,96 – 1,14	16	29,60%
1,14 – 1,32	3	5,55%
1,32 – 1,50	3	5,55%



Slika 5-33 Distribucija rezultata koji se odnose na relativnu snagu u testu Bench Press

Tabela 5-34 Distribucija rezultata koji se odnose na relativnu snagu u testu Shoulder Press

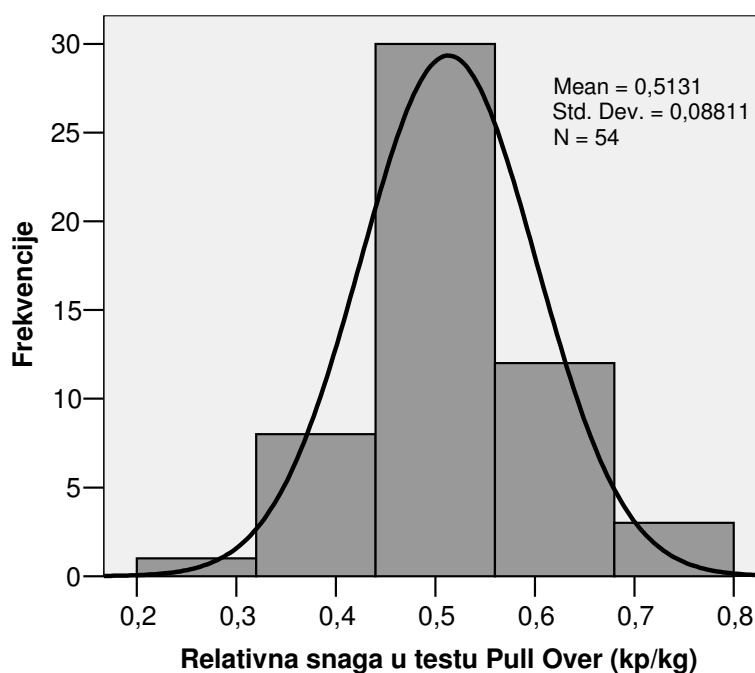
Intervali (kp/kg)	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
0,40 – 0,53	5	9,3%
0,53 – 0,66	10	18,5%
0,66 – 0,79	29	53,7%
0,79 – 0,92	8	14,8%
0,92 – 1,05	2	3,7%



Slika 5-34 Distribucija rezultata koji se odnose na relativnu snagu u testu Shoulder Press

Tabela 5-35 Distribucija rezultata koji se odnose na relativnu snagu u testu Pull Over

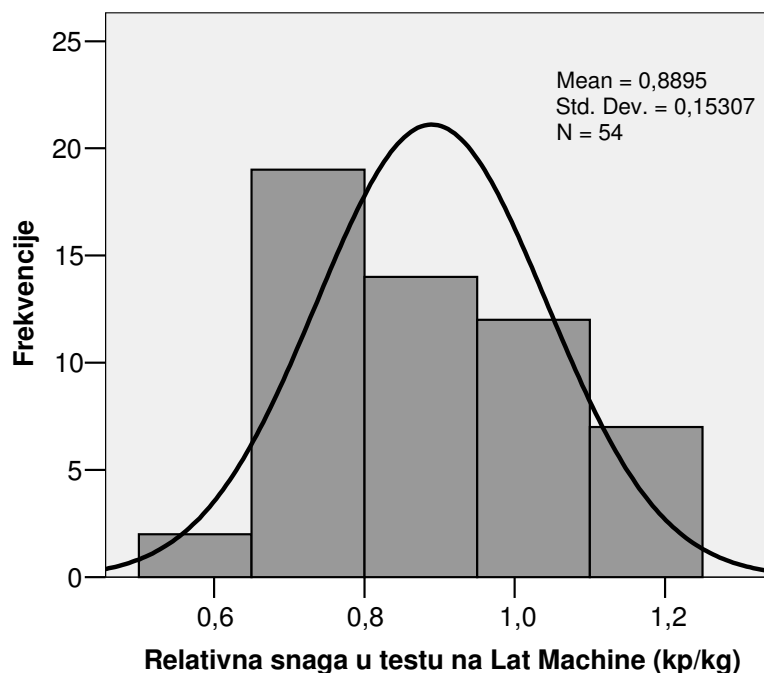
Intervali (kp/kg)	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
0,20 – 0,32	1	1,9%
0,32 – 0,44	8	14,8%
0,44 – 0,56	30	55,5%
0,56 – 0,68	12	22,2%
0,68 – 0,80	3	5,6%



Slika 5-35 Distribucija rezultata koji se odnose na relativnu snagu u testu Pull Over

Tabela 5-36 Distribucija rezultata koji se odnose na relativnu snagu u testu na Lat Machine

Intervali (kp/kg)	Apsolutna frekvencija	Relativna frekvencija
0,25 – 0,45	2	3,8%
0,45 – 0,65	19	35,2%
0,65 – 0,85	14	25,9%
0,85 – 1,05	12	22,2%
1,05 – 1,25	7	12,9%



Slika 5-36 Distribucija rezultata koji se odnose na relativnu snagu u testu na Lat Machine

Uvidom u oblik empirijskih distribucija (Tabele i Slike od 5-33 do 5-36) može se zaključiti da su sve četiri statističke serije sastavljene od pokazatelja relativne snage bile veoma homogene i da su se, uprkos nešto više izraženoj pozitivnoj asimetriji kao posledici dominacije rezultata ispod proseka uzorka, više približili normalnoj distribuciji nego rezultati koji se odnose na apsolutnu snagu. Isti trend uočen je i prilikom upoređivanja distribucija rezultata koji se odnose na relativnu i apsolutnu silu. Po svemu sudeći, iskazivanjem parametara miogenih sposobnosti u vidu relativnih vrednosti dobijena je veća homogenost rezultata.

5.2. Značaj funkcionalne lateralnosti

Kao što je u teorijskom delu ovog rada naznačeno (u odeljku 2.2.3.), telesna (muskularna) lateralnost, odnosno dominacija jednog ekstremiteta, tipično je obeležje čoveka. Iako nauka još uvek nema tačno objašnjenje za rano nastajanje funkcionalne lateralnosti skeletne muskulature (koje svoje korene ima još u prenatalnoj fazi razvoja), zna se da je to posledica različitih funkcija mozga. Uvek su jedna ruka i noga „spretnije“, odnosno koordinacijski jače, te tako postaju dominantni ekstremiteti. Iako se u nekim, ranije pomenutim, eksperimentima (Hampson i saradnici, 2001; Docherty & Arnold, 2008; Simon & Ferris, 2008; Tiggemann i saradnici, 2010; Wiest, Dagnese, Carpes, 2010) pokazalo da objektivna razlika u snazi dominantnog i nedominantnog ekstremiteta nije obavezna kod svih ljudi, njihovi ispitanici su svoj preferentni ekstremitet, na osnovu subjektivnog osećaja, redovno proglašavali jačim. To je bio dovoljan povod da se i u ovom istraživanju uporede vrednosti miogenih sposobnosti jačeg i slabijeg ekstremiteta.

Uprkos tome što je bilo realno pretpostaviti da će svi ispitanici tri različite lopte baciti dalje dominantnom rukom, kao i da će istom rukom ostvariti bolje rezultate i tokom dinamometrijskih merenja, iz ovih numeričkih odnosa ipak su se mogli očekivati i prvi odgovori na hipoteze postavljene u vezi sa različitim uticajem miogenih sposobnosti i tehnike bacanja na dužinu izmerenih hitaca. Već prve komparativne analize, interpretirane u narednim odeljcima (5.2.1. i 5.2.2.), pokazale su da se sa porastom spoljašnjeg otpora menja udeo miogenih sposobnosti sa jedne i koordinacije (sportske tehnike) sa druge strane, odnosno da se sa bacanjem sve težih lopti smanjuju razlike između efikasnosti jače i slabije ruke, pri čemu su promene bile više izražene kod dominantnog (spretnijeg) ekstremiteta. U odeljcima koji slede,

statistička analiza je ograničena samo na utvrđivanje značajnosti uočenih razlika, dok je detaljnija kauzalna analiza prikazana u kasnijim odeljcima u kojima su interpretirani regresioni modeli izvedeni iz numeričkog odnosa empirijskih dužine bacanja kao kriterijumske varijable, te pokazatelja sile, snage i nivoa tehnike kao prediktorskih varijabli.

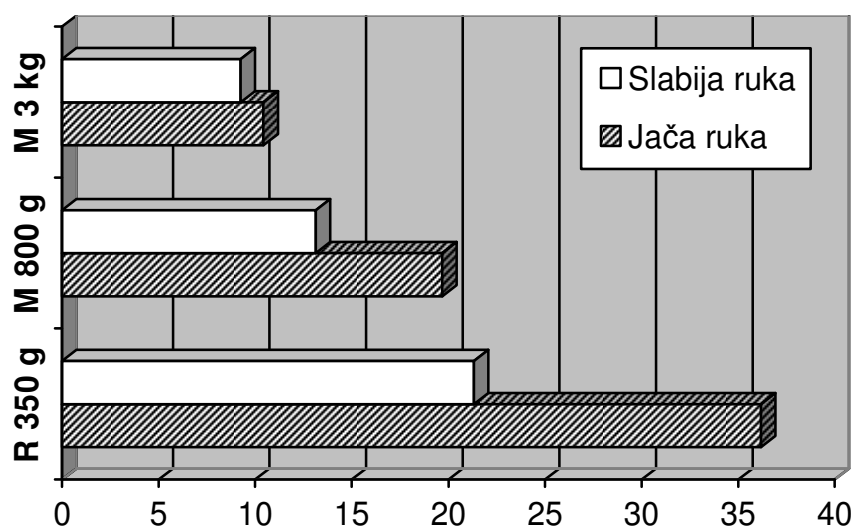
5.2.1. Efekti lateralnosti prilikom bacanja lopti različitih težina

Kao što je i bilo realno očekivati, svi ispitanici su veću dužinu bacanja lopti svih težina ostvarili jačom rukom. Otuda su kod sva tri para prosečnih vrednosti (aritmetičkih sredina) konstatovane statistički signifikantne razlike (Tabela i Slika 5-37) sa izrazito niskim realizovanim nivoima značajnosi (*Sig.*) čije su vrednosti bile daleko ispod teorijskog limita (*Sig.* < ,05).

Sa povećanjem težine lopte, takođe očekivano, kod obe ruke značajno je opadala dužina hica. Izrazitu signifikantnost ove očekivane tendencije potvrdili su i statističke vrednosti izračunate primenom analize varijanse.

Tabela 5-37 Prosečne dužine ostvarene bacanjem lopti različitih težina dominantnim i nedominantnim ekstremitetom. Značajnost razlika između prosečnih vrednosti za različite lopte testirane su analizom varijanse – model ponovljenih merenja (*Repeated Measures*), a za različite ruke T-testom za zavisne uzorke (*Paired Samples Test*).

Lopta	Jača ruka (m)	Slabija ruka (m)	Razlika	t	<i>Sig.</i>
R 350 g	36,176	21,313	41,0852%	30,049*	,000
M 800 g	19,678	13,137	33,2401%	18,893*	,000
M 3 kg	10,431	9,248	11,3411%	10,251*	,000
ANOVA	F = 1374,807* <i>Sig.</i> = ,000	F = 250,541* <i>Sig.</i> = ,000			



Slika 5-37 Prosečne dužine ostvarene bacanjem lopti različitih težina dominantnim i nedominantnim ekstremitetom. Vrednosti su iskazane u metrima.

Od tumačenja apsolutnih vrednosti izračunatih aritmetičkih sredina, za ovo istraživanje od daleko veće važnosti je podatak o procentualnoj razlici između dužina ostvarenih jačom i slabijom rukom prilikom upotrebe lopti različitih težina. Najveće razlike su registrovane prilikom bacanja najlakše lopte (standardne rukometne lopte od 350 g), a najmanje prilikom bacanja najteže lopte (medicinke od 3 kg). Praktično, sa povećanjem spoljašnjeg otpora, odnosno sa upotrebom sve teže lopte, razlika između dominantnog (koordinacijski jačeg) i nedominantnog (koordinacijski slabijeg) ekstremiteta bila je sve manja. Tako se zaostatak slabije ruke za jačom od čak 41% prilikom bacanja rukometne lopte, u proseku samanjio na svega 11,3% kod bacanja najteže lopte (medicinke od 3 kg). Ovaj podatak mogao je da ukaže na to da se sa ispoljavanjem većih miogenih napora (većim prisustvom sile i snage), po svemu sudeći, osetno smanjuje uticaj koordinacije. U konceptu ovog istraživanja, to bi se moglo interpretirati i kao opadanje značaja sportske tehnike u uslovima kada osetno poraste spoljašnji otpor. Ovde uočena inicijalna naznaka različitog udela

tehnike i snage na dužinu bacanja lopti različitih težina, u kasnijim odeljcima je dodatno analizirana primenom regresione analize, kada se pokazalo da trend uticaja ove dve prediktorske varijable nije linearan i dosledan kod obe ruke.

5.2.2. Uloga lateralnosti u dinamometrijskim testovima

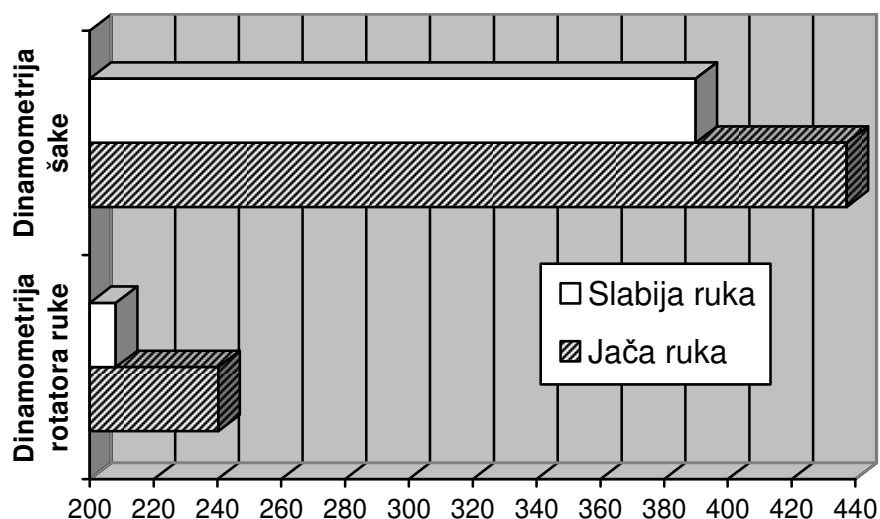
Samo u dva testa kojima su procenjivane miogene sposobnosti mišića aktuelnih u pokretu bacanja lopte bilo je moguće analizirati razlike između ekstremiteta sa aspekta funkcionalne lateralnosti (koordinacijski jače i slabije ruke) – u dinamometrijskom testu rotatora u zglobu ramena i pregibača šake. Kao što je i očekivano, a što je i u saglasnosti sa rezultatima većine dosadašnjih istraživanja, signifikantno veće vrednosti sile, kako apsolutne (Tabela i Slika 5-38) tako i relativne (Tabela i Slika 5-39), kod oba testa izmerena su za koordinacijski jači ekstremitet.

Nešto veća procentualna odstupanja slabije u odnosu na jaču ruku zabeležena su kod rotatora u zglobu ramena. Kako je to pokret koji zahteva veću sinergiju muskulature i koordinacijski se sasvim približava pokretu bacanja lopte, dodatno je potkrepljena hipoteza o opadanju udela miogenih sposobnosti u pokretima koji zahtevaju veći udeo sportske tehnike pri konstantnom spoljašnjem otporu. Verovatno je to razlog kojim se može objasniti značajno veća sila koja se ostvaruje tokom koordinacijski jednostavnijeg stiska šake. Tokom dinamometrije rotatora u zglobu ramena, osim za postizanje maksimalne sile, ispitanici su izvestaani deo miogenih potencijala morali da koriste i za uspostavljanje balansa tokom povlačenja sajle koja je mogla slobodno da se kreće u prostoru, odnosno bila fiksirana samo na jednom

svom kraju. Sa druge strane, prilikom stiska šake, dinamometar je bio gotovo fiksiran i ležao na velikoj dodirnoj površini (na dlanu ispitanika).

Tabela 5-38 Prosečne vrednosti maksimalne sile izmerene dinamometrijom rotatora u zglobu ramena i jačinom stiska šake dominantne i nedominantne ruke. Značajnost razlika između prosečnih vrednosti testirana je T-testom za zavisne uzorke (*Paired Samples Test*).

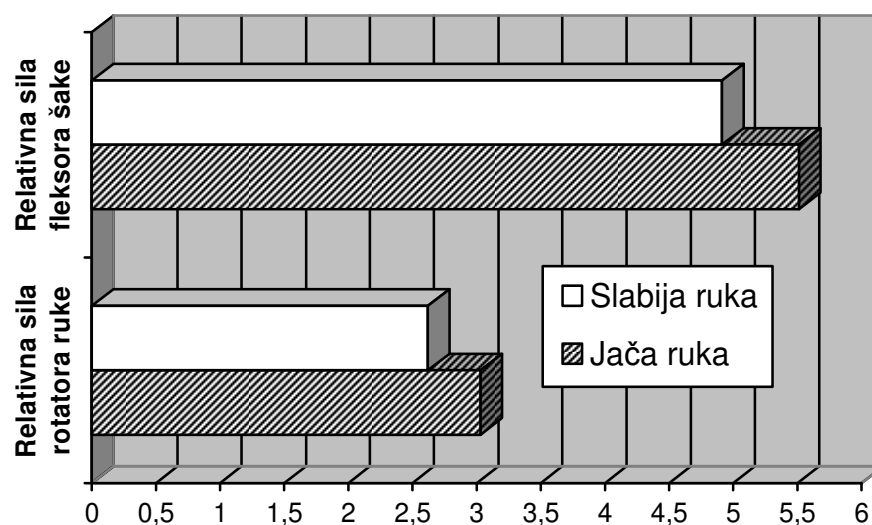
Varijabla	Jača ruka (N)	Slabija ruka (N)	Razlika	t	Sig.
Dinamometrija rotatora ruke	240,3450	208,1446	13,3975%	7,984*	,000
Dinamometrija šake	437,2717	389,9475	10,8226%	7,699*	,000



Slika 5-38 Prosečne vrednosti maksimalne sile izmerene dinamometrijom rotatora u zglobu ramena i jačinom stiska šake dominantne i nedominantne ruke. Vrednosti su iskazane u Njutnima.

Tabela 5-39 Prosečne vrednosti relativne sile izračunate za rotatore u zglobu ramena i fleksore šake dominantne i nedominantne ruke. Prikazane su vrednosti apsolutne i relativne sile. Značajnost razlika između prosečnih vrednosti testirana je T-testom za zavisne uzorke (*Paired Samples Test*).

Varijabla	Jača ruka (N)	Slabija ruka (N)	Razlika	t	Sig.
Relativna sila rotatora ruke	3,0298	2,6189	13,5619%	8,060*	,000
Relativna sila fleksora šake	5,5121	4,9119	10,8887%	7,861*	,000



Slika 5-39 Prosečne vrednosti relativne sile izračunate za rotatore u zglobu ramena i fleksore šake dominantne i nedominantne ruke. Vrednosti su iskazane u Njutnima po kilogramu telesne mase (N/kg).

5.3. Inicijalni kauzalitet varijabli

Za relevantno statističko zaključivanje o uticaju tehnike i miogenih sposobnosti na dužinu bacanja lopti različitih težina, pre primene regresione analize kao adekvatne i naučno opravdane računske procedure, bilo je racionalno detektovati inicijalni kauzalitet između pojedinih varijabli, odnosno kvantifikovati jačinu međusobnih veza između statističkih serija kod kojih je postojala logična pretpostavka o međusobnoj povezanosti. Zato je numerička (ne)povezanost između varijabli kod kojih je postojala smisljena pretpostavka o tome, primenjena korelaciona analiza. S obzirom na to da je broj ispitanika u uzorku bio veći od 30, kao odgovarajući je izabran Pirsonov model produkt-moment korelacije (*Pearson's Bivariate Correlations*).

Za potrebe ovog istraživanja najbitnije je bilo utvrditi prirodu i jačinu međusobne veze hipotetskih prediktora (miogenih i varijabli sportske tehnike) sa apriori definisanim zavisnim varijablama (dužinama izmerenim prilikom bacanja različitih lopti jačom i slabijom rukom). Otuda su rezultati korelacione analize grupisani u odnosu na hipotetske prediktore i interpretirani u različitim odeljcima (5.3.2., 5.3.3. i 5.3.4.). Polazeći od rezultata prethodnih istraživanja u kojima je utvrđen značajan uticaj antropometrijskih dimenzija na rezultate testova sile i apsolutne snage, pre svega mase tela, i u ovom istraživanju je bilo važno analizirati ulogu antropometrijskih varijabli. Najpre je kvantifikovana povezanost telesne mase i telesne visine sa izmerenim dužinama bacanja u svih šest varijanti (jača i slabija pri upotrebi tri različito teške lopte). Ovi rezultati su prikazani u odeljku 5.3.1. Potom je kvantifikovana povezanost antropometrijskih varijabli sa jedne, te miogenih varijabli (rezultata dinamometrijskih merenja i procene apsolutne snage) sa druge strane (odeljak 5.3.5).

Pirsonovi koeficijenti su nedvosmisleno ukazali na visoku povezanost telesnih dimenzionalnosti, pre svega telesne mase, sa većinom pokazatelja miogenih sposobnosti. Kako je telesna masa pokazala signifikantnu povezanost i sa izmerenim dužinama bacanja u svih šest varijanti (po tri lopte različite težine jačom i slabijom rukom), logično je bilo da se značajnost koeficijenata linearne korelacije naknadno proveriti izračunavanjem parcijalnih koeficijenata, pri čemu je telesna masa tretirana kao kontrolna (isključujuća) varijabla. Ovim naknadnim računom, prikazanim u odeljku 5.3.7., inicijalni kauzalitet je učinjen znatno interpretabilnijim. Primenom parcijalne korelacije broj signifikantnih veza između parametara miogenih

sposobnosti sa jedne, te šest različitih dužina bacanja sa druge strane, značajno je redukovano, pa je time stvorena bolja pozicija za logičniju primenu regresione analize.

Generalno gledano, dobijeni rezultati su uglavnom bili korespondentni sa rezultatima prethodnih istraživanja i u velikoj meri su, već na nivou inicijalne kauzalne analize, potvrdili veći deo polaznih hipoteza. Pokazalo se da su rezultati bacanja lopti svih težina, kako jačom tako i slabijom rukom, signifikantno povezani sa telesnom masom, dok se telesna visina pokazala statistički značajnom samo prilikom bacanja težih lopti. Signifikantna povezanost telesne mase registrovana je i sa svim statističkim serijama dobijenim procenom apsolutne snage pojedinih mišićnih grupa, dok je značajna veza sa pojedinim serijama formiranim od dinamometrijskih testova bila selektivna – negde signifikantna, a negde potpuno izostala.

Od posebnog značaja za ovo istraživanje, kao opšti zaključak, važno je istaći daleko veću povezanost miogenih sposobnosti (dinamometrijskih i pokazatelja apsolutne snage) sa rezultatima bacanja lopti nedominantom (slabijom) rukom, što je još jedno potkrepljenje ranije pretpostavke o povećanju udela sile i snage u uslovima deficita sportske tehnike. Za nedominantnu (slabiju) ruku, naime, lopta iste težine sigurno predstavlja veći spoljašnji otpor nego za dominantnu (jaču) ruku.

Što se tiče parcijalne povezanosti ocena rukometne tehnike sa izmerenim dužinama bacanja, jasno je bilo, kako kod jače tako i kod slabije ruke, da je signifikantna veza registrovana samo prilikom upotrebe lakših lopti (rukometne i medicinke od 800 grama). Po svemu sudeći, značaj tehnike bacanja potpuno se gubio pri upotrebi lopte velike težine (medicinke od 3 kg), dok je udeo miogenih

sposobnosti (sile i snage) proporcionalno rastao. Detaljnija analiza svih karakterističnih korelacionih veza data je u narednih pet manjih odeljaka.

5.3.1. Odnos antropometrijskih varijabli i dužine bacanja lopti različitih težina

Od dve osnovne antropometrijske dimenzije praćene u ovom istraživanju (masa i visina tela), telesna masa se pokazala značajnije povezanom sa rezultatima bacanja tri različite lopte jačom i slabijom rukom. U svih šest statističkih serija formiranih od izmerenih dužina bacanja (tri jačom i tri slabijom rukom) dobijeni koeficijenti korelacije (**r**) i realizovani nivoi značajnosti (*Sig.*) ukazivali su na statistički značajnu pozitivnu vezu između telesne mase i jačine izbačaja. Što se tiče telesne visine, njena značajna pvezanost zabeležena je u slučaju bacanja rukometne lopte jačom i slabijom rukoma, te u slučaju bacanja medicinke od 800 grama samo slabijom rukom (Tabele 5-40 i 5-41).

Tabela 5-40 Rezultati korelacione analize kojima je kvantifikovana (ne)povezanost između antropometrijskih varijabli i dužina bacanja lopti različitih težina **dominantnom** (koordinacijski jačom) rukom. (Korelaciona matrica u kojoj su sa jednom zvezdicom* obeleženi koeficijenti korelacije signifikantni na nivou od 0,05 a sa dve zvezdice** koeficijenti signifikantni na nivou od 0,01.)

Hipotetski prediktor	Parametri korelacione analiza	Bacanje rukometne lopte	Bacanje medicinke od 800 g	Bacanje medicinke od 3 kg
Telesna masa	Pearson r <i>Sig.</i>	,448* ,001	,306* ,024	,399** ,003
Telesna visina	Pearson r <i>Sig.</i>	,194 ,160	,369** ,006	,268* ,050

Tabela 5-41 Rezultati korelacione analize kojima je kvantifikovana (ne)povezanost između antropometrijskih varijabli i dužina bacanja lopti različitih težina **nedominantnom** (koordinacijski slabijom) rukom. (Korelaciona matrica u kojoj su sa jednom zvezdicom* obeleženi koeficijenti korelacije signifikantni na nivou od 0,05 a sa dve zvezdice** koeficijenti signifikantni na nivou od 0,01.)

Hipotetski prediktor	Parametri korelacione analiza	Bacanje rukometne lopte	Bacanje medicinke od 800 g	Bacanje medicinke od 3 kg
Telesna masa	Pearson r <i>Sig.</i>	,355** ,008	,499** ,000	,501** ,000
Telesna visina	Pearson r <i>Sig.</i>	,174 ,208	,244 ,076	,298* ,028

Dakle, samo pola korelacionih koeficijenata koji su se odnosili na telesnu visinu (tri od šest) bilo je statistički signifikantno povezano sa nekom od statističkih serija nastalih merenjem dužine bacanja različitih lopti i to: medicinke od 800 grama jačom rukom, te medicinke od 3 kg i jačom i slabijom rukom. Na osnovu analize prirode i jačine korelacionih veza izračunatih za telesnu masu i telesnu visinu sa jedne, odnosno šest različitih varijanti bacanja sa druge strane, bilo je jasno da je telesna masa mnogo značajnija morfološka dimenzionalnost. Ovakav zaključak je bio i očekivan s obzirom na to da se bacanje lopti istih težina od strane ispitanika sa različitom telesnom masom može tretirati kao svojevrsno ispoljavanje apsolutne snage (naravno uz isključenje uticaja sportske tehnike). Podatak se uklapa i u rezultate dosadašnjih istraživanja (Jarić, 2002 i 2003; Jarić, Radosavljević-Jarić & Johansson, 2002; Marković, 2004 i 2005; Jerkan, 2008) koja su pokazala da se apsolutna snaga u zavisnosti od telesne mase, kod većine ljudi, menja sa alometrijskim eksponentom $2/3$. To praktično znači da je i realno očekivati da ljudi veće mase ispolje veću silu, odnosno da dalje bace neku spravu ili rekvizit iste težine (u ovom slučaju loptu).

5.3.2. Odnos dinamometrijskih varijabli i dužine bacanja lopti različitih težina

Rezultati korelacione analize jasno su pokazali da su rezultati pet dinamometrijskih testova kojima je procenjena maksimalna sila pojedinih mišićnih grupa (aktuelnih u pokretima bacanja) daleko više bili povezani sa izmerenim dužinama bacanja lopti različitih težina slabijom rukom (Tabele 5-42 i 5-43). Statistički značajna povezanost maksimalne sile sa dužinom bacanja jačom rukom registrovana je samo kada su ispitanici upotrebljavali najtežu loptu (medicinku od 3kg) i to ne kod svih pet dinamometrijskih testova. Značajna korelaciona veza izostala je prilikom testiranja povezanosti dužine bacanja najteže lopte sa rezultatima jednostrane dinamometrije rotatora ruke u zglobu ramena. Realizovani nivo značajnosti ($Sig. = ,539$), istina, sasvim se približio teorijskoj graničnoj vrednosti, ali je ipak bio nedovoljan ($Sig. > ,05$) da bi se Pirsonov koeficijent prihvatio kao statistički signifikantan. Istovremeno, dinamometrija sinhronog delovanja rotatora obe ruke imala je značajnu povezanost sa dužinama bacanja najteže lopte. Prema tome, maksimalna sila aktuelne muskulature pri bacanju lopte jačom rukom pokazala se relevantnom samo pri savladavanju velikog spoljašnjeg otpora i to pre svega sila velikih mišićnih grupa, od kojih su leđna i trbušna muskulatura delovali kao stabilizatori. Po svemu sudeći i značajna povezanost sinhronog obostranog naspram jednostranog delovanja rotatora u zglobu ramena, bila je posledica većeg angažmana leđnih i trbušnih mišića koji su predstavljali dovoljno čvrst oslonac rotatorima ruke u režimu simultane kontrakcije. Važno je uočiti da je statistički signifikantna povezanost ostvarena i između maksimalne jačina stiska jače šake i rezultata ostvarenog bacanjem najteže lopte.

Za razliku od jače ruke kod koje je potpuno izostala povezanost maksimalne sile aktuelnih mišićnih grupa sa dužinama bacanja dve lakše lopte (rukometne i medicinke od 800 g), kod nedominantne (slabije) ruke statistički značajni koeficijenti korelacije utvrđeni su za većinu analiziranih parova (Tabela 5-43). Izmerene dužine bacanja rukometne lopte (lopte od 350 g) bile su statistički značajno povezane sa tri dinamometrijska testa (dinamometrija leđa, dinamometrija sinhronog delovanja rotatora obe ruke i jačina stiska šake), a dužine bacanja lopte od 800 grama sa čak četiri testa (signifikantna povezanost izostala je samo sa dinamometrijskim vrednostima rotatora u zglobu ramena slabije ruke). Kada su rezultati dinamometrijskih testova dovedeni u korelacioni odnos sa dužinama bacanja najteže lopte (medicinke od 3 kg), svih pet koeficijenata je bilo izrazito statistički značajno, od čega njih tri već na nivou značajnosti od 0,01.

Prema tome, na osnovu rezultata, prikazanih u Tabelama 5-42 i 5-43 definitivno je bilo moguće zaključiti da se uloga maksimalne sile u pokretima jednoručnog bacanja značajno povećava sa povećanjem spoljašnjeg otpora. Dok se kod slabije ruke potreba za većim angažovanjem miogenih potencijala pojavila već prilikom bacanja rukometne lopte, dotle se kod jače ruke ta potreba ispoljila tek pri upotrebi najteže lopte, odnosno prilikom savladavanja velikog spoljašnjeg otpora.

Interesantno je i to da se sila rotatora u zglobu ramena, koji su angažovani u položaju ruke sasvim analognim sa onim iz pokreta jednoručnog bacanja, pokazala najmanje važnom za dužinu hica. Signifikantna veza ove mišićne grupe izostala je čak i kod slabije ruke prilikom bacanja rukometne lopte i medicinke od 800 grama. Jedina statistički značajna veza između jednostrane kontrakcije rotatora u zglobu ramena ostvarena je sa dužinom bacanja najteže lopte slabijom rukom. Ovaj podatak

otvara prostor za razmišljanje o dominantnoj ulozi koordinacije (u ovom slučaju kvaliteta rukometne tehnike) u bacanju lakših lopti koje iziskuju brže pokrete, bliske onima iz realne igre. Brzina izvođenja pokreta jednoručnog bacanja, izgleda, ne ostavlja dovoljno vremena za razvoj sile. Tek kada ta brzina značajno opadne, a to se dogodilo prilikom bacanja najteže lopte slabijom rukom, aktuelna muskulatura ulazi u izometrijski režim rada čime se stvaraju povoljniji uslovi za značajniji razvoj sile. Osim toga, duže vreme kontrakcije, povezano sa razvojem sile, obezbeđuje i angažovanje većeg broja motornih jedinica čija sinhronizacija je očigledno nedovoljno dobra kada se koristi nedominantna (koordinacijski slabija) ruka. Samo prilikom upotrebe lakših lopti (od 350 i 800 grama) sinhronizacija motornih jedinica, kao najviši oblik gradacije mišićne sile, je na toliko visokom nivou da kompenzuje deficit mišićne sile u aktuelnom pokretu. Za dominantnu (koordinacijski jaču) ruku, sinhronizacija većeg broja motornih jedinica bila je moguća čak i u uslovima savladavanja većeg spoljašnjeg otpora, odnosno pri bacanju lopta od 3 kg.

Tabela 5-42 Rezultati korelacione analize kojima je kvantifikovana (ne)povezanost između varijabli maksimalne sile i dužina bacanja lopti različitih težina **dominantnom** (koordinacijski jačom) rukom. (Korelaciona matrica u kojoj su sa jednom zvezdicom* obeleženi koeficijenti korelacije signifikantni na nivou od 0,05 a sa dve zvezdice** koeficijenti signifikantni na nivou od 0,01.)

Hipotetski prediktor	Parametri korelacione analiza	Bacanje rukometne lopte	Bacanje medicinke od 800 g	Bacanje medicinke od 3 kg
Dinamometrija muskulature leđa	Pearson r <i>Sig.</i>	,168 ,224	,111 ,425	,338* ,012
Dinamometrija muskulature trbuha	Pearson r <i>Sig.</i>	,256 ,062	,094 ,498	,302* ,027
Dinamometrija rotatora jače ruke	Pearson r <i>Sig.</i>	,246 ,073	-,068 ,626	,264 ,053
Dinamometrija rotatora obe ruke	Pearson r <i>Sig.</i>	,206 ,135	-,031 ,825	,295* ,031
Dinamometrija jače šake	Pearson r <i>Sig.</i>	,122 ,381	-,068 ,624	,291* ,033

Tabela 5-43 Rezultati korelacione analize kojima je kvantifikovana (ne)povezanost između varijabli maksimalne sile i dužina bacanja lopti različitih težina **nedominantnom** (koordinacijski slabijom) rukom. (Korelaciona matrica u kojoj su sa jednom zvezdicom* obeleženi koeficijenti korelacije signifikantni na nivou od 0,05 a sa dve zvezdice** koeficijenti signifikantni na nivou od 0,01.)

Hipotetski prediktor	Parametri korelacione analiza	Bacanje rukometne lopte	Bacanje medicinke od 800 g	Bacanje medicinke od 3 kg
Dinamometrija muskulature leđa	Pearson r <i>Sig.</i>	,289* ,034	,275* ,044	,361** ,007
Dinamometrija muskulature trbuha	Pearson r <i>Sig.</i>	,229 ,095	,494** ,000	,516** ,000
Dinamometrija rotatora slabije ruke	Pearson r <i>Sig.</i>	,115 ,406	,113 ,418	,298* ,029
Dinamometrija rotatora obe ruke	Pearson r <i>Sig.</i>	,251 ,067	,350** ,009	,390** ,004
Dinamometrija slabije šake	Pearson r <i>Sig.</i>	,269 ,049*	,306* ,024	,328* ,016

5.3.3. Odnos varijabli apsolutne snage i dužine bacanja lopti različitih težina

U poređenju sa korelacionom analizom maksimalne sile izmerene u izomterijskim uslovima, apsolutna snaga (procenjena testovima repetitivnih maksimuma), ispoljila je daleko manju povezanost sa rezultatima jednoručnog bacanja lopti različitih težina. Od ukupno 12 izračunatih Pirsonovih koeficijenata, kod jače ruke samo se jedan pokazao statistički značajnim, dok ih je za slabiju ruku registrovana tačno polovina. Jedinu signifikantan korelacioni koeficijent dobijen za jaču ruku (Tabela 5-44), bio je onaj koji je kvantifikovao povezanost snage ispoljene u pokretu povlačenje preko glave (*Pull Over*) sa rezultatima bacanja najlakše lopte (rukometne lopte od 350 grama). Apsolutna snaga iste mišićne grupe (rotatora u zglobu ramena) pokazala se signifikantnom i za bacanje rukometne lopte slabijom rukom. *Pull Over* se kod slabije ruke pokazao mnogo bitnijim testom, s obzirom na

to da je statistički značajno bio povezan ne samo sa rezultatima bacanja rukometne, već i druge dve teže lopte (Tabela 5-45). Preostale tri značajne pozitivne korelacije, od ukupno šest dobijenih za slabiju ruku, dve su se odnosile na zadnji potisak sa ramena (*Shoulder Press*), a jedna na potisak sa grudi (*Bench Press*). Rezultati u oba ova testa bili su značajno povezani sa dužinama bacanja najteže lopte (medicinke od 3 kg), pri čemu je zadnji potisak iskazao povezanost i sa rezultatima bacanja lakše medicinke (lopte od 800 grama). Povlačenje tega na lat mašini (*Lat Machine*) bio je jedini test čiji rezultati ni kod slabije ruke nisu bili signifikantno povezani sa dužinama bacanja ni jedne od tri različito teške lopte.

Prikazani rezultati, prema tome, pokazali su da je i druga miogena sposobnost (apsolutna snaga) bila različito povezana sa rezultatima jednoručnog bacanja lopti jačom i slabijom rukom, odnosno, da se pokazala daleko više povezanom sa dužinama koje su izmerene prilikom upotrebe nedominantne ruke. Uočena nejednakost veze između miogenih potencijala i rezultata bacanja različito spretnim ekstremitetima, mogla je da bude objašnjena istim argumentima kao i prilikom analize sile (u prethodnom odeljku). Brzina izvođenja pokreta jednoručnog bacanja, dakle, ne ostavlja dovoljno vremena ni za razvoj snage aktuelne muskulature, kao što to nije bio slučaj ni sa silom. Očigledno je da tek kada ta brzina značajno opadne, što se događa prilikom bacanja najteže lopte slabijom rukom, za mišiće nedominantnog (koordinacijski slabijeg) ekstremiteta se stvore povoljniji uslovi za brži razvoj snage. Ovaj efekat se, kao i u slučaju sile, ponovo može objasniti angažovanjem većeg broja motornih jedinica čija sinhronizacija je očigledno nedovoljno dobra kada se koristi nedominantna (koordinacijski slabija) ruka. Kako je već u prethodnom odeljku rečeno, samo prilikom upotrebe lakših lopti (od 350 i 800 grama)

sinhronizacija motornih jedinica je dostigla nivo dovoljan da se kompenzuje deficit mišićne snage. Za dominantnu (koordinacijski jaču) ruku sinhronizacija većeg broja motornih jedinica bila je moguća čak i u uslovima savladavanja većeg spoljašnjeg otpora, odnosno pri bacanju težih lopti (medicinke od 800 g od 3 kg). Time su udelom koordinacije (sportske tehnike) omogućeni brži pokreti, odnosno, smanjena je potreba za većim prisustvom „čiste“ snage.

Tabela 5-44 Rezultati korelacione analize kojima je kvantifikovana (ne)povezanost između varijabli apsolutne snage i dužina bacanja lopti različitih težina **dominantnom** (koordinacijski jačom) rukom. (Korelaciona matrica u kojoj su sa jednom zvezdicom* obeleženi koeficijenti korelacije signifikantni na nivou od 0,05 a sa dve zvezdice** koeficijenti signifikantni na nivou od 0,01.)

Hipotetski prediktor	Parametri korelacione analiza	Bacanje rukometne lopte	Bacanje medicine od 800 g	Bacanje medicine od 3 kg
Bench press	Pearson r <i>Sig.</i>	,098 ,480	,048 ,732	,233 ,090
Zadnji potisak	Pearson r <i>Sig.</i>	-,004 ,979	,004 ,979	,234 ,088
Pull Overr	Pearson r <i>Sig.</i>	,399** ,003	,071 ,612	,220 ,110
Lat Machine	Pearson r <i>Sig.</i>	,186 ,177	-,073 ,599	,133 ,338

Tabela 5-45 Rezultati korelacione analize kojima je kvantifikovana (ne)povezanost između varijabli apsolutne snage i dužina bacanja lopti različitih težina **nedominantnom** (koordinacijski slabijom) rukom. (Korelaciona matrica u kojoj su sa jednom zvezdicom* obeleženi koeficijenti korelacije signifikantni na nivou od 0,05 a sa dve zvezdice** koeficijenti signifikantni na nivou od 0,01.)

Hipotetski prediktor	Parametri korelacione analiza	Bacanje rukometne lopte	Bacanje medicine od 800 g	Bacanje medicine od 3 kg
Bench press	Pearson r <i>Sig.</i>	,238 ,083	,243 ,076	,312* ,022
Zadnji potisak	Pearson r <i>Sig.</i>	,248 ,070	,391** ,003	,464** ,000
Pull Overr	Pearson r <i>Sig.</i>	,394** ,003	,287* ,036	,334* ,014
Lat Machine	Pearson r <i>Sig.</i>	,080 ,567	,098 ,480	,177 ,201

Kako se od ovog istraživanja očekivalo da pruži i izvesne preporuke za praksu, važno je osvrnuti se i na podatak koji ukazuje na značajnu ulogu pokreta povlačenja tega preko glave (*Pull Over*). To je motorički zadatak koji je od svih testova sa tegovima koordinacijski bio najbliži tehnici bacanja, sa insistiranjem na očuvanju međusobnog ugla između nadlakta i podlakta od 90° (Slika 4-9). Rezultati ostvareni ovim testom bili su najviše značajno povezani sa rezultatima bacanja lopte. Značajna pozitivna korelacija testa *Pull Over* registrovana je čak i kod jače ruke i to samo prilikom bacanja najlakše (rukometne) lopte. Na osnovu ovog podatka otvoren je još jedan interesantan prostor za analizu primenljivosti vežbi u teretani u smislu unapređenja efikasnosti šuta u rukometu. Kao što se već zna, nemaju sve vežbe sa tegovima jednako koristan uticaj na sve sportske pokrete, odnosno, veoma je značajno izvršiti dobar izbor onih najefikasnijih. U praksi se obično biraju one vežbe sa tegovima koje su koordinacijski najbliže takmičarskom pokretu i obično se označavaju kao analogne. Sudeći po rezultatima ovog istraživanja, *Pull Over* se za rukometaše može proglasiti tom analognom vežbom koja bi hipotetski mogla da ima najveće trenažne efekte. U prilog ovoj pretpostavci govore i rezultati regresione analize (prikazane u nekim od narednih odeljaka) u kojima se upravo *Pull Over* pokazao jednim od retkih statistički značajnih prediktora za dužinu jednoručnog bacanja, odnosno, mogao je da bude proglašen značajnim trenažnim sredstvom za unapređenje jačine šuta u rukometu.

5.3.4. Odnos ocena rukometne tehnike i dužine bacanja lopti različitih težina

Drugi značajan motorički prostor (pored miogenih sposobnosti), čiji je uticaj na dužinu jednoručnog bacanja lopti različitih težina praćen u ovom istraživanju, bila je sportska tehnika (uslovno lokomotorna koordinacija). Iako je značaj tehnike ovde analiziran parcijalno (nezavisno od uloge miogenih sposobnosti), došlo se do veoma korespodentnih zaključaka sa onima iz prethodna dva odeljka. Nedvosmisleno je, naime, potvrđeno da se značaj tehnike bacanja smanjuje sa povećanjem težine lopte koja se koristi. Korelacionom analizom za obe ruke (dominantnu i nedominantnu), pokazalo se da je tehnika signifikantno povezana samo sa dužinama bacanja koje su ispitanici ostvarili dvema lakšim loptama (rukometnom od 350 g i medicinkom od 800 g). Najveća povezanost (već na nivou značajnosti od 0,01) utvrđena je između rukometne tehnike i dužine bacanja najlakše lopte jačom rukom. Jedino su prilikom testiranja jačine numeričke povezanosti rukometne tehnike sa dužinama ostvarenim najtežom loptom (medicinkom od 3 kg) realizovani nivoi značajnosti bili veći od teorijskog limita (*Sig.* > ,05) i tako ukazivali na odsustvo statističke značajnosti izračunatih korelacionih koeficijenata (Tabele 5-46 i 5-47). Na ovaj način dodatno su uvećane šanse za definitivnu potvrdu jedne od polaznih hipoteza o dominantnom uticaju tehnike prilikom bacanja lakših lopti, odnosno o povećanju udela miogenih sposobnosti (sile i snage) sa povećanjem spoljašnjeg otpora.

Budući da su u ovom i prethodna dva odeljka sprovedene izolovane korelacione analize o povezanosti miogenih sposobnosti i sportske tehnike sa dužinama jednoručnog bacanja lopti različitih težina, definitivni zaključak o njihovim međusobnim kauzalnim odnosima bilo je moguće izvesti tek nakon

regresione analize koja je data u kasnijim odeljcima i u kojoj su miogenim sposobnostima i sportskoj tehnici dodeljene uloge hipotetskih prediktora (nezavisnih varijabli), a dužini bacanja uloga zavisne varijable.

Tabela 5-46 Rezultati korelacione analize kojima je kvantifikovana (ne)povezanost između ocena kvaliteta rukometne tehnike i dužina bacanja lopti različitih težina **dominantnom** (koordinacijski jačom) rukom. (Korelaciona matrica u kojoj su sa jednom zvezdicom* obeleženi koeficijenti korelacije signifikantni na nivou od 0,05 a sa dve zvezdice** koeficijenti signifikantni na nivou od 0,01.)

Hipotetski prediktor	Parametri korelacione analiza	Bacanje rukometne lopte	Bacanje medicinke od 800 g	Bacanje medicinke od 3 kg
Ocena rukometne tehnike	Pearson r <i>Sig.</i>	,359** ,008	,325* ,016	,264 ,054

Tabela 5-47 Rezultati korelacione analize kojima je kvantifikovana (ne)povezanost između ocena kvaliteta rukometne tehnike i dužina bacanja lopti različitih težina **nedominantnom** (koordinacijski slabijom) rukom. (Korelaciona matrica u kojoj su sa jednom zvezdicom* obeleženi koeficijenti korelacije signifikantni na nivou od 0,05 a sa dve zvezdice** koeficijenti signifikantni na nivou od 0,01.)

Hipotetski prediktor	Parametri korelacione analiza	Bacanje rukometne lopte	Bacanje medicinke od 800 g	Bacanje medicinke od 3 kg
Ocena rukometne tehnike	Pearson r <i>Sig.</i>	,344* ,011	,342* ,011	,188 ,175

5.3.5. Odnos antropometrijskih varijabli i pokazatelja miogenih sposobnosti

Iako antropometrijske dimenzije ispitanika nisu bile u centralnom fokusu ovog istraživanja, analizirane su kao izvor mogućih parazitarnih faktora za objašnjavanje relacija između miogenih sposobnosti i tehnike bacanja sa jedne, te izmerenih dužina jednoručnih bacanja sa druge strane. U odeljku 5.3.1. konstatovana je statistički visoko signifikantna povezanost telesne mase sa svih šest statističkih

serija formiranih od dužina bacanja tri različite lopte jačom i slabijom rukom. Time je utvrđena nedvosmislena potreba da se u svim ostalim kauzalnim analizama obavezno uvaži uticaj telesne mase. Sa druge strane, telesna visina je imala selektivni značaj za rezultate jednoručnih bacanja različitih lopti, pokazavši se značajnom prvenstveno za bacanje težih lopti (kod ječe ruke za obe medicinke, a kod slabije samo za nejtežu loptu). Uvažavajući nalaze o povezanosti telesnih dimenzija sa ostvarenim dužinama bacanja, u ovom odeljku analiziran je numerički odnos mase i visine tela sa varijablama iz miogenog prostora, s obzirom na činjenicu da su gotovo svi pokazatelji sile, kao i pojedini parametri apsolutne snage bili značajno povezani sa ostvarenim dužinama jednoručnih bacanja. Bilo je, naime, realno očekivati da su upravo telesne dimenzije ispitanika bile zajednička determinanta i za hipotetske prediktore (nezavisne varijable) iz prostora miogenih sposobnosti i za zavisne varijable (izmerene dužine bacanja).

Na osnovu rezultata korelacione analize (Tabele 5-48 i 5-49) bilo je moguće zaključiti da je telesna masa bila daleko značajnije povezana sa pokazateljima snage nego li sile. Sve četiri statističke serije, formirane od podignutih težina u teretani primenom testova repetitivnih maksimuma, bile su signifikantno povezane sa telesnom masom, uz istovremeno izostajanje bilo kakve statistički značajne veze sa telesnom visinom (Tabela 5-49). To je praktično značilo da su osobe sa većom masom tela, bez obzira na telesnu visinu, po pravilu, podizale veće težine u svim izabranim zadacima.

Tabela 5-48 Rezultati korelacione analize kojima je kvantifikovana (ne)povezanost između antropometrijskih varijabli i rezultata dinamometrijskih merenja. (Korelaciona matrica u kojoj su sa jednom zvezdicom* obeleženi koeficijenti korelacije signifikantni na nivou od 0,05 a sa dve zvezdice** koeficijenti signifikantni na nivou od 0,01.)

Rezultati dinamometrijskih merenja	Parametri korelacione analiza	Telesna masa	Telesna visina
Muskulature leđa	Pearson r <i>Sig.</i>	,442** ,001	,346* ,010
Muskulature trbuha	Pearson r <i>Sig.</i>	,367** ,006	,310* ,022
Rotatori u zglobu ramena jače ruke	Pearson r <i>Sig.</i>	,154 ,265	-,020 ,885
Rotatori u zglobu ramena slabije ruke	Pearson r <i>Sig.</i>	,174 ,209	-,033 ,811
Rotatori u zglobu ramena obe ruke	Pearson r <i>Sig.</i>	,066 ,634	,072 ,605
Jačina stiska jače šake	Pearson r <i>Sig.</i>	,240 ,081	,155 ,265
Jačina stiska slabije šake	Pearson r <i>Sig.</i>	,283* ,038	,137 ,323

Tabela 5-49 Rezultati korelacione analize kojima je kvantifikovana (ne)povezanost između antropometrijskih varijabli i rezultata procene apsolutne snage pojedinih mišićnih grupa. (Korelaciona matrica u kojoj su sa jednom zvezdicom* obeleženi koeficijenti korelacije signifikantni na nivou od 0,05 a sa dve zvezdice** koeficijenti signifikantni na nivou od 0,01.)

Rezultati dinamometrijskih merenja	Parametri korelacione analiza	Telesna masa	Telesna visina
Bench press	Pearson r <i>Sig.</i>	,318* ,019	,240 ,080
Zadnji potisak	Pearson r <i>Sig.</i>	,333* ,014	,168 ,226
Pull Overr	Pearson r <i>Sig.</i>	,289* ,034	,103 ,459
Lat Machine	Pearson r <i>Sig.</i>	,346* ,010	,205 ,138

Sa druge strane, telesne dimenzije (masa i visina), u odnosu na izmerenu silu u dinamometrijskim testovima, pokazale su se značajnim samo za najveće mišićne grupe – opružače leđa (leđnu muskulaturu) i pregibače trupa (trbušnu muskulaturu). U testovima gde su angažovane manje mišićne grupe (unutrašnji rotatori u zglobu ramena i pregibači jače šake) signifikantne veze su izostale. Izuzetak je bila samo

jačina stiska slabije šake kod koje je vrednost realizovanog niva značajnosti bila niža ($Sig. < ,05$) od teorijske granične vrednosti (Tabela 5-48).

Značajan uticaj telesne mase na dužinu jednoručnog bacanja lopti različitih težina definitivno je potvrđen u kasnije interpretiranoj regresionoj analizi. Njena značajna povezanost sa nekim pokazateljima sile, kao i sa svim pokazateljima apsolutne snage, u kasnije interpretiranim regresionim modelima navedena je kao moguće objašnjenje za izostanak signifikantnog regresionog uticaja većine miogenih varijabli na ostvarene dužine bacanja svih lopti korišćenih u ovom istraživanju. Telesna masa se tom prilikom pokazala daleko uticajnijom od miogenih sposobnosti, kako izolovano tako i u sistemu svih drugih hipotetskih prediktora, pa je, na neki način, delovala kao isključujući faktor prilikom kvantifikovanja uticaja sile i snage na dužine jednoručnog bacanja lopti različitih težina.

5.3.6. Rezime nalaza korelacione analize

Rezultati korelacionih analiza prikazanih u prethodnim odeljcima, sprovedene su s ciljem da se kvantifikuju odnosi između varijabli za koje su pretpostavljene smislene uzajamne veze. Glavni zadatak bio je da se utvrdi inicijalni kauzalitet između šest zavisnih varijabli (šest varijanti bacanja lopti) sa jedne, te četiri grupe nezavisnih varijabli sa druge strane. Te četiri grupe nezavisnih varijabli (morfološke dimenzije, pokazatelji sile, pokazatelji snage i ocene rukometne tehnike) su u okviru regresione analize, čiji rezultati su interpretirani u narednim odeljcima, imale status hipotetskih prediktora. Zbog velikog broja korelacionih parova nastalih ukrštanjem značajnog broja statističkih serija (šest serija formiranih od izmerenih

dužina bacanja različitih lopti jačom i slabijom rukom sa jedne, te čak 14 statističkih serija formiranih od antropometrijskih, tehničkih, dinamometrijskih i podataka o apsolutnoj snazi sa druge strane, dobijena su čak 72 koeficijenta korelacije od kojih je samo polovina bila statistički signifikantna. Iako su svi ovi koeficijenti detaljno analizirani u prethodnim odeljcima, njihova razuđenost je umanjila jasnost i interpretabilnost inicijalnog kauzaliteta varijabli. Zato je u ovom odeljku dat zbirni pregled relevantnih korelacionih veza (Tabela 5-50).

Tabela 3-50 Zbirni pregled varijabli koje su bile statistički značajno povezane sa dužinama bacanja lopti različitih težina dominantnom i nedominantnom rukom.

Rukometna lopta (350 g) – Jača ruka	Rukometna lopta (350 g) – Slabija ruka
1. Telesna masa 2. Pull Over 3. Ocena rukometne tehnike	1. Telesna masa 2. Sila leđne muskulature 3. Zajednička sila rotatora ruku 4. Jačina stiska šake 5. Pull Over 6. Ocena rukometne tehnike
Medicinka od 800 g – Jača ruka	Medicinka od 800 g – Slabija ruka
1. Telesna masa 2. Telesna visina 3. Ocena rukometne tehnike	1. Telesna masa 2. Sila leđne muskulature 3. Sila trbušne muskulature 4. Zajednička sila rotatora ruku 5. Jačina stiska šake 6. Zadnji potisak 7. Pull Over 8. Ocena rukometne tehnike
Medicinka od 3 kg – Jača ruka	Medicinka od 3 kg – Slabija ruka
1. Telesna masa 2. Telesna visina 3. Sila leđne muskulature 4. Sila trbušne muskulature 5. Zajednička sila rotatora ruku 6. Jačina stiska šake	1. Telesna masa 2. Telesna visina 3. Sila leđne muskulature 4. Sila trbušne muskulature 5. Zajednička sila rotatora ruku 6. Izolovana sila rotatora slabije ruke 7. Jačina stiska šake 8. Benc Press 9. Zadnji potisak 10. Pull Over

Polazeći od osnovnog cilja ovog istraživanja, a to je utvrđivanje uticaja miogenih sposobnosti i rukometne tehnike na dužinu jednoručnog bacanja lopti različitih težina, posebno za dominantnu a posebno nedominantnu ruku, značajne veze između varijabli sistematizovane su u šest karakterističnih grupa koje su definisane u odnosu na loptu koja je bacana i ruku koja je upotrebljavana. Dakle, i za dominantnu i za nedominantnu ruku su formirana po tri skupa varijabli za koje je utvrđena značajna povezanost sa dužinama bacanja tri različite lopte (rukometne lopte od 350 g, lakše medicinku od 800 g i teže medicinke od 3 kg). Uvidom u zbirni popis varijabli relevantnih za dužine šest varijanti različitih bacanja (Tabela 5-50), lako se uočavaju dve pravilnosti: (1) sa povećanjem težine lopte raste i broj relevantnih varijabli; te (2) prilikom bacanja iste lopte različitim ekstremitetima, uvek je više varijabli bilo povezano sa dužinama ostvarenim slabijom nego jačom rukom. Tako se najmanje hipotetskih prediktora pokazalo značajnim prilikom bacanja jačom rukom rukometne lopte i lakše medicinke od 800 grama (po tri varijable), a najviše prilikom bacanja slabijom rukom najteže lopte (čak 10 varijabli).

5.3.7. Parcijalni koeficijenti korelacije u funkciji korigovanja inicijalnog kauzaliteta varijabli

Jedini parametar koji je iskazao povezanost sa svih šest statističkih serija formiranih od rezultata različitih varijanti bacanja, bila je telesna masa, dakle, antropometrijska varijabla, a ne varijable iz dva hipotetski favorizovana prostora – miogenog (sila i snaga) i koordinacijskog (sportska tehnika). Kako je telesna masa bila statistički značajno povezana i sa većinom miogenih varijabli, očigledno je ona uzrok za pojavu pojedinih dinamometrijskih testova i testova apsolutne snage u

Tabeli 5-50, kao parametara povezanih sa dužinama bacanja nekih, pre svega težih lopti i to značajnije kada je korišćen slabiji ekstremitet. Zbog ove kompleksne veze, bilo je neophodno izračunati parcijalne koeficijente korelacije između svih rezultata dobijenih procenom miogenih varijabli sa jedne, te šest dužina ostvarenih bacanjem lopti različitih težina sa druge strane, uz korišćenje telesne mase kao kontrolne varijable. Izračunavanjem parcijalnih koeficijenata korelacije, značajno je redukovan broj statistički značajnih veza između parametara miogenih sposobnosti sa jedne i dužina u različitim varijantama bacanja lopti sa druge strane. Za razliku od primene Pirsonovog metoda produkt-moment korelacije kada se od 54 testirana koeficijenta čak njih 23 pokazalo statistički značajnim, nakon primene parcijalne korelacije taj broj se sveo na svega devet statistički značajnih veza između miogenih i varijabli bacanja. Uvidom u podatke iz Tabela 5-51, 5-52, 5-53 i 5-54, mogu se uočiti iste zakonitosti konstatovane i prilikom primene proste linearne korelacije, ali sa značajno umerenijim trendom.

Tabela 5-51 Parcijalni koeficijenti korelacije kojima je kvantifikovana (ne)povezanost između varijabli maksimalne sile i dužina bacanja lopti različitih težina **dominantnom** (koordinacijski jačom) rukom. Korelaciona matrica je dobijena korišćenjem telesne mase kao kontrolne varijable.

Hipotetski prediktor	Parametri parcijalne korelac. analize	Bacanje rukometne lopte	Bacanje medicinke od 800 g	Bacanje medicinke od 3 kg
Dinamometrija muskulature leđa	Parcijalni koefic. <i>Sig.</i>	-,037 ,791	-,029 ,839	,197 ,158
Dinamometrija muskulature trbuha	Parcijalni koefic. <i>Sig.</i>	,110 ,434	-,020 ,886	,182 ,192
Dinamometrija rotatora jače ruke	Parcijalni koefic. <i>Sig.</i>	,200 ,151	-,122 ,383	,224 ,107
Dinamometrija rotatora obe ruke	Parcijalni koefic. <i>Sig.</i>	,198 ,156	-,054 ,702	,293* ,033
Dinamometrija jače šake	Parcijalni koefic. <i>Sig.</i>	,016 ,908	-,153 ,273	,219 ,115

Tabela 5-52 Parcijalni koeficijenti korelacije kojima je kvantifikovana (ne)povezanost između varijabli maksimalne sile i dužina bacanja lopti različitih težina **nedominantnom** (koordinacijski slabijom) rukom. Korelaciona matrica je dobijena korišćenjem telesne mase kao kontrolne varijable.

Hipotetski prediktor	Parametri parcijalne korelac. analize	Bacanje rukometne lopte	Bacanje medicinke od 800 g	Bacanje medicinke od 3 kg
Dinamometrija muskulature leđa	Parcijalni koefic. <i>Sig.</i>	,158 ,259	,070 ,616	,179 ,199
Dinamometrija muskulature trbuha	Parcijalni koefic. <i>Sig.</i>	,114 ,417	,386* ,004	,413* ,002
Dinamometrija rotatora slabije ruke	Parcijalni koefic. <i>Sig.</i>	,058 ,678	,030 ,829	,248 ,074
Dinamometrija rotatora obe ruke	Parcijalni koefic. <i>Sig.</i>	,350* ,010	,252 ,069	,413* ,002
Dinamometrija slabije šake	Parcijalni koefic. <i>Sig.</i>	,188 ,178	,198 ,155	,224 ,107

Tabela 5-53 Parcijalni koeficijenti korelacije kojima je kvantifikovana (ne)povezanost između varijabli apsolutne snage i dužina bacanja lopti različitih težina **dominantnom** (koordinacijski jačom) rukom. Korelaciona matrica je dobijena korišćenjem telesne mase kao kontrolne varijable.

Hipotetski prediktor	Parametri parcijalne korelac. analize	Bacanje rukometne lopte	Bacanje medicinke od 800 g	Bacanje medicinke od 3 kg
Bench press	Parcijalni koefic. <i>Sig.</i>	-,052 ,710	-,055 ,697	,122 ,384
Zadnji potisak	Parcijalni koefic. <i>Sig.</i>	-,182 ,193	-,109 ,436	,117 ,404
Pull Overr	Parcijalni koefic. <i>Sig.</i>	,315* ,022	-,020 ,889	,119 ,396
Lat Machine	Parcijalni koefic. <i>Sig.</i>	,037 ,791	-,200 ,150	-,006 ,966

Tabela 5-54 Parcijalni koeficijenti korelacije kojima je kvantifikovana (ne)povezanost između varijabli apsolutne snage i dužina bacanja lopti različitih težina **nedominantnom** (koordinacijski slabijom) rukom. Korelaciona matrica je dobijena korišćenjem telesne mase kao kontrolne varijable.

Hipotetski prediktor	Parametri parcijalne korelac. analize	Bacanje rukometne lopte	Bacanje medicinke od 800 g	Bacanje medicinke od 3 kg
Bench press	Parcijalni koefic. <i>Sig.</i>	,142 ,311	,103 ,462	,186 ,182
Zadnji potisak	Parcijalni koefic. <i>Sig.</i>	,148 ,292	,275* ,046	,364* ,007
Pull Overr	Parcijalni koefic. <i>Sig.</i>	,326* ,017	,171 ,220	,228 ,101
Lat Machine	Parcijalni koefic. <i>Sig.</i>	-,049 ,727	-,091 ,515	,004 ,975

Ponovo se pokazalo da sa povećanjem spoljašnjeg otpora, tj. sa bacanjem sve teže lopte, raste broj relevantnih miogenih parametara, kao i to da su rezultati bacanja slabijom rukom više povezani sa statističkim serijama formiranim od rezultata testiranja sile i snage nego što je to slučaj sa jačom rukom. Tako se kod analize dužina ostvarenih dominantnom rukom, iz prostora sile značajnom pokazala samo veza između rezultata merenja istovremene kontrakcije rotatora u zglobu ramena i bacanja najteže lopte (medicinke od 3 kg), dok su se kod analize rezultata ostvarenih slabijom rukom, osim rotatora, značajnim pokazali i pregibači trupa (sila trbušne muskulature). Kvantifikovanjem veza između izmerenih dužina bacanja i rezultata testova repetitivnih maksimuma, za jaču ruku se značajnim pokazao samo *Pull Over*, dok se kod slabije ruke, osim istog testa, značajnim pokazao i zadnji potisak. Ovde je značajno naglasiti da su rezultati ostvareni *Pull Over*-om bili značajno povezani samo sa dužinama bacanja najlakše (rukometne) lopte i to obema rukama, a zadnji potisak samo sa dužinama bacanja dve teže lopte (medicinki od 800 g i 3 kg) i to samo slabijom rukom.

Na osnovu rezultata parcijalne korelacije, primenjene na varijablama miogenog prostora uz isključivanje delovanja telesne mase, bilo je moguće redefinisati podatake iz Tabele 5-50, odnosno izvršiti korekciju inicijalnog kauzaliteta varijabli. Tako je formirana Tabela 5-55 iz koje se može ponovo zaključiti da je telesna masa jedina varijabla koja je bila signifikantno povezana sa svih šest statističkih serija formiranih od dužina bacanja tri različito teške lopte jačom i slabijom rukom.

Tabela 3-55 Zbirni pregled varijabli koje su bile statistički značajno povezane sa dužinama bacanja lopti različitih težina dominantnom i nedominantnom rukom, nakon korekcije inicijalnog kauzaliteta varijabli izvršene izračunavanjem parcijalnih koeficijenata korelacije.

Rukometna lopta (350 g) – Jača ruka	Rukometna lopta (350 g) – Slabija ruka
1. Telesna masa 2. Pull Over 3. Ocena rukometne tehnike	1. Telesna masa 2. Zajednička sila rotatora ruku 3. Pull Over 4. Ocena rukometne tehnike
Medicinka od 800 g – Jača ruka	Medicinka od 800 g – Slabija ruka
1. Telesna masa 2. Ocena rukometne tehnike	1. Telesna masa 2. Sila trbušne muskulature 3. Zadnji potisak 4. Ocena rukometne tehnike
Medicinka od 3 kg – Jača ruka	Medicinka od 3 kg – Slabija ruka
1. Telesna masa 2. Zajednička sila rotatora ruku	1. Telesna masa 2. Sila trbušne muskulature 3. Zajednička sila rotatora ruku 4. Zadnji potisak

Još jednom je potvrđeno da je nivo rukometne tehnike bio značajan samo prilikom bacanja dve lakše lopte (rukometne od 350 g i medicinke od 800 g). Zanimljivo je i to da su rezultati dobijeni testom *Pull Over* statistički značajno bili povezani samo sa bacanjem rukometne lopte, kako jačom tako i slabijom rukom. Osim *Pull Over*-a, od zadataka kojima je opserviran prostor snage, samo se još zadnji potisak pokazao značajnim i to jedino za bacanje dve teže lopte slabijom rukom. Od dinamometrijskih testova, uvođenjem telesne mase kao kontrolne varijable, za dužine bacanja su se značajnim pokazala samo dva testa – dinamometrija zajedničkog dejstva rotatora u zglobu ramena i dinamometrija trbušne muskulature i to isključivo u odnosu na rezultate bacanja ostvarene slabijom rukom. Pri tome se sila pregibača trupa (sila trbušnih mišića) pokazala značajnom samo prilikom bacanja dve teže, a sila rotatora samo prilikom bacanja najlakše lopte.

Po svemu sudeći, povećana uloga miogenih sposobnosti sa porastom spoljašnjeg otpora, ispoljila se, pre svega, kroz smanjenje uticaja snage i istovremeno povećanje uticaja sile. Ovaj zaključak potkrepljuje čak i saznanje o značajnoj povezanosti zadnjeg potiska (koji je u ovom istraživanju tretiran kao test apsolutne snage) sa rezultatima ostvarenim najtežim loptama slabijom rukom. Tokom izvođenja zadnjeg potiska, naime, muskulatura koja je aktuelna i u pokretima bacanja, dominantno deluje u režimu izometrijskog naprezanja obezbeđujući tako čvrst oslonac za nepokretni pripoj opružaća u zglobu lakta. Ovde se prvenstveno misli na dominantno izometrijsko naprezanje m. deltoideus-a i m. trapezius-a koji i tokom jednoručnog bacanja dominantno deluju kao stabilizatori pokreta. Uzme li se u obzir i značajna povezanost rezultata testa *Pull Over* koji je koordinacijski nablizi pokretima rotacije tokom bacanja lopte, može se zaključiti da su se najznačajnijim miogenim testovima pokazali upravo oni u kojima je ispoljena najveća analogija sa režimom naprezanja muskulature aktuelne u realnim pokretima bacanja lopte. Prilikom upotrebe lakših lopti, kada je i spoljašnji otpor bio relativno mali, taj uticaj je logično bio manje izražen, odnosno za uspešno izvođenje bacanja bile su dovoljne mala i sila i snaga. Taj neophodni nivo miogenih uticaja bio je u dovoljnoj meri obezbeđen već sinhronizacijom motornih jedinica, koja je u ovom slučaju predstavljala povoljnije uslove za kvalitetno izvođenje sportske tehnike.

5.4. Rezultati regresione analize

Za pouzdanu finalnu procenu uticaja hipotetskih prediktora (telesnih dimenzija, miogenih sposobnosti i nivoa rukometne tehnike), na zavisne varijable (šest varijanti bacanja – tri različito teške lopte jačom i slabijom rukom) primenjena je regresiona analiza. Budući da je na svaku zavisnu varijablu potencijalno uticao složen sistem prediktora, formiran od čak 12 nezavisnih varijabli (dve antropometrijske, devet miogenih od čega pet pokazatelja sile i četiri pokazatelja apsolutne snage, te sportska tehnika kao jedina varijabla iz prostora koordinacije), bilo je neophodno izvršiti pažljivu selekciju hipotetskih prediktora i eliminisati one čiji uticaj u ovom sistemu nije bio statistički signifikantan. Već je nakon izračunavanja parcijalnih koeficijentata korelacije, uvođenjem telesne mase kao kontrolne varijable, taj sistem od 12 hipotetskih prediktora značajno redukovan, pa se kod nekih varijabli bacanja njihov broj smanjio na svega dve ili tri (Tabela 5-55).

Kao najpodesniji za konačno rešavanje ovog istraživačkog zadatka izabran je *Stepwise* model regresione analize koji se nalazi u standardnom paketu statističkog aplikacionog programa *SPSS*. Ovaj model regresione analize podrazumeva postepenu (korak po korak) redukciju hipotetskih prediktora, pri čemu se sukcesivnom eliminacijom nezavisnih varijabli iz sistema, sa najmanjim uticajem na definisanje izabrane zavisne varijable (u ovom slučaju jedne od šest varijanti bacanja), dolazilo do stabilnog regresionog modela u kojem je egzistirao najmanji mogući broj prediktora sa statistički značajnim uticajem, kako sistemskim tako i pojedinačnim.⁶

⁶ Da ovaj materijal ne bi bio opterećen nepotrebnim numeričkim podacima, u okviru interpretacije rezultata regresione analize prikazane su samo strukture tri modela (koraka *Stepwise* analize): inicijalnog, pretposlednjeg i finalnog.

Kod četiri od šest inicijalnih sistema, sačinjenih od jedne zavisne i 12 nezavisnih varijabli (za bacanje najteže lopte jačom rukom, te za bacanje sve tri lopte slabijom rukom), finalni regresioni modeli dostignuti su u desetom koraku analize. Regresioni model za predikciju dužine bacanja rukometne lopte jačom rukom dostignut je u devetom koraku, dok je za predikciju bacanja lopte od 800 grama, takođe jačom rukom, bilo potrebno sprovesti čak 11 koraka *Stepwise* regresione analize. Na ovaj način dobijeno je šest veoma stabilnih regresionih modela u kojima je broj i sastav sistema prediktora bio gotovo identičan sa varijablama evidentiranim nakon primene parcijalne korelacione analize. U regresionim modelima definisanim za sve tri varijante bacanja dominantnom rukom (za rukometnu loptu, za loptu od 800 g i za medicinku od 3 kg) broj varijabli značajnih za valjanu predikciju bio je identičan sa onima iz Tabele 5-55, dok je u sva tri modela namenjena predikciji dužina bacanja različitih lopti nedominantnom rukom izvršena eliminacija samo po jedne varijable čiji signifikantan uticaj na zavisnu varijablu nije potvrđen u finalnom koraku *Stepwise* regresione analize (Tabela 5-56). Interesantno je da su u pretposlednjim koracima sve tri *Stepwise* analize, sprovedene za dužine bacanja nedominantnom rukom, izolovani sistemi prediktora bili identični sa varijablama koje su evidentirane kao značajne i nakon parcijalne korelacije. Budući da se u *Stepwise* regresiji kvantifikuje uticaj varijabli koje deluju u sistemu, a ne kao izolovani prediktori, tokom poslednjeg koraka analize iz svakog finalnog regresionog modela je eliminisana po jedna varijabla iz prostora snage. Za bacanje rukometne lopte to je bio *Pull Over*, a kod bacanje obe teže lopte eliminisan je zadnji potisak (potisak tega sa ramena, *Shoulder Press*).

Tabela 3-56 Zbirni pregled varijabli koje su primenom metoda *Stepwise* regresione analize potvrđene kao prediktoske varijable značajne za dužine bacanja lopti različitih težina jačom i slabijom rukom.

Rukometna lopta (350 g) – Jača ruka	Rukometna lopta (350 g) – Slabija ruka
1. Telesna masa 2. Pull Over 3. Ocena rukometne tehnike	1. Telesna masa 2. Zajednička sila rotatora ruku 3. Ocena rukometne tehnike
Medicinka od 800 g – Jača ruka	Medicinka od 800 g – Slabija ruka
1. Telesna masa 2. Ocena rukometne tehnike	1. Telesna masa 2. Sila trbušne muskulature 3. Ocena rukometne tehnike
Medicinka od 3 kg – Jača ruka	Medicinka od 3 kg – Slabija ruka
1. Telesna masa 2. Zajednička sila rotatora ruku	1. Telesna masa 2. Sila trbušne muskulature 3. Zajednička sila rotatora ruku

Sumarno gledano, telesna masa je definitivno potvrđena kao najstabilniji prediktor dužine bacanja bilo koje lopte i bilo kojom rukom. Ona je egzistirala u svih šest regresionih modela i, kako je ranije pokazala parcijalna korelaciona analiza, preko nje je posredan uticaj na zavisne varijable izvršila većina miogenih parametara, kako iz prostora sile tako i snage. Definitivno je potvrđeno i ranije zapažanje o potpunom izostanku rukometne tehnike iz regresionih modela za predikciju dužina bacanja najteže lopte. Nivo tehnike bacanja, praktično se pokazao značajnim samo prilikom upotrebe lakših lopti (rukometne i medicinke od 800 grama), odnosno pri savladavanju manjeg spoljašnjeg otpora. Detaljna analiza svakog od šest regresionih modela data je u narednim odeljcima.

5.4.1. Regresioni model za predikciju dužine bacanja rukometne lopte jačom rukom

Deveti (finalni) korak *Stepwise* regresione analize doneo je stabilan model za predikciju dužine bacanja rukometne lopte jačom rukom u kojem su egzistirala tri relevantna prediktora – telesna masa, *Pull Over* i ocena rukometne tehnike (Tabela 5-58). Istina, na osnovu vrednosti koeficijenta determinacije (kako izvornog – R^2 , tako i prilagođenog – R^2 *Adjusted*) kao i na osnovu analize varijanse regresije (ANOVA), već se i inicijalni sistem od 12 nezavisnih varijabli (12 hipotetskih prediktora) pokazao statistički pouzdanim za prognozu dužine jednoručnog bacanja rukometne lopte u opserviranoj grupi ispitanika (Tabela 5-57). Od 12 nezavisnih varijabli, međutim, samo je kod njih četiri realizovani nivo značajnosti bio niži od teorijske granične vrednosti (*Sig.* < ,05), čime je nedvosmisleno ukazano na potrebu da se inicijalni sistem prediktora redukuje i racionalizuje. U narednih sedam koraka *Stepwise* analize eliminisano je ukupno osam varijabli (*Excluded Variables*) na osnovu vrednosti parcijalnih koeficijenata korelacije i na osnovu koeficijenata tolerancije kao parametara kolinearne statistike (*Tolerance of Collinearity Statistics*). Praktično, do preposlednjeg koraka analize egzistirala su ista četiri prediktora registrovana kao signifikantna još u inicijalnom modelu – telesna masa, zadnji potisak, *Pull Over* i zadnji potisak, s tim što se u sistemu zadržala još i dinamometrija leđne muskulature. U poslednjem (devetom) koraku dostignut je najefikasniji regresioni model time što su eliminisane dve varijable – dinamometrija leđa i zadnji potisak.

Tabela 5-57 Sumarne ocene statističkih značajnosti regresionih modela dobijenih u inicijalnom i poslednja dva koraka *Stepwise* modela analize u kojoj je zavisna varijabla bila dužina **bacanja rukometne lopte dominantnom rukom**, dok su inicijalni sistem prediktora sačinjavale: masa i visina tela, sve miogene varijable (rezultati dinamometrijskih i RM testova), te ocene rukometne tehnike.

Korak regresije	R	R^2	Adjusted R^2	Std. Error of the Estimate	ANOVA	
					F	Sig.
Inicijalni	,773	,598	,480	3,2631	5,073*	,000
8.	,738	,544	,497	3,2101	11,455*	,000
Finalni	,729	,532	,494	3,2182	13,934*	,000

Tabela 5-58 Koeficijenti dobijeni primenom *Stepwise* modela regresione analize u kojoj je zavisna varijabla bila dužina **bacanja rukometne lopte dominantnom rukom**. Prikazani su samo parametri za inicijalni i poslednja dva koraka regresione analize.

Korak	Prediktor	Unstandardized Coefficients		Standardized <i>Beta</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
		B	Std. Error			
Inicijalni	<i>Konstanta</i>	18,506	15,208	/	1,217	,231
	Telesna masa	,276	,067	,571	4,115*	,000
	Telesna visina	-6,096	9,346	-,083	-,652	,518
	Dinamometrija leđa	-,006	,003	-,267	-1,887	,066
	Dinamometrija trbuha	,006	,004	,175	1,368	,179
	Rotatori jače ruke	,006	,008	,112	,796	,431
	Rotatori obe ruke	,001	,007	,027	,182	,857
	Din. stiska jače šake	,008	,007	,150	1,182	,244
	Bench Press	-,023	,052	-,079	-,438	,664
	Zadnji potisak	-,204	,073	-,452	-2,808*	,008
	Pull Over	,272	,098	,417	2,772*	,008
	Lat Machine	-,017	,052	-,044	-,333	,741
	Ocena tehnike	1,467	,384	,430	3,825*	,000
8.	<i>Konstanta</i>	8,938	4,631	/	1,930	,060
	Telesna masa	,251	,054	,520	4,624*	,000
	Dinamometrija leđa	-,003	,003	-,130	-1,118	,269
	Zadnji potisak	-,190	,053	-,421	-3,561*	,001
	Pull Over	,299	,075	,458	4,001*	,000
	Ocena tehnike	1,412	,343	,414	4,111*	,000
Finalni	<i>Konstanta</i>	7,087	5,201	/	1,363	,179
	Telesna masa	,183	,056	,380	3,297*	,002
	Pull Over	,166	,076	,255	2,199*	,033
	Ocena tehnike	1,157	,378	,339	3,061*	,004

Na osnovu podataka prikupljenih tokom ovog istraživanja, u finalnom regresionom modelu za predikciju dužine bacanja rukometne lopte jačom rukom egzistirala su tri stabilna prediktora, po jedan iz tri različita prostora – telesna masa kao predstavnik antropometrijskih varijabli, *Pull Over* kao reprezent miogenih sposobnosti i ocena rukometne tehnike. Najveći parcijalni koeficijent elastičnosti (*Beta*) dobijen je za ocenu telesne mase ($\beta = 0,38$), zatim za nivo sportske tehnike ($\beta = 0,339$), a najniži za rezultate ostvarene u testu snage označenom kao *Pull Over* ($\beta = 0,255$). Prema tome, jasno je bilo da je prilikom bacanja najlakše lopte (rukometne lopte od 350 g) dominantnom rukom, odnosno prilikom savladavanja najmanjeg spoljašnjeg otpora, veći uticaj na izmerenu dužinu, a implicitno na jačinu šuta, imala sportska tehnika, dok su miogene sposobnosti (kako sila tako i snaga) svoj uticaj iskazale, pre svega, indirektno preko visoke povezanosti sa telesnom masom. Praktično jedini pokazatelj miogenih sposobnosti koji je direktno uticao na jačinu šuta

rukometnom loptom bio je kretni zadatak *Pull Over* u kojem je vrsta angažovane muskulature i njihov režim naprežanja bio najbliži realnim pokretima bacanja. Prema tome, opšte gledano, najveće rezerve za unapređenje snage šuta u rukometu nalaze se u prostoru usavršavanja tehnike, a zatim u primeni dinamičkih vežbi snage u kojima se teret savladava pokretima koji moraju biti u što većoj meri analogni realnim pokretima bacanja.

5.4.2. Regresioni model za predikciju dužine bacanja rukometne lopte slabijom rukom

Za predikciju rezultata bacanja rukometne lopte slabijom rukom dobijen je veoma sličan finalni regresioni model sa onim koji je važio za jaču ruku. U njemu su egzistirale tri nezavisne varijable – ponovo telesna masa kao varijabla antropološkog prostora, ponovo rukometna tehnika, te dinamometrija rotatora u zglobu ramena, jedini nezavisni reprezent miogenih sposobnosti (Tabela 5-60). Kako je u ovom dinamometrijskom testu praktično angažovana ista muskulatura kao i u dizačkom zadatku *Pull Over*, može se reći da se jedina razlika između regresionih modela dobijenih za jaču i slabiju ruku ogledao u režimu naprežanja aktuelnih mišića (dominantno rotatora u zglobu ramena). Na osnovu tih podataka bilo je moguće zaključiti da je prilikom savladavanja istog malog spoljašnjeg otpora dominantnom rukom, veću ulogu imala snaga, a prilikom korišćenja nedominantne ruke – sila.

Tabela 5-59 Sumarne ocene statističkih značajnosti regresionih modela dobijenih u inicijalnom i poslednja dva koraka *Stepwise* modela analize u kojoj je zavisna varijabla bila dužina **bacanja rukometne lopte nedominantnom rukom**, dok su inicijalni sistem prediktora sačinjavale: masa i visina tela, sve miogene varijable (rezultati dinamometrijskih i RM testova), te ocene rukometne tehnike.

Korak regresije	R	R ²	Adjusted R ²	Std. Error of the Estimate	ANOVA	
					F	Sig.
Inicijalni	,644	,415	,244	3,9768	2,423*	,018
9.	,592	,350	,297	3,8344	6,594*	,000
Finalni	,568	,323	,282	3,8742	7,946*	,000

Tabela 5-60 Koeficijenti dobijeni primenom *Stepwise* modela regresione analize u kojoj je zavisna varijabla bila dužina **bacanja rukometne lopte nedominantnom rukom**. Prikazani su samo parametri za inicijalni i poslednja dva koraka regresione analize.

Korak	Prediktor	Unstandardized Coefficients		Standardized <i>Beta</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
		B	Std. Error			
Inicijalni	<i>Konstanta</i>	3,365	18,499	/	,182	,857
	Telesna masa	,203	,082	,416	2,470*	,018
	Telesna visina	-6,533	11,403	-,088	-,573	,570
	Dinamometrija leđa	,000	,004	,012	,076	,940
	Dinamometrija trbuha	-,002	,005	-,059	-,384	,703
	Rotatori slabije ruke	-,016	,009	-,280	-1,745	,088
	Rotatori obe ruke	,017	,008	,386	2,211*	,033
	Din. stiska slabije šake	,004	,009	,062	,418	,678
	Bench Press	-,050	,062	-,173	-,810	,422
	Zadnji potisak	-,010	,088	-,021	-,112	,912
	Pull Over	,225	,122	,341	1,847	,072
	Lat Machine	-,025	,062	-,062	-,397	,693
	Ocena tehnike	,906	,457	,263	1,982	,054
9.	<i>Konstanta</i>	-5,480	5,543	/	-,989	,328
	Telesna masa	,142	,059	,291	2,407*	,020
	Rotatori obe ruke	,009	,006	,197	1,512	,137
	Pull Over	,127	,089	,192	1,429	,159
	Ocena tehnike	1,023	,403	,297	2,539*	,014
Finalni	<i>Konstanta</i>	-3,901	5,489	/	-,711	,480
	Telesna masa	,166	,057	,341	2,923*	,005
	Rotatori obe ruke	,012	,005	,278	2,353*	,023
	Ocena tehnike	1,047	,407	,304	2,575*	,013

Upoređivanjem vrednosti regresionih koeficijenata (prvenstveno *Beta* standardizovanih), uočen je isti redosled prediktora u pogledu jačine uticaja na zavisnu varijablu, kao i prilikom analize modela utvrđenog za dominantnu ruku. Ponovo je najveći parcijalni koeficijent elastičnosti (*Beta*) dobijen za ocenu telesne mase ($\beta = 0,341$), zatim za nivo sportske tehnike ($\beta = 0,304$), a najniži za rezultate dobijene dinamometrijom rotatora u zglobu ramena ($\beta = 0,278$). U poređenju sa modelom utvrđenim za jaču, kod slabije ruke se uočava povećan uticaj miogenih sposobnosti uz istovremeno smanjen uticaj sportske tehnike. Regresioni koeficijent koji je kvantifikovao uticaj tehnike u inicijalnom modelu hipotetskih prediktora, čak nije ni bio statistički značajan. Realizovani nivo značajnosti (*Sig.*), utvrđen za ocenu tehnike, tek se u predposlednjem (devetom) koraku *Stepwise* analize spustio ispod teorijske granične vrednosti i zadržao se kao signifikantan u finalnom modelu.

5.4.3. Regresioni model za predikciju dužine bacanja lopte od 800 grama jačom rukom

Iako je sa povećanjem spoljašnjeg otpora, odnosno sa upotrebom teže lopte, bilo opravdano očekivati trend povećanog uticaja miogenih sposobnosti na dužinu bacanja, to se u slučaju sa medicinkom od 800 grama koja je bacana jačom rukom nije dogodilo. Naprotiv, iz finalnog regresionog modela potpuno su izostale miogene varijable. Kao jedina dva signifikantna prediktora potvrđeni su telesna masa i rukometna tehnika (Tabela 5-62). Ovaj podatak, međutim, ne bi trebalo prihvatiti zdravo za gotovo s obzirom na ranije dokazanu visoku povezanost telesne mase sa svim rezultatima testova miogenih sposobnosti. U modelu koji je važio za predikciju dužine bacanja lopte od 800 grama jačom rukom, po svemu sudeći, dobijeni su nedovoljno visoki parcijalni koeficijenti korelacije za rezultate dinamometrijskih merenja i rezultate testova repetitivnih maksimuma, da bi se u finalnom sistemu zadržala bilo koja miogena varijabla kao nezavisni prediktor dužine bacanja.

Analiziraju li se struktura i vrednosti regresionih koeficijenata utvrđenih za inicijalni model, sastavljen od svih 12 hipotetskih prediktora, lako se uočava da je jedino za ocenu tehnike realizovani nivo značajnosti bio ispod teorijske granične vrednosti. Čak 11 nezavisnih varijabli nije imalo značajan uticaj na zavisnu varijablu. Neodrživost inicijalnog sistema u smislu pouzdane predikciju, nedvosmisleno je potvrdila niska vrednost adaptiranog koeficijenta determinacije (*Adjusted R²*), kao i parametri analize varijanse regresije – niska F-vrednost i visok realizovani nivo značajnosti (Tabela 5-61).

Tabela 5-61 Sumarne ocene statističkih značajnosti regresionih modela dobijenih u inicijalnom i poslednja dva koraka *Stepwise* modela analize u kojoj je zavisna varijabla bila dužina **bacanja lopte od 800 g dominantnom rukom**, dok su inicijalni sistem prediktora sačinjavale: masa i visina tela, sve miogene varijable (rezultati dinamometrijskih i RM testova), te ocene rukometne tehnike.

Korak regresije	R	R ²	Adjusted R ²	Std. Error of the Estimate	ANOVA	
					F	Sig.
Inicijalni	,553	,306	,103	3,2678	1,508	,161
10.	,479	,230	,184	3,1178	4,972*	,004
Finalni	,450	,202	,171	3,1416	6,468*	,003

Tabela 5-62 Koeficijenti dobijeni primenom *Stepwise* modela regresione analize u kojoj je zavisna varijabla bila dužina **bacanja lopte od 800 g dominantnom rukom**. Prikazani su samo parametri za inicijalni i poslednja dva koraka regresione analize.

Korak	Prediktor	Unstandardized Coefficients		Standardized <i>Beta</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
		B	Std. Error			
Inicijalni	<i>Konstanta</i>	-13,655	15,230	/	-,897	,375
	Telesna masa	,097	,067	,263	1,442	,157
	Telesna visina	14,708	9,359	,264	1,571	,124
	Dinamometrija leđa	-,001	,003	-,043	-,232	,818
	Dinamometrija trbuha	,000	,004	-,008	-,048	,962
	Rotatori jače ruke	-,001	,008	-,015	-,081	,936
	Rotatori obe ruke	-,003	,007	-,095	-,481	,633
	Din. stiska jače šake	-,002	,007	-,036	-,216	,830
	Bench Press	,022	,052	,102	,433	,668
	Zadnji potisak	-,079	,073	-,230	-1,090	,282
	Pull Over	,072	,098	,144	,731	,469
	Lat Machine	-,052	,052	-,174	-1,003	,322
	Ocena tehnike	,806	,384	,310	2,097*	,042
10.	<i>Konstanta</i>	6,000	4,375	/	1,371	,176
	Telesna masa	,137	,049	,371	2,810*	,007
	Zadnji potisak	-,061	,046	-,179	-1,335	,188
	Ocena tehnike	,936	,328	,360	2,853*	,006
Finalni	<i>Konstanta</i>	4,810	4,316	/	1,114	,270
	Telesna masa	,115	,046	,311	2,486*	,016
	Ocena tehnike	,858	,325	,330	2,637*	,011

Osim telesne mase i nivoa tehnike, do pretposlednjeg modela analize zadržao se i zadnji potisak koji je na kraju ipak bio eliminisan zbog niskog parcijalnog koeficijenta korelacije sa zavisnom varijablom. Tako je na kraju dobijen sistem u kojem su egzistirala samo dva statistički signifikantna prediktora – telesna masa i rukometna tehnika. Regresioni koeficijent telesne mase ($\beta = 0,311$) bio je nešto niži od koeficijenta izračunatog za nivo tehnike ($\beta = 0,33$), što ipak nije bila dovoljno velika razlika da bi se sa sigurnošću govorilo o dominantnom uticaju jedne ili druge nezavisne varijable. U svakom slučaju, pokazalo se da bacanje lopte od 800 grama za testirane ispitanike ne predstavlja dovoljno veliko spoljašnje opterećenje koje bi umanjilo uticaj sportske tehnike. Naprotiv, možda ga je čak i pojačalo.

Odsustvo direktnog uticaja bilo koje miogene varijable, naime (kako iz prostora sile tako i snage), ukazivalo je na pretpostavku da se upotreba lopte teže od rukometne može preporučiti praksi i kao efikasno trenažno sredstvo za usavršavanje tehnike. Ovu pojavu, najverovatnije, moguće je objasniti većim angažovanjem

proprioceptivnih mehanizama u zglobovima aktuelnim tokom pokreta bacanja, pre svega mehanoreceptora. Po svemu sudeći, lopta od 800 grama, koja se inače dosta koristi u treningu rukometaša, ali pre svega sa idejom o povećanju eksplozivne i brzinske snage, može da bude preporučena čak i kao efikasan alat za usavršavanje tehnike. Njena težina, očigledno, predstavlja dovoljno jak stimulans za značajno veću ekscitaciju mehanoreceptora, a istovremeno ne izaziva preveliko spoljašnje opterećenje koje bi poremetilo usvojeni dinamički stereotip, odnosno narušilo finkcionalnu sinergiju aktuelne muskulature. Rad sa medicinkama od 800 grama, dakle, ne predstavlja samo jedan vid dinamičkog treninga snage, već se o njemu može razmišljati čak i kao o modelu proprioceptivnog treninga kojim se usavršava tehnika. To bi praktično značilo da se lakše medicinke (do težine od 800 grama) mogu uvesti već u program rada sa mlađim kategorijama (kadetima i juniorima) sa ciljem da se obučavanje i usavršavanje elementarne tehnike bacanja i hvatanja lopte učini efikasnijim.

5.4.4. Regresioni model za predikciju dužine bacanja lopte od 800 grama slabijom rukom

Uvidom u sumarne ocene (koeficijent determinacije i analizu varijanse regresije), već je inicijalni regresioni modela za predikciju dužine bacanja lopte od 800 grama nedominantnom rukom, formiran od svih 12 hipotetskih prediktora (nezavisnih varijabli), mogao da bude proglašen statistički signifikantnim (Tabela 5-63). U sistemu 12 nezavisnih varijabli, međutim, na osnovu vrednosti realizovanih nivoa značajnosti (*Sig.*) samo su njih tri mogle da budu proglašene statistički značajnim – telesna masa, dinamometrija muskulature trbuha i ocena rukometne tehnike (Tabela 5-64). Iste varijable zadržale su se kao signifikantne u svim preostalim modelima *Stepwise* analize. Interesantno je da je u pretposlednjem koraku, osim ove tri, egzistirala i četvrta varijabla – zadnji potisak. To su, praktično,

bile iste varijable za koje je i parcijalnom korelacionom analizom još ranije utvrđena visoka povezanost sa izmerenim dužinama bacanja lopte od 800 grama slabijom rukom. Nakon statističkog racionalizovanja sistema prediktora, međutim, zadnji potisak je ipak izostao iz finalnog regresionog modela.

Najveći uticaj u finalnom regresionom modelu imala je telesna masa, na šta je ukazivala vrednost parcijalnog koeficijenta elastičnosti ($\beta = 0,393$). Uticaj dinamometrije trbuha ($\beta = 0,298$) i nivoa rukometne tehnike ($\beta = 0,3$) bio je gotovo izjednačen. Prema tome, u poređenju sa rezultatima koji važe za bacanje lopte od 800 grama dominantnom rukom, regresioni model za predikciju dužine bacanja iste lopte nedominantnom (koordinacijski slabijom) rukom ukazivao je na veće prisustvo miogenih sposobnosti. Prvu put se u regresionom modelu kao značajna pojavila sila trbuha koja je, uprkos velikoj zavisnosti od telesne mase, ipak egzistirala kao značajan nezavisni prediktor iz miogenog prostora.

Prisustvo ocena rukometne tehnike, kao signifikantnog prediktora u finalnom regresionom modelu, još jednom je bacilo svetlo na održivost pretpostavke iznete u prethodnom odeljku o primeni težih lopti (do 800 g) kao efikasnom trenažnom (proprioceptivnom) sredstvu za usavršavanje osnovnih elemenata rukometne tehnike (dodavanja i hvatanja).

Tabela 5-63 Sumarne ocene statističkih značajnosti regresionih modela dobijenih u inicijalnom i poslednja dva koraka *Stepwise* modela analize u kojoj je zavisna varijabla bila dužina **bacanja lopte od 800 g nedominantnom rukom**, dok su inicijalni sistem prediktora sačinjavale: masa i visina tela, sve miogene varijable (rezultati dinamometrijskih i RM testova), te ocene rukometne tehnike.

Korak regresije	R	R²	Adjusted R²	Std. Error of the Estimate	ANOVA	
					F	<i>Sig.</i>
Inicijalni	,726	,528	,389	2,1943	3,815*	,001
9.	,675	,455	,411	2,1557	10,230*	,000
Finalni	,668	,446	,413	2,1513	13,430*	,000

Tabela 5-64 Koeficijenti dobijeni primenom *Stepwise* modela regresione analize u kojoj je zavisna varijabla bila dužina bacanja **lopte od 800 g nedominantnom rukom**. Prikazani su samo parametri za inicijalni i poslednja dva koraka regresione analize.

Korak	Prediktor	Unstandardized Coefficients		Standardized <i>Beta</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
		B	Std. Error			
Inicijalni	<i>Konstanta</i>	2,817	10,208	/	,276	,784
	Telesna masa	,149	,045	,496	3,279*	,002
	Telesna visina	-4,671	6,292	-,103	-,742	,462
	Dinamometrija leđa	-,003	,002	-,195	-1,356	,182
	Dinamometrija trbuha	,006	,003	,305	2,208*	,033
	Rotatori slabije ruke	-,005	,005	-,145	-1,005	,321
	Rotatori obe ruke	,005	,004	,169	1,077	,288
	Din. stiska slabije šake	,006	,005	,158	1,189	,241
	Bench Press	-,045	,034	-,253	-1,320	,194
	Zadnji potisak	,052	,048	,187	1,082	,285
	Pull Over	,037	,067	,092	,557	,581
	Lat Machine	,000	,034	,001	,009	,993
	Ocena tehnike	,593	,252	,280	2,349*	,024
9.	<i>Konstanta</i>	-3,442	3,100	/	-1,110	,272
	Telesna masa	,111	,035	,370	3,177*	,003
	Dinamometrija trbuha	,005	,002	,264	2,161*	,036
	Zadnji potisak	,030	,034	,107	,892	,377
	Ocena tehnike	,606	,229	,286	2,647*	,011
Finalni	<i>Konstanta</i>	-2,725	2,988	/	-,912	,366
	Telesna masa	,118	,034	,393	3,464*	,001
	Dinamometrija trbuha	,006	,002	,300	2,602*	,012
	Ocena tehnike	,631	,227	,298	2,783*	,008

5.4.5. Regresioni model za predikciju dužine bacanja lopte od 3 kg jačom rukom

Potpuna dominacija miogenih sposobnosti nad tehnikom bacanja dogodila se tek prilikom upotrebe najteže lopte (medicinke od 3 kg). U finalnom modelu *Stepwise* regresione analize, naime, egzistirala su samo dva signifikantna prediktora – telesna masa i dinamometrija rotatora u zglobu ramena, dok je ocena rukometne tehnike potpuno izostala (Tabela 5-66). U inicijalnom regresionom modelu, za koji je inače utvrđeno da ne omogućava pouzdanu predikciju dužine bacanja lopte od 3 kg jačom rukom, egzistirao je samo jedan signifikantan prediktor od ukupno 12 nezavisnih varijabli – telesna masa. Istina, njen realizovani nivo značajnosti (*Sig.* =

,046) bio je vema malo ispod teorijske granične vrednosti od 0,05 koja je korišćena kao limit za prihvatanje hipoteze o signifikantnosti regresionih koeficijenata. Tako mali broj značajnih regresionih koeficijenata uticao je da ceo sistem hipotetskih prediktora bude proglašen nesignifikantnim, na šta ukazuje niska vrednost adaptiranog koeficijenta determinacije (*Adjusted R²*) i visok realizovani nivo značajnosti dobijen u analizi varijanse regresije (Tabela 5-65). Svaki naredni model *Stepwise* regresione analize bivao je statistički sve značajniji na šta jasno ukazuju sukcesivna povećanja F-vrednosti uz istovremena smanjenja realizovanih nivoa značajnosti (*Sig.*) dobijenih u analizi varijanse regresije. U predposlednjem koraku, regresioni model su sačinjavale tri prediktorske varijable – telesna masa, dinamometrija rotatora u zglobu ramena i jačina stiska (dinamometrija) jače šake, da bi tokom poslednjeg koraka dinamometrija jače šake bila eliminisana iz sistema kao neodrživa. Prema tome, u finalni model ušle su samo dinamometrija rotatora u zglobu ramena kao tipični reprezent sile i telesna masa, kao neposredni predstavnik antropometrijskih varijabli, ali i kao posredni predstavnik većine miogenih sposobnosti sa kojima je bila statistički značajno povezana.

Potpuni izostanak rukometne tehnike iz finalnog regresionog modela ne bi smeo da bude jednostrano tumačen, odnosno, da se na osnovu toga tvrdi kako tehnika nema signifikantan uticaj na rezultate bacanja teških lopti. Ovaj podatak pre bi mogao da govori o neracionalnosti rukometnog načina bacanja ovako teških predmeta i da ukaže na potrebu primene efikasnijih tehničkih modela, na primer atletskog načina bacanja kugle. Praktično, sve teže predmete bilo bi racionalnije gurati i pri tome ih oslanjati na telo kako bi se stvorili što povoljniji biomehanički uslovi za prenošenje kompletne kinetičke energije tela na predmet, a ne samo količine kretanja ruke.

Tabela 5-65 Sumarne ocene statističkih značajnosti regresionih modela dobijenih u inicijalnom i poslednja dva koraka *Stepwise* modela analize u kojoj je zavisna varijabla bila dužina **bacanja lopte od 3 kg dominantnom rukom**, dok su inicijalni sistem prediktora sačinjavale: masa i visina tela, sve miogene varijable (rezultati dinamometrijskih i RM testova), te ocene rukometne tehnike.

Korak regresije	R	R²	Adjusted R²	Std. Error of the Estimate	ANOVA	
					F	<i>Sig.</i>
Inicijalni	,581	,338	,144	1,1933	1,742	,093
9.	,503	,253	,208	1,1475	5,644*	,002
Finalni	,481	,231	,201	1,1524	7,681*	,001

Tabela 5-66 Koeficijenti dobijeni primenom *Stepwise* modela regresione analize u kojoj je zavisna varijabla bila dužina **bacanja lopte od 3 kg dominantnom rukom**. Prikazani su samo parametri za inicijalni i poslednja dva koraka regresione analize.

Korak	Prediktor	Nestandardizovani Coefficients		Standardized <i>Beta</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
		B	Std. Error			
Inicijalni	<i>Konstanta</i>	2,335	5,561	/	,420	,677
	Telesna masa	,051	,025	,367	2,061*	,046
	Telesna visina	,488	3,418	,023	,143	,887
	Dinamometrija leđa	-,001	,001	-,089	-,488	,628
	Dinamometrija trbuha	,001	,002	,059	,357	,723
	Rotatori jače ruke	,002	,003	,131	,724	,473
	Rotatori obe ruke	,002	,002	,145	,756	,454
	Din. stiska jače šake	,004	,003	,268	1,644	,108
	Bench Press	,004	,019	,045	,195	,846
	Zadnji potisak	-,010	,027	-,075	-,364	,718
	Pull Over	-,020	,036	-,106	-,551	,584
	Lat Machine	-,004	,019	-,033	-,194	,847
	Ocena tehnike	,283	,140	,291	2,009	,058
9.	<i>Konstanta</i>	4,364	1,516	/	2,879*	,006
	Telesna masa	,048	,017	,346	2,751*	,008
	Rotatori obe ruke	,003	,002	,237	1,887	,065
	Din. stiska jače šake	,002	,002	,155	1,199	,236
Finalni	<i>Konstanta</i>	4,904	1,453	/	3,375*	,001
	Telesna masa	,052	,017	,381	3,099*	,003
	Rotatori obe ruke	,003	,002	,269	2,188*	,033

5.4.6. Regresioni model za predikciju dužine bacanja lopte od 3 kg slabijom rukom

Potpuna dominacija miogenih sposobnosti nad tehnikom bacanja kod upotrebe najteže lopte (medicinke od 3 kg) potvrđena je i prilikom analize rezultata koji se odnose na slabiju ruku. U finalnom modelu *Stepwise* regresione analize, naime, egzistirala su tri signifikantna prediktora – telesna masa, dinamometrija trbuha i dinamometrija rotatora u zglobovima ramena, dok je ocena rukometne tehnike potpuno izostala (Tabela 5-68). U inicijalnom regresionom modelu, koji se za razliku od onog dobijenog za jaču ruku pokazao statistički signifikantnim, ponovo je egzistirao samo jedan statistički značajan prediktor od ukupno 12 nezavisnih varijabli – opet samo telesna masa. Tako mali broj značajnih regresionih koeficijenata (odnosno tako veliki broj visokih vrednosti realizovanog nivoa značajnosti) zahtevao je da se kroz *Stepwise* analizu dođe do racionalnijeg modela u

kojem egzistira manji broj statistički značajnih prediktora. Tako je u svakom narednom modelu *Stepwise* analize dostizan sve pouzdaniji model za predikciju dužine bacanja najteže lopte slabijom rukom, na šta su ukazivali sukcesivna povećanja F-vrednosti i istovremena smanjenja realizovanih nivoa značajnosti dobijenih u analizi varijanse regeresije (Tabela 5-67). Tako su u predposlednjem koraku regresioni model sačinjavale četiri prediktorske varijable – telesna masa, dinamometrija trbušne muskulature, dinamometrija rotatora u zglobu ramena i zadnji potisak (potisak sa ramena, *Shoulder Press*), da bi tokom poslednjeg koraka zadnji potisak bio eliminisana iz sistema zbog nesignifikantnog parcijalnog koeficijenta korelacije. Prema tome, u finalni model ušle su: (1) telesna masa, kao neposredni reprezent antropometrijskih varijabli (ali i kao posredni predstavnik većine miogenih sposobnosti sa kojima je bila statistički značajno povezana), te dva pokazatelja sile – (2) dinamometrija muskulature trbuha i (3) sila ostvarena sinhronim delovanjem rotatora u zglobu ramena.

Nije na odmet još jednom ukazati na potrebu pravilnog tumačenja potpunog izostanka rukometne tehnike iz finalnog regresionog modela. Na osnovu ovog podatka, naime, ne sme se zaključiti da sportska tehnika nema signifikantan uticaj na rezultate bacanja teških lopti, već bi ga pre svega trebalo koristiti da se ukaže na neefikasnost jednoručnog (rukometnog) načina bacanja tako teških predmeta. To praktično znači da svaki sportski rekvizit zahteva odgovarajuću, biomehanički opravdanu tehniku bacanja. Po svemu sudeći, rukometna tehnika je neracionalna za bacanje teških sprava i rekvizita. (U atletici se, na primer, tim načinom jedino baca koplje.)

Tabela 5-67 Sumarne ocene statističkih značajnosti regresionih modela dobijenih u inicijalnom i poslednja dva koraka *Stepwise* modela analize u kojoj je zavisna varijabla bila dužina **bacanja lopte od 3 kg nedominantnom** rukom, dok su inicijalni sistem prediktora sačinjavale: masa i visina tela, sve miogene varijable (rezultati dinamometrijskih i RM testova), te ocene rukometne tehnike.

Korak regresije	R	R ²	Adjusted R ²	Std. Error of the Estimate	ANOVA	
					F	Sig.
Inicijalni	,710	,505	,360	1,0423	3,481*	,001
9.	,676	,456	,412	,9988	10,281*	,000
Finalni	,656	,431	,397	1,0117	12,617*	,000

Tabela 5-68 Koeficijenti dobijeni primenom *Stepwise* modela regresione analize u kojoj je zavisna varijabla bila dužina **bacanja lopte od 3 kg nedominantnom** rukom. Prikazani su parametri regresije samo za inicijalni i poslednja dva koraka analize.

Korak	Prediktor	Unstandardized Coefficients		Standardized <i>Beta</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
		B	Std. Error			
Inicijalni	<i>Konstanta</i>	,584	4,848	/	,120	,905
	Telesna masa	,051	,022	,370	2,390*	,022
	Telesna visina	,557	2,988	,026	,186	,853
	Dinamometrija leđa	-,001	,001	-,122	-,825	,414
	Dinamometrija trbuha	,002	,001	,235	1,663	,104
	Rotatori slabije ruke	,000	,002	,029	,194	,847
	Rotatori obe ruke	,003	,002	,260	1,616	,114
	Din. stiska slabije šake	,001	,002	,084	,615	,542
	Bench Press	-,025	,016	-,299	-1,523	,135
	Zadnji potisak	,043	,023	,333	1,881	,067
	Pull Over	,006	,032	,033	,192	,848
	Lat Machine	,004	,016	,038	,265	,792
	Ocena tehnike	,093	,120	,095	,776	,442
9.	<i>Konstanta</i>	2,225	1,340	/	1,660	,103
	Telesna masa	,048	,016	,344	2,938*	,005
	Dinamometrija trbuha	,002	,001	,221	1,715	,093
	Rotatori obe ruke	,003	,001	,216	1,820	,075
	Zadnji potisak	,024	,016	,184	1,515	,136
Finalni	<i>Konstanta</i>	2,771	1,308	/	2,119*	,039
	Telesna masa	,053	,016	,385	3,337*	,002
	Dinamometrija trbuha	,003	,001	,270	2,139*	,037
	Rotatori obe ruke	,003	,001	,252	2,141*	,037

6. Diskusija

Iako su antropometrijske dimenzije (telesna masa i visina, te indeks telesne kompozicije) u ovom istraživanju registrovane pre svega sa ciljem da se proceni homogenost uzorka, na kraju se ispostavilo da je masa tela imala jedan od presudnih uticaja na svih šest zavisnih varijabli – dužine bacanja tri različito teške lopte, jačom i slabijom rukom. Osim sa zavisnim, telesna masa je pokazala i veoma visoku povezanost i sa većinom nezavisnih varijabli iz miogenog prostora (sa tri od sedam pokazatelja sile i sa sva četiri pokazatelja apsolutne snage), pri čemu je ta veza bila toliko snažna da je uticala na veliko smanjenje parcijalnog koeficijenta korelacije većine miogenih varijabli sa gotovo svim rezultatima bacanja. Na taj način se veoma mali broj varijabli sile i snage našao u završnim regresionim modelima za predikciju različitih dužina bacanja, koje su dobijene primenom *Stepwise* modela analize. Svoj uticaj na zavisne varijable, većina miogenih sposobnosti je iskazala posredno preko telesne mase.

Direktan uticaj na izmerene dužine bacanja, nezavisan od telesne mase, iskazao je mali broj od ukupno 11 varijabli miogenog prostora (rezultati sedam dinamometrijskih testova i rezultati četiri testa apsolutne snage dobijeni metodom repetitivnih maksimuma). Najuticajnijom mišićnom grupom pokazali su se unutrašnji rotatori u zglobu ramena i to samo istovremenom kontrakcijom. Delovanje ove sinergijske mišićne grupe testirano je u oba režima naprezanja – izometrijskom (kao dinamometrijski test) i u dinamičkom (kao podizanje tereta u kretnom zadatku *Pull Over*). U čak četiri, od ukupno šest finalnih regresionih modela, ova mišićna grupa je

egzistirala kao signifikantan prediktor. Sila rotatora u zglobu ramena pokazala se značajnijom s obzirom na to da su njihovi dinamometrijski rezultati egzistirali u tri, a *Pull Over* (kao test snage) samo u jednom regresionom modelu. Sinhrono angažovanje rotatora obe ruke u dinamičkom režimu naprezanja, koji se u teorijskom smislu prvenstveno povezuje sa ispoljavanjem snage, statistički značajnim se pokazalo samo prilikom bacanja najlakše lopte jačom rukom, odnosno prilikom savladavanja malog spoljašnjeg otpora. U svim drugim slučajevima u kojima su rotatori evidentirani kao značajni prediktori, radilo se o savladavanju većeg spoljašnjeg otpora, odnosno bacanja težih lopti. Istina, ova mišićna grupa imala je značajnu ulogu i za predikciju bacanja najlakše (rukometne) lopte nedominantnom rukom, ali kako je za tu ruku utvrđena prosečno manja apsolutna snaga nego za dominantnu, onda je lopta iste težine za nedominantnu (koordinacijski slabiju ruku) predstavljala relativno veće spoljašnje opterećenje. To je bio razlog zašto je u regresionom modelu za slabiju ruku, mesto *Pull Over*-a zauzela dinamometrija iste mišićne grupe, odnosno, pokazalo se da pri većem relativnom spoljašnjem otporu aktuelni mišići iz dinamičkog sve više prelaze u izometrijski režim naprezanja. Još preciznije, može se reći da prilikom savladavanja istog spoljašnjeg otpora (u ovom slučaju rukometne lopte) dominantna ruka ima uslove za ispoljavanje snage, dok se nedominantna ruka u istom tom naporu više oslanja na ispoljavanje sile.

Dominacija mišića rotatora u zglobu ramena, u smislu predikcije rezultata dobijenih jednoručnim bacanjem, bila je očekivana i sasvim logična. Biomehaničkom analizom ovog pokreta, naime, lako se može utvrditi da su upravo ovi mišići aktivni tokom izvođenja kompletne tehnike bacanja, počev od zamaha, izbačaja, pa sve do izmaha, i to u dinamičkom režimu naprezanja. To potvrđuje

jednu od bitnih trenažnih zakonitosti da je prilikom izbora dopunskih vežbi usmerenih na unapređenje sportskog rezultata, najefikasnije koristiti pokrete u što većoj meri analogne sa osnovnim takmičarskim kretnjama, a prilikom ostvarivanja principa nadopterećenja koristiti režim naprezanja što bliži tipu dinamičkog stereotipa koji se koristi u ralnim uslovima izvođenja. Na osnovu rezultata ovog istraživanja, to bi moglo da znači da bi vežba označena kao *Pull Over* trebalo da zauzima veoma važno mesto u treningu snage rukometaša.

Osim rotatora u zglobu ramena, još se samo jedan reprezent miogenih sposobnosti pokazao značajnim prediktorom i to pre svega prilikom bacanja dve teže lopte slabijom rukom. Bila je to dinamometrija trbušne muskulature. Kako je već apostrofirano, miogene sposobnosti su svoj uticaj na zavisne varijable iskazivale posredno, preko telesne mase. Zbog tog specifičnog interaktivnog odnosa antropometrijskog i miogenog prostora, za ovo istraživanja bilo je interesantno sprovesti faktorsku analizu na sistemu od 12 varijabli koji čine 11 primenjenih testova sile i snage i telesna masa kao dominantni reprezent antropometrijskih obeležja ispitanika. Primena ove statističke procedure za utvrđivanje latentne strukture tog teorijskog sistem bila je opravdana i s obzirom na visoku homogenost uzorka ispitanika po kriterijumu telesnih dimenzija. Analizom indeksa telesne kompozicije (BMI), naime, konstatovano je da među 54 ispitanika nije bilo ekstremnih vrednosti, odnosno da je grupa bila izrazito homogena. To je praktično značilo da se na nivou kompletnog uzorka mogao očekivati dosta ujednačen uticaj telesnih dimenzija na sve opservirane varijable.

Rezultati faktorske analize realizovane na ovako formiranom sistemu varijabli (Tabele 6-1, 6-2 i 6-3) ukazali su na postojanje četiri stabilna faktora

(latentne dimenzije), od kojih je jedan, i to hierarhijski prvi faktor, okupio upravo varijable koje su se odnosile na dinamometrijske pokazatelje rotatora u zglobu ramena. Ono što je takođe veoma značajno je da su svi pokazatelji miogenih sposobnosti, izuzev testa označenog kao povlačenje na lat-mašini (*Lat Machine*), imali visoke komunalitete, što je ukazivalo na veoma visoku međusobnu povezanost rezultata svih testova sile i snage (Tabela 6-1). Doda li se tome i visok komunalitet statističke serije formirane od podataka dobijenih merenjem telesne mase, jasno je da bi statističke pokazatelje koji važe za izrazitu dominaciju kretnog zadatka *Pull Over*, ipak trebalo tumačiti sa nešto više opreza. Možda bi najopravdanije bilo govoriti samo o važnoj ulozi miogenih sposobnosti za unapređenje sportskog učinka u rukometu, pri čemu bi prioritet trebalo dati vežbama koje nose najveći stepen analogije sa autentičnom takmičarskom tehnikom, ali bez zanemarivanja i ostalih mišićnih grupa koje učestvuju u kompleksnom ljudskom kretanju.

Tabela 6-1 Komunaliteti pojedinačnih ajtema ekstrahovani iz inicijalne korelacione matrice

Br.	Varijable	Komunaliteti
1.	Telesna masa	,738
2.	Dinamometrija ledjne muskulature	,604
3.	Dinamometrija trbušne muskulature	,649
4.	Dinamometrija rotatora u zglobu ramena jače ruke	,935
5.	Dinamometrija rotatora u zglobu ramena slabije ruke	,892
6.	Dinamometrija rotatora u zglobu ramena obe ruke	,717
7.	Jačina stiska jače šake	,892
8.	Jačina stiska slabije šake	,822
9.	<i>Bench Press</i>	,828
10.	Zadnji potisak	,770
11.	<i>Pull Over</i>	,622
12.	<i>Lat Machine</i>	,408

Polazeći od inicijalne faktorske matrice, sastavljene od 12 komponenti, izdvojila su se samo četiri vektora čiji karakteristični korenovi (*Eigenvalue*) su bili veći od jedinice (Tabela 6-2). Objašnjeni varijabilitet bio je ujednačeno raspoređen na sva četiri vektora. Prvi hierarhijski vektor je, nakon rotacije komponenti, objašnjavao približno 21,37%, a poslednji oko 15,7% ukupne varijanse. Primenom *Varimax* rotacije glavnih komponenti, sa Kajzerovom normalizacijom, oko ova četiri vektora formirana su stabilna četiri faktora koji su ukazivali na latentnu strukturu visoke parsimonije (Tabela 6-3).

Kao što je već rečeno, prvi faktor, koji je objašnjavao najveći deo ukupnog varijabiliteta, sačinjavala su rezultati tri dinamometrijska testa kojima je procenjena sila mišića rotatora u zglobu ramena, na osnovu čega je on mogao i da bude označen kao – *faktor sile i snage rotatora ruku*. Budući da su rotatori u zglobu ramena imali ulogu glavnih izvođača (agonista i senergista) u pokretu jednoručnog bacanja, prvom hierarhijskom faktoru bi mogao da bude dodeljen i naziv – *miogena svojstva svojstva glavnih izvođača bacanja*.

Drugi hierarhijski faktor dominantno je bio saturiran rezultatima tri testa snage koji su sprovedeni pomoću tzv. „živih tegova“, primenom metoda repetitivnih maksimuma. To su bili: potisak sa ravne klupe (*Bench Press*), potisak sa ramena (zadnji potisak ili *Shoulder Press*) i suručno povlačenje tega preko glave u ležećem položaju na klupici (*Pull Over*). Ovde je nedostajao samo jedan test sa „živim tegom“, povlačenje na lat-mašini, koji je najviše uticao na formiranje četvrtog hierarhijskog faktora. Polazeći od dinamičke strukture kretnih zadataka koji su ga saturirali, drugi hierarhijski faktor mogao je da bude nazvan – *faktor apsolutne snage muskulature grudi i ramenog pojasa*. Kako su ovi mišići u pokretima bacanja

velikim delom funkcionisali kao netralizatori, prikladan naziv bi bio i - *miogena svojstva neutralizatora tokom bacanja*.

Treći hierarhijski faktor formirali su rezultati dobijeni dinamometrijom pregibača šake i prstiju obe ruke (dominantne i nedominantne). Otuda je bilo logično da ovaj faktor bude označen kao – *jačina stiska šake*.

Četvrti faktor, osim tlesne mase kao najuticajnije, formirali su rezultati dinamometrije trbušne i leđne muskulature, te rezultati dobijeni na lat-mašini. Prema tome, najveću povezanost sa telesnom masom pokazale su najveće mišićne grupe – muskulatura trbušnog zida i muskulatura leđa. Značajnim su se pokazali kako duboki mišići leđa, tako i površinski, poput *m. latissimus dorsi*-a koji u radu na mašini, po njemu i nazvanoj (*Lat Machine*), deluje kao glavni agonista. Pomenute mišićne grupe u gotovo svim ljudskim pokretima, time i u pokretu jednoručnog bacanja, deluju kao stabilizatori. Kako njihova apsolutna sila i snaga direktno zavise od količine raspoložive mišićne mase, sasvim je logično da osobe sa većom telesnom masom imaju i veću masu ne samo trbušne i leđne muskulature, već i drugih mišićnih grupa. U ovom podatku bi, najverovatnije, trebalo tražiti objašnjenje za izostanak većeg broja miogenih varijabli iz finalnih regresionih modela za predikciju zavisnih varijabli (šest primenjenih varijanti bacanja lopte). Količina aktivne mišićne mase, po svemu sudeći, bila je presudna pre svega za mišiće koji su u aktuelnim pokretima dominantno delovali kao stabilizatori, dok se za specifične mišiće koji su identifikovani kao agonisti ili sinergisti u aktuelnom pokretu, ukupna masa pokazala manje značajnom. Za glavne izvođače pokreta (agoniste i sinergiste), kakvi su, na primer, rotatori u zglobu ramena tokom jednoručnog bacanja, od ukupne mišićne mase, po svemu sudeći, mnogo su važniji mehanizmi gradacije mišićne sile, pre

svega količina i sinhronizacija aktivnih motornih jedinica. Uzimajući u obzir sve prethodno rečeno, četvrti faktor ekstrahovan iz sistema od 12 varijabli (Tabela 6-3) mogao bi da bude označen kao – *faktor stabilizacije pokreta*.

Tabela 6-2 Karakteristični korenovi (Eigenvalue) i udeo u objašnjenom delu varijanse glavnih komponenti sistema miogenih varijabli i telesne mase pre i nakon rotacije

Komponenta	Inicijalni Eigenvalue	% ukupne Varijanse	Eigenvalue nakon rotacije	% Varijanse nakon rotacije
1.	4,970	41,413	2,564	21,365
2.	1,670	13,921	2,337	19,477
3.	1,203	10,023	2,090	17,416
4.	1,033	8,606	1,884	15,703
5.	,967	8,062		
6.	,630	5,248		
7.	,437	3,641		
8.	,401	3,342		
9.	,329	2,741		
10.	,197	1,639		
11.	,109	,907		
12.	,055	,458		

Tabela 6-3 Faktorska matrica sistema miogenih varijabli i telesne mase, dobijena nakon Varimax rotacije glavnih komponenti sa Kajzerovom normalizacijom (Matrica sklopa). Zasećene su vrednosti koje ukazuju na dominantnu saturaciju svakog faktora pojedinom varijablom.

Varijabla	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4
Telesna masa	-,025	,132	,123	,839
Dinamometrija ledja	,308	,179	,306	,619
Dinamometrija trbuha	,225	,468	-,172	,591
Din. rotatora jače ruke	,942	,042	,131	,171
Din. rotatora slabije ruke	,919	,063	,164	,124
Din. rotatora obe ruke	,711	,458	,035	,018
Jačina stiska jače šake	,077	,171	,906	,189
Jačina stiska slabije šake	,186	,267	,836	,132
<i>Bench Press</i>	,110	,849	,241	,192
Zadnji potisak	,054	,832	,186	,201
<i>Pull Over</i>	,338	,577	,391	,150
<i>Lat Machine</i>	,098	,092	,375	,500

Ukupno gledano, telesna masa se pokazala najstabilnijim prediktorom dužine bacanja bilo koje lopte i bilo kojom rukom. Ona je egzistirala u svih šest regresionih modela i preko nje je posredan uticaj na zavisne varijable izvršila većina miogenih parametara, kako iz prostora sile tako i snage. Nakon telesne mase, uključene u svih šest finalnih regresionih formula, sledeća najviše zastupljena varijabla kojoj je dodeljen status signifikantnog prediktora bila je – rukometna tehnika (tačnije ekspertska ocene tehnike dodavanja i hvatanja). Rukometna tehnika je izostala jedino iz regresionih modela za predikciju dužina bacanja najteže lopte, kako jačom, tako i slabijom rukom. Ona se praktično pokazala značajnom samo prilikom upotrebe lakših lopti (rukometne i medicinke od 800 grama), odnosno pri savladavanju manjeg spoljašnjeg otpora.

Potpuni izostanak rukometne tehnike iz finalnih regresionog modela namenjenih proceni dužine bacanja najteže lopte (medicinke od 3 kg) i jačom i slabijom rukom, ne bi smeo da bude jednostrano tumačen, odnosno, da se na osnovu toga tvrdi kako tehnika nema signifikantan uticaj na rezultate bacanja teških lopti. Ovaj podatak pre bi mogao da govori o neracionalnosti rukometnog načina bacanja ovako teških predmeta i da ukaže na potrebu primene efikasnijih tehničkih modela, na primer atletskog načina bacanja kugle. Praktično, sve teže predmete bilo bi racionalnije gurati i pri tome ih oslanjati na telo kako bi se stvorili što povoljniji biomehanički uslovi za prenošenje kompletne kinetičke energije tela na predmet, a ne samo količine kretanja ruke. Svaki sportski rekvizit zahteva odgovarajuću, biomehanički opravdanu tehniku bacanja. Po svemu sudeći, rukometna tehnika je neracionalna za bacanje teških sprava i rekvizita. U atletici se, na primer, pokret

jednoručnog rukometnog načina bacanja koristi samo za koplje, kao najlakšu bacačku atletsku spravu.

Sagledavanjem uticaja miogenih sposobnosti i sportske tehnike na dužine bacanja različitih lopti leži odgovor na većinu hipoteza od kojih je ovo istraživanje pošlo. Većina njih je tokom interpretacije rezultata potpuno potvrđena. To se pre svega odnosi na glavnu hipotezu kojom je predviđen različiti uticaj miogenih sposobnosti i sportske tehnike u različitim uslovima mišićnog naprezanja. Konkretizovana, ova opšta tvrdnja bi, pre svega, mogla da znači povećanje udela sile i snage u bacanju sve težih lopti i istovremeno smanjenje udela rukometne tehnike. Dakle, ne bilo koje tehnike, već isključivo jednoručno bacanje lopte načinom koji se u rukometu najčešće koristi (kratkim ili dugim zamahom iznad visine ramena). Važno je naglasiti da nije ni svako povećanje težine lopte menjalo udeo miogenih sposobnosti, odnosno sportske tehnike. Primenom lopte teške 800 grama, naime, nije došlo do značajnije promene odnosa između miogenih sposobnosti i sportske tehnike, kako linearno tako ni eksponencijalno. Praktično je tek primenom veoma velikog spoljašnjeg otpora, odnosno tek korišćenjem lopte nekoliko puta teže od takmičarske (rukometne) lopte dovelo do narušavanja tog odnosa. Udeo tehnike ne samo da je umanjen, već se on potpuno i izgubio. Na ove odnose jasno ukazuju regresioni koeficijenti iz sledećih šest matematičkih modela za procenu bacanja različitih lopti jačom i slabijom rukom:

1)

Dužina bacanja rukometne lopte jačom rukom	= 7,087 + 0,38 x	Telesna masa	+ 0,255 x	Pull Over	+ 0,339 x	Ocena tehnike
---	-------------------------	---------------------	------------------	------------------	------------------	----------------------

2)

Dužina bacanja rukometne lopte slabijom rukom	= -3,901 + 0,341 x	Telesna masa	+ 0,278 x	Rotatori obe ruke	+ 0,304 x	Ocena tehnike
--	---------------------------	---------------------	------------------	--------------------------	------------------	----------------------

3)

Dužina bacanja lopte od 800 g jačom rukom	= 4,81 + 0,311 x	Telesna masa	+ 0,33 x	Ocena tehnike
---	------------------	-----------------	----------	------------------

4)

Dužina bacanja lopte od 800 g slabijom rukom	= -2,725 + 0,393 x	Telesna masa	+ 0,3 x	Dinamo- metrija trbuha	+ 0,298 x	Ocena tehnike
--	--------------------	-----------------	---------	------------------------------	-----------	------------------

5)

Dužina bacanja lopte od 3 kg jačom rukom	= 4,904 + 0,381 x	Telesna masa	+ 0,269 x	Rotatori obe ruke
--	-------------------	-----------------	-----------	----------------------

6)

Dužina bacanja lopte od 3 kg slabijom rukom	= 2,771 + 0,385 x	Telesna masa	+ 0,27 x	Dinamo- metrija trbuha	+ 0,252 x	Rotatori obe ruke
---	-------------------	-----------------	----------	------------------------------	-----------	----------------------

Osim što potvrđuju da je telesna masa bila najstabilniji prediktor dužine u svim varijantama bacanja, ovih šest regresionih modela pokazuje da je tehnika bacanja, ukoliko je bila uvrštena u matematičku formulu, imala nešto veći uticaj od miogenih sposobnosti. Najveća razlika u korist tehnike uočena je prilikom autentičnog realnog rukometnog bacanja kada je korišćena jača ruka i prava rukometna lopta težine 350 grama. Najmanja razlika dobijena je za bacanje lopte od 800 grama slabijom rukom kada su se regresioni koeficijenti gotovo izjednačili.

Gde je tačna granica na kojoj se odnos miogenih sposobnosti i sportske tehnike drastično menja – ostalo je nepoznato. U ovom zapažanju sadržan je i osnovni nedostatak ovog istraživanja. Za precizno utvrđivanje zone spoljašnjeg opterećenja u kojem se signifikantno smanjuje uticaj tehnike bilo je neophodno primeniti bacanje više lopti različitih težina, i to mnogo finije gradacije. Bilo je opravdano od ispitanika tražiti da bace još najmanje jednu ili dve različito teške lopte, na primer od 1,5 ili 2 kilograma. Na taj način bi se, verovatno, dobili

regresioni modeli koji bi ukazali na postepeno opadanje udela tehnike. Za ovim podatkom, međutim, tragaće se u nekom od narednih istraživanja.

Sa aspekta sportske (trenerske) prakse, veoma interesantnim su se pokazali regresioni modeli utvrđeni za bacanje medicinki od 800 grama, pre svega jačom, ali i slabijom rukom. Iako je sa povećanjem spoljašnjeg otpora, odnosno sa upotrebom teže lopte, bilo opravdano očekivati trend povećanog uticaja miogenih sposobnosti na dužinu bacanja, uz smanjenje uticaja tehnike, to se u slučaju sa medicinkom od 800 grama koja je bacana jačom rukom nije dogodilo. Naprotiv, iz finalnog regresionog modela potpuno su izostale miogene varijable. Kao jedina dva signifikantna prediktora potvrđeni su telesna masa i rukometna tehnika. U matematičkom modelu za bacanje iste lopte slabijom rukom dobijen je takođe značajan regresioni koeficijent za uticaj tehnike. Ovi podaci ukazivali su na veoma interesantno zapažanje o korisnim efektima upotrebe lopte teže od rukometne, ali verovatno ne teže od 800 grama. Po svemu sudeći, rad sa težim loptama (na primer od 500, 600 ili 800 grama) može se preporučiti rukometnoj praksi kao efikasno trenažno sredstvo. Ovaj podatak nije značajan samo u praktičnom, već i teorijskom smislu, jer predstavlja originalan naučni doprinos sportskoj nauci.

Uočenu zakonitost, najverovatnije, moguće je objasniti povećanim angažovanjem proprioceptivnih mehanizama u zglobovima aktuelnim tokom pokreta bacanja, pre svega mehanoreceptora ramena i lakta. Po svemu sudeći, lopta od 800 grama, koja se inače dosta koristi u treningu rukometaša, ali pre svega sa idejom o povećanju eksplozivne i brzinske snage, može da bude preporučena čak i kao efikasan alat za usavršavanje tehnike. Njena težina, očigledno, predstavlja dovoljno jak stimulans za značajno veću ekscitaciju mehanoreceptora, a da istovremeno ne

izaziva preveliko spoljašnje opterećenje koje bi poremetilo usvojeni dinamički stereotip, odnosno narušilo funkcionalnu sinergiju aktuelne muskulature. Rad sa medicinkama od 800 grama, dakle, ne predstavlja samo jedan vid dinamičkog treninga snage, već se o njemu može razmišljati čak i kao o modelu proprioceptivnog treninga kojim se usavršava tehnika. To bi praktično značilo da se lakše medicinke mogu uvesti već u program rada sa mlađim kategorijama (kadetima i juniorima) sa ciljem da se, kroz specifičnu formu proprioceptivnog treninga, obučavanje i usavršavanje elementarne tehnike bacanja i hvatanja lopte učini efikasnijim.

Na osnovu dobijenih rezultata, može se tvrditi da je većina polaznih hipoteza ovog istraživanja potvrđena. Spoljašnji otpor pokazao se presudnom determinantom za raspoređivanje jačine uticaja miogenih sposobnosti i sportske tehnike na dužine jednoručnog bacanja lopti različitih težina. Takođe, potvrđena je i to da lateralnost ekstremiteta (jača i slabija ruka) takođe značajno utiču na ispoljavanje ovih hipotetskih prediktora, pri čemu bi i ulogu lateralnosti trebalo tumačiti iz aspekta objektivno doživljene veličine spoljašnjeg otpora. Neke prethodne studije, naime, pokazale su da, uprkos subjektivno različitom doživljaju jačine dominantnog i nedominantnog ekstremiteta i davanja prednosti jačem ekstremitetu, značajna razlika između objektivno izmerenih vrednosti nekada i ne postoji. U ovom istraživanju, međutim, tako nešto nije potvrđeno. Za dominantnu (koordinacijski jaču) ruku u slučaju 54 ispitanika (mlada rukometaša) praćena u uzorku ovog istraživanja, uvek je registrovana statistički značajno veća prosečna vrednost za sve pokazatelje sile i snage. Otuda je, iz aspekta relativne sile, lopta iste težine za slabiji ekstremitet uvek predstavljala veće spoljašnje opterećenje nego za jaču ruku. Ovaj podatak nedvosmisleno ukazuje na veći značaj apsolutne sile i snage, u poređenju sa

relativnom, prilikom bacanja sportskih sprava i rekvizita. Njime se, verovatno, može objasniti i značajna uloga telesne mase koja je u svim ovde dobijenim regresionim modelima bila najznačajnija za predikciju dužine bacanja.

U osvrtnu na nepotvrđene hipoteze, možda najznačajnije mesto i pripada ovako značajnoj ulozi telesne mase na čiji uticaj se, zapravo, nije odnosila ni jedna polazna hipoteza. Međutim, kada je reč o hipotezama koje su eksplicitno definisane još u fazi projektovanja ovog istraživanja, najmanje su potvrđene one koje su predviđale vrlo preciznu gradaciju uticaja na dužine bacanja različito teških lopti paramatera sile i snage sa jedne, te sportske tehnike sa druge strane. Ispostavilo se da prilikom jednoručnog bacanja lopote nije realno prognozirati matematički precizan udeo tehnike i miogenih sposobnosti, već je opravdanije govoriti o njihovom dosta ravnopravnom uticaju na sportski učinak, dok je u programiranju sportskog treninga neophodno značajnu pažnju poklanjati i jednom i drugom antropomotoričkom prostoru. Gde su veće rezerve u smislu poboljšanja sportskog učinka, da li u prostoru sile i snage, ili pak prostoru koordinacije – i dalje ostaje osetljivo pitanje na koje najbolji odgovor može da da sportski stručnjak (trener koji radi sa sportistima). Naravno, edukovan stručnjak kojem se pruža mogućnost da iskoristi ovde primenjen regresioni model analize, ali pre svega kao pomoćni istraživački alat. Na potrebu fleksibilnog pristupa problemu odnosa sportske tehnike i mišićne snage najbolje ukazuje neočekivani podatak koji je otkrio da se upotrebom lopti težih od standardne takmičarske lopte, mogu postići dobri trenažni efekti ne samo u prostoru snage, već očigledno i sportske tehnike. Doslednom primenom ovde korišćenih istraživačkih alata treneri bi bili u mogućnosti da za svakog pojedinca odrede približnu optimalnu težinu lopte koja deluje kao najefikasnije proprioceptivno sredstvo.

7. Zaključak

Na uzorku od 54 ispitanika muškog pola, uzrasta između 16 i 17 godina, članova omladinske rukometne škole u Bačkoj Palanci, sprovedeno je istraživanje s ciljem da se utvrdi uticaj miogenih sposobnosti i rukometne tehnike na dužinu jednoručnog bacanja lopti različitih težina. Varijable iz miogenog prostora procenjene su primenom 11 testova, od čega sedam dinamometrijskih kojima je valorizovana sila muskulature aktuelne tokom bacanja lopte (muskulatura leđa, trbuha, unutrašnjih rotatora u zglobu ramena i pregibača prstiju šake) i četiri testa repetitivnih maksimuma sa „živim tegovima“ (*Bench Press*, *Shoulder Press*, *Pull Over* i *Lat Machine*) kojima je sagledana apsolutna snaga. Nivo rukometne tehnike procenjen je skaliranjem od strane tri rukometna eksperta koji su svoje ocene za svakog ispitanika formirali tokom dodavanja i hvatanja u parovima. Radi procene homogenosti uzorka, ispitanicima su izmerene telesna masa i telesna visina, te iz njih izračunat indeks telesne kompozicije (BMI). Nakon toga, svaki ispitanik izvodio je bacanje u dalj različitih lopti (rukometne lopte od 350 g, lopte od 800 g i medicine od 3 kg), najpre jačom, a zatim i slabijom rukom. Prikupljeni podaci obradjeni su deskriptivnim i komparativnim statističkim procedurama, pri čemu je ključnu ulogu imala regresiona analiza kojom je kvantifikovan uticaj relevantnih prediktora na šest zavisnih varijabli formiranih od rezultata bacanja različitih lopti jačom i slabijom rukom. Na osnovu dobijenih rezultata bilo je moguće zaključiti sledeće:

- Uvidom u deskriptivne parametre izračunate za sve morfološke varijable utvrđeno je da je uzorak bio visoko homogen. U uzorku su izrazito dominirali ispitanici sa normalnim telesnim sastavom ($22 \leq \text{BMI} \leq 27$), dok je onih sa nedovoljnom ili prekomernom količinom masnog tkiva bilo zanemarljivo malo.
- Dinamometrijska merenja su donela očekivane vrednosti sile za izolovane mišićne grupe, korespondentne sa rezultatima dosadašnjih istraživanja. Najveća vrednosti zabeležene su testiranjem sile leđne muskulature, a najmanje unutrašnjih rotatora u zglobu ramena. Kod većine dinamometrijskih testova dobijeni su veoma homogeni rezultati što je i bilo očekivano s obzirom na to da su ispitanici bili istog uzrasta i da su bili veoma ujednačeni u pogledu telesnih dimenzionalnosti.
- Procena apsolutne snage pojedinih mišićnih grupa, primenom klasičnih dizačkih testova u teretani, donela je očekivane vrednosti koje su se uklapale u rezultate dosadašnjih istraživanja. Veće vrednost apsolutne snage zabeležene su u pokretima koji su angažovali veću mišićnu masu ispitanika (*Bench Press* i *Lat Machine*), dok su manje vrednosti dobijene u testovima *Soulder Press* i *Pull Over*. Kod većine testova dobijeni su veoma homogeni rezultati što se ponovo može objasniti visokom homogenošću telesnih dimenzionalnosti ispitanika.
- Na osnovu ekspertskih ocena, utvrđen je relativno nizak nivo rukometne tehnike ispitanika što je i logično s obzirom na to da se radilo o omladincima koji još uvek nemaju automatizovane pokrete, a većina njih se suočava i sa smetnjama u koordinaciji zbog adolescentskih promena tela. Primenom desetostepene skale, dobijena je prosečna ocena tehnike od 6,7. Uzorak je u pogledu tehničkog nivoa bio manje homogen u poređenju sa antropometrijskim i miogenim karakteristikama.
- Sa povećanjem težine lopte osetno se skraćivala dužina bacanja kod svakog ispitanika, kao što je i dužina bacanja slabijom rukom kod svakog ispitanika bila kraća od onog izvedenog jačom rukom. Upotrebom težih lopti, razlika između dominantnog i nedominantnog ekstremiteta bila je sve manja. Najveća razlika registrovana je prilikom bacanja najlakše lopte nedominantnom rukom kada je

zaostatak iznosio čak 41%, a najmanje prilikom bacanja najteže lopte slabijom rukom kada se zaostatak smanjio na svega 11,3%.

- Rezultati korelacione analize dokazali su da je telesna masa bila daleko značajnije povezana sa pokazateljima snage nego sile. Sve četiri statističke serije, formirane od podignutih težina u teretani primenom testova repetitivnih maksimuma, bile su signifikantno povezane sa telesnom masom, uz izostajanje bilo kakve statistički značajne veze sa telesnom visinom. Ispitanici sa većom masom tela su, bez obzira na telesnu visinu, po pravilu, podizali veće težine u svim testovima snage. Sa druge strane, masa i visina tela bile su značajno povezane prvenstveno sa pokazateljima sile najvećih mišićnih grupa (trbušnom i leđnom muskulaturom). Telesna masa je bila signifikantno povezana i sa rezultatima svih varijanti jednoručnog bacanja.
- Ukupno gledano, telesna masa se pokazala najstabilnijim prediktorom dužine bacanja bilo koje lopte i bilo kojom rukom. Ona je egzistirala u svih šest regresionih modela i preko nje je posredan uticaj na zavisne varijable izvršila većina miogenih parametara, kako iz prostora sile tako i snage. Nakon telesne mase, uključene u svih šest finalnih regresionih formula, sledeća najviše zastupljena varijabla kojoj je dodeljen status signifikantnog prediktora bila je – rukometna tehnika. Ona se pokazala signifikantnom prilikom upotrebe lakših lopti, odnosno pri savladavanju manjeg spoljašnjeg otpora, a izostala je jedino iz regresionih modela za predikciju dužina bacanja najteže lopte, kako jačom, tako i slabijom rukom. Ovaj izostanak ne bi smeo da bude jednostrano tumačen, odnosno, da se na osnovu toga tvrdi da tehnika uopšte nema signifikantan uticaj na rezultate bacanja teških lopti. Taj podatak samo ukazuje na opadanje uloge tehnike kada je spoljašnji otpor vaoma velik, ali istovremeno govori i o neracionalnosti rukometnog načina bacanja ovako teških predmeta i ukazuje na potrebu primene efikasnijih tehničkih modela, na primer atletskog načina bacanja (guranja) kugle.
- Direktan uticaj na izmerene dužine bacanja, nezavisan od telesne mase, iskazao je mali broj varijabli miogenog prostora. Najuticajnijom mišićnom grupom

pokazali su se unutrašnji rotatori u zglobu ramena koji su egzistirali u četiri od ukupno šest regresionih modela za predikciju dužine različitih varijanti bacanja. Ova mišićna grupa testirana je u oba režima naprezanja – izometrijskom (dinamometrijski test) i dinamičkom (dizanje tereta u testu *Pull Over*). Angažovanje rotatora obe ruke u dinamičkom režimu, koji se prvenstveno povezuje sa ispoljavanjem snage, statistički značajnim se pokazalo samo prilikom bacanja najlakše lopte jačom rukom. Prilikom bacanja težih lopti, dinamometrijski rezultati su bili mnogo uticajni, što je ukazivalo na to da sa povećanjem spoljašnjeg otpora raste uloga sile, uz srazmerno smanjenje uticaja snage. Dominacija mišića rotatora u zglobu ramena, u smislu predikcije rezultata dobijenih jednoručnim bacanjem objašnjava se visokom analogijom između pokreta primenjenih tokom testiranja i onih koji se izvode u realnoj situaciji bacanja, čime je pokazano da je prilikom izbora dopunskih vežbi, usmerenih na unapređenje sportskog rezultata, najefikasnije koristiti pokrete koji su srodni osnovnim takmičarskim kretnjama. Tako bi dizačka vežba *Pull Over* trebalo da zauzima veoma važno mesto u treningu snage rukometaša.

- Veoma interesantnim su se pokazali regresioni modeli utvrđeni za bacanje medicinki od 800 grama, pre svega jačom rukom, iz kojeg su potpuno izostale miogene varijable, a jedina dva signifikantna prediktora bili su telesna masa i rukometna tehnika. Ovaj podatak ukazivao je na mogućnost upotrebe lopte teže od rukometne (ali verovatno ne teže od 800 grama) u cilju poboljšanja tehnike bacanja. Rad sa težim loptama (na primer od 500, 600 ili 800 grama) može se preporučiti rukometnoj praksi kao efikasno trenažno sredstvo. Uočena zakonitost objašnjena je povećanim angažovanjem proprioceptivnih mehanizama u zglobovima aktuelnim tokom pokreta bacanja, pre svega mehanoreceptora ramena i lakta. Rad sa medicinkama do težine od 800 grama ne predstavlja samo jedan vid dinamičkog treninga snage, već se o njemu može razmišljati i kao o modelu proprioceptivnog treninga kojim se usavršava tehnika.
- Prilikom jednoručnog bacanja lopote nije realno prognozirati matematički precizan udeo tehnike i miogenih sposobnosti, već je opravdanije govoriti o njihovom specifičnom i dosta ravnopravnom uticaju na sportski učinak. U

programiranju sportskog treninga neophodno je značajnu pažnju poklanjati i jednom i drugom antropomotoričkom prostoru. Da li su veće rezerve za poboljšanje sportskog učinka u prostoru sile i snage, ili pak prostoru koordinacije – i dalje ostaje osetljivo pitanje na koje najbolji odgovor može da da sâm trener koji neposredno radi sa sportistima. Od značajne pomoći bi mogli da budu regresioni modeli dobijeni u ovom istraživanju. Jedina održiva zakonitost potvrđena u ovom istraživanju, koja prilikom prognoze sportskog rezultata definiše udeo sile i snage sa jedne, te sportske tehnike sa druge strane, jeste da je za kvantifikovanje njihovih međusobnih odnosa ključna determinanta – veličina spoljašnjeg otpora. Potvrđena je polazna hipoteza da se sa povećanjem spoljašnjeg otpora, tj. upotrebom sve težih lopti, generalno gledano, povećava uloga miogenih sposobnosti, uz srazmerno smanjenje uticaja sportske tehnike. Momenat kada uticaj tehnike bacanja postaje zanemarljiv, siguran je signal da je neophodno potražiti biomehanički racionalniji način bacanja.

Literatura

1. Alway et al. (1990). Muscle cross-sectional area and torque in resistance-trained subjects. *European journal of applied physiology*, (60), 86-90.
2. Amanović, Đ., Dopsaj, M., Peric, D., Mudrić, R., Milosević, M. (2006). Modeling variability of the assigned level of force during isometric contractions of the arms extensor muscles in untrained males. *Facta universitatis – Series: Physical education and sport*, 4 (1) 35-48.
3. Assmusen, G. and Marechal, G. (1989), Maximal shortening velocities, isomyosins and fibre types in soleus muscle of mice, rats and guinea-pigs. *Jour. of Physiology*, (416), 245-254
4. Astrand, P.O. and Rodahl, K. (1977). *Textbook of work physiology (2nd ed)*. New York: McGraw-Hill Book Company.
5. Bakker, D.; Wilson, G. and Carlyon, B. (1994). Generality versus specificity. A Comparison of dynamic and isometric measures of strength and speed-strength. *European journal of applied physiology*, (68), 350-355.
6. Birch, K. et al. (1994). The Relation between isometric lifting strength and muscular fitness measures. *Ergonomics* (37), 87-93.
7. Bošković, M.S. (1982). *Anatomija čoveka (XIV izd)*. Beograd: Medicinska knjiga.
8. Braith, R.W. et al. (1993). Effects of training on the relationship between maximal and submaximal strength. *Medicine and science in sports and exercise*, (25), 132-138.
9. Carpes, F.P., Rossato, M., Faria, I.E., & Mota, C.B. (2007). Bilateral pedaling asymmetry during a simulated 40-km cycling time-trial. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(1), 51-57.
10. Chen, YY., Liaw, LJ., Liang, JM., Hung, WT., Wu, JH., Wu, WL. (2011). [A pilot study: Force control on ball throwing in children with attention deficit hyperactivity disorder.](#) *Procedia Engineering*, 13, 328-333
11. Danoff, J.V. (1978). Power produced by maximal velocity elbow flexion. *Journal of Biomechanics*, (11), 481-486.
12. Delavier, F. (2006). *Anatomija treninga snage*. Beograd: Data status i Subcom.
13. DeVris, H.A. (1980). *Physiology of exercise*. Iowa: WmC. Brown company publishere.
14. Docherty, C.L. & Arnold, B.L. (2008). Force sense deficits in functionally unstable ankles. *Journal of Orthopaedic Research*, 26(11), 1489-1493.
15. Enoka, R.M. (1994). *Neuromechanical basis of kinesiology (2nd ed)*. Champaign, Windsor, Leeds, Edwardsrdstown, Auckland: Human Kinetix Books.
16. Griffin, J.W. et al. (1993). Eccentric muscle performance of elbow and knee muscle groups in untrained men and women. *Medicine and science in sports and Exercise*, (25), 936-944.
17. Guyton, A.C. (1985). *Medicinska fiziologija*. Beograd-Zagreb: Medicinska knjiga.
18. Гужаловскии, А.А. (1987). Итоги и перспективи изучения закономерностей человека. *Теорија и практика физическој култури*, 12. 31-34

19. Hakkinen, K. & Keskinen, K.L. (1989). Muscle cross-sectional area and voluntary force production characteristics in elite strength-and-endurance trained athletes and sprinters. *European journal of applied Physiology*, (59), 215-220.
20. Hampson, D.B., St Clair Gibson, A., Lambert, M.I., Noakes, T.D. (2001). The influence of sensory cues on the perception of exertion during exercise and central regulation of exercise performance. *Sports Medicine*, 31(13), 935-52.
21. Harries, U.J. and Bassey, E.J. (1990). Torque-velocity relationships for the knee extensors in women in their 3rd and 7th decades. *European journal of applied physiology*, (60), 187-190.
22. Hellebrandt, F.A.; Parrish, A.M. & Houtz, S.J. (1947). Cross education. the influence of unilateral exercise on the contralateral limb. *Arch. of Physical Medicine*, (28), 76-84.
23. Hellebrandt, F.A.; Houtz S.J. & Kirkorian, A.M. (1950). Influence of bimanual exercise on unilateral work capacity. *Journal of applied physiology*, (2), 446-452.
24. Hellebrandt, F.A. (1951). Cross education. ipsilateral and contralateral effects of unimanual training. *Journal of applied physiology*, (4), 136-144.
25. Herman, E.A. et al. (1990). The Effects of arms and counter movement on vertical jump. *Medicine and science in sports and exercise*, (22), 825-833.
26. Hill, A.V. (1970). *First and last experiments in muscle mechanics*. Cambridge Press.
27. Hortobagyi, T. and Katch, F.I. (1990). Eccentric and concentric torque-velocity relationships during arm flexion and extension. *European journal of applied physiology*, (60), 395-401.
28. Jarić, S.; Ristanović, D. & Gavrilović, P. (1981). The Force-velocity relation in quadriceps muscle shortening. *Periodicum biologorum*, (83), 153-155.
29. Jarić, S. et al. (1985). *A New method for determining the force-velocity relationship in human quadriceps muscle*. In international series on biomechanics - Biomechanics IX-A (eds. D. Winter et al.). Champaign, Illinois: Human kinetic publishers, 82-86.
30. Jarić, S.; Ristanović, D. & Corcos, D.M. (1989). Relations between kinetic parameters of active muscle groups and kinematics variables of a complex movement. *European journal of applied physiology*, (59), 370-376.
31. Jarić, S. i Kukulj, M. (1996). Sila (jačina) i snaga u pokretima čoveka. *Fizička kultura, Beograd*, 50(1-2), 15-28.
32. Jarić, S. (2002). Muscle strength testing: use of normalization for body size. *Sports Medicine*, 32:615-631.
33. Jarić, S. (2003). Role of body size in the relation between muscle strength and movement performance. *Exercise and Sport Science Reviews*, 31:8-12.
34. Jarić, S., Radosavljević-Jarić, S. i Johansson, H. (2002). Muscle force and muscle torque in humans require different methods when adjusting for differences in body size. *European Journal of Applied Physiology*, 87: 304-307. The American Physiological Society: Rockville Pike, Bethesda, Maryland.
35. Jerkan, M. (2008). *Čovekovo telo bez mere—antropometrija*. (2008). Postavljeno: 20.7. 2008. Dostupno: www.stetpskop.info/Covekovo-telo-kroz-mere-antropometrija-2080-c4_content.htm.
36. Jidovtseff, B., Frère, P., Theunissen, C. (2013). Apport de la musculation en sport collectif amateur: exemple du handball féminin. *Science & Sports*, 28(5), 281-290.

37. Kanehisa, H. & Myashita, M. (1983). Effects of isometric and isocinetic muscle on static strength and dynamic power. *European journal of applied physiology*, (50), 365-371.
38. Kanehisa, H.; Ikegawa, S. & Fukunaga, T. (1994). Comparasion of muscle cross-sectional area and strength between untrained women and men. *Europ. Jour. of Applied Physiology*, (68), 148-154
39. Kim, JH. (2011). Optimization of throwing motion planning for whole-body humanoid mechanism: Sidearm and maximum distance. *Mechanism and Machine Theory*, 46(4), 438-453.
40. Коц, J.M. (1982). *Физиологија мишечной дејатељности*. Москва: Физкультура и спорт.
41. Komi, P.V. (1992). *Strenght and power in sport (Vol. III of the Encyclopaedia of sport medicine)*. An IOC medical commission publication in collaboration with the International Federation of Sports Medicine, Oxford, Cambridge: Marston Book Services Ltd.
42. Lekić, D.M. (1997). *Fiziologija sporta sa osnovama biohemije i anatomije*. Beograd: Sportska Akademija.
43. Macaluso, A. & De Vito, G. (2004). Muscle Strength, Power and adaptations to resistance training in older people. *Eur. Jour. Appl. Physiology*, 91(3), 450-472.
44. Malina, R.M., Bouchard, C. (2001): *Growth, Maturation and Physical Activity*. Champaign, IL: Human Kinetics.
45. Marković, G. i Jarić, S. (2004). Movement performance and body size: the relationship for different groups of tests. *European Journal of Applied Physiology* 92: 139-149. The American Physiological Society: Rockville Pike, Bethesda, Maryland.
46. Marković, G., i Jarić, S. (2005). Scaling of muscle power to body size: the effect of stretch-shortening cycle. *European Journal of Applied Physiology*, 95(1), 11-19.
47. McCluskey, L., Lynskey, S., Leung, CK., Woodhouse, D., Briffa, K., Hopper, D. (2010). Throwing velocity and jump height in female water polo players: Performance predictors. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(2), 236-240.
48. Metikoš, D. i Hošek, A. (1972). Faktorsaka struktura nekih testova koordinacije. *Kineziologija, Zagreb*, 2(43), 52-62.
49. Perić, D. (1994). *Operacionalizacija istraživanja u fizičkoj kulturi*. Beograd: Fakultet fizičke kulture Univerziteta u Beogradu.
50. Perić, D. (2006). *Metodologija naučnih istraživanja*. Novi Sad: Fakultet za sport i turizam.
51. Perić, D. (2007). *Biomehanička početnica*. Novi Sad: Fakultet za sport i turizam.
52. Perić, D. (2011). *Osnovi sportske lokomocije*. Beograd. Ministarstvo omladine i sporta RS.
53. Платонов, В.Н. (1984). *Теорија и методика спортивној тренировки*. Киев: Виша школа.
54. Seger, J.Y. and Thorstensson, A. (1994). Muscle strength and myoelectric cctivity in prepubertal and adult males. *European journal of applied physiology*, (69), 81-87.
55. Schmidt, R., Lee, T. (2012). *Motor learning and Performance*. Champaign: Human Kinetics.
56. Simon, A.M., & Ferris, D.P. (2008). Lower limb force production and bilateral force asymmetries are based on senseof effort. *Experimental Brain Research*, 187(1), 129-138.

57. Spector, S.A. et al. (1980). Muscle architecture and force-velocity characteristics of cat soleus and medial gastrocnemius. Implications for motor control. *Journal of neurophysiology*, (44), 951-960.
58. Taylor, N.A.S. et al. (1991). Functional torque-velocity and power-velocity characteristics of elite athletes. *European journal of applied physiology*, (62), 116-121.
59. Thorstensson, A.; Grimby, G. & Karlsson, J. (1976). Force-velocity relations and fiber composition in human knee extensor muscles. *Journal of applied physiology*, (40), 12-16.
60. Tiggemann, C.L., Korzenowski, A.L., Brentano, M.A., Tartaruga, M.P., Alberton, C.L., & Krueel, F.L.M. (2010). Perceived exertion in different strenght exercises loads in sedentary, active, and trained adults. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(8), 2032-2041.
61. Tihanyi, J.; Apor, P. & Fekete, G. (1982). Force-velocity-power characteristics and fiber composition in human knee extensor muscles. *Eur. jour. of pppl. physiology*, (48), 331-343.
62. Verhošanski, J.V. i saradnici (1992). *Specifična snaga u sportu – teorija i metodika*. Novi Sad: Prometej i Fakultet fizičke kulture.
63. Walters, C.E. (1955). The effect of overload on bilateral transfer of motor skill. *Physical therapy review*, (35), 567-569.
64. Wang, L.H., Kuo, L.C., Shin, S.W., Su, F.C. (2013). Comparison of dominant hand range of motion among throwing types in baseball pitchers. *Human movement science*, 32(4), 719-729.
65. Wagner, H., Pfusterschmied, J., Klous, M., von Duvillard, S., Müller, E. (2012). Movement variability and skill level of various throwing techniques. *Human movement science*, 31, 78-90.
66. Werner, S.L., Guido, J.A., Stewart, G., McNeice, R., VanDyke, T., Jones, D. (2007). [Relationships between throwing mechanics and shoulder distraction in collegiate baseball pitchers](#). *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 16(1), 37-42.
67. Werner, S.L., Suri, M., Guido J.A., Meister, K., Jones, D. (2008). Relationships between ball velocity and throwing mechanics in collegiate baseball pitchers. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, 17(6), 905-908.
68. Westing, S.H.; Seger, J.Y. & Thorstensson, A. (1990). Effects of electrical stimulation on eccentric and concentric torque-velocity relationship during knee extension in man. *Acta physiologica scandinavica*, (140), 17-22.
69. Wiest, M., Dagnese, F., Carpes, F. (2010). Strength symmetry and imprecisr sense of effort in knee extension. *Kineziology*, (42)2, 164-168
70. Wolitzet, , R.D. et al. (1984). A Three-dimensional muscle model. A Quantified relation between form and function of skeletal muscle. *Journal of morphology*, (182), 95-113.
71. Zaciorski, V.M.(1975). *Fizička svojstva sportiste*. Beograd: NIP Partizan.
72. Zhu, Q., Dapena, J., Bingham, G. (2009). Learning to throw to maximum distances: Do changes in release angle and speed reflect affordances for throwing? *Human movement science* 28(6), 708-725.
73. Young, W.B. (2006). Transfer of Strength and Power Training to Sports Performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, (1), 74-83.